

小ギクの開花斉一性に関わる要因解明と 未開花茎の成品率向上による一斉収穫技術の開発

仲 照史

Development of Simultaneous Harvesting Technique of Small Flowered Chrysanthemum by Factors Concerning on Flowering Uniformity and Improving Product Rate of Cut Flowers Harvested before Flowering

NAKA Terufumi

Summary

In order to achieve stimulus machinery harvesting of small flowered chrysanthemum, some techniques below were developed in this study. One was concerning of the factors related to flowering uniformity and development of flowering uniformity control technologies. The other one was development of machinery selection techniques by flowering stages of harvested stems at once, and flowering techniques for unflowered stems.

In Chapter 1, factors related to flowering uniformity were divided and investigated into the influence of mother stocks and nursery history, planting systems, cultivation management on fields, and cultivar selection. In the first section, it was shown that line selection of mother stocks improved the flowering uniformity regardless of the annual and cultivation conditions, and that cold storage of rooted or unrooted cuttings improved the flowering uniformity of the whole plant community. In the second section, it was clarified that the flowering uniformity of plant community decreased by shortening the days to flowering on the border of plant community and the irregularity of flowering on the lower node stems. Furthermore, it was shown that the flowering uniformity was improved by expanding the inter row distance to about 75 cm, trimming the stems after pinching to two or fewer, and more dense planting than conventional planting method of 89 to 99 stems per m², by shortening the intra row distance to 9 cm in the case of two rows planting. In section 3, the effects of cultivation management were examined and it was found that the flowering of the plant community can be uniformly by removal of the lower leaves under about 35 cm at a ground height after flower bud differentiation, and that spraying treatment of daminozide 0.08% on the upper leaves at the 40 to 60th day after pinching. In addition, it was shown that flowering can be uniformly by light culture compared with season flowering under natural day length in the case of cropping type for August shipping. In section 4, it was shown that varietal difference of flowering uniformity correlated with the setting style of leaf and the shape of flower clusters in the July to August bloom type cultivars. Moreover, new cultivar 'Kasuga-no-Beni' which excelled in flowering uniformity was bred by the selection that difference of flowering date between two growing conditions was less, open air field conditions and high temperature greenhouse conditions.

In Chapter 2, methods for sorting the cut flowers harvested all at once by the flowering stages and processes how to broom unflowered cut flowers stems to the shipping stage were examined. In the first section, the measurement value based on the apparent area ratio of the green part and the non-green part in the image from the zenith direction (F/G value in this paper) was shown to be an index of the degree of flowering in a wide range. The flowering stage grading machine based on F/G value had the screening accuracy of 97 to 98 % and the working speed of 1.66 seconds per second. In section 2, it was shown that silver thiosulfate complex salt (STS) treatment for 1 to 7 days at 0.03 to 0.07 mM could suppress leaf yellowing and unflowered bud cut flowers were able to flower until the shipping phase, by using this STS treatment combining with 3 % sucrose, 0.03 % surfactant and 200 ppm antibacterial agent (8-HQS), in environmental conditions of 20 to 25 °C, 100 to 1000 lx light intensity and 8 to 16 h day length.

In chapter 3, these knowledges were applied to each cropping type in the summer to autumn season as stimulus machinery harvesting system combined with newly developed harvesters. Then it was demonstrated that the work time to harvest could be reduced to 0.98 seconds per cut flower, equivalent to 45-62 % of the conventional work. In the cropping system of august and October shipping, 67 to 76 % and 77 % of cut flowers respectively could be harvested at once, and finally 83 to 90 % and 98 % of cut flowers respectively were commercialized.

In conclusions of these experiments, it was declared that the stimulus machinery harvesting system of small flowered chrysanthemum, combined with the flowering unification process, the selection and flowering treatment of unflowered stems, and the cut flower harvester, could significantly save the labor of the harvesting and preparation work. In the future, these are expected to contribute to the promotion of the small flowered

chrysanthemum production.

Key Words: cultivar, flowering stage, grader, harvester, labor saving, light culture, line selection, machinery harvesting, open field culture, plant community, planting system, silver thiosulfate complex salt, simultaneous harvesting, summer to autumn flowering type, varietal difference

本論文は、岡山大学大学院博士（農学）学位論文に加筆，修正を加えたものである。また，本研究の多くの部分は，農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「小ギクの一斉機械収穫・調整システムの開発（課題番号 2008）」および「都市域直売切り花の需要に対応する特定日開花・常温品質保持技術の開発（課題番号 22702）」により実施した。

目次

緒言

第1章 開花斉一性に関わる要因の解明とその制御技術の開発

第1節 開花斉一性に関わる親株と育苗前歴の影響

- 第1項 親株系統選抜の影響
- 第2項 育苗時の低温処理の影響

第2節 栽植様式が開花斉一性に及ぼす影響

- 第1項 栽培群落の構造，条間および摘心の影響
- 第2項 立茎数と株間の影響

第3節 本圃での栽培管理が開花斉一性に及ぼす影響

- 第1項 生育期間中の摘葉処理の影響
- 第2項 上位茎葉への植物成長調整剤散布処理の影響
- 第3項 夏秋ギク型品種における電照抑制作型の影響

第4節 開花斉一性に関する品種間差異と新品種育成

- 第1項 開花斉一性に関する品種間差異
- 第2項 夏秋ギク型品種における開花斉一性の品種間差異の要因
- 第3項 開花期の年次安定性と斉一性に優れる8月咲き品種‘春日の紅’の育成

第2章 一斉収穫した切り花の選別と未開花茎の開花処理技術の開発

第1節 開花程度の機械的計測手法とこれを用いた選別機の開発

- 第1項 開花程度を機械選別するための計測手法の開発
- 第2項 開花程度選別機の開発とその実用性

第2節 未開花茎の開花処理技術の開発

- 第1項 STS 処理による葉の黄変抑制
- 第2項 STS, 糖および抗菌剤を含む開花液の試作
- 第3項 蕾切り花を開花させる環境条件の検討

第3章 開花の斉一化処理と未開花茎の選別開花処理を利用した一斉収穫の実証

第1節 一斉機械収穫による作業能率の向上

第2節 開花の斉一化と未開花茎の開花処理技術を利用した一斉機械収穫

第4章 総括

謝辞

引用文献

緒言

キクは我が国で最も生産量の多い切り花で、2016年における全国での作付面積は4801 ha、生産量は約15億14百万本となっている(農林水産省, 2017)。切り花として用いられているキクは大きく、1本の茎に1輪の大中輪の花を仕立てる輪ギク、10輪前後の中小輪の花を仕立てるスプレーギク、多数の小輪の花を仕立てる小ギクに大きく分けられる。小ギクは生け花や仏花として利用されることが多いため、通年需要の安定した切り花品目であり、全国で作付面積1564 ha、4億51百万本が生産され、キク生産全体の約3割を占めている。しかし、輪ギクおよびスプレーギクと小ギクでは、その生産体系に大きな違いが見られる。輪ギクおよびスプレーギクの生産においては、日長処理や加温の設備導入によって施設周年生産が進んでいる。小ギクにおいては依然として、露地での自然開花作型もしくは電照抑制作型による生産が主流である。このため、自然開花期や花色の異なる多くの品種が利用されており、花型や花房形状にも多くのバリエーションが見られることが特徴となっている。

小ギク産地では高齢化による生産者数の減少が続く一方、苗生産の分業化や重量選花機の導入などにより企業的農家による規模拡大が進み、経営面積2~5 haという生産者も見られるようになってきている(角川, 2017; 富山, 2012)。また、流通段階での花束加工業者や量販店の役割が大きくなるにつれ、一定品質で定時定量の切り花供給が求められるようになってきている(久松, 2013)。さらに国際化が進む今日、輸入のキク切り花は国内市場で一定の地位を占めており、2011年以降3億本前後で推移している(菊池, 2017)。その中には、「サンティニ」と呼ばれる小輪ギクもあり、量的には未だ僅かであるが小ギクも国際競争の例外とはいえない。これら国内需給の変化に対応した方策のひとつとして、短茎多収栽培(農林水産省, 2005)が提唱され、「アジャストマム」(園, 2014; 今井ら, 2015)や「エコマム」(今給黎ら, 2017; 甲斐, 2014)といった呼称で取り組みが始まっている。

しかし、これらの取り組みは生産サイドにおける低単価多収を前提としており、経営的に成立させるためには、労働生産性を飛躍的に高める省力的な生産様式の導入が不可欠である。特に、小ギク生産において全労働時間の約半分を占める収穫・調製作業(奈良県農林部, 2007)の省力化は最も遅れており、労働

コスト削減と規模拡大の鍵となるものと考えられる。現状の収穫作業では、圃場全体を見回って出荷適期の花を判断しながら1本ずつ採花する。このため作業時間が長いだけでなく、熟練作業となるため経営主などに作業者が限定される。沖縄県の一部では、鎌による一斉収穫が行われているものの、回収した切り花の開花程度(切り前)の選別は熟練者の手作業となっているため、この場合でも労働生産性は必ずしも高くない。また、収穫調製作業は1作型あたり1~3週間程度の期間に集中するため規模拡大の制限要因ともなる。

露地生産で規模拡大が進んでいるキャベツでは、収穫機の開発(山本, 1997; 青木, 2013)と併行して、生育の斉一性向上に関わる品種、作型(藤原ら, 2003; 吉秋ら, 2008)および栽植様式(藤原ら, 2000; 2003)の影響が検討されてきた結果、一斉機械収穫による低コスト化の実現が期待される状況となってきた(天野, 2006)。キクにおいても既に、切り花収穫機(田中, 2012; 田中ら, 2014; 山本ら, 2014)や切り花選別機(Fukumotoら, 2011; 山本ら, 2011)などの研究が進められているが、それらの実用化には、栽培面から開花斉一性を高める技術ならびに一斉収穫した場合に生じる未開花茎を商品化する技術の開発が不可欠である。

花きの生育開花調節技術の開発は、これまで単一品種での周年生産という方向に主眼がおかれてきた。このため、労働生産性を高める上で重要な主題である生育および開花の斉一性を向上させる視点については、篤農家技能という枠内に留められたままで積極的な研究事例が非常に少ない。キクでの研究事例としても、スプレーギクでの栽植密度(Langtonら, 1999)や輪ギクでの樹勢と摘葉処理の影響(本間, 1999; 2000)が報告されている程度である。一方、我が国の小ギク生産は夏ギク型、夏秋ギク型、秋ギク型および寒ギク型の各生態型(川田・船越, 1988)を組み合わせることで長期出荷が行われており、品種群ごとに様々な要因が開花斉一性に関わる可能性が考えられる。とりわけ高温開花性に優れる夏秋ギク型品種は、旧盆や秋の彼岸といった高需要期生産の中心となる品種群であるが、開花がばらつきやすく、品種によっては収穫期間が3週間以上にわたる場合もある。一斉収穫による省力化を実現するためには、栽培面からも品種選択や育種など遺伝的要因と栽植様式や樹勢など環境的要因を整理して検討する必要があるものと考えられる。

また、栽培技術によって開花斉一性を高めたとしても、全ての切り花を完全に同時開花させることは困難であり、一斉収穫とした場合でも未開花の切り花を多少は含むこととなる。手作業による一斉収穫を行っている沖縄県の事例においても、未開花茎については廃棄されているのが現状であり、労働生産性を低下させている一要因といえる。現状では廃棄するほかに未開花茎を、商品性に問題なく開花を進めて出荷できれば、大幅な収益向上につながり、一斉収穫の労働生産性を高め、技術普及への可能性も広がる。未開花の切り花を開花処理によって出荷しようとする試みは、カーネーション（数馬・山口，1987；小山，1995；水口ら，2005）やシュッコンカスミソウ（土井ら，1999；宮前ら，2007）で研究が進み、既に一部実用化されている。しかし、キクに関しては輪ギク（本間，1995）や小ギク（山中ら，2013）で検討された程度で実用化の段階には至っていない。この原因として、切り前（開花程度）への流通上のこだわりが強かったことに加え、開花程度の選別が熟練者の手作業に限られているためと考えられる。しかし、開花程度を機械的に選別しようとする取り組みは少なく、リンドウでの先行研究（庄野・西川，2004；庄野・峠，2006）が見られる程度であり、キクでは曲がりなどの品質評価（甲斐ら，1996；近藤ら，1999）での研究があるものの、開花程度についての先行研究は見られない。

そこで本研究では、切り花収穫機を用いた小ギクの一斉機械収穫を目指し、開花を斉一にするための育種と栽培技術、一斉収穫した切り花を開花程度によって機械的に選別する技術および蕾で収穫することとなった切り花を出荷段階まで開花させる技術を開発することを目的とした。まず、第1章では、第1節において開花のばらつきに関与する親株と育苗前歴の影響を調査し、開花斉一性における系統選抜ならびに育苗時の低温処理の有用性を示した。第2節では、群落として生育させたキクで開花のばらつきと群落内外の光環境を調査し、条間や株間の変更と栽植面積あたり立茎数が開花斉一性に及ぼす影響を明らかにした。第3節では、本圃で開花斉一性を高めるための栽培管理として、摘葉処理、植物成長調整剤の散布処理および電照抑制栽培の可能性を検証し、それらの適用方法を提案した。第4節では、開花斉一性に関する品種間差異とその要因について検討し、品種選択の方向性を示すと同時に、高温への反応性の違いを利用した開花斉一性に優れる夏秋ギク型の

新品種‘春日の紅’を育成した。

第2章では、第1節において開花程度を機械選別するための計測手法を考案し、これを用いた開花程度選別機を開発した。第2節では、蕾収穫切り花の開花処理で問題となる葉の黄変を抑制するため、エチレン阻害剤であるチオ硫酸銀錯塩（STS）の処理方法を明らかにするとともに、開花処理の環境条件を検証して、未開花茎の開花処理技術を開発した。

第3章では、第1節において収穫作業の動作時間分析を行い、切り花収穫機を用いた一斉機械収穫での省力化効果を明らかにした。第2節では、本研究で開発された技術の組み立ておよび生産現場への適用を試み、それらの有効性を確認するとともに、実用化に向けて残された課題を整理した。

なお本研究において、論文中に特に記載のない場合には、以下の栽培条件とした。①栽培場所：2003～2005年は香川県善通寺市の（独）農業・生物系特定産業技術研究機構、近畿中国四国農業研究センター四国研究センター（現 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、西日本農業研究センター）、2007年以降は奈良県橿原市の奈良県農業研究開発センター（研究期間中に組織名称の変更があったため、旧奈良県農業総合センターにおいて実施した実験についても、奈良県農業研究開発センターと記した）、②育苗様式：培養土（Metro-mix#350，Sun Gro Horticulture Distribution）を充填した200穴セルトレイに採種当日に、発根剤は使用せず挿し芽し、無加温ガラス温室内の間欠ミスト下で育苗、③本圃の施肥：定植に先立って複合有機肥料と緩効性化学肥料によりN:P₂O₅:K₂Oを2.3:2.6:2.1 kg・a⁻¹として全量全層施用、④栽植様式：畝間130 cm，栽植幅60 cm，条間38 cm，株間12 cmの2条植えとし、畝は白色面を上にして白黒ポリマルチにより被覆、⑤開花調査：花房の中で最も早い頭花で管最外列の管状花が開葯したときを開花日として、分枝基部から収穫して調査した。

第1章 開花斉一性に関わる要因の解明とその制御技術の開発

第1節 開花斉一性に関わる親株と育苗前歴の影響

第1項 親株系統選抜の影響

夏秋期の小ギク生産では8~9月の旧盆や秋彼岸を出荷目標とするため、秋ギク型品種より長い限界日長を有し高温下でも正常開花する夏秋ギク型品種(川田・船越, 1988)が多く利用されている。夏秋ギク型品種の開花期には、花芽の分化・発達に影響する日長と高温だけでなく、冬季における長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなり、春季以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる性質が影響する(川田ら, 1987; Sumitomoら, 2013)。このため、季咲き作型で低温遭遇後の春から夏にかけて十分な高温を経過したのちに限界日長を迎える秋ギク型品種に対し、夏秋ギク型品種では開花がばらつきやすく、品種によっては収穫期間が3週間以上にわたる場合もある。これに対し近年では、自然開花期の早い夏秋ギク型品種を利用して、露地栽培でも電照による抑制作型が普及しつつあり、季咲き作型よりは開花の斉一化が図られてきている(角川ら, 2007; 小山・和田, 2004; 森ら, 2014)。しかし、電照作型においても一斉機械収穫を実現するうえでは、未だその斉一性を改善する余地は大きい。

キクの開花斉一性に関しては、栽植条間の変更(本間, 2000; 佐本ら, 1979)や下葉の摘葉処理(本間, 1999)など受光量や草勢のばらつきの影響が示唆されている。その一方、夏秋ギク型品種の開花期には親株の越冬条件が大きく影響する(Sumitomoら, 2013; 松本, 1994)が、挿し芽苗の親株前歴の影響を開花斉一性の視点から検討した報告は見られない。

そこで本項では、夏秋ギク型品種を用いた小ギク生産において開花斉一性を高めることを目的に、まず挿し穂の採取位置や親株個体間差など挿し穂の前歴が開花に及ぼす影響を検討した。次に、ここで観察された親株の個体間差に由来する開花期のばらつきに着目し、開花早晚性を指標とした系統選抜による開花斉一化の可能性について検討した。

材料および方法

1. 挿し芽苗の親株前歴の影響(実験1)

実験は、香川県善通寺市の近畿中国四国農業研究センター内で行った。実験には西南暖地での自然開花期が7~8月の小ギク‘みのる’と‘翁丸’を用いた。親株は、奈良県平群町の産地内で収集した切り下株から掻き取ったかぎ芽苗を2003年10月7日に露地圃場に定植して養成した。なお定植時には、草丈20

cm程度に台刈りした前年枝の地上部を付けたまま植え付け、活着と冬至芽発生が確認された2004年1月に前年枝を地際で切除した。2004年3月17日に‘みのる’22個体と‘翁丸’19個体の親株を掘上げて、各親株から発生したシュートの先端部7cmを挿し穂として採取し、その前歴を記録した。挿し穂の前歴は、親株の個体番号、採穂した部位の分枝次数および挿し穂の最下位節を分枝基部から数えた採穂節位とした。採取した穂は、採取当日に挿し芽した。

定植は4月9日に行った。露地圃場に栽植幅60cmで作畝した南北畝に株間と条間をいずれも10cmとした6条植えとした。この際、開花の斉一性に関わる栽植位置や受光量のばらつきの影響を排除するため、畝間通路に面した群落外縁部の株は総て調査対象外とし、挿し穂前歴を記録した調査対象株は群落中央部の4条のみに配置した。‘みのる’141株と‘翁丸’149株を調査対象とした。4月16日に摘心し、5月8日に株当たり1本に整枝した。その後は慣行に従い、開花まで栽培管理した。なお本圃の施肥量はN:P₂O₅:K₂Oを2.1:2.2:2.2 kg・a⁻¹とし全量元肥全層施用とした。頂花の最外列管状花の開裂を開花日とし、栽植位置を確認した上で摘心後花日数と分枝基部からの節数を調査した。

2. 親株個体の系統選抜による開花斉一性の向上

1) 開花早晚性による一次選抜(実験2-1, 2006年)

実験は2006年に奈良県農業研究開発センター内(以下、場内)で行った。場内無加温ハウスで維持されていた‘みのる’7個体と‘翁丸’9個体に加え、奈良県平群町の産地から収集した7~8月咲き品種の‘広島紅’46個体と‘小鈴’31個体の親株を供試した。後者の2品種は産地で30年以上栽培されている主力品種であるが、開花のばらつきが大きく収穫期間が長くなる傾向が見られていた。親株個体ごとに系統番号を付して3月20~22日に採穂し、挿し芽育苗した。育苗方法は実験1と同様とした。事前に複合有機肥料と緩効性化学肥料によりN:P₂O₅:K₂Oを2.3:2.6:2.1 kg・a⁻¹として全量全層施用した露地圃場に畝間130cm、条間45cm、株間12cmの2条植えで、4月17日に各親株系統3~6個体ずつ定植した。4月25日に摘心し、約4週後に株当たり3本に整枝した。その後は慣行に従って開花まで管理した。実験1と同様の基準で収穫し、摘心後花日数、分枝基部からの節数、切り花長および切り花重を調査した。

2) 選抜系統の開花斉一性と二次選抜(実験 2-2, 2007 年)

実験 2-1 によって一次選抜した‘翁丸’2 系統, ‘広島紅’9 系統および‘小鈴’6 系統を供試した。これらの一次選抜系統とともに, 選抜しなかった親株系統を含めて区分せず母集団全体から無作為に採穂した対照群を設けた。場内露地圃場で越冬させた各親株から 2007 年 4 月 3~4 日に採穂して挿し芽育苗した, 場内雨除けハウスに各一次選抜系統 8~10 株を 4 月 25 日に定植した。5 月 1 日に摘心し, 5 月 31 日に株当たり 4 本に整枝した。育苗, 本圃管理ならびに調査方法は, 実験 2-1 と同様とした。

3) 選抜系統の開花早晚性における年次較差(実験 2-3, 2008 年)

実験 2-2 で用いた‘広島紅’9 系統と‘小鈴’6 系統の一次選抜系統を供試し, 実験 2-2 と同様に対照群を設けた。場内露地圃場で越冬させた各系統の親株から 2008 年 3 月 26 日に採穂, 挿し芽育苗し, 4 月 21 日に場内露地圃場に各区 8~10 株として定植した。4 月 28 日に摘心, 5 月 20 日に整枝して 4 本仕立てとした。育苗, 本圃管理および調査方法は実験 2-1 と同様とした。

4) 選抜系統の開花斉一性(実験 2-4, 2008 年)

実験 2-2 において‘広島紅’と‘小鈴’の品種ごとに, 早晚性が明瞭であった早晚各 1 系統の二次選抜系統を供試し, 実験 2-2 と同様に対照群を設けた。実験 2-3 と同じ日程で場内露地圃場に各系統 50 株を定植, 摘心した。本実験については, 開花がより不斉一になり易い条件で検討するため, 生産現場に準じた無整枝とした。育苗, 施肥, 定植その他の管理ならびに調査方法は, 実験 2-1 と同様とした。

結果

1. 挿し芽苗の親株前歴の影響(実験 1)

本実験における平均開花日は平年よりやや早く‘翁丸’で摘心 87 日後の 7 月 11 日, ‘みのる’で 75 日後の 6 月 30 日であった。第 1-1-1 図に‘翁丸’における採穂節位, 分枝次数および親株個体が摘心後後花日数に及ぼす影響を示した。摘心後後花日数は挿し穂の採穂節位が高くなるほど短くなり, 開花

が早まる傾向が見られたが(第 1-1-1 図 a), 採穂した分枝次数による有意な影響は見られなかった(第 1-1-1 図 b)。親株個体について見ると, 大多数の親株個体間では摘心後後花日数に差がなかったものの, No.1~3 と No.16, 17 および 19 の親株個体間に有意差が見られ(第 1-1-1 図 c), 同一品種内において早晚性の異なる親株が存在することが示された。‘みのる’においても‘翁丸’と同様の傾向が見られ, これら両品種について採穂節位, 分枝次数および親株個体を独立変数とし, 摘心後後花日数を従属変数とした重回帰分析の結果を第 1-1-1 表に示した。両品種とも, 摘心後後花日数は採穂節位と親株個体による有意な影響が見られたが, 分枝次数の影響は見られなかった。

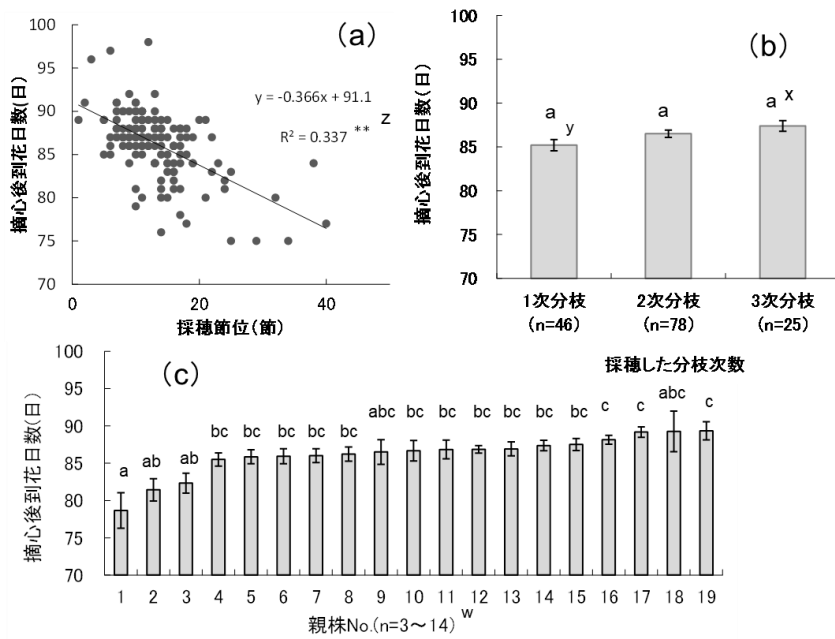
2. 親株個体の系統選抜による開花斉一性の向上

1) 開花早晚性による一次選抜(実験 2-1, 2006 年)

収集した 4 品種の小ギクにおける親株個体の違いによる摘心後後花日数の違いと一次選抜した親株系統数を第 1-1-2 表に示した。‘みのる’を除く 3 品種では, 摘心後後花日数の早晚に親株個体による有意な差が見られた。‘翁丸’, ‘広島紅’および‘小鈴’の摘心後後花日数は各々 77.3~83.3 日, 88.7~103.5 日および 92.2~109.4 日となり, 品種ごとに 6.0~17.2 日の差があった。摘心後後花日数の短い早生もしくは長い晩生の特徴が見られた親株系統を, 各品種について各々 1~5 系統を一次選抜した。

2) 選抜系統の開花斉一性と二次選抜(実験 2-2, 2007 年)

各一次選抜系統の摘心後後花日数は, ‘小鈴’LH-9 系統で不明瞭であったものの, 実験 2-1 の一次選抜時に観察された開花早晚性が概ね再現されており, いずれの品種でも対照群と比較して, 開花期間が短くなった(第 1-1-2 図)。なお, ここでは開花期間を全切り花茎のうち 10%が開花した日~90%が開花した日までの期間として示した。これら各一次選抜系統の摘心後後花日数, その変動係数ならびに, 開花の集中程度を示す指標として開花盛期 7 日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した 7 日率を第 1-1-3 表に示した。いずれの品種においても対照群と比較して, 標準偏差と変動係数は各選抜系統で小さくなった。‘小鈴’の EH-5 系統を除く全選抜系統で, 7 日率は対照群より高くなった。



第1-1-1 図 挿し穂の親株における採穂節位 (a) , 採穂した分枝次数 (b) および親株個体 (c) が小ギク ‘翁丸’ の摘心後 flowering 日数に及ぼす影響

^z 図中の回帰直線が、 $P < 0.01$ で推計されたことを示す

^y 誤差範囲は標準誤差

^x TukeyのHSD検定により、同じ英符号間に有意差 ($P < 0.05$)なし

^w 親株No.は、摘心後 flowering 日数の小さいものから順に番号を付した

第1-1-1 表 挿し穂の親株における採穂節位, 分枝次数および親株個体を独立変数とし, 摘心後 flowering 日数を従属変数とした重回帰分析の推計回帰係数

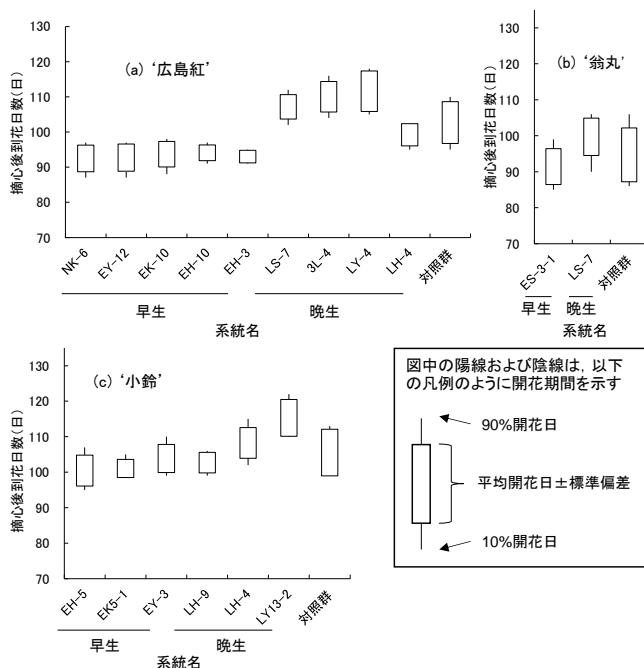
	‘翁丸’	‘みのる’
定数項	89.5 ^{*z}	74.1 [*]
採穂節位	-0.333 [*] (-8.14)	-0.089 [*] (-2.19)
分枝次数	-0.620 ^{ns.} (-1.68)	-0.061 ^{ns.} (-0.11)
親株個体	0.296 [*] (7.09)	0.357 [*] (7.21)
補正 R ²	0.490	0.280
F値	9.9E-22	1.9E-10
標本数	149	141

^z *とns.は、各々 $P < 0.05$ で有意差ありと有意差なしを示す ()内はt値

第1-1-2 表 収集した小ギク4品種における親株による摘心後 flowering 日数のばらつきと一次選抜した系統数 (実験2-1, 2006年)

品種	供試親株数	摘心後 flowering 日数				F値	一次選抜系統数	
		平均値	標準偏差	最小値	最大値		早生	晩生
みのる	7	68.6	2.0	67.6	69.3	2.3 ^{ns.z}	—	—
翁丸	9	80.1	3.3	77.3	83.3	9.7 [*]	1	1
広島紅	46	96.3	5.6	88.7	103.5	16.7 [*]	5	4
小鈴	31	97.7	4.7	92.2	109.4	14.2 [*]	3	3

^z *とns.は、分散分析により1%水準で有意差ありと有意差なしを示す



第 1-1-2 図 開花早晩性による系統選抜が小ギク ‘広島紅’, ‘小鈴’ および ‘翁丸’ の摘心後到来花日数に及ぼす影響 (実験 2-2, 2007 年)

第 1-1-3 表 開花早晩性による系統選抜が小ギク ‘翁丸’, ‘広島紅’ および ‘小鈴’ の開花の集中程度に及ぼす影響 (実験 2-2, 2007 年)

品種	系統	摘心後到来花日数			7日率 ^z (%)
		平均 (日)	標準 偏差 (日)	変動 係数	
翁丸	早生 ES-3-1	91	5.0	5.4	51
	晩生 LS-7	100	5.2	5.2	59
	対照群 ^y	95	7.5	7.9	43
広島紅	早生 NK-6	92	3.8	4.1	68
	EY-12	93	3.9	4.2	65
	EK-10	94	3.6	3.9	75
	EH-10	94	2.2	2.4	95
	EH-3	93	1.8	1.9	97
	晩生 LS-7	107	3.5	3.2	69
	3L-4	110	4.3	3.9	58
	LY-4	112	5.8	5.2	50
	LH-4	99	3.2	3.2	81
対照群	103	5.9	5.8	46	
小鈴	早生 EH-5	100	4.3	4.3	57
	EK5-1	101	2.5	2.5	89
	EY-3	104	3.9	3.8	64
	晩生 LH-9	103	2.9	2.8	80
	LH-4	108	4.3	4.0	63
	LY13-2	115	5.2	4.5	62
対照群	106	6.6	6.2	60	

^z 7日率は、開花盛期の7日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した百分率

^y 対照群は、収集した親株群の母集団から無作為に挿し穂を採取

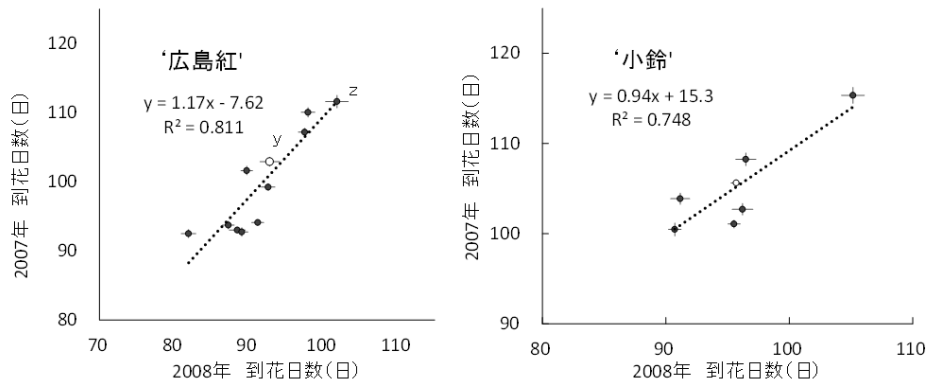
3) 選抜系統の開花早晩性における年次較差 (実験 2-3, 2008 年)

2007 年作の実験 2-2 ならびに 2008 年作の実験 2-3 における各一次選抜系統の摘心後到来花日数の関係を第 1-1-3 図に示した。両品種とも、兩年の摘心後到来花日数には強い正の相関が見られ、選抜条件とした開花早晩性は安定して再現されていた。

4) 選抜系統の開花斉一性 (実験 2-4, 2008 年)

各二次選抜系統の摘心後到来花日数、開花期間および切り花品質を第 1-1-4 表に示した。いずれの二次選抜系統においても対照群と比較して、摘心後到来花日数の変動係数が小さくなり、開花期間が短くなり、7日率が高くなった。摘心後到来花日数の平均は、‘広島紅’ EH-3 系統で対照群と有意差がなかったものの、その他の系統では早生系統で早く、晩生系統で遅くなっていった。

切り花節数は、‘広島紅’ EH-3 系統を除き早生系統で少なく、晩生系統で多くなったが、切り花長と切り花重は ‘広島紅’ LS-7 系統で長く、重くなった以外には有意差が見られなかった。



第1-1-3図 各選抜系統の摘心後 flowering 日数における年次較差(実験2, 実験3)

^z 図中エラーバーは標準誤差
^y 白抜きは, 対照群を示す

第1-1-4表 開花早晚性による系統選抜が小ギク‘広島紅’と‘小鈴’の摘心後 flowering 日数, 開花の斉一性および切り花形質に及ぼす影響(実験2-4, 2008年)

品種 系統	広島紅			小鈴		
	早生(EH-3)	晩生(LS-7)	対照群	早生(EY-3)	晩生(LY13-2)	対照群
摘心後 flowering 日数						
平均	86 ^{b x}	93 ^a	87 ^b	89 ^c	98 ^a	96 ^b
標準偏差	5.1	4.5	6.5	3.9	3.9	6.3
変動係数	5.9	4.8	7.5	4.4	4.0	6.5
標本数	154	169	175	233	208	208
開花期間 ^z (到花日数)	(80~93)	(88~100)	(83~105)	(84~94)	(93~103)	(89~105)
7日率(%) ^y	55	61	48	67	61	45
切り花長(cm)	66 ^b	77 ^a	69 ^b	81 ^a	83 ^a	81 ^a
茎長(cm)	50 ^a	59 ^a	52 ^a	68 ^a	71 ^a	68 ^a
切り花重(g)	41 ^{ab}	54 ^a	38 ^b	52 ^a	57 ^a	55 ^a
節数(節)	27 ^b	31 ^a	26 ^b	39 ^c	47 ^a	42 ^b

^z 開花期間は全切り花本数の10%開花日から90%開花日までの期間。()内は10%開花日~90%開花日の各摘心後 flowering 日数を示す

^y 7日率は, 開花ピークの7日間に開花した切り花本数の全切り花本数に対する割合

^x 同一行の異なる英小文字間には, 各品種毎に系統間で, TukeyのHSD検定により $P < 0.05$ で有意差ありを示す

考察

生育, 開花および収穫を斉一化することは, 機械収穫への適応性など営利生産上の有利性から, キャベツ(藤原ら, 2003; 吉秋ら, 2008) やトマト(吉岡ら, 2000) など野菜類では機械開発と併行した多くの先行研究が見られる。一方, 花き類においてはキク(佐本ら, 1979; 本間, 1999) やオドンチオダ(窪田ら, 2006) など極めて少ない。本報では, 収穫機(田中, 2012; 山本ら, 2014) での一斉収穫につなげられる開花斉一性の向上を意図し, 育苗段階までの前歴が開花のばらつきに及ぼす影響について検討した。

実験1において, 摘心後 flowering 日数のばらつきには

挿し穂の前歴が関与しており, 主に採穂節位と系統間差の2要因の影響が大きく, 分枝次数の影響は小さかった(第1-1-1表)。採穂節位の高い挿し穂で摘心後 flowering 日数が短くなった要因として, 2つの可能性が考えられる。ひとつの可能性は, 同一個体内の側枝による花芽分化能力の差である。平野ら(1996)は, ‘精雲’ など3品種の夏秋ギクにおいて高節位で摘心し発生した側枝ほど花芽分化節数が少なくなったことを報告している。本実験における採穂節位と摘心後 flowering 日数の関係も, 親株という条件の違いはあるものの, これと同様の現象であった可能性が考えられる。もうひとつは, 採穂母枝の草勢や栄養状態の差である。採穂節位の高い挿し穂は, 採穂節位の低い

挿し穂と比較して秋冬季のより早い時期に発生した冬至芽に由来し、ロゼット状態でより多くの展開葉を持った採穂母枝から伸び出した苗条である。本間(1999)は、本圃で栄養成長期間中の葉数が多く、草勢の強い苗条ほど消灯後の花芽分化が早いことを報告している。本実験での採穂節位による摘心後花日数の違いも同様に、冬至芽発生から採穂までの期間や採穂母枝の展開葉数の違いによって、挿し穂の栄養状態に差があった可能性が考えられる。しかし、これらの推察を検証するためには、親株養成中の栽培環境ならびに挿し穂の乾物率や無機成分量など苗質に関する詳細な調査が必要であり、今後の課題としたい。

実験1では、挿し穂前歴の影響を検証するため台刈りを行わない親株から一斉に採穂した。開花が比較的斉一となりやすい秋ギク型品種では多くの場合、春以降に親株を更新し、親株の台刈り(最終摘心)が採穂までに行われている。これに対し、季咲き7~8月開花作型の夏秋ギク型品種では秋に親株を更新した後、成長の早い苗条のみを一部摘心する場合や、冬至芽から発生する苗条をそのまま育苗する場合など、地域や親株管理の施設条件によって様々な育苗方法がとられている(大熊, 1995)ため、定植苗の採穂節位は必ずしも揃えられていない。また、無加温で越冬させた親株では苗条の生育量が確保できないため、最終摘心が十分に行われにくいことも多い。

実験1で採穂節位と比べて分枝次数の影響は小さかった(第1-1-1表)。これに対し採穂前の台刈りは、分枝次数が増えることになるものの採穂節位を一定程度以下に揃えることとなるため、開花の斉一化に寄与できる可能性が考えられる。開花の斉一化を意識するならば、採穂母枝の生育量を保加温などによって確保しつつ、積極的な台刈りを行うことが有効かもしれない。しかし、越冬親株を高温管理すると多くの夏秋ギク型品種で開花が早期化し切り花長が短くなる(松本, 1994; 川田ら, 1987)ため、具体的に品種と温度域を組み合わせた詳細な検討が必要であろう。

実験2では、実験1で観察された親株個体による開花のばらつきが開花早晚性の系統間差に由来することを明らかにし、その固定によって開花をより斉一化できることを示した。系統選抜はカーネーション(吉田・上岡, 1975)やフキ(飯田・櫻井, 1988)など多くの栄養繁殖性作物で古くから、営利生産上の有益性が示されている。キクでも輪ギク品種を中

心に、花色や花型の改良(大石, 2000; 仮屋崎ら, 1997; 土屋ら, 2000)、首曲がり症の軽減(谷川ら, 1999)、加温栽培での低温開花性(渡邊ら, 2012; 野村, 2011)を目標として、多くの先行研究があるが、これらの中では供試系統間に主たる選抜目標以外の形質における変異も同時に報告されている。大石(2000)は‘秀芳の力’優良系統の選抜過程で見られた種々の変異を整理し、その中で施設の有効利用という観点から早生個体の選抜を行い、開花の早晚性は比較的生じやすい変異であろうと推察している。数十の親株個体を調査した本報の範囲においても、実験1では供試した2品種で(第1-1-1表)、実験2-1では供試した4品種のうち3品種で(第1-1-2表)有意に早晚性の異なる親株個体が見出された。しかし、栽培個体群に早晚性の異なる系統が多く混在している原因については、早晚性が変異として生じやすいものである可能性とともに、商品性にかかわる切り花形質と異なり栽培者による生産過程での淘汰圧がかかりにくい可能性も考えられる。これらの点については、選抜系統の維持方法にもかかわるため、今後の検討が必要である。

実験2では早晚性に関する選抜を行わない個体群と比較して、選抜系統では開花がより斉一化されており(第1-1-3表, 第1-1-4表)、選抜基準とした各系統の早晚性は栽培年次によらず再現されていた(第1-1-3図)。このことは、小ギクの生産現場では多くの変異株が含まれた個体群を一群として扱っているために開花斉一性が不十分となっている可能性を意味しており、生産現場での意識的な親株選抜によって開花斉一性を向上できるものと考えられる。

これら親株系統や育苗の影響に加え、開花斉一性には本圃での栽植条件や受光量のばらつき(本間, 2000)、栄養成長期の草勢(本間, 1999)なども影響する。このため、後者の要因を最小化する栽培技術や環境条件の検討が今後の課題として残されているものの、本研究で示したような親株系統の選抜は開花斉一化の前提として重要な技術と考えられた。

第2項 育苗時の低温処理の影響

夏秋期の小ギク生産では、7~9月の新旧のお盆や秋彼岸出荷作型での夏秋ギク型品種(川田・船越, 1988)と10~12月出荷作型での秋ギク型品種が利用されている。キクの開花時期は主として、花芽の分化

と発達に直接影響する日長と気温によって決定される(川田ら, 1987)が, 生産現場における収穫期間は1~3週間程度の幅があり, 群落としての開花斉一性には日長以外の要因も影響していることが示唆される。これまでにキクの開花斉一性にかかわる要因として, 群落の光環境(Karlssonら, 1989), 栽植様式(本間, 2000), 栄養成長期の草勢(本間, 1999), 親株個体群の系統分離や苗前歴(本節第1項)などが指摘されている。中でも, 親株からの挿し穂採取位置などの苗前歴や栄養成長期の草勢という指摘は, 苗の生理的な状態を揃えることが開花斉一性を高める方法となる可能性を示唆している。

苗の生理的な状態を変化させる方法のひとつとして, 挿し穂や発根苗の冷蔵・低温処理が考えられる。すでに輪ギクやスプレーギクの施設生産では, 茎の伸長促進(大石ら, 1985)やロゼット化防止(小西, 1975; 豆茂ら, 1983)を目的とした低温処理が広く行われており, 夏秋ギク型品種では電照下での早期発蕾の回避(Sumitomoら, 2014)や開花遅延(杉浦・藤田, 2003; 小山ら, 2004)を目的とした報告もあるが, いずれの報告でも開花斉一性の観点からは検証されていない。

そこで本項では, 実験1として西南暖地での自然開花期が7~10月の小ギク9品種において, 発根したセル苗と挿し穂の冷蔵処理が開花斉一性に及ぼす影響を調査した。この中で, 冷蔵処理によって開花斉一性が高まる効果が見られた7月咲き品種の‘みのる’を用い, 実験2としてその要因について, さらに詳細な検討を試みた。

材料および方法

1. 苗冷蔵と穂冷蔵が小ギク数品種の開花に及ぼす影響(実験1)

実験は2009年に兵庫県加西市の兵庫県立農林水産技術総合センター内で行った。西南暖地での自然開花期が7~10月の小ギク9品種を用い, 品種ごとの慣行栽培に準じて4回に分けて実験時期を設定した(第1-1-5表)。供試した9品種の自然開花期はおおむね‘みのる’, ‘やよい’, ‘千代’および‘紅千代’が7月, ‘広島紅’が8月, ‘銀星’が9月, ‘沖の乙女’, ‘つばさ’および‘金秀’が10月である。

各品種について, 挿し芽育苗後の発根したセル苗を定植直前まで冷蔵する苗冷蔵区, 採穂した挿し穂のまま冷蔵する穂冷蔵区および冷蔵を行わない無処理区を設けた。苗冷蔵区と穂冷蔵区のいずれも冷蔵期間は28日間とし, スチロール箱内に入れたセル苗および挿し穂を2℃に設定した保冷库に搬入することで冷蔵処理を行った。

7~8月咲きの5品種は無加温ハウスで, 9~10月咲きの4品種は露地で親株を養成し, 第1-1-5表の日程に従い採穂した。育苗は各区とも, 培養土を充填した128穴セルトレーに挿し芽し, 無加温温室の間欠ミスド下で28日間管理した。全品種とも, あらかじめ緩効性化成肥料を $N:P_2O_5:K_2O = 2.8: 2.4: 2.8 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ で全量全層施用した露地圃場に第1-1-5表の日程に従って定植した。定植株数は試験圃場の制約上, 品種ごとに各区14~40株とした。10月咲きの3品種は白黒マルチを, それ以外の6品種は黒マルチを被覆した80cm幅の栽培床に, 全品種とも株間12cm, 条間40cmの2条植えとした。定植6~14日後に摘心し, 品種ごとに約4週後に株当たり3本に整枝した。

第1-1-5表 供試品種ごとのセル苗および挿し穂に対する冷蔵処理の概要

品種	冷蔵方法	作業日程				冷蔵処理	
		採穂	挿し芽	定植	摘心	開始日 ~ 終了日(冷蔵期間)	
みのる, 広島紅	苗冷蔵	2月25日	2月25日			3月25日 ~ 4月22日 (28日間)	
	穂冷蔵	2月25日	3月25日	4月22日	4月28日	2月25日 ~ 3月25日 (28日間)	
	無処理	3月25日	3月25日			なし	
やよい, 千代, 紅千代	苗冷蔵	3月5日	3月5日			4月2日 ~ 4月30日 (28日間)	
	穂冷蔵	3月5日	4月2日	4月30日	5月8日	3月5日 ~ 4月2日 (28日間)	
	無処理	4月2日	4月2日			なし	
銀星	苗冷蔵	3月6日	3月6日			4月3日 ~ 5月1日 (28日間)	
	穂冷蔵	3月6日	4月3日	5月1日	5月14日	3月6日 ~ 4月3日 (28日間)	
	無処理	4月3日	4月3日			なし	
沖の乙女, つばさ, 金秀	苗冷蔵	4月30日	4月30日			5月28日 ~ 6月25日 (28日間)	
	穂冷蔵	4月30日	5月28日	6月25日	7月9日	4月30日 ~ 5月28日 (28日間)	
	無処理	5月28日	5月28日			なし	

全品種とも、シュートごとに最も開花の進んだ頭花において最外列の管状花が開裂した時を開花日とし、すべての切り花の摘心後到達日数を調査した。また、各区の開花盛期に生育中庸な切り花を各区 10 本ずつ分枝基部から収穫し、切り花長、切り花重および節数を調査した。

1. 苗冷蔵と穂冷蔵による開花斉一化に関わる要因の検討 (実験 2)

実験は、2006 年に奈良県農業研究開発センター内で行った。試験区は、発根苗で 4 週間冷蔵した苗冷蔵 4 週区、挿し穂で 2 および 4 週間冷蔵した穂冷蔵 2 週区および穂冷蔵 4 週区、冷蔵処理を行わない対照区の 4 区とし、7 月咲き小ギク ‘みのる’ を各区 18 株の 2 反復で供試した。

各区とも露地で管理した同一の親株群から、苗冷蔵 4 週区と穂冷蔵 4 週区は 2 月 22 日に、穂冷蔵 2 週区は 3 月 8 日に、対照区は 3 月 22 日に採穂した。苗冷蔵 4 週区は採穂当日に挿し芽し、育苗後の 3 月 15 日～4 月 12 日まで冷蔵処理した。穂冷蔵の 2 区は採穂当日～3 月 22 日まで冷蔵処理し、対照区と同じ 3 月 22 日に挿し芽育苗を開始した。冷蔵処理は、スチロール箱に入れた発根したセル苗および挿し穂を暗黒状態で $2 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定した保冷库に搬入することで行った。

育苗は各区とも共通して、培養土を充填した 200 穴セルトレーに挿し芽し、最低気温を 15°C に管理した温室内に設置した間欠ミスト下で 3 週間管理した。雨除けハウス内に 4 月 12 日に定植した。4 月 21 日に

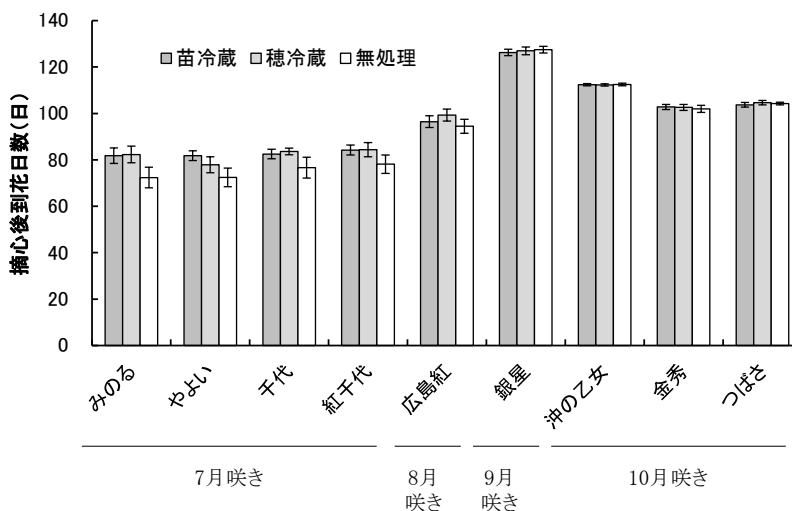
摘心し、5 月 22 日に株当たり 3 本に整枝した。

実験 1 と同様の基準で開花日を確認し、全ての切り花について摘心後到達日数、切り花長、茎長、切り花重、節数および頭花数を調査した。各切り花の収穫にあたっては、畝内での定植位置、切り花茎の発生節位および切り花茎の発生方向を記録した上で、分枝基部から収穫した。畝内での定植位置に関しては、2 条植えの東西を区分して調査した。切り花茎の発生節位は、摘心位置から下に向かって上位節、中位節および下位節に区分した。切り花茎の発生方向は定植位置から畝間方向に向かって成長している切り花茎を外向枝、反対に条間方向に向かって成長している切り花茎を内向枝と区分した。

結果

1. 苗冷蔵と穂冷蔵が小ギク数品種の開花に及ぼす影響 (実験 1)

苗冷蔵および穂冷蔵が小ギク 9 品種の摘心後到達日数とその斉一性に及ぼす影響を第 1-1-4 図に示した。無処理区と比べて苗冷蔵区および穂冷蔵区の摘心後到達日数は、自然開花期が 7～8 月咲きの ‘みのる’ と ‘やよい’ で約 9 日、‘千代’ と ‘紅千代’ で約 6 日、‘広島紅’ で約 2 日長くなった。これら 7～8 月咲きの品種では、摘心後到達日数の標準偏差が無処理区で 3.0～4.5 日であったのに対し、苗冷蔵区で 2.1～3.3 日、穂冷蔵区で 1.4～3.6 日と小さくなった。



第1-1-4図 苗冷蔵および穂冷蔵が小ギクの摘心後到達日数とその斉一性に及ぼす影響

一方、自然開花期が9月咲きの‘銀星’、10月咲きの‘沖の乙女’、‘つばさ’および‘金秀’の4品種における穂冷蔵区と苗冷蔵区の摘心後開花日数は、無処理区と差が見られなかった。これら4品種の標準偏差は、いずれの処理区でも0.5~1.6日と総じて小さかった。

苗冷蔵および穂冷蔵が各品種の切り花長、切り花重および節数に及ぼす影響を第1-1-6表に示した。苗冷蔵区と穂冷蔵区における摘心後開花日数が無処理区より6日以上長くなった‘みのる’、‘やよい’、‘千代’および‘紅千代’では、穂冷蔵区および苗冷蔵区の切り花長、切り花重および節数が無処理区より大きくなった。9~10月咲き品種では無処理区と比較して、‘銀星’の苗冷蔵区、‘沖の乙女’の穂冷蔵区で切り花長と節数が小さくなり、‘つばさ’の苗冷蔵区で切り花長が大きくなった。

第1-1-6表 苗冷蔵および穂冷蔵が7~10月咲き小ギクの切り花長、切り花重および節数に及ぼす影響

品種	冷蔵方法	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)
みのる	苗冷蔵	66 a ^z	75 a	32 a
	穂冷蔵	64 a	59 b	31 a
	無処理	56 b	46 c	27 b
やよい	苗冷蔵	82 a	118 a	31 a
	穂冷蔵	73 b	71 b	25 b
	無処理	66 c	57 b	23 b
千代	苗冷蔵	91 b	96 a	39 b
	穂冷蔵	98 a	98 a	41 a
	無処理	81 c	63 b	34 c
紅千代	苗冷蔵	84 a	76 a	41 a
	穂冷蔵	82 a	76 a	38 b
	無処理	74 b	61 b	35 c
広島紅	苗冷蔵	83 a	69 b	34 b
	穂冷蔵	84 a	80 a	39 a
	無処理	85 a	76 ab	37 ab
銀星	苗冷蔵	117 b	198 a	52 b
	穂冷蔵	121 ab	175 a	61 a
	無処理	123 a	190 a	61 a
沖の乙女	苗冷蔵	144 a	140 a	50 a
	穂冷蔵	135 b	121 a	45 b
	無処理	144 a	143 a	51 a
金秀	苗冷蔵	112 a	83 a	47 a
	穂冷蔵	109 a	82 a	46 a
	無処理	112 a	86 a	46 a
つばさ	苗冷蔵	115 a	82 a	55 a
	穂冷蔵	110 b	83 a	52 b
	無処理	108 b	88 a	53 ab

^z 品種ごとに、同一列の異なる英小文字間にはTukeyのHSD検定によりP<0.05で有意差ありを示す

2. 苗冷蔵と穂冷蔵による開花斉一化に関わる要因の検討(実験2)

苗冷蔵および穂冷蔵が摘心後開花日数と開花の斉一性に及ぼす影響を第1-1-7表に示した。冷蔵処理を行った3区ではいずれも、摘心後開花日数の標準偏差が小さくなり、開花盛期の3もしくは7日間に開花した切り花の割合が多くなった。平均の摘心後開花日数は、苗冷蔵4週区で実験1と同様に長くなったが、穂冷蔵の2区では同等もしくはやや短くなった。切り花長、切り花重、節数および頭花数は、第1-1-8表のように苗冷蔵4週区で大きくなり、穂冷蔵2週区の切り花重と頭花数を除き、穂冷蔵2および4週区で同等もしくは小さくなった。

切り花の発生節位および定植個体ごとの摘心後開花日数を第1-1-5図に示した。対照区および穂冷蔵2週区の摘心後開花日数は上位節で長く、下位節で短くなる傾向を示したが、苗冷蔵4週区と穂冷蔵4週区では切り花の発生節位による有意差が見られなかった。また、定植個体ごとの摘心後開花日数は対照区で68~84日の範囲にあったが、苗冷蔵4週区では74~83日と摘心後開花日数の短い切り花が少なくなっていた。穂冷蔵2および4週区では、これらの中間的な傾向を示した。

第1-1-7表 苗冷蔵および穂冷蔵が小ギク‘みのる’の摘心後開花日数と開花の斉一性に及ぼす影響

冷蔵方法	冷蔵週数	摘心後開花日数 ^z		開花の斉一性 ^y	
		平均	標準偏差	3日率 (%)	7日率 (%)
苗冷蔵	4	78 c	2.84	43	80
穂冷蔵	2	74 ab	3.27	41	72
	4	73 a	3.16	44	81
対照	0	75 b	5.01	29	51

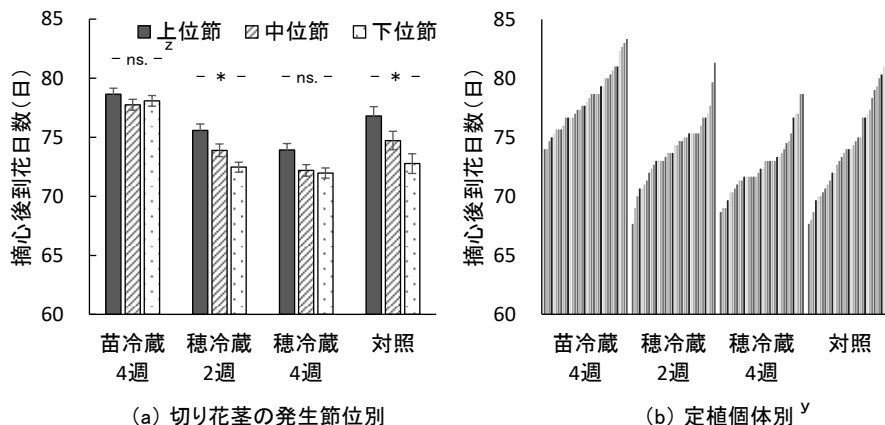
^z 各区とも、n=108

^y 開花の斉一性は、開花盛期の3または7日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した百分率として示した

第1-1-8表 苗冷蔵および穂冷蔵が小ギク‘みのる’の切り花長、切り花重、節数および頭花数に及ぼす影響

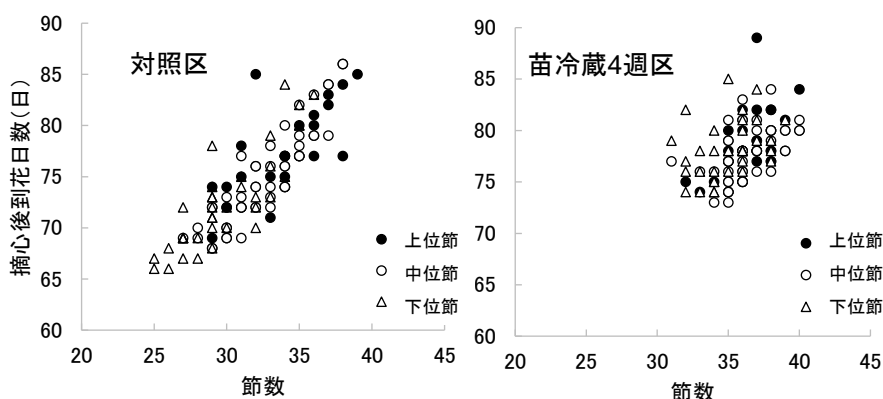
冷蔵方法	冷蔵週数	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	頭花数 (輪)
苗冷蔵	4	80 c ^z	62 d	36 b	38 bc
穂冷蔵	2	69 b	55 c	31 a	40 c
	4	64 a	40 a	31 a	32 a
対照	0	69 b	48 b	32 a	34 ab

^z 同一行の異なる英小文字間には、各品種毎に系統間で、TukeyのHSD検定によりP<0.05で有意差ありを示す



第1-1-5図 苗冷蔵および穂冷蔵が小ギク‘みのる’の摘心後花日数に及ぼす影響

^z 図(a)中の誤差範囲は標準誤差(n=36), *とns.は各々, 分散分析により5%水準で有意差ありと有意差なし
^y 図(b)の各個体3本の摘心後分枝の平均値を, 摘心後花日数の昇順に並べた



第1-1-6図 苗冷蔵が小ギク‘みのる’の節数と摘心後花日数に及ぼす影響

第1-1-9表 苗冷蔵および穂冷蔵が小ギク‘みのる’の切り花茎の発生方向別の摘心後花日数に及ぼす影響

冷蔵処理	切り花茎の発生方向	摘心後花日数 ^z (内外差)
苗冷蔵4週	外	77.4
	内	78.6 (1.2)
穂冷蔵2週	外	73.1
	内	74.7 (1.6)
穂冷蔵4週	外	72.2
	内	73.1 (0.9)
対照	外	73.9
	内	75.3 (1.3)

分散分析
 冷蔵処理 **
 切り花茎の発生方向 **
 冷蔵処理×切り花茎の発生方向 ns.

^z ()内は内向枝と外向枝の摘心後花日数の差
 **とns.は各々, 分散分析により1%水準での有意差ありとなしを示す

対照区と苗冷蔵4週区における節数と摘心後花日数の相関を第1-1-6図に示した。対照区では節数と摘心後花日数に正の相関が見られ、下位節には節数が少なく摘心後花日数の比較的短い切り花が多く見られた。それに対し、苗冷蔵4週区では下位節と中位節における節数の増加と摘心後花日数の遅れが生じており、結果的に集団全体の摘心後花日数のばらつきが小さくなっていった。

次に、切り花茎の発生方向別に摘心後花日数を見ると、第1-1-9表のように処理区によらず、内向枝の摘心後花日数は外向枝より長くなり、処理区との交互作用は見られなかった。また、定植位置の東西による摘心後花日数への一定の影響は見られなかった。

考察

本項では、一斉収穫に必要なとなる開花斉一性の向

上を目的として、定植までの発根苗および挿し穂の冷蔵処理が開花のばらつきに及ぼす影響について検討した。実験1において、小ギク9品種での苗冷蔵および穂冷蔵の影響を比較すると、開花期が8月までの5品種と9月以降の4品種で摘心後花日数およびその斉一性に及ぼす影響が大きく異なった。川田・船越(1988)の分類で早生～中生の夏秋ギク型品種と考えられる7～8月咲き品種においては、苗冷蔵および穂冷蔵によって摘心後花日数が長くなると同時に、その標準偏差が小さくなり開花斉一性が向上した(第1-1-4図)。それに対し、晩生夏秋ギク～秋ギク型品種と考えられる9～10月咲き品種においては摘心後花日数への影響が見られず、開花斉一性は無処理区も含めて高かった。

川田・船越(1988)は、暖地で9月下旬に開花する晩生夏秋ギク型～秋ギク型品種の自然開花期は花芽分化・発達期の高温や低温による直接的な抑制は受けるものの、主として感光性のみ依存しているとしており、その開花は限界日長によってほぼ決定される。実験1において9月咲き品種‘銀星’と秋ギク型4品種において開花時の節数によらず(第1-1-6表)、摘心後花日数がほぼ一定でその斉一性も全体的に高かった(第1-1-4図)ことは、これらの品種の開花がほぼ日長に支配されて決定されていた可能性を示唆する。これらの品種は5～6月の定植以降、夏季の高温に十分に経過してから花芽分化に至るため、育苗段階での低温処理の影響を受けにくかったものと考えられる。

これに対し、夏秋ギク型品種の自然開花期は幼若性と感光性の2要因によって支配されている(川田・船越, 1988)とされており、限界日長の影響とともに冬季における長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなり、春季以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる性質(川田ら, 1987; 大石, 2011; Sumitomoら, 2013)が大きく影響する。実験1の夏秋ギク型5品種における開花時の節数は苗冷蔵および穂冷蔵によって増加しており(第1-1-6表)、春期の外気温上昇によって花芽分化しやすくなった無処理区に比べて、苗冷蔵区および穂冷蔵区では低温に維持されたことによって花芽分化しにくい生理的な状態が保たれ、摘心後花日数が全体として遅くなったものと考えられた。同様の現象は、杉浦・藤田(2003)や小山ら(2004)によっても確認されており、これを開花抑制技術として積極的に利用しようとしている。近年、研究と普及が進んできた夏秋ギク

型品種を用いた小ギクの電照抑制栽培(小山・和田, 2004; 森ら, 2014; 角川ら, 2007)では、秋ギク型品種の場合と同様、十分な高温を経過した後の消灯によって花芽分化するため、開花が揃いやすいことが知られている(小山ら, 2007; 本章第3節第3項)。これらのことから、自然開花作型である実験1において夏秋ギク型5品種の開花が比較的不齐一となったことは、花芽分化～開花期の直接的な季節要因ではなく、川田・船越(1988)が指摘した夏秋ギク型と秋ギク型の品種特性の違いによるものと考えられた。

実験2では、夏秋ギク型品種に特異的に見られた開花遅延に伴う開花斉一性の向上の要因を明らかにしようと試みた。対照区の摘心後花日数には、摘心後の切り花茎の発生節位間と個体間の両方に大きなばらつきが見られたが、苗冷蔵4週区ではいずれのばらつきも小さくなっていた(第1-1-5図)。これは主に、開花時の節数と花日数のばらつきが共に大きい中下位節において、苗冷蔵によって上位節に近い範囲に節数が増加するとともに花日数が遅れることによって生じていた(第1-1-6図)。Sumitomoら(2014)は、親株での低温処理が夏秋ギク型品種の早期発蕾回避に利用できることを報告しているが、本実験において比較的早期に開花する可能性のある個体あるいは摘心後分枝の開花節数を増加させる点において類似の機作が働いている可能性が考えられる。本節第1項では、挿し芽苗の親株前歴や採穂位置が節数と開花期に影響することを明らかにし、外見上均一な挿し芽苗であっても、その来歴となる萌芽時期の不揃いが開花まで温存されている可能性を指摘した。苗冷蔵処理は、こうした育苗段階までの影響で生じる早期開花の傾向を修正できる方法と考えられた。ただし、本実験の穂冷蔵2および4週区でも苗冷蔵4週区と同様の傾向は見られたものの、その効果が明らかでなかった。この点については、挿し穂より発根苗で冷蔵の影響が顕著となるとの報告(樋口・原, 1974)もあり、開花斉一性の向上のためには苗冷蔵の方が安定的な効果が得られるものと考えられた。

一方、本章第2節に示すように開花斉一性に関わる大きな要因のひとつである栽培群落としての周縁効果については、冷蔵処理とは独立して観察された(第1-1-9表)。このため、実際の栽培場面で開花斉一化を図ってゆくためには、本節第1項で示した親株の系統選抜や苗冷蔵処理だけでなく、本章第2節で示すような栽植様式の変更など本圃での開花斉一性を高めるような技術との組み合わせが、今後の課

題として重要だと考えられる。

第2節 栽植様式が開花斉一性に及ぼす影響

第1項 栽培群落の構造、条間および摘心の影響

キクの開花期は主として日長と気温によって決定される(川田ら, 1987)が, 生産現場における小ギクの収穫期間は秋ギク型品種でも1週間前後, 夏秋ギク型品種では3週間以上にわたる場合もある。このことは, 畝やベッドに群落として栽培された各シュートの開花日に日長と気温以外の要因が影響していることを示唆しており, これまでも親株個体群の系統分離や苗の温度履歴(本章第1節), 栄養成長期の草勢(本間, 1999)などの影響が指摘されている。また, スプレーギクにおいても栽植密度および光条件と生育量のモデル化を検討した報告の中で, 光合成有効光量子束密度(以下, PPF)の増加が到花日数の斉一性を高め(Karlssonら, 1989), 栽植密度が高いほど到花日数の分散が大きくなる(Langtonら, 1999)とされている。さらに本間(2000)は, 輪ギク‘秀芳の力’の電照作型において条間を拡げることで開花日が集中化できると報告しており, 栽植様式とこれに連動した光環境の変更が開花の斉一性に関与している可能性が考えられる。

我が国の小ギク生産は, 自然開花期の異なる品種を組み合わせる夏秋期生産と電照抑制による沖縄での冬春期生産に大別される。これらの作型では各々, 産地背景によって様々な栽植様式が用いられている。主な栽植様式として, 夏秋期生産では奈良県など西南暖地における2条植え摘心栽培, 岩手県など東日本における1条植え摘心栽培, 冬春期生産では沖縄県における4~5条植の摘心および無摘心栽培が挙げられる。また, 施設スプレーギク生産では小ギクに類似した栽植様式のほか, 8~10条植の無摘心栽培も行われている。しかし, 栽植様式が群落内の光環境や生育開花に及ぼす影響については, 切り花重など切り花形質との関係(池田ら, 2006; 中村ら, 2008; 佐本ら, 1979)について少数の報告があるものの, 開花の斉一性に着目した研究は本間(1999)以外にはみられない。

そこで本項では, 収穫機による一斉収穫を目指すうえで必要となる開花斉一性に関わる要因を明らか

にするため, 開花日のばらつきを群落内の栽植位置と摘心後分枝位置に着目して整理した(実験1)。次に, ここで観察された群落周縁部と群落内部との開花日の差を解消するための方法として, 群落の内側に中央条間を設ける方法(実験2)と通路に面した群落側面に部分的な遮光を行う方法(実験3)について検討した。加えて, 摘心と仕立て本数が開花斉一性に及ぼす影響を, 同一の単位面積当たり立茎数で検討した(実験4)。

材料および方法

1. 共通の実験方法

いずれの実験も, 香川県善通寺市の近畿中国四国農業研究センター四国研究センター内の圃場で行った。供試品種には, 開花が不斉一になりやすい夏秋ギク型品種のうち, 西南暖地における自然開花期が7~8月で暗期中断による開花抑制が可能な小ギク品種‘翁丸’(角川ら, 2007)を用いた。いずれの実験においても本圃の土性は砂壤土で, 施肥量は $N:P_2O_5:K_2O$ を2.1:2.2:2.2 kg \cdot a $^{-1}$ とし, 全量を元肥として全層施用した。

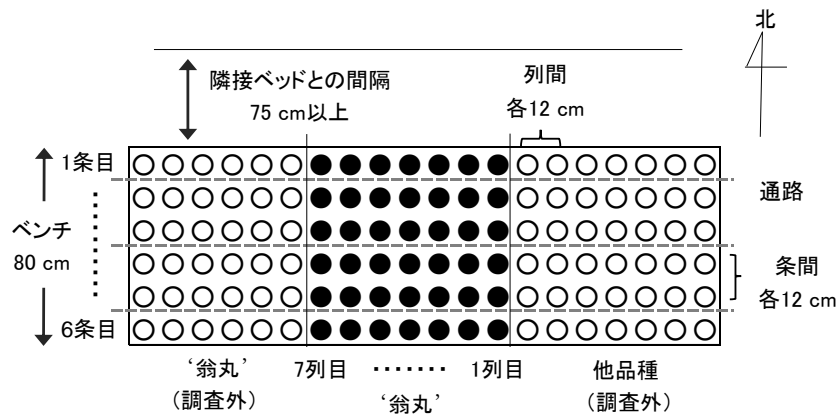
灌水は, 土壤水分の不均一を最小化するため, 2条に1本ずつ株元に配置した点滴チューブ(流滴10, ネタフィルムジャパン(株))から1日に1~2回行った。

切り花調査では, 最も開花の進んだ頭花の最外周の管状花が開裂した時を開花日とし, 開花日に分枝基部から収穫して切り花長, 切り花重および節数を記録した。

2. 栽植位置と摘心後分枝の発生節位の影響(実験1)

深夜6時間(21:00~3:00)の暗期中断下で管理した親株から, 2003年5月16日に採穂して育苗を開始した。ここから生育の揃った挿し芽苗を6月3日に定植し, 6月10日に本葉4枚で摘心した。7月2日に4本以上のシュートが発生した株は, 生育の劣るシュートを切除して3本に整枝し, 2本以下の株は無整枝とした。

定植は, 寒冷紗により50%遮光とした硬質プラスチックフィルムハウス内に設置した幅80 cm, 長さ240 cmの東西に長い栽培ベッドに, 株間と条間をいずれも12 cmとして南北6条, 東西20列の群落として行った。試験区はベッド中央に6条7列で42株の



第1-2-1図 試験区の栽植方法(実験1)

図中の破線は、点滴チューブの敷設位置

群落になるよう配置した(第1-2-1図)。調査対象外として、試験区の西側には‘翁丸’36株を、東側には他品種42株をそれぞれ定植した。各定植位置には、北から条番号を、東から列番号を付した。収穫時には発生節位を確認して上位節から上位、中位および下位と区分した。なお、摘心後分枝が2本であった株については上位と中位として、1本であった株については上位として集計した。定植から7月23日までは2.5 m²当たり1灯の60 W白熱灯による深夜6時間の暗期中断を行い、消灯日に展開節数を調査した。各分枝の開花日に条番号、列番号および節位を確認して収穫し、切り花調査を行った。

また、群落内の受光量のばらつきを生育中期の7月3日から8月13日までの42日間、群落内で継続的に測定した。測定は、最も生育旺盛なシュートで形成される群落上面から約5 cm下(群落上層部)と約15 cm下(群落中層部)の2階層で、各々に北側1~2条目、中央部3~4条目および南側5~6条目の条間に、計6基の光量子センサー(IKS-27、(株)小糸製作所)を配置して行った。なお、群落上層部と群落中層部とした測定高は各々、最も生育旺盛なシュートと最も生育の遅れているシュートの最上位展開葉付近に相当し、植物の成長に合わせて随時、高さを調節した。

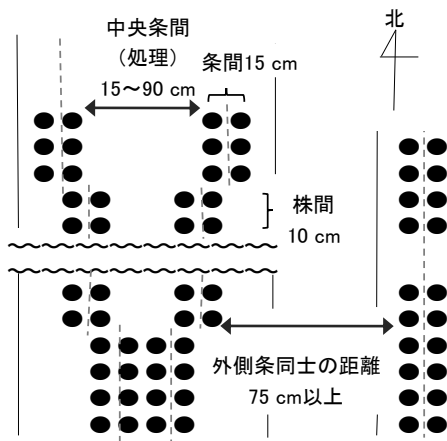
さらに、群落内の光質を波長別光エネルギー測定装置(LI-1800, Licor Inc.)によって、晴天日の7月31日南中時に測定した。測定点は北側の1~2条目、中央部の3~4条目および南側の5~6条目の条間において、群落上面、上面から約30 cm下位の群落中層および約60 cm下位の群落下層とした。測定波長は350~1100 nmの範囲で10 nmごととし、400~500 nm、600~700 nmおよび700~800 nmを青色光(B)、赤

色光(R)および遠赤色光(FR)として積算した。

3. 4条植えでの中央条間の影響(実験2)

実験には、各区40株を供試した。無加温ハウスで養成した親株から採穂、育苗した苗を2005年4月21日に雨除けハウスに定植し、自然日長下で栽培した。4月30日に摘心し、5月23日に株当たり2本に整枝した。

試験区は第1-2-2図のように複2条の4条植えの南北畝とし、中央条間を15, 30, 45, 60, 75および90 cmの6水準とした。各区とも株間は10 cm、東西各2条の条間は15 cmとし、通路をはさんだ隣接畝の外側条同士の距離は75 cm以上を確保した。各試験区の両端にあたる8株を除外した各区32株について、栽植位置を確認したうえで切り花調査を行った。



第1-2-2図 中央条間の異なる試験区の栽植方法(実験2)

図中の破線は、点滴チューブの敷設位置

4. 植え付け条数と群落側面の遮光の影響 (実験 3)

実験には、各区 100 株を供試した。無加温ハウスで養成した親株から採穂、育苗した苗を 2005 年 4 月 21 日に雨除けハウスに定植し、自然日長下で栽培した。4 月 30 日に摘心し、5 月 23 日に株当たり 2 本に整枝した。

試験区は株間 10 cm、条間 15 cm の 10 条植えとした 10 条区、同様の 10 条植えでフラワーネットの通路に面した群落側面に遮光資材を 40 cm 下垂させた 10 条遮光区、株間 10 cm、条間 15 cm、中央条間 30 cm とした複 2 条の 4 条植えとした 4 条区の 3 区を設けた。フラワーネットは群落上面から約 20 cm 下位になるよう、生育に合わせて随時引き上げた。各試験区の両端を除いた 80 株について、栽植位置を西端から数えた条番号によって確認したうえで切り花調査を行った。

なお遮光資材には、群落周縁部の葉による遮蔽を模することを意図し、赤色光吸収型フィルム（ブルスカイ、MKV プラテック（株））を用いた。処理に先だて、本資材の光透過率を波長別光エネルギー測定装置（LI-1800, Licor Inc.）によって、晴天日（2004 年 12 月 17 日）の太陽光下で実測した。本資材の PPFD（400~700 nm）、赤色光（600~700 nm）および遠赤色光（700~800 nm）の波長別光透過率は各々 69、57 および 71% であり、遮光下での赤色光と遠赤色光の比率（以下、R/FR 比とする）は無処理の 1.03 に対し 0.82 であった。

5. 摘心の影響 (実験 4)

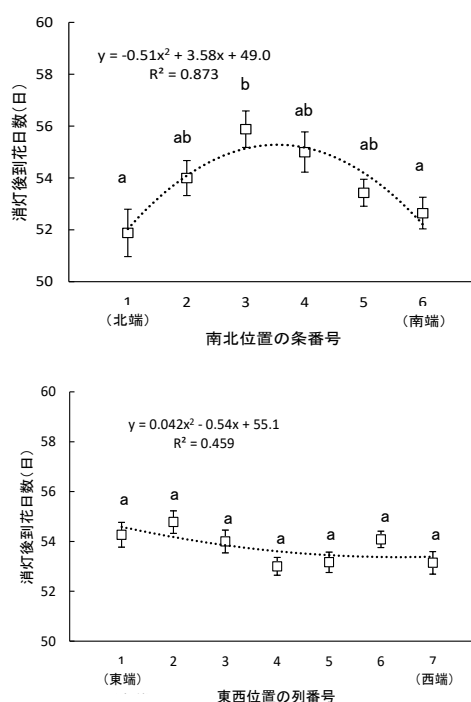
実験には、各区 100 株を供試した。無加温ハウスで養成した親株から採穂、育苗した苗を 2005 年 4 月 21 日に雨除けハウスに定植し、自然日長下で栽培した。

試験区は株間 15 cm、条間 15 cm、中央条間 30 cm とした複 2 条の 4 条植えで株当たり 2 本に整枝した 2 本整枝区、株間 7.5 cm、条間 15 cm、中央条間 30 cm とした複 2 条の 4 条植えで株当たり 1 本に整枝した 1 本整枝区、1 本整枝区と同じ栽植様式で摘心を行わない無摘心区の 3 区とした。いずれの試験区も栽植面積当たりの立茎数は 71 本・m² とした。無摘心区以外の 2 区は 4 月 30 日に摘心し、5 月 23 日に整枝した。2 本整枝区は 20 株、1 本整枝区と無摘心区は各 40 株について切り花調査を行った。

結果

1. 栽植位置と摘心後分枝の発生節位の影響 (実験 1)

群落として栽培した時の栽植位置が消灯後花日数に及ぼす影響を、南北位置と東西位置に分けて第 1-2-3 図に示した。南北位置を示す条ごとの消灯後花日数についてみると、群落中央の 2~5 条目間には有意差が見られなかった一方、南北両側の周縁部に位置するシュートの消灯後花日数は群落中央より短く、これらの関係は上に凸な二次曲線で良く近似できた。一方、両側を群落にはさまれている東西位置についてみると、列ごとの消灯後花日数はほぼ一定となった。



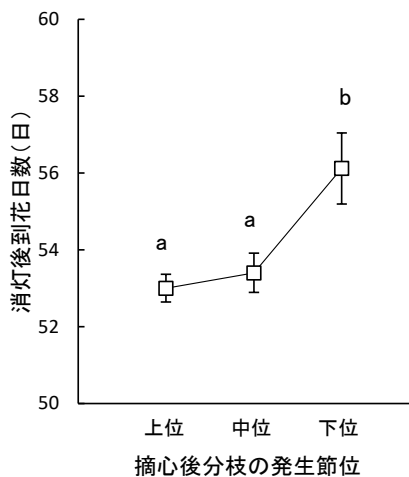
第1-2-3図 小ギク‘翁丸’における群落内での栽植位置が消灯後花日数に及ぼす影響（上：南北位置，下：東西位置）

図中の曲線は二次近似式、誤差範囲は標準誤差（n = 9~17）

南北位置と東西位置の各々について、異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差のあることを示す

摘心後の分枝位置が消灯後花日数に及ぼす影響を第 1-2-4 図に示した。上位節および中位節と比較して、下位節では消灯後花日数が長くなり、そのばらつきも大きかった。

栽植位置と分枝発生節位が切り花長、切り花重および節数に及ぼす影響を第 1-2-1 表に示した。栽植位置の影響は消灯後花日数と同様、南北周縁部に特徴的にみられ、群落内部に比べて切り花長が短く、切り花重が重くなった。一方、開花時と消灯時のいずれの節数にも栽植位置による差はなかった。分枝発生



第1-2-4図 小ギク‘翁丸’における摘心後分枝の発生節位が 消灯後到花日数に及ぼす影響

誤差範囲は標準誤差(n = 17~40)

異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差あり

節位については、上位節ほど開花時節数と消灯時節数がともに多くなったが、切り花長と切り花重には有意差がみられなかった。

これら群落全体の切り花重および消灯時節数と消灯後到花日数の間には、第1-2-5図に示したように消灯時節数が多いほど、また切り花重が重いほど到花日数が短くなる負の相関がみられた。

群落内の南北位置と上下位置別に測定した PPFD の日変化を第1-2-6図に示した。群落上層部では、南側でやや大きく推移し、北側と中央の差は小さかった。一方、群落中層部では南側で小さく推移し、北側と中央の差は小さかった。また、群落内での波長別光量子束密度の分布を第1-2-2表に示した。R/FR比は群落上面において1.05~1.07であったのに対し、群落中層では0.51~0.55、群落下層では0.12~0.18とな

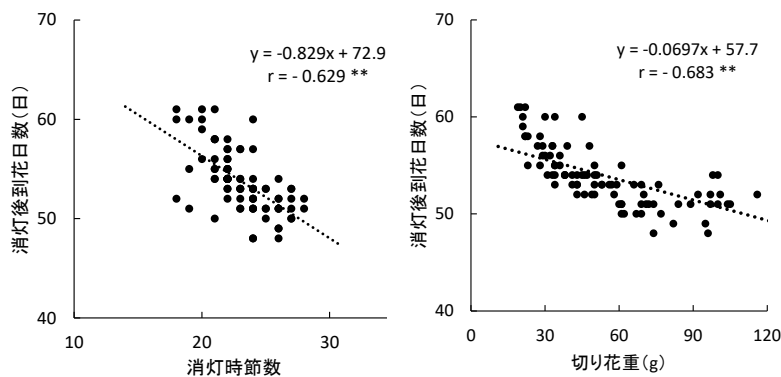
り、群落内で下層に行くほど小さくなった。一方、B/R比は群落上面で0.56~0.58であったのに対し、群落下層でも0.60~0.74と変化が小さかった。群落中層と群落下層におけるR/FR比とB/R比はいずれも、南北の測定点の違いによる顕著な差異はみられなかった。

第1-2-1表 群落内の栽植位置と分枝発生節位が小ギク‘翁丸’の切り花長、切り花重および節数に及ぼす影響

栽植位置と分枝発生節位 ^z	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	開花時節数 (節)	消灯時節数 (節)
南北位置(北端が1条目)				
1	108 a ^y	71 bc	46 a	24 a
2	113 b	41 a	45 a	23 a
3	115 b	37 a	44 a	22 a
4	116 b	42 a	44 a	22 a
5	115 b	55 ab	47 a	24 a
6	109 a	89 c	44 a	23 a
東西位置(東端が1列目)				
1	114 a	58 a	45 a	23 a
2	111 a	54 a	44 a	23 a
3	111 a	46 a	44 a	22 a
4	112 a	64 a	46 a	24 a
5	113 a	59 a	45 a	23 a
6	113 a	53 a	44 a	23 a
7	112 a	65 a	46 a	23 a
分枝発生節位				
上位	113 a	61 a	47 c	24 b
中位	112 a	59 a	45 b	23 b
下位	111 a	44 a	42 a	21 a

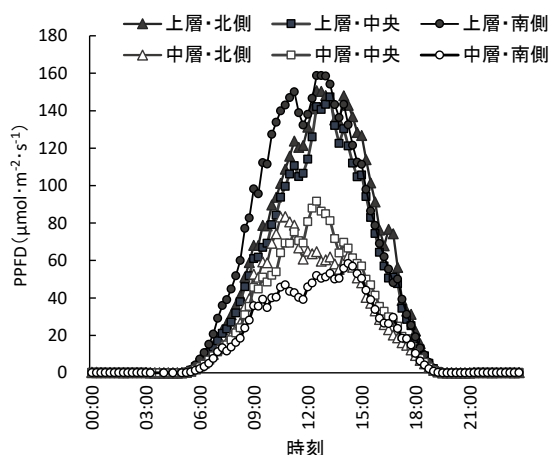
^z 南北位置、東西位置および分枝発生節位の標本数は各々、n=10~17, 9~15および17~40

^y 異なる南北位置、東西位置および分枝発生節位各々において、同一列の異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により、5%水準で有意差のあることを示す



第1-2-5図 消灯時節数(左)および切り花重(右)と消灯後到花日数の相関(実験1)

図中の点線および数式は、最小自乗法による回帰直線を示す。**は1%有意



第1-2-6図 小ギク群落内の南北位置と上下位置による受光量の違い

測定期間(2003年7月3日~8月13日)の平均値

上層と中層は各々、群落上面から約5 cm下と約15 cm下で、北側、中央および南側は各々、北側1~2条目、中央部3~4条目および南側5~6条目の条間で光合成有効量子束密度(PPFD)を測定した

第1-2-2表 小ギク‘翁丸’の群落内における波長別光量子束密度

測定点 ^z	波長別光量子束密度 ^y ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			R/FR 比	B/R 比
	青色光 (B)	赤色光 (R)	遠赤色光 (FR)		
群落上面					
北側	23.2	41.1	39.2	1.05	0.56
中央部	24.8	42.8	40.3	1.05	0.57
南側	24.5	42.6	39.9	1.07	0.58
群落中層(群落上面から30 cm下位)					
北側	6.9	11.1	16.6	0.54	0.62
中央部	7.1	13.7	24.2	0.51	0.53
南側	9.8	18.2	28.5	0.55	0.58
群落下層(群落上面から60 cm下位)					
北側	0.2	0.2	2.0	0.13	0.74
中央部	0.4	0.6	5.0	0.12	0.60
南側	0.5	0.9	4.6	0.18	0.63

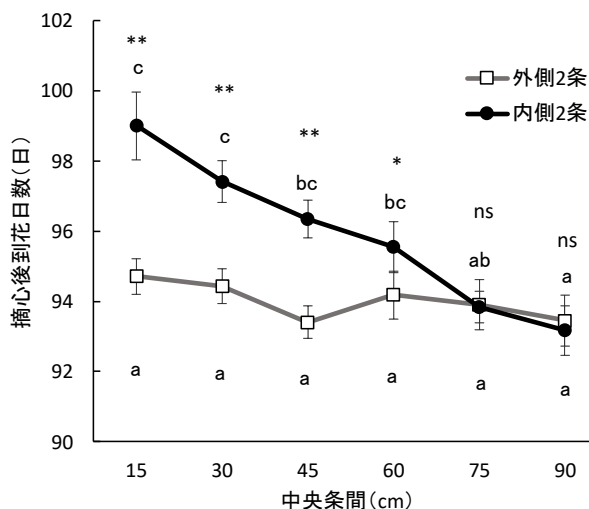
2003年7月31日(晴天日)の南中時に測定

^z 北側、中央部および南側の測定点は各々、北から1条目と2条目、同3条目と4条目および同5条目と6条目の条間

^y 青色光、赤色光および遠赤色光は各々、400~500、600~700および700~800 nmとして10nmごとに測定した光量子束密度を積算

2. 4条植えでの中央条間の影響(実験2)

4条植え摘心栽培における中央条間が摘心後花日数に及ぼす影響を、通路に面した外側2条と中央条間に面した内側2条に区分して第1-2-7図に示した。外側2条の摘心後花日数は中央条間によらずほぼ一定であったが、内側2条の摘心後花日数は中央条間が狭くなるほど長くなった。その結果、摘心後花日数における外側2条と内側2条の差(以下、内外差とする)は、中央条間が狭くなるほど大きくな



第1-2-7図 4条植え摘心栽培した小ギク‘翁丸’の中央条間が摘心後花日数に及ぼす影響

図中の誤差範囲は、標準誤差(n=24~32)

図中の**、*およびnsはt検定により、同一試験区内の内側2条と外側2条の間に1%、5%水準で有意差あり、および有意差なしを示す。また、異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により、5%水準で有意差があることを示す

第1-2-3表 4条植え摘心栽培した小ギク‘翁丸’の中央条間が摘心後花日数の斉一性と切り花の節数に及ぼす影響

中央条間 ^z	花日数(日)		節数(節)		
	平均	5日率 ^y (%)	外	内	内外差
15 cm	97 c	53	36 a ^x	35 a	ns. ^w
30 cm	96 bc	60	34 a	35 a	ns.
45 cm	95 ab	67	36 a	36 a	ns.
60 cm	95 ab	60	35 a	36 a	ns.
75 cm	94 a	77	34 a	36 a	ns.
90 cm	93 a	72	34 a	34 a	ns.

^z 株間10 cm、条間15 cmの片側2条で、4条植えとしたときの中央条間

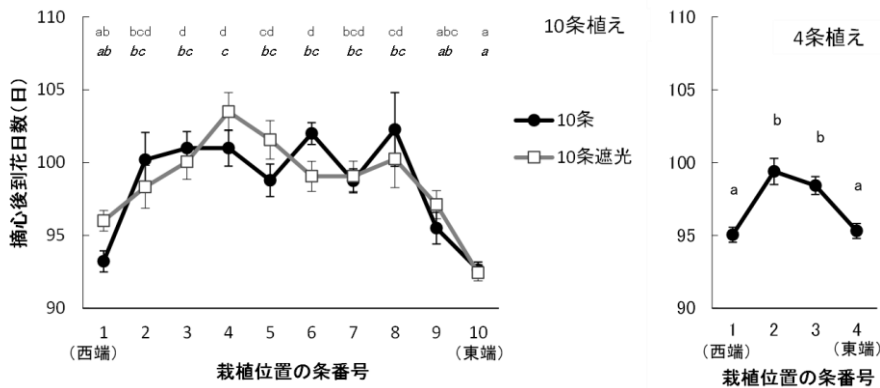
^y 5日率は、盛期5日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した百分率

^x 同一列の異なる英小文字間に、Tukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差あり

^w ns.は、各中央条間での外側と内側の値に、t検定により5%水準で有意差がないことを示す(n=24~32)

り、中央条間15 cmで最大の3.8日となった。一方、75 cm以上の中央条間では摘心後花日数に内外差がみられなかった。

中央条間が摘心後花日数の斉一性と節数および切り花長に及ぼす影響を第1-2-3表に示した。花日数については、開花の集中程度を示す指標として開花盛期5日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した割合(以下、5日率とする)を算出した。内外差を含めた摘心後花日数は中央条間が広がる



第1-2-8図 植え付け条数と群落側面の遮光が小ギク‘翁丸’の栽植位置ごとの摘心後
到花日数に及ぼす影響

誤差範囲は標準誤差(n=8~20)

栽植位置は、10条もしくは4条の南北畝における東西位置を西端から条番号で示した

試験区ごとに、異なる英小文字を付した条番号間には、Tukey-KramerのHSD検定により、5%水準で有意差のあることを示す。なお、ゴシック体は10条区、斜体は10条遮光区

ほど短くなり、開花の斉一性を示す5日率は中央条間75~90cmで72~77%と高くなった。節数は、中央条間の違いと内外差のいずれにおいても有意差がみられなかった。

有意差がみられなかった。

3. 植え付け条数と群落側面の遮光の影響 (実験3)

植え付け条数と群落側面の遮光が栽植位置ごとの摘心後
到花日数に及ぼす影響を第1-2-8図に示した。10条区、10条遮光区および4条区のいずれにおいても、東西の通路に面した各条で摘心後
到花日数が短くなった。一方、10条植えの西から2~8条目の群落中央部ならびに4条植えの2~3条目にあたる内側の摘心後
到花日数は、100日前後でほぼ同等であった。10条遮光区では10条区と比べて、西端の1条目で摘心後
到花日数が長くなったが、東端の10条目では差がみられなかった。各試験区における摘心後
到花日数の斉一性と節数を第1-2-4表に示した。摘心後
到花日数は97~98日の範囲で有意差がみられたものの、開花斉一性を示す変動係数と5日率には大きな違いがみられず、節数にも差がなかった。

考察

本項では夏秋期の小ギクについて、キャベツ(藤原ら, 2003; 吉秋ら, 2008)やトマト(吉岡ら, 2000)など野菜類と同様、機械化の前提となる一斉収穫を可能とするような開花斉一化を目指し、栽植様式とそれに伴う光環境の変化が開花のばらつきに及ぼす影響を検討した。

実験1において、6条植えの群落として生育させた小ギクの消灯後
到花日数は南北方向の群落周縁部で短くなる一方、中央部にあたる2~5条目の間には有意差がみられなかった(第1-2-3図)。また、実験3で南北10条植えの群落として生育させた場合の摘心後
到花日数も、東西の群落周縁部で短くなる一方、中央部にあたる2~8条目の間には有意差がみられなかった(第1-2-8図)。これらの結果は、群落中央部では条ごとの到花日数の差が比較的小さく開花が揃いやすいのに対し、群落周縁部の条では群落中央部と比較して開花が早期化するため、両者を合わせた群落全体としての開花斉一性を悪くしていることを示しており、周縁部と中央部の到花日数を揃えることが開花斉一化のための重要な課題であることが明らかとなった。

4. 摘心の影響 (実験4)

摘心の有無と仕立て本数が摘心後
到花日数、節数、切り花長および切り花重に及ぼす影響を第1-2-5表に示した。無摘心区と比べて摘心栽培とした2区では、到花日数が短くなるとともに、その変動係数が小さく、5日率が高くなった。節数、切り花長および切り花重はいずれも摘心栽培とした2区で小さくなったが、摘心1本区と摘心2本区の間各測定項目とも

これら群落周縁部の切り花は、それより内側の切り花と比較して節数に差がないものの、切り花長が短く、切り花重が重くなる傾向がみられた(第1-2-1表)。これは、植物群落で広く確認されている避陰反

第1-2-4表 植え付け条数と側面遮光が小ギク‘翁丸’における摘心後開花日数と節数に及ぼす影響

処理区 ^z	摘心後開花日数(日)				節数(節)
	平均	標準偏差	変動係数	5日率 ^x (%)	
10条	98 ab ^y	5.7	5.3	41	35 a
10条遮光	98 b	5.3	4.8	42	35 a
4条	97 a	4.8	4.5	46	35 a

^z 10条区は条間15 cm, 4条区は条間10-30(中央)-10 cm, いずれも株間を10 cmとし摘心後, 株当たり2本仕立て

^y 同一列の異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により, 5%水準で有意差のあることを示す(n=124~157)

^x 5日率は, 盛期5日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した百分率

第1-2-5表 摘心と仕立て本数が小ギク‘翁丸’の開花日数と節数, 切り花長および切り花重に及ぼす影響

処理区 ^z	開花日数(日) ^y			節数(節)	切り花長(cm)	切り花重(g)
	平均	変動係数	5日率(%)			
無摘心	108 b ^x	4.59	38	51 b	114 b	98 b
摘心・1本	104 a	4.14	70	34 a	96 a	58 a
摘心・2本	104 a	4.09	66	36 a	93 a	53 a

^z 3区とも条間15 cm, 中央条間30 cmとした複2条の4条植え, 無摘心区と摘心1本区は株間7.5 cm, 摘心2本区は株間15 cm

^y 無摘心区の開花日数は定植日から, 摘心区の開花日数は摘心日から起算

^x 同一列の異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により, 5%水準で有意差のあることを示す(n=37~38)

応や周縁効果 (Smith, 1982; テイツ・ザイガー, 2004) によるものと考えられる。植物群落では草冠を構成する上位葉によって赤色光が多く吸収され, 群落内部での R/FR 比の低下がフィトクロム平衡の変化を介して節間伸長を促し, 群落中央部の植物体の草丈を長くする避陰反応を示す (Franklin・Whitelam, 2005; Smith, 1982)。キクにおいても, 遠赤色光の添加 (Hisamatsu ら, 2008; 島ら, 2009) や除去 (Khattak ら, 2004; Oyaert ら, 1999) によって節間伸長を制御できることが報告されている。実験 1 において, 群落内部の R/FR 比は群落の外側にあたる上面に比べて, 中層および下層で大きく低下しており (第 1-2-2 表), 先述のような避陰反応によって, 群落の周縁部と中央部における切り花長の特徴的な差 (第 1-2-1 表) が生じたものと考えられる。なお, 本実験では土壌水分の調査を行わなかったが, 群落周縁部の切り花重が群落内部と比較して同等以上となっている (第 1-2-1 表) ことから, 灌水頻度の不足で生じるような光合成能力の低下 (後藤ら, 2002) は生じていなかったものと考えられる。

次に, 群落内位置が開花の早晩に及ぼす影響については, 光環境として R/FR 比と PPFD の 2 つの違いが考えられ, 実験 1 の群落内部ではこれらが同時に変化していた。すなわち, 群落上面で 1.05~1.07 の R/FR 比は群落中層で 0.51~0.55 と低下していたが (第 1-2-2 表), 同時に PPFD も大きく低下していた (第 1-2-6 図)。R/FR 比に関しては, スプレーギクにおいて FR を遮断するフィルムの被覆により光合成有効放射をほぼ同等とし, R/FR 比のみを 1.21 から 6.64 に変化させても開花期には影響しなかったと報告されている (Khattak ら, 1999, 2004)。

一方 PPFD に関してスプレーギクにおいては, 草冠が形成された後の生育量が光合成有効放射によって高精度にモデル化でき (Lee・Heuvelink, 2003), PPFD の増加によって短日下開花日数が短くなるとともに, その斉一性が高まる (Karlsson ら, 1989) と報告されている。また, Langton ら (1999) は栽植密度の増加によって開花の斉一性が低下することを報告しており, PPFD をめぐる競合が開花斉一性に関わることが示唆されている。輪ギク‘秀芳の力’の電照栽培においても, 本間 (1999) は葉数が多く, 切り花重の大きい群落周縁部のシュートで開花日数が短くなることを報告している。実験 1 においても消灯時節数が多く, 切り花重の重い切り花ほど開花日数が短くなる負の相関 (第 1-2-5 図) がみられており, 本間 (1999) の報告と同様の結果となった。これらのことから, 群落の中央部に比べて周縁部では切り花重の増加 (第 1-2-1 表) と開花の早期化 (第 1-2-3 図) という 2 つの現象が生じていたが, これらは共通して群落周縁部での PPFD が相対的に多いことによって引き起こされたものと推察される。

また実験 1 において, 群落中央部 3~4 条目の条間での PPFD は, 群落周縁部にあたる南側 5~6 条目および北側 1~2 条目の条間と比較して, 群落上層で同等かやや少なく, 群落中層で逆に多くなっており (第 1-2-6 図) 群落中央部で群落内のより下層まで光の入りやすい群落構造となっていたことが示唆された。こうした群落構造は, 群落中央部の生育・開花における斉一性に寄与した可能性が考えられるものの, その検証には群落内における PPFD の水平分布をより詳細に調査する必要がある。また, こうした群落構造に関わる要因については, 佐本ら (1979) が指摘したように葉面積や葉の着生角度などが考えられるが, これらについても今後, 品種間差を含めて精査していく必要がある。なお, 南側の上面で午前中の光量が

大きかった点については、本項で用いた施設の区画上、群落を形成させた栽培ベッドが正確な東西方向ではなく、やや東北東から西南西に配置されたため午前中の日射の影響が群落南側でより強く現れたものと考えられた。

これらの結果をふまえ、群落の周縁部と中央部の開花を揃える試みとして、実験2では中央条間を拡げることによって群落中央部の光環境を改善する方法を、実験3では群落中央部に当たる条数を増やすとともに群落周縁部を遮光する方法を検討した。

実験2において内側の到花日数は中央条間を拡げることによって外側の到花日数に近づき(第1-2-7図)、『秀芳の力』の電照抑制作型において4条植えの中央条間を拡げることによって開花がより斉一化されたとする報告(本間, 2000)と同様の結果となった。このことは群落中央部の光環境の改善が開花斉一化に大きく寄与することを示す結果ではあるが、外側と内側の到花日数の差を完全になくすためには条間75cm以上(第1-2-7図)と1条植えに近い栽植様式が必要となり、圃場面積当たり収量の減少を伴うこととなる。

一方、植え付け条数を増やすとともに群落周縁部の遮光を行った実験3では、群落周縁部の到花日数が長くなり、群落中央部の到花日数にやや近づいた(第1-2-8図)ものの、その変動係数の改善効果は小さかった(第1-2-4表)。また、副次的な問題点として10条植えとした実験3では、畝内部への農薬散布や整枝、フラワーネットの管理などに手間取る場面も多く、作業性に問題が見られた。本項で割愛した他の作型、品種および遮光資材を用いた実験においても同様の結果となっており、群落周縁部の遮光のみによって群落周縁部の開花を遅らせ、群落中央部の開花に揃える方向での開花斉一化は難しいものと考えられた。また本実験においては、遮光の有無にかかわらず群落周縁部で通路側を遮蔽するように葉が下垂して着生する様子が観察されており、通路幅の縮小など入射光の方向を含めて調節する手法を考慮する必要があるものと考えられた。

カーネーションでは、栽培ベッドに2~8条で栽植する際の株配置が収量と品質に及ぼす影響が古くから検討されており、通路側からの光が茎による遮蔽と葉による吸光によって失われるため、群落周縁部と中央部に収量差が生じるとされている(三浦, 2012)。そのため、8条植えよりも中央部2条に栽植せず中央条間を広く取る6条植えで収量と品質の両

面が優れ(米村・樋口, 1977)、さらに養水分を均一管理できる灌水同時施肥栽培の条件下では、栽植密度が同一の2条並木植えとすることで開花の斉一性も高まる(山中ら, 2011)とされている。

これらのことから、露地作が主体の小ギク生産においても畝中央の条間を拡げて群落中央部の生育を改善するとともに、通路幅や畝間の縮小によって通路をはさんで隣接する両側の畝に植栽された株同士の距離を近づけ、みかけ上の1条植えに近づける方向性が現実的だと考えられる。この栽植様式は、奇しくも東日本の一部で行われている1条植え摘心栽培に近づくこととなるが、この慣行1条植え栽培では、通路幅が他の畑作物に準じて60~80cmと広い圃場面積当たり立茎数が2~3千本・ a^{-1} と少ない。これに対し、慣行の畝形状をできるだけ変更せずに、通路をはさんだ外側条同士の距離と中央条間が同じになるような栽植様式を実験3の4条植え摘心2本仕立てに準じて試算すると、畝間130cm、株間と片側2条の条間をともに12cm、中央条間を53cmとする改善策によって、圃場面積当たり立茎数は5.1千本・ a^{-1} となり、西日本の慣行2条植え摘心栽培における5.3千本・ a^{-1} に近い圃場面積当たり立茎数が見込める。このような現状の畝形状に近い栽植様式であれば、畝を跨ぐ形式の収穫機(田中, 2012; 山本ら, 2014)の圃場内運行を容易にできる利点も期待できるため、今後より実証的な検討を進める必要があるものと考えられる。

一方で、露地小ギク生産と比べて風や病害虫の問題が少なく管理作業が容易となる大規模施設内であれば、先述したように、群落周縁部を減らして可能な限り多条植えにするという方向性も、圃場全体の開花斉一性を高める手法となり得るものと考えられる。しかし、この場合にはスプレーギク(Langtonら, 1999)と同様、小ギクにおいても、品種や季節の日射量ごとに適正な栽植密度も再検討する必要がある、施設化と併せた将来的な検討課題のひとつといえる。

また、実験1の摘心後分枝の発生位置では上位節と中位節の消灯後開花日数の差は小さく、下位節でその分散が拡大した(第1-2-4図)。実験4では無摘心栽培よりも摘心栽培で開花斉一性が高まったが、摘心1本仕立てと摘心2本仕立てに差はみられなかった(第1-2-5表)。これらより開花斉一化のためには、無摘心栽培よりも摘心栽培とし、株当たりの仕立本数を2本までにすることが望ましいと考えられた。親株からの挿し穂の採穂位置など苗の来歴は開花の

分散に影響する（本章第1節）が、無摘心栽培に比べて摘心栽培では、こうした苗に由来する開花の分散を小さくすることができたものと考えられる。また、佐本ら（1979）は‘弥栄’など3品種の秋ギクを用いて切り花品質の均一性と1株仕立て本数の関係を検討し、下位分枝の成長が遅れて弱小となることから、上級品比率の変わらない3本を許容限度とした。夏秋ギク型小ギクを用いた実験1における下位分枝で開花が遅れる傾向（第1-2-4図）は佐本ら（1979）と同様であったが、開花斉一性の視点からみた適正な仕立て本数は2本以下と少なくなった。この結果は、西日本の慣行2条植え摘心栽培と同等の圃場面積あたり立茎数であるにもかかわらず、手作業での一斉収穫が行われている沖縄県において、4条植え摘心2本仕立てが広く普及している要因のひとつだと推察される。

これらのことから、群落として生育させた小ギク切り花の開花斉一性には群落内での栽植位置と摘心後分枝位置が影響しており、中央条間を拡げることや摘心後分枝を2本以下に制限することによって、開花斉一性が高まることが示された。しかし、本項の各実験は‘翁丸’のみを用いて行った結果であり、本章第4節に示すような品種固有の葉の形態などに由来する品種間差については考慮できていない。多品種の組み合わせによって長期間の連続出荷が行われている露地小ギク生産へ適用するには、それらの比較検討が今後の課題として残されている。

第2項 立茎数と株間の影響

前項では、小ギク栽培群落の開花日が斉一化しない要因を整理し、群落周縁部と群落内部の光環境の不均一が草勢の強弱を通じて開花日の分散を大きくすることを見出し、群落内側の中央条間を拡大することで開花が斉一化されることを明らかにした。しかし、このような条間変更は畝間や通路幅などを含めた圃場計画全体を変更する必要があり、現有している機械施設による制約もあるため、生産現場で直ちには取り組みづらい。

我が国の小ギク生産では産地によって様々な栽植様式が用いられており、主な栽植様式として、西南暖地における夏秋期生産の2条植え摘心栽培と沖縄県における冬春期生産の4~5条植の摘心および無摘心栽培が挙げられる。これらの栽植様式において、通

路幅を含まず切り花が生育する畝面の実面積あたりの立茎数（以下、栽植面積あたり立茎数とする）は、2条植え摘心栽培で67~88本・m²、4条植え摘心栽培でも85本・m²程度と同程度である。これに対し、前項の各実験における栽植面積あたり立茎数は53~133本・m²の範囲で行ったが、125~133本・m²では群落内部での切り花重が小さく、切り花品質の劣る切り花も見られた。

佐本ら（1979）は輪ギク‘金力’を用いた成長解析から91~100本・m²程度で収量および品質が優れるとしている一方、短茎規格を前提とした切り花品質は120~150本・m²で適正とする報告（中村ら、2008）もあり、キク生産、とりわけ小ギク生産における適正な立茎数は明らかでない。特に、栽植様式や立茎数が開花の斉一性に及ぼす影響について着目した研究は、スプレーギクでLangtonら（1999）が41~121本・m²の範囲で調査し、栽植密度が高いほど到花日数の分散が大きくなると報告している程度である。

そこで本項では、栽植面積あたり立茎数が開花斉一性に及ぼす影響を2条植えおよび10条植の2条件で検討（実験1）するとともに、栽培管理上で変更が容易な株間方向の栽植密度が開花斉一性に及ぼす影響（実験2）について調査した。

材料および方法

1. 栽植条数と栽植面積あたり立茎数が開花斉一性に及ぼす影響（実験1）

実験は、奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で行った。西南暖地での自然開花期が11月の小ギク‘金うさぎ’を、2007年6月22日に挿し芽して育苗した。露地圃場に7月18日に定植、7月25日に摘心した。

処理区は、畝の栽植面が60cm幅の畝に条間40cmの2条植で株間を12,9および6cmとした3区と、畝の栽植面が150cmの広畝に条間15cmの10条植で株間を20,15および10cmとした3区の計6区とした。摘心後萌芽は8月21日に、2条植の3区は株あたり4本に、10条植の3区は株あたり2本に整枝した。2条12,9および6cm区と10条20,15および10cm区の栽植面積あたり立茎数は各々74,99および148本・m²と67,89および133本・m²となった。なお、株間12cmの2条植区は、奈良県の慣行栽培に相当する。2条植の3区は各区20株の

2反復、10条植えの3区は各区50株の1反復を供試した。

各区とも、収穫適期に至った切り花茎から順次、分枝基部から収穫し、開花日、切り花長、切り花重および茎径を調査した。

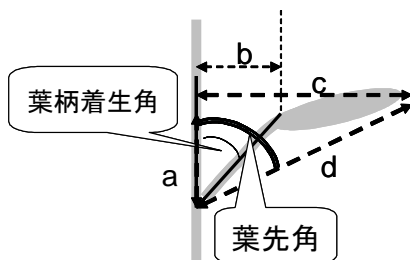
2. 株間方向の密植が開花斉一性、葉の形状および群落内光分布に及ぼす影響（実験2）

実験は、奈良県生駒郡平群町の生産者露地圃場において行い、自然開花期が12月の小ギク‘新年の美’を用いた。株間9cmの密植区と株間12cmの対照区を、畝長で各10m設定し、密植区と対照区の供試数は各々222株と166株の反復なしとした。これ以外の栽培管理は生産者の慣行に従い、両区とも畝間125cm、条間36cmの2条植えで2008年7月3日に定植、7月10日に摘心し、整枝は行わなかった。

開花盛期の晴天日（12月16日）に、各区について連続14株を分枝基部から一斉収穫し、目視による開花程度、切り花長、切り花重および節数を調査した。収穫した切り花のうち生育中庸な各区6本の切り花について葉身長、葉面積、乾燥重、葉柄着生角および葉先角（第1-2-9図）を調査した。

収穫に先立って、収穫当日の概ね南中時に光量子センサー（LI-190SL, Licor社）を接続したライトメータ（LI-250A, Licor社）を用いて、群落内各地点のPPFDを測定した。測定点は水平方向に2条植えの条間中央、植え付け条の株間中央および通路に面した群落外縁部の計5つの水平位置、垂直方向に群落上面（0cm）から15cmごとに、ほぼ地上面にあたる105cmまでの8つの垂直位置とし、各区について計40点とした。

3. 株間方向の密植が7～8月咲き品種の開花斉一性に及ぼす影響（実験3）



第1-2-9図 調査部位と分析対象とした着葉角度

調査はa, b, cおよびdの各直線距離を実測し、葉先角および葉柄角を算出

実験は、奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で行った。西南暖地での自然開花期が7～8月の小ギク‘みのる’と‘広島紅’を各区12株供試した。2009年3月11日に挿し芽したセル苗を、4月6日に畝間130cmで白マルチ被覆した南北畝に条間36cmで、株間を12, 9および6cmの3水準として定植した。4月17日に摘心し、6月13日に株あたり4本に整枝した。

各区とも収穫適期に至った切り花茎から順次、分枝基部から収穫し、開花日、切り花長、切り花重および節数を調査した。

結果

1. 栽植条数と栽植面積あたり立茎数が開花斉一性に及ぼす影響（実験1）

栽植条数と株間が平均開花日と切り花長、切り花重および節数に及ぼす影響を第1-2-6表に示した。平均開花日は各区とも11月23～25日の範囲にあったが、慣行の2条12cm区を基準とすると、2条9および6cm区と10条15cm区で遅くなった。また、2条と10条ともに、株間が小さくなり栽植面積あたり立茎数が多くなるほど、切り花長が短く、切り花重が小さくなった。節数も同様の傾向があり、2条6cm区でのみ有意に少なくなった。

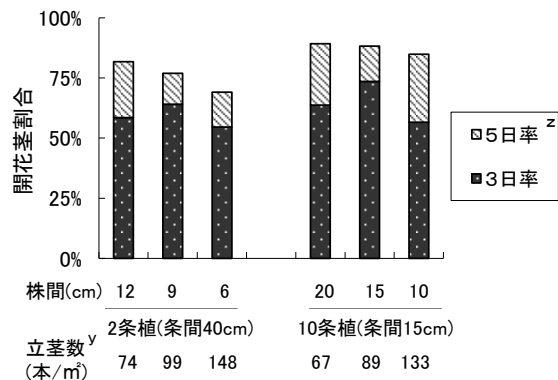
栽植条数と栽植面積あたり立茎数が開花斉一性に及ぼす影響を、開花盛期の3および5日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した割合（以下、3日率および5日率とする）によって第1-2-10図に示した。3日率は2条で株間9cm区、10条で株間15cm区で最も高くなった。しかし、5日率は2条、10条ともに株間が狭く栽植面積あたり立茎数が高くなるほど低くなった。2条と10条の比較では、10条の各区で2条の各区より3日率と5日率のいずれも高くなった。

2条植えの3区における茎径と開花日の関係を第1-2-11図に示した。各区とも茎径が小さい切り花ほど開花日が遅れ、株間が狭く栽植面積あたり立茎数が高くなるほど、茎径が小さく開花の極端に遅れる細かい切り花が多くなった。2条9cm区では、茎径と開花日のいずれにおいてもばらつきが小さくなっていった。これを茎径の階級別収量を10aあたりで見ると、第1-2-12図に示すように、出荷に適する4～6mmの

第1-2-6表 栽植条数と株間が開花, 切り花長, 切り花重および節数に及ぼす影響

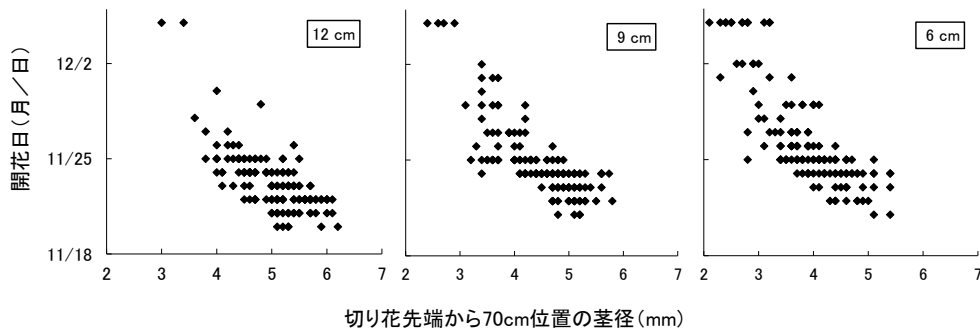
植付け条数	株間	開花日	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)
2条	12cm	11月23日 a ^z	78.2 b	51.5 b	54.1 a
	9cm	11月24日 b	77.8 bc	42.2 bc	52.7 a
	6cm	11月25日 c	76.4 c	32.7 d	50.5 b
10条	20cm	11月23日 a	82.5 a	66.0 a	56.0 a
	15cm	11月24日 b	79.2 bc	46.7 bc	54.5 a
	10cm	11月23日 a	73.4 d	33.9 d	54.2 a

^z 同一列の異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差のあることを示す (n=99~159)

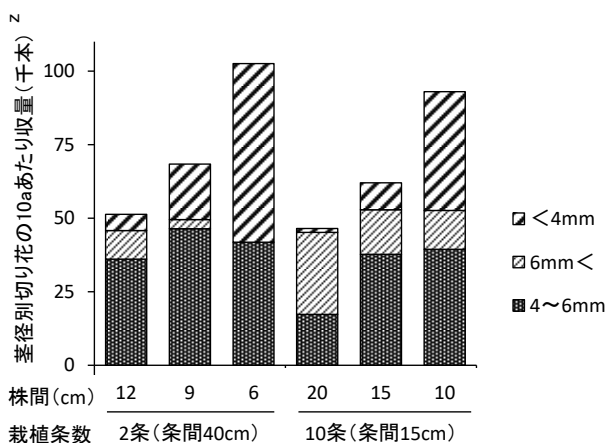


第1-2-10図 栽植条数と株間が11月咲き小ギク‘金うさぎ’の開花斉一性に及ぼす影響

^z 開花盛期の5日間および3日間での開花茎割合を示す
^y 立茎数は、通路を含まない栽植面積1㎡あたりの立茎数(本・m²)



第1-2-11図 株間の異なる3区における小ギク切り花の茎径と開花日の関係 (品種: ‘金うさぎ’, 2条植え)



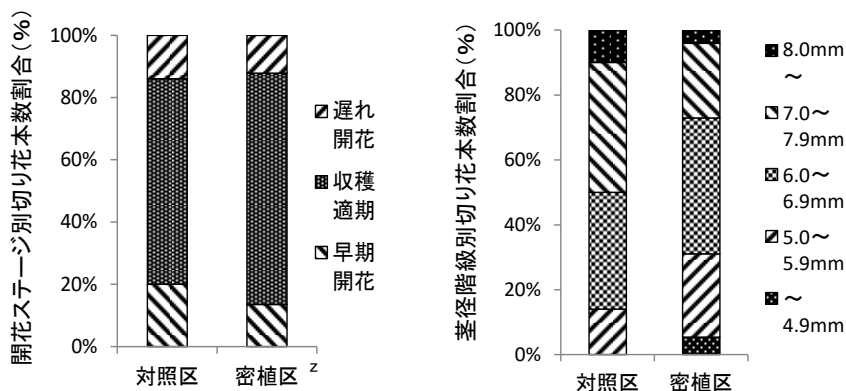
第1-2-12図 栽植条数と株間が茎径階級別切り花の収量に及ぼす影響

^z 茎径階級は、出荷に適する4~6 mm, ポリウム過多の6 mm以上およびポリウム不足の4 mm未満に区分して, 10aあたり収量(圃場利用率70%)で示した

10aあたり切り花本数は2条9cm区で最も多くなり, それより株間が狭く栽植密度の高い区では4mm未満の細い切り花が, それより株間が広く栽植密度の低い区では6mm以上の過大な切り花が多くなった。

2. 株間方向の密植が開花斉一性, 葉の形状および群落内光分布に及ぼす影響 (実験 2)

株間方向の密植が開花斉一性と茎径の階級分布に及ぼす影響を第1-2-13図に, 切り花形質に及ぼす影響を第1-2-7表に示した。開花時期は一斉収穫時の開花程度を目視によって区分したため, 実験1のような開花日で示すことは難しいが, 実験1と同様に密植区でやや開花が遅れる傾向がみられ, 早期開花する切り花の減少によって, 収穫適期の開花茎割合は対照区の66%に対して密植区では74%と高くなった。切り花長, 茎長, 節数および株あたり立茎数には差が



第1-2-13図 株間方向の密植が小ギク‘新年の美’の開花斉一性(左図)と茎径の階級分布(右図)に及ぼす影響

^z 両区とも条間36 cmの2条植えで、対照区と密植区の株間は各々12 cmと9 cm

第1-2-7表 株間方向の密植が小ギク‘新年の美’の切り花形質に及ぼす影響

試験区	株あたり立茎数	切り花長 (cm)	茎長 (cm)	節数 (節)	切り花重 (g)	茎径 (mm)
密植区 ^z	4.4 ^{ns}	102.2 ^{ns}	88.0 ^{ns}	46.2 ^{ns}	65.0 [*]	6.39 [*]
対照区	4.3	101.1	87.4	45.6	89.3	6.90

*およびnsは、t検定により5%水準で有意差ありおよび有意差なしを示す

^z 両区とも条間36 cmの2条植えで、対照区と密植区の株間は各々12 cmと9 cm

見られなかったが、切り花重および茎径は対照区の89.3 gおよび6.90 mmに対し、密植区で65.0 gおよび6.39 mmと小さくなった。茎径の階級別分布で見ると、密植区では7 mm以上の過大な切り花が少なくなり、5~7 mmの中庸な切り花の割合が多くなった。

密植区の群落内PPFD相対値は対照区と比較して、群落上面から30 cm位置までの群落外縁部と株間内部で急激に減衰した一方、条間部の垂直位置による減衰が小さく、15~30 cm位置の条間部および45~105 cm位置の株間内部で大きくなった(第1-2-14図)。その結果、45 cm位置より下位で、外縁部と株間内部のPPFD相対値の差が小さくなっていった。

株間方向の密植が中位節の個葉形態に及ぼす影響を第1-2-8表に示した。対照区と比較して密植区では、有意に葉先角が大きくなり、乾燥葉重と葉面積が小さくなった。一方で、葉身長と比葉重には差が見られなかった。

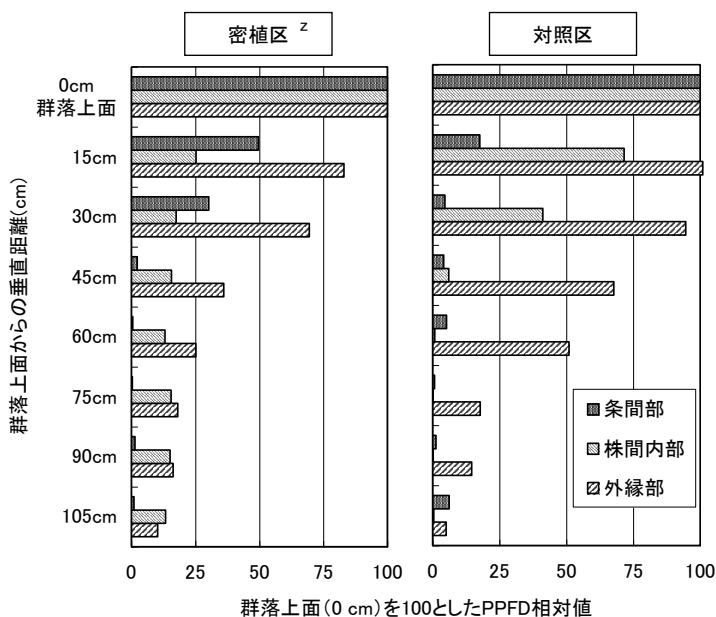
3. 株間方向の密植が7~8月咲き品種の開花斉一性に及ぼす影響(実験3)

株間方向の密植が小ギク‘広島紅’と‘みのる’の開花斉一性に及ぼす影響を第1-2-15図に、平均開花

日と切り花品質に及ぼす影響を第1-2-9表に示した。両品種とも3日率、5日率および7日率は、株間9 cm区で最も高くなった。両品種とも株間を小さくするにつれ、切り花重が軽くなる傾向が見られた。

考察

我が国の小ギク生産では、先述のように産地によって様々な栽植様式が用いられており、これら慣行の栽植面積あたりの立茎数を試算すると67~92本・m²程度の範囲にある。これに対して実験1では、67~148本・m²の範囲で栽植密度を変化させ2条植えと10条植えにおける開花斉一性を検証した。なお、2条植えと10条植えの各3水準の立茎数は各々が、ほぼ同等になるよう設計した。開花斉一性を示す3日率は2条9 cm区と10条15 cm区で各々最大となった一方、5日率は株間が狭く、立茎数が多くなるほど低くなる傾向が見られた(第1-2-10図)。同時に、株間を狭くして立茎数を多くすると、茎径が細くなるとともに開花日が遅くなっており(第1-2-11図)、草勢が強く切り花重の重い切り花ほど到花日数が短



第1-2-14図 株間方向の密植が小ギク‘新年の美’の群落内光環境に及ぼす影響

^z 両区とも条間36 cmの2条植えで、対照区と密植区の株間は各々12 cmと9 cm

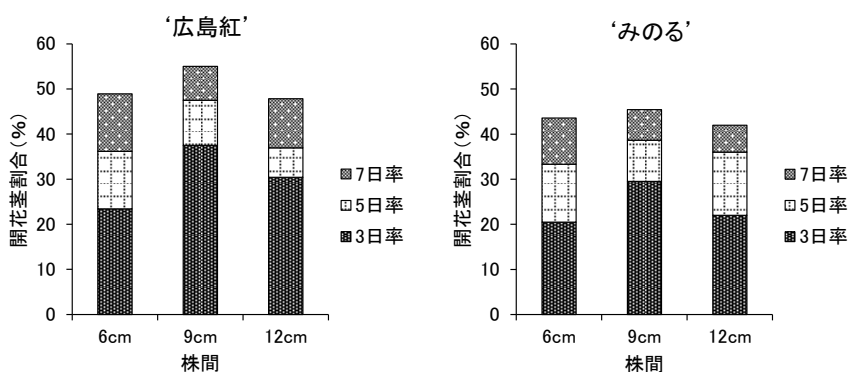
第1-2-8表 株間方向の密植が小ギク‘新年の美’の個葉形態に及ぼす影響

試験区	葉柄着生角 (°)	葉先角 (°)	葉身長 (mm)	乾燥葉重 (gDW)	葉面積 ^z (mm ²)	比葉重 ^y (mg·cm ⁻²)
対照区	62	90	80	0.14	2,526	5.5
密植区	65	103	78	0.13	2,254	5.7
t検定	ns.	**	ns.	*	**	ns.

^z 葉面積は、LIA32forWin32(山本一清氏 作)を用いて測定した。

^y 比葉重 = 乾燥葉重/葉面積。

**、*およびns.は、t検定(n=132~176)により1、5%水準で有意差あり、および有意差なしを示す



第1-2-15図 株間方向の密植が小ギク‘広島紅’と‘みのる’の開花斉一性に及ぼす影響

3、5および7日率は、開花盛期の3、5および7日間に開花した切り花の全切り花本数に対する割合

くなるとした本間 (1999) の報告と同様の結果となった。立茎数が多くなるほど 5 日率が下がる傾向にあったのは、茎径が細く開花の遅れる切り花が増加す

るためと考えられた。その一方、3 日率が 2 条 9 cm 区と 10 条 15 cm 区で最大となったのは、茎径が過大で開花の早すぎる切り花が密植によって中庸な切り

第1-2-9表 株間方向の密植が小ギク‘広島紅’と‘みのる’の平均開花日と切り花品質に及ぼす影響

品種	株間	平均開花日	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)
広島紅	6cm	8月11日 a	85.1 b	45.0 a	32.5 a
	9cm	8月15日 a	86.0 b	47.5 a	34.8 a
	12cm	8月13日 a	76.1 a	52.9 a	33.6 a
みのる	6cm	7月20日 a	65.5 a	25.9 a	34.5 a
	9cm	7月19日 a	67.1 a	30.2 ab	35.2 a
	12cm	7月19日 a	66.4 a	33.1 b	35.4 a

異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により、5%水準で有意差あり

花に近づいたためと考えられ、このことは階級別切り花収量（第1-2-12図）によっても確認される。

これらのことから、慣行の範囲でやや密植にあたる89~99本・m²の立茎数を目標にすることで、平均開花日が若干遅くなるものの、茎径のばらつきを抑えて開花を斉一化できる可能性が示された。その一方で、それ以上の密植は、茎径が細く開花の極端に遅れる切り花が増えることで逆に開花を不斉一にするため、開花斉一化のための密植には適正な立茎数の範囲があることが明らかとなった。佐本ら（1979）は輪ギク4品種とスプレーギク5品種を用いた成長解析から、品種によって収量と品質面からの最適な栽植密度が異なり、葉が小さく立性の品種ほど密植に適すると報告している。また、スプレーギクでは光合成有効放射（PAR）によって最適な栽植面積あたり立茎数が異なる（川田，2005a，2005b；Leeら，2003）ため季節や補光の有無によって栽植密度が調整されている。実験1における11月咲きの‘金うさぎ’と同様に、実験3における7~8月咲きの‘広島紅’と‘みのる’も、2条9cm区で開花斉一性が高まった。しかし、開花斉一化のための栽植密度の最適範囲が品種や栽培時期によって異なる可能性も残されており、より多くの品種での確認が必要だと考えられる。

また、3日率と5日率は共に2条植えよりも10条植えで高くなった（第1-2-10図）。これは本節第1項の結果と同様、通路に面する切り花と群落内部にある切り花とで開花日の内外差が生じやすい2条植えと比較して、10条のうち2条だけが群落外縁部で通路に面する10条植えにおいて開花がより斉一化できることを示した結果と考えられる。

実験2では、適度の密植による開花斉一性の向上効果を生産圃場規模でも確認するとともに、密植に

よって生じていた群落内光環境と茎葉の変化が見出された。すなわち慣行の2条植えを前提として株間を12cmから9cmに密植すると、個葉の葉面積が小さくなり葉先がやや下垂するという形態変化が生じ、条間部分と中下位節の株間部分が明るくなり、通路面と群落内部とのPPFD相対値の内外差を緩和する方向で群落内光環境を変化させたものと考えられた。このことは、2条植えにおいて株間の密植が、単位面積あたりの葉面積指数が増加して中下位節で慣行よりも光環境が悪くなるといった単純な問題ではなく、個葉が小型化して条間部分にはみ出す葉面積が少なくなる等の形態変化を通じて群落全体の受光体制に変化を与えていた可能性を示唆しており、群落の経時的な形成過程を調査してゆく必要があるものと考えられた。

第3節 本圃での栽培管理が開花斉一性に及ぼす影響

第1項 生育期間中の摘葉処理の影響

前節までに、開花斉一性にかかわる親株と育苗前歴ならびに栽植様式の影響を調査し、それらの要因を整理することで、一斉収穫に必要な開花斉一性を向上できることを示した。しかし実際の栽培場面では、本圃定植から開花までの期間にも生育のばらつきが生じている可能性がある。これまでに、開花のばらつきを招く要因のひとつとして、現行の栽植様式で生育初期~中期に生じる草勢の強弱（第1-2-5図）を指摘したが、本間（1999）や佐本ら（1979）も同様の結果を報告しており、本間（1999）は草勢の強い株を選んで下葉を摘葉し、草勢を調整することで開花斉一性を高めることができたとしている。

小ギクの生産現場では、調製作業で必要となる下位葉の脱葉作業を省力化する目的で、収穫間近の切り花茎の下位葉を除去する事例がしばしば見られる。また、白さび病やハダニ類など病害虫被害や光量不足による下位葉の枯れ上がりを抑制するため、生育途中にも下位葉を除去する場合も良く見られる。こうした下位葉の除去は、病害虫の感染源を除去し、群落内の通風を改善するだけでなく、第2節で指摘したような群落周縁部と群落内部との光環境の差を変化させており、計画的に管理作業に組み入れることで開花斉一性の向上に利用できる可能性が考えられ

る。その一方、生育期間中の摘葉処理は群落としての葉面積を減らすことになるため、生育の停滞や切り花品質への悪影響も懸念される。

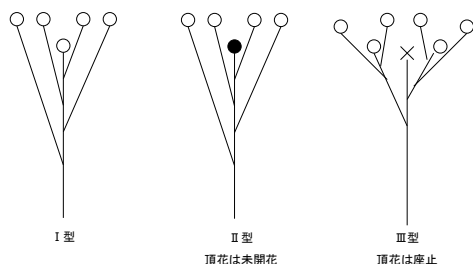
そこで本項では、一般的な栽培管理作業のひとつである下葉の摘葉処理を開花斉一性向上につなげることを目的に、摘葉処理の時期と摘葉程度が開花斉一性と切り花品質に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

実験は、奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で行った。西南暖地での自然開花期が9月の小ギク‘銀星’を、2009年4月17日に挿し芽して育苗し、5月8日に定植した。5月19日に摘心し、6月23日に株あたり4本に整枝した。

摘葉処理は、処理時期を変化させた4区と摘葉程度を変化させた2区および処理を行わない対照区の計7区を設け、各区14株を供試した。処理時期の検討として約3週間ごとの摘心後36, 59, 77および100日目にあたる6月24日、7月17日、8月4日および8月27日に各々、分枝基部から地上高20 cmまでの全ての葉を取り除く摘葉処理を行った。摘葉程度の検討として摘心後59日目の7月17日には、分枝基部から地上高35および50 cmまでの全ての葉を取り除く摘葉処理を行った。

各区の群落中央部にあたる10株を調査対象として、切り花茎ごとに最も開花の進んだ頭花で最外列の管状花が開裂した時を開花日とし、開花日に至った切り花茎から順次、分枝基部から収穫して切り花長、切り花重、花房型および茎径を調査した。花房型は第1-3-1図のように、収穫時における頂花蕾の発達状態によって区分した。茎径は切り花先端から70 cm下位で測定した。

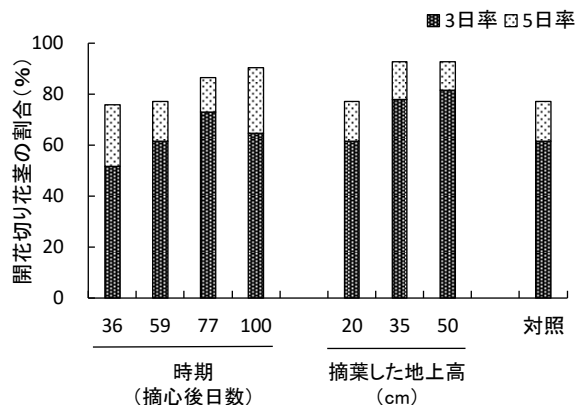


第1-3-1図 9月咲き小ギク‘銀星’に見られた花房型

結果

栽培期間中の摘葉処理が9月咲き小ギク‘銀星’の開花盛期3日間および5日間に開花した切り花茎の割合に及ぼす影響を第1-3-2図に、平均開花日と切り花品質に及ぼす影響を第1-3-1表に示した。開花時期について見ると、3日率は摘心後77日目で対照区より高くなったが、摘心後36日目では逆に低くなった。5日率は摘心後100日目で最も高く、処理時期が遅いほど高かった。摘心後77日目に行った摘葉程度について見ると、摘葉した地上高が20 cmよりも35および50 cmで3日率および5日率が高くなった。各処理区の平均開花日は9月24~27日の範囲にあり、有意差は見られなかった。一方、切り花長、節数および切り花重では、一部の処理区に対照区と有意差が見られた。切り花長は、摘心後36日目および77日目でやや長くなったが、それ以外の各区と対照区に有意差は見られなかった。節数は、摘心後59日目の20 cm摘葉区でやや多くなったが、他の各区と対照区に有意差はなかった。切り花重は、対照区と有意差はないものの摘葉の地上高が高いほど小さくなる傾向が見られた。茎径は、摘葉の地上高が高いほど細くなる傾向は見られたものの有意差はなかった。

栽培期間中の摘葉処理が花房型に及ぼす影響を第1-3-3図に示した。摘心後36日目処理では、対照区と比較してI型とII型の割合が少なくなり、III型の割合が多くなった。摘心後59日目処理の20 cm区では逆に、I型とII型の割合が多くなりIII型の割合が少なくなったが、35および50 cm区では、この傾向が弱くなった。摘心後77および100日目処理では、花房型の顕著な変化は見られなかった。

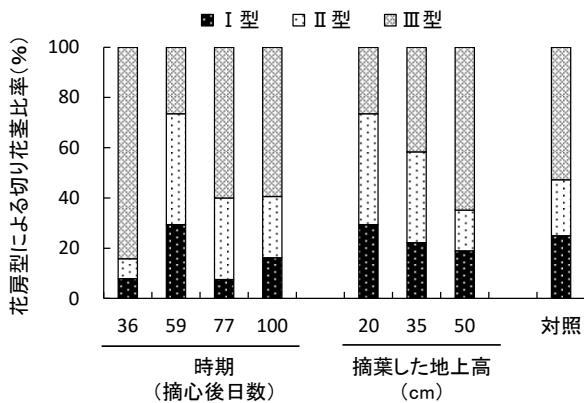


第1-3-2図 栽培期間中の摘葉処理が9月咲き小ギク‘銀星’の開花盛期3日間および5日間に開花した切り花茎の割合に及ぼす影響

第1-3-1表 栽培期間中の摘葉処理が小ギク‘銀星’の開花と切り花品質に及ぼす影響

摘葉処理		開花日	切り花長 (cm)	節数 (節)	切り花重 (g)	茎径 ^z (mm)
時期	摘葉した地上高					
36日目	20cm	9月27日	104 c	56 ab	75 b	5.0
59日目		9月26日	99 bc	60 b	67 ab	5.0
77日目		9月25日	102 c	57 ab	76 b	5.2
100日目		9月25日	99 bc	56 ab	70 b	5.0
59日目	20cm (再掲)	9月26日	99 bc	60 b	67 ab	5.0
	35cm	9月25日	93 a	56 ab	58 ab	4.9
	50cm	9月24日	93 a	53 a	47 a	4.8
対照		9月25日	96 ab	54 a	66 ab	5.0
分散分析		ns	*	*	*	ns

^z 茎径は、切り花先端から70cm下位で測定
 nsおよび*は各々、5%水準で有意差なしおよび有意差ありを示す。有意差の見られた測定項目については、同一カラム内の異なる英小文字間にTukey-KamerのHSD検定により有意差を示す



第1-3-3図 栽培期間中の摘葉処理が9月咲き小ギク‘銀星’の花房型に及ぼす影響

考察

本項においては、栽培期間中の管理作業によって開花斉一性を高めることを意図して、下葉摘葉処理の影響を検討した。群落として栽培されたキクの開花斉一性には群落内部と群落周縁部の光環境の違いが関わっている可能性が指摘されており、条間の拡大など栽植方法を修正することで開花斉一性が向上される(本間, 2000)。一方、本間(1999)は‘秀芳の力’の無摘心電照抑制作型において、栄養成長期間中の草勢が強い株で早期発蕾が生じることにより開花が不斉一になることを指摘し、そうした草勢の強い株に対して摘葉処理を行うことで開花斉一性を高められることを報告している。しかし、株ごとの草勢を確認しながら摘葉するか否かを判断して行う作業は、実際の栽培場面では作業に熟練を要する手作業となり現実的でない。そこで本項においては、一定の地上高まで全ての茎の下葉を摘葉することにより、群落内部の光環境を改善するとともに、各茎の生育

を一時的に停滞させることで群落の生育揃いを高め、それらの結果として開花斉一性が改善されるのではないかと考えた。一定の地上高での摘葉作業は、病害虫対策や調製作業省力化を目的として生産現場で既に利用されており、摘葉処理の程度や処理時期についての情報が整理できれば、現実的な利用可能性が高いものと考えられる。

処理時期について見ると、摘心後77日目の処理で3日率が最も高くなり、それより早い36および59日目処理ならびにそれより遅い100日目処理では対照区と同等もしくは低くなった(第1-3-2図)。同時に、これらの処理によって花房型にも特徴的な変化が生じていた。特に59日目処理では、頂花の座止するIII型が減少し、頂花が遅延しながらも正常に発達するI型およびII型が増加した(第1-3-3図)。本実験で用いた9月咲き品種‘銀星’は、対照区の結果にみられるように、頂花が花房内に下がって開花もしくは座止する「ほうき咲き」型の花房が品種特性である。この品種特性は、限界日長以下の短日で花芽分化が開始されるものの、高温による頂花の花芽発達抑制を受け側枝が伸張して花房を形成することで発現される。本実験での開花が9月24~27日であり小ギクで多く見られる7~10週程度の到花日数を勘案すると、59日目処理の時期は頂花の花芽分化が開始される時期であった可能性があり、この時期の摘葉処理が花芽分化に影響を与え、結果として花房型が変化したものと考えられる。59日目処理でのみ節数がやや多くなっていることも、この推察を支持するものといえる(第1-3-1表)。これに対して、最も3日率の高かった77日目処理と5日率の高かった100日目処理では、対照区とほぼ同等の花房型であった(第1-3-3図)。本実験の中では調査項目としていなかったが、摘心後77日目には発蕾が見られる時期になっており、すでに花房型が決定されていたものの推察される。

次に、摘葉した地上高の影響についてみると、20cm区よりも35および50cm区で3日率および5日率が高くなったが(第1-3-2図)、花房型は地上高が高くなるほどIII型が増える傾向が見られた(第1-3-3図)。この摘葉処理を行った59日目の段階では、先述のように花芽分化の時期に相当していた可能性があり、この時期に多くの葉を取り除くことは頂花の正常な発達を阻害するものと考えられる。その一方、切り花長、節数、切り花重および茎径では、地上高が高くなるほど小さくなる傾向が見られたものの、対照区と

有意差は見られなかった（第 1-3-1 表）ことから、この範囲での摘葉は、少なくとも‘銀星’において切り花品質に大きな問題は生じないものといえる。

これらのことから摘葉処理は、花芽分化時期以降で花房型の概ね決定されている時期に 35 cm 程度の地上高で行うことにより、花房型に影響することなく開花斉一性を高める手法として利用できるものと考えられた。しかし、適切な摘葉時期については、各品種の自然開花期や花房型によって変わることが予想されるため、より多くの品種と作型を用いた検証が必要だと考えられる。

第 2 項 上位茎葉への植物成長調整剤散布処理の影響

前節において、開花斉一性にかかわる栽植様式の影響を検討する中で群落内部の光環境を調査し、群落上面から 5 cm 下位の群落上層部と 15 cm 下位の群落中層部の PPF D において 2 倍前後の差があることが見出された（第 1-2-6 図）。これら群落の上層部と中層部は各々、群落で最も生育の良いシュートと最も生育の遅いシュートの最上位展開葉の高さに設定しており、同じ群落内のシュートを個々にみると生育期間中の受光量に差が生じているものと考えられる。こうした状態が継続するという事は、群落上層部にある生育の良いシュートは、群落中層部にある生育の遅れたシュートよりも多くの受光量を継続的に得ることになり、シュート間の草勢の違いが増長される可能性がある。一方、現行の栽植様式で生育中に生じる草勢の強弱は、開花のばらつきを招く要因のひとつとされ、下葉を摘葉して草勢を調整することで開花斉一性が高まることが報告（本間, 1999）されており、前項の摘葉処理においても同様に開花斉一性の改善効果が見られた（第 1-3-2 図）。

そこで本項では、生育中期以降に顕著となる群落内におけるシュート間の生育差を修正する手法として、植物成長調整剤の散布処理の可能性を検討した。修正の方向としては上述の摘葉処理と同様、群落上部にある生育旺盛なシュートを抑制することで群落全体の草勢を揃え、開花斉一性を高める効果を期待した。このため、キクの生産過程で利用されている植物成長調整剤のうち、花首短縮など草姿調節のために利用されるジベレリン阻害剤であるダミノジッド剤（石川, 2011 ; 今給黎ら, 2017）と、夏秋ギクの開

花抑制（間藤ら, 2009 ; 杉浦・藤田, 2003）や夏ギクのロゼット誘導（小西ら, 1985 ; 谷川, 2000）に利用されるエセフォンについて検討することとした。

材料および方法

1. 植物成長調整剤の上位茎葉への散布処理が開花斉一性に及ぼす影響（実験 1）

実験は、奈良県農業研究開発センター内の雨除けハウスで行った。西南暖地での自然開花期が 9 月の小ギク‘銀星’を、2008 年 4 月 28 日に挿し芽し、5 月 19 日に定植した。5 月 27 日に摘心し、以後は無整枝で、慣行に従って栽培した。

処理区は、ダミノジッド（ビーナイン水溶剤 80, 日本曹達株式会社）の 0.04, 0.08 および 0.16%, エセフォン（エスレル 10, 石原産業株式会社）の 50, 100 および 200 ppm とした 6 区と水道水を散布した無処理区の計 7 区とし、各区 12 株を供試した。処理は生育中期の 7 月 23 日に、上位茎葉にハンドスプレーで株あたり 10 ml を散布した。なお、処理時の茎長は 77 cm, 葉数は 38 枚で、発蕾したシュートは見られなかった。

収穫適期となった 9 月 21 日から 10 月 5 日に、開花した切り花茎を順次、分枝基部から収穫し切り花長、切り花重および切り花長 90 cm で下葉 20 cm を脱葉した切り花調整重を調査した。

2. 上位茎葉への散布処理における薬液の付着状況（実験 2）

実験 1 の無処理区において、散布した薬液の付着状況を 6 株について調査した。同一株の最も草高の高い分枝と低い分枝を選び、最上位展開葉から下位に向かって 5 枚ごとの葉位に、各分枝 4 枚の葉の表面に 2 cm 角の感水紙（CH4002, Novartis Crop Protection AG）を配置した（第 1-3-4 図）。散布処理後ただちに感水紙を回収し、画像処理ソフト（PaintShop7.06, Jasc 社）によって二値化処理を行って、付着状況を数値化した。

3. ダミノジッド散布処理の時期と回数が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響（実験 3）

実験は、奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で行った。西南暖地での自然開花期が 11 月の小ギク‘金うさぎ’を 2008 年 6 月 10 日に挿し芽し、6 月

27 日に定植した。7 月 7 日に摘心し、7 月 24 日に株あたり 4 本に整枝した。

処理区は第 1-3-3 表のように、処理回数を 1, 2 および 3 回、処理時期を摘心後 14, 44 および 77 日後にあたる 7 月 23 日、8 月 20 日および 9 月 22 日とした 6 区と無処理区とし、各区 12 株を供試した。いずれの散布処理もダミノジッド(ビーナイン水溶剤 80, 日本曹達株式会社)の 0.08%とし、株あたり 10 ml を上位茎葉に散布した。

収穫適期となった 11 月 14~22 日に、開花した切り花茎を順次、分枝基部から収穫し実験 1 と同様に調査した。

結果

1. 植物成長調整剤の上位茎葉への散布処理が開花斉一性に及ぼす影響(実験 1)

ダミノジッドおよびエセフォンの上位茎葉への散布処理が 9 月咲き小ギク‘銀星’の開花と切り花品質に及ぼす影響を第 1-3-2 表に示した。平均開花日は、ダミノジッド処理では無処理区と差が見られなかったが、エセフォン処理では同等もしくは遅くなり開花遅延の傾向が見られた。開花の斉一性については、ダミノジッドの 0.08%処理区とエセフォンの 50 ppm 処理区で標準誤差が小さくなり、開花盛期 3 日間に開花した切り花茎の割合(以下、3 日率とする)が大

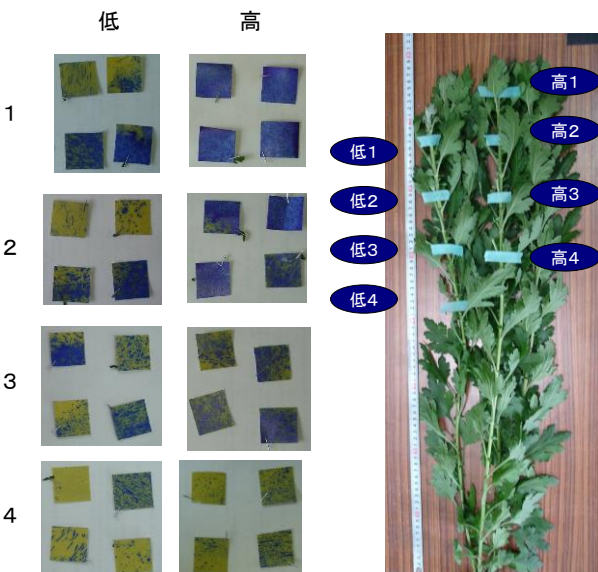
きくなったものの、それ以外の各処理区での 3 日率は無処理区と同等もしくはやや小さくなった。ダミノジッド処理区と無処理区の日別開花茎割合の推移をみると、0.04~0.08%処理で開花盛期の前後に開花する切り花がともに少なくなる傾向がみられたが、0.16%処理では開花盛期前に早期開花する切り花が増加した(第 1-3-5 図)。

ダミノジッド処理では、処理濃度にかかわらず切り花長が短くなる傾向が見られたものの、切り花重および切り花調整重に有意差は見られなかった。エセフォン処理では、無処理区と比べて切り花長、切り花重および切り花調整重に差は見られなかった(第 1-3-2 表)。

2. 上位茎葉への散布処理における薬液の付着状況(実験 2)

上位茎葉への散布処理による分枝および葉位別の薬液付着量を第 1-3-6 図に示した。薬液は上位の葉ほど付着量が多く、最上位展開葉から 10 葉目の葉では 27~49%、15 葉目の葉では 17~21%と大きく減少した。同一株の中で草高の最も高い分枝と最も低い分枝を比較すると、いずれの葉位においても、草高の高い分枝で薬液の付着量が多く、全体でも約 1.4 倍の付着量となっていた。なお、草高の最も低い分枝における測定位置は、最も高い分枝の測定位置よりも各葉位とも地上高で 8~10 cm の低い位置となっていた。

3. ダミノジッド散布処理の時期と回数が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響(実験 3)



第 1-3-4 図 シュートおよび葉位による感水紙の状態と測定位置

第 1-3-3 表 ダミノジッドの上位茎葉への散布処理時期が 11 月咲き小ギク‘金うさぎ’の開花斉一性に及ぼす影響

処理回数	処理時期			開花茎割合(%) ^Y		
	初期	中期	後期	盛期以前	盛期 3日間	盛期以降
1回	○ ^Z			7	61	32
		○		3	86	11
			○	14	74	11
2回	○	○		6	78	17
		○	○	10	64	26
3回	○	○	○	24	62	14
無処理区				19	68	13

^Z ○印は各々7月23日、8月20日および9月22日の処理を示す

^Y 開花盛期とその前後における切り花本数の全切り花本数に対する百分率

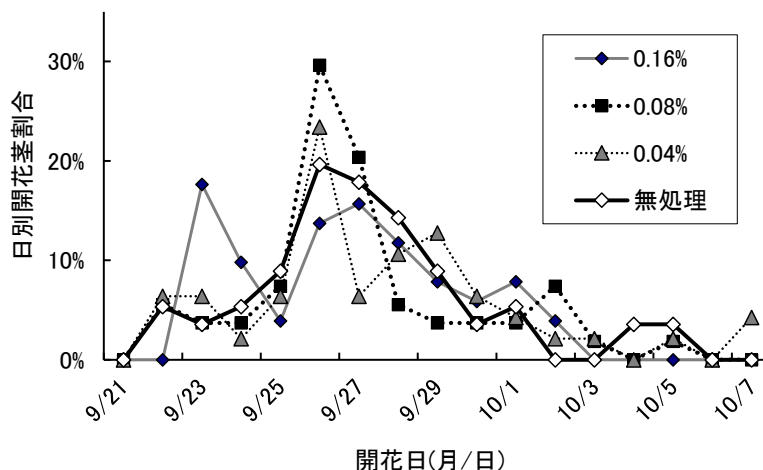
第1-3-2表 ダミノジッドおよびエセフオンの上位茎葉散布処理が9月咲き小ギク‘銀星’の開花と切り花品質に及ぼす影響

薬剤	濃度	開花日			切り花長 (cm)	切り花重 (g)	切り花 ^x 調整重 (g)
		平均開花日	標準誤差	3日率 ^y (%)			
ダミノジッド	0.04%	9月26日 a ^z	0.47	36	106 b	80 a	60 a
	0.08%	9月27日 ab	0.38	53	108 bc	74 a	59 a
	0.16%	9月27日 ab	0.41	37	99 a	69 a	57 a
エセフオン	50ppm	9月28日 bc	0.33	50	112 cd	79 a	58 a
	100ppm	9月27日 bc	0.36	43	114 d	79 a	58 a
	200ppm	9月29日 c	0.38	42	116 d	81 a	60 a
無処理		9月27日 ab	0.40	43	115 d	81 a	58 a

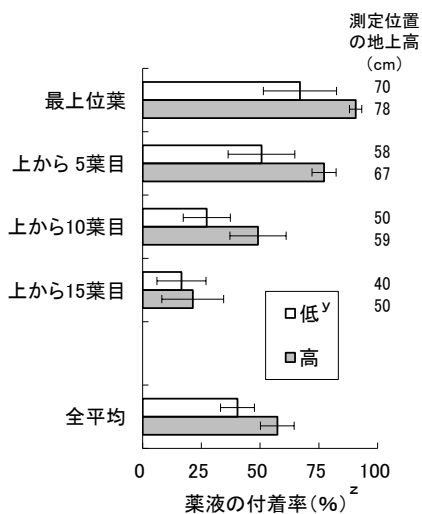
^z 同一列の異なる英小文字間にTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差あり

^y 開花最盛期の3日間に開花した切り花本数を全切り花本数で除した割合

^x 切り花長90 cmで下葉を20 cmまで脱葉した後の調整重



第1-3-5図 ダミノジッドの処理濃度が9月咲き小ギク‘銀星’の日別開花茎割合に及ぼす影響



第1-3-6図 上位茎葉散布での分枝および葉位別の薬液付着量

^z 薬液の付着率は、各葉位の葉の表面に2 cm角の感水紙を配置して測定

^y 同一株で、草高の最も高い分枝(高)と最も低い分枝(低)を測定

誤差範囲は標準誤差 (n=6)

ダミノジッドの上位茎葉への散布処理時期が11月咲き小ギク‘金うさぎ’の開花斉一性に及ぼす影響を第1-3-3表に示した。中期1回処理で盛期3日間の開花茎割合86%となり、最も開花が斉一化した。後期1回処理ならびに初期と中期の2回処理がそれに次いで開花盛期3日間の開花茎割合が高くなった。また、処理時期によらず1~2回処理によって、開花盛期以前の開花茎割合が減少する傾向が見られた。なお、平均開花日は全区とも11月15~17日で有意差が見られなかった。

考察

本項では、生育中期以降に顕著となる群落内の生

育差を修正することを通じて、植物成長調整剤の散布処理による開花斉一化の可能性を検討した。実験 1 において、ダミノジッドの 0.08% 処理区とエセフオンの 50 ppm 処理区で開花日の標準誤差が小さくなり 3 日率が大きくなったが、それ以外の各処理区での 3 日率は無処理区と同等もしくはやや小さくなった(第 1-3-2 表)。このことは、植物成長調整剤の利用によって開花斉一性が改善できる可能性を示唆する一方、その処理方法に注意を要することを示している。本実験では、ダミノジッドおよびエセフオンによる節間伸長の抑制によって群落内の切り花茎の草高を均一化し、そのことを通じて開花を斉一化させることを意図したが、これらの植物成長調整剤では花芽分化や開花に対して直接的にも影響を与える可能性がある。ダミノジッドについては開花への直接的な影響が比較的小さいとされており(石川, 2011)、実験 1 においても平均開花日に有意差は見られなかった。しかし、エセフオンについては多くの事例で花芽分化や開花に対して抑制的に作用することが報告されており(小西ら, 1985; 間藤ら, 2009; 杉浦・藤田, 2003)、実験 1 においてもエセフオン処理した各区で、開花斉一性は高まったものの平均開花日が同等もしくは遅れた。また、ダミノジッドとエセフオンはいずれも、処理濃度だけでなく吸収された薬量が生育に作用することから、一定濃度での処理であっても分枝あたりに付着する薬量が異なれば草高に与えた影響も異なったものと考えられる。これに関して実験 2 において、草高が高く生育の進んだ分枝ほど多くの薬液が付着することが示された(第 1-3-6 図)。このことは、実験 1 における植物成長調整剤の開花斉一性への影響が、草勢が強くと開花の早期化しやすい分枝ほど多くの薬液が付着することによって、より強く生育抑制され生育差が修正された可能性を示唆するものと考えられた。しかし、散布処理時に草高の高い分枝と低い分枝における薬液付着量の違いは、葉面積指数や栽植面積あたり立茎数など群落構造の異なる場合には効果も異なる可能性が残されており、より多くの品種や作型で今後、検証しておく必要がある。

実験 3 においては、開花期への直接的な影響が小さかったダミノジッドについて、処理濃度 0.08% として処理時期と回数について検討した。その結果、摘心後 44 日後にあたる 8 月 20 日に上位茎葉への散布処理を行った生育中期 1 回処理によって、開花盛期より前に開花する切り花が減少し、開花盛期の 3 日

率が最も高くなった。秋ギク型品種‘金うさぎ’を用いた本実験の結果は、夏秋ギク型品種‘銀星’を用いた実験 1 の結果と同様の傾向を示しており、ダミノジッドの上位茎葉への散布処理による開花斉一化は、品種や作型ごとの予備実験をふまえておくべきではあるが、夏秋期の小ギク生産で用いられている夏秋ギク型品種および秋ギク型品種に広く適用できる可能性が示唆された。また実験 3 では、2 回以上の複数回処理によって必ずしも開花斉一性が向上しないことが示されており、特に 3 回処理や生育初期の 1 回処理においては開花盛期の 3 日率が逆に低下した。これは、摘心 14 日後といった生育初期においては茎葉の繁茂による群落草冠の形成が不十分で、摘心後分枝間の競争による草高差が生じていなかったことに加え、1 回目の処理によって群落構造が変化したため、その後の処理で実験 2 に示したような分枝間での薬液付着量の差が十分に機能しなかった可能性が考えられる。

これらのことから夏秋期の小ギク摘心栽培において、摘心から 40~60 日後の発蕾までの生育中期に 0.08% のダミノジッドを上位茎葉に散布することで、草勢の強すぎる分枝の生育が抑制され、開花の斉一性を高められるものと考えられた。

第 3 項 夏秋ギク型品種における電照抑制作型の影響

夏秋期の小ギク生産では、7~9 月の新旧のお盆や秋彼岸出荷作型での夏秋ギク型品種と 10~12 月出荷作型での秋ギク型品種が主に利用されている。このうち、夏秋ギク型品種の自然開花期は幼若性と感光性の 2 要因によって支配されている(川田・船越, 1988)とされており、限界日長の影響とともに冬季における長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなり、春季以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる性質(川田ら, 1987; 大石, 2011; Sumitomo ら, 2013)が大きく影響する。特に 8 月旧盆に向けた季咲き作型では、生産現場における 1 品種の収穫期間で 2~3 週間程度の幅があり、群落としての開花斉一性には日長以外のこうした要因が影響していることが強く示唆される。

しかし近年、多くの公設試における研究報告(小山・和田, 2004; 森ら, 2006, 2014; 島・谷口, 2010; 角川ら, 2007; 成山ら, 2010)をふまえて普及しつつ

ある 8 月旧盆出荷の電照抑制栽培においては、自然開花期が 6 月から 7 月中旬の品種を用いて 8 月上旬に出荷されている。このため、長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなった状態を季咲き作型での花芽分化時期までに脱しているものと考えられ、それ以降まで電照によって花芽分化を抑え続ける電照抑制作型では、自然開花期に収穫する季咲き作型と比較して同一品種であっても開花斉一性が高まっている可能性が高い。奈良県で早くから電照旧盆出荷に取り組んでいる大規模生産者の中には、電照抑制栽培のメリットとして出荷時期の調節だけでなく、開花斉一性が高いため作業能率が良いことを挙げる者も少なくない。しかし、これまでの夏秋ギク型小ギク品種の電照抑制栽培の報告では開花斉一性に着目した先行研究はなく、常見・駒形 (2012) が 7 月新盆出荷作型での消灯日を検討する中で電照栽培によって標準偏差が小さくなることを指摘している程度である。そこで本項では、8 月旧盆出荷の電照抑制作型における開花斉一性を季咲き作型と比較検討した。

材料および方法

1. 電照抑制作型と季咲き作型における開花斉一性の比較 (実験 1)

実験は、奈良県農業研究開発センター内の無加温温室で行った。実験には、西南暖地での自然開花期が 6~7 月の小ギク‘紅千代’を用いて、摘心から 6 月 19 日まで暗期中断を行った電照区と自然日長での季咲き栽培とした対照区を設けた。各区 8 株の 4 反復とした。

2009 年 3 月 11 日に無加温ハウスで管理した親株から採穂して挿し芽し、4 月 6 日に定植、4 月 17 日に摘心、5 月 22 日に株あたり 3 本に整枝した。栽培はピートモス、パーライトおよびバーミキュライトを容積比で等量混合し苦土石灰 (アルカリ分 55%、くみあい粒状炭酸苦土石灰、上田石灰製造 (株)) $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ と緩効性肥料 (くみあい被覆硝安加里複合エコロング 413-140、ジェイカムアグリ (株)) を $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ が 280 : 220 : 260 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となるように添加した培養土をコンテナ (幅 56 cm × 奥行 37 cm × 深さ 15 cm) に充填し、コンテナあたり 8 株を定植、点滴チューブにより 1 日 1 回灌水した。各切り花の開花日に切り花長、茎長、切り花重および節数を調査した。

2. 電照抑制作型の現地生産圃場における時期別収穫率 (実験 2)

実験は、奈良県生駒郡平群町の生産者露地圃場で 2009 年に行った。西南暖地での自然開花期が 6~7 月の‘紅千代’と‘あけみ’を用いた。各品種について、白熱灯による深夜 5 時間 (22:00~翌 3:00) の暗期中断を行う電照抑制区と自然日長のままとした対照区を同一圃場内に各 1 a ずつ設けた。電照抑制区の暗期中断は、4 月 15 日~6 月 19 日まで行った。いずれの試験区も 4 月 10 日に定植、4 月 20 日に摘心し、整枝は行わなかった。なお、処理条件以外の栽培方法は生産者の慣行に従った。概ね 3~4 日ごとに現地圃場において、各試験区中央部の連続 20 株について全立茎数および収穫本数を調査した。

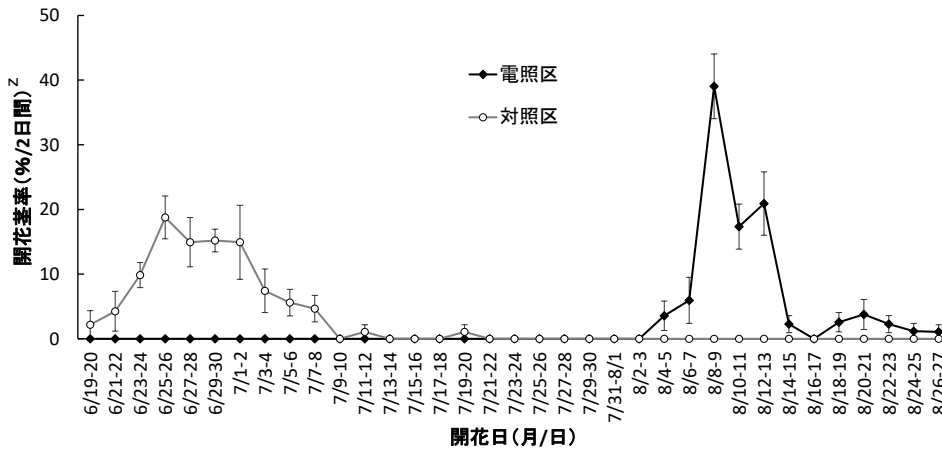
結果

1. 電照抑制作型と季咲き作型における開花斉一性の比較 (実験 1)

両作型における‘紅千代’の開花斉一性を 2 日間ごとの開花茎率で第 1-3-7 図に、平均開花日および切り花品質を第 1-3-4 表に示した。季咲き作型の対照区で 2 日間あたりの開花茎率のピークは 19% で、5~20% 程度の期間が 14 日間にわたって続いていた。それに対し電照区では、2 日間あたりの開花茎率のピークは 39% で、5% 以上の期間は 6 日間になった。開花盛期の 3 および 5 日間に開花した切り花の割合を示す 3 日率および 5 日率でも、対照区では 31 および 46% であったのに対し、電照区では 50 および 71% となり、電照区で開花斉一性が高くなった。切り花長、茎長、切り花重および節数はいずれも電照区で大きくなり、対照区と電照区の平均開花日は 6 月 30 日および 8 月 11 日であった。

2. 電照抑制作型の現地生産圃場における時期別収穫率 (実験 2)

現地生産圃場における累積収穫率の推移を第 1-3-8 図に示した。各区について累積収穫率が 50% を超えた日と 100% となった日を見ると、‘あけみ’では対照区で 8 月 3 日と 8 月 11 日、電照区で 8 月 11 日と 8 月 15 日、‘紅千代’では対照区で 7 月 24 日と 8 月 3 日、電照区で 8 月 3 日と 8 月 11 日であった。両品種とも、対照区では収穫期間が 3 週間程度であったが、電照区では 2 週間未満であった。



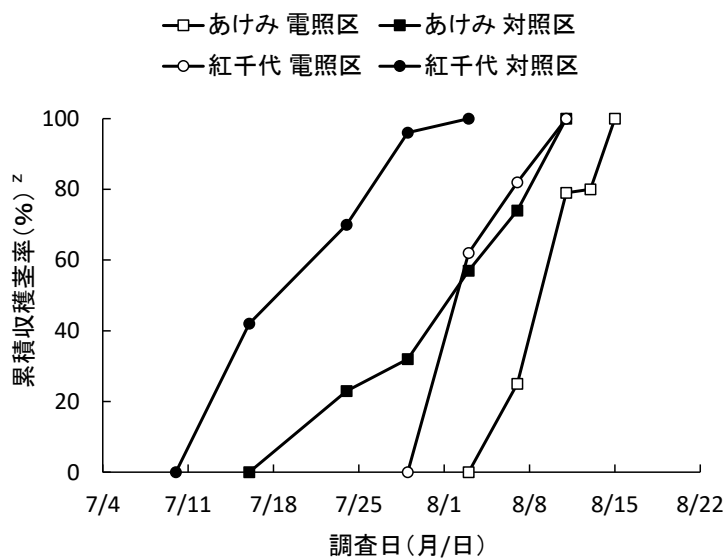
第1-3-7図 電照抑制作型と季咲き作型における‘紅千代’の開花斉一性

^z 開花率率は、2日間当たりの切り花本数を各反復の全切り花本数で除した誤差範囲は、標準誤差(n=4)

第1-3-4表 6~7月咲き小ギク‘紅千代’の電照抑制作型と季咲き作型における開花斉一性と切り花品質

作型	平均開花日	開花斉一性(%) ^z		切り花長(cm)	茎長(cm)	切り花重(g)	節数(節)
		3日率	5日率				
電照区	8月11日*	50*	71*	145*	116*	63*	44*
対照区	6月30日	31	46	86	76	35	28

^z 3日率および5日率は、開花最盛期の3および5日間に開花した切り花の全期間切り花本数に対する比率
*は、t検定により5%水準で有意であることを示す(n=4)



第1-3-8図 電照抑制作型の現地生産圃場における累積収穫率の推移

^z 累積収穫率は、各調査日までに収穫された切り花茎数を全立茎数で除した割合

考察

本項においては、8月旧盆出荷の電照抑制作型における開花斉一性を季咲き作型と比較検討した。本項の実験で用いた‘紅千代’と‘あけみ’はいずれも、暗期中断によって花芽分化を抑制して8月旧盆出荷が可能な品種であり(角川ら, 2007), 両実験においても6月第4半旬の消灯によって8月上旬に開花盛期となった。また, ‘紅千代’を用いた実験1では節数が16節増加し, 切り花長も長くなっており, 角川ら(2007)の報告と同様, 暗期中断によって花芽分化が抑制されていたものと考えられた。

開花斉一性については、3日率および5日率がいずれも電照区で高くなっていた(第1-3-4表)が、開花日別の開花茎率で見ると開花盛期の幅が狭くなり、開花盛期の前後に開花した切り花が減少していた(第1-3-7図)。夏秋ギク型品種においては、育苗時の低温処理が開花斉一性を高める(本章第1節)ことから推察されるように、長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなった状態が季咲き作型の対照区では、切り花茎あるいは株ごとに花芽分化可能な状態に移行しながら花芽分化が順次進んでいったのに対し、電照区では暗期中断期間中に大多数の切り花茎が花芽分化可能な状態に移行した後、消灯によって一斉に花芽分化に移行した可能性が考えられた。その一方、電照区においても開花茎率が5%以上の期間は6日間にわたっており、一斉収穫を目指す上では不十分である。群落としての開花斉一性には群落内部と群落周縁部の光環境の違いが関わっている可能性が指摘されており、条間の拡大など栽植方法を修正することで開花斉一性が向上される(本間, 2000)。また、本間(1999)は‘秀芳の力’の無摘心電照抑制作型において、栄養成長期間中の草勢が強い株で早期発蕾が生じることにより開花が不斉一になることを指摘し、それら草勢の強い株に対して摘葉処理を行うことで開花斉一性を高められることを報告している。このような本圃での環境要因によって生じる開花のばらつきに関しては、電照抑制のみによって斉一化することは難しいものと考えられ、本章第2節で示したような栽植様式の変更や本節第1項で示した摘葉処理などと組み合わせることによって、さらに開花斉一性を高められる可能性がある。

実験2においては、実験1で見られた電照抑制作型による開花斉一性が、実用規模の現地生産圃場に

においても確認された(第1-3-8図)。現地調査であるため収穫時期には多くの誤差も含まれているものと考えられるが、両品種とも明らかに収穫期間が短くなり概ね10日以内に8割以上の切り花が収穫、出荷されていた。この日数は先述のように他の開花斉一化技術と組み合わせてゆくことで更に短縮し、一斉収穫体系に近づけることができるものと考えられる。

主として露地で生産されている夏秋期の小ギク生産において、全ての作型で電照抑制栽培を適用することは、経費と労力の面から現実的ではないと考えられるが、8月旧盆や9月彼岸など大量の切り花を扱う必要のある高需要期に関しては極めて有用であろう。ただし、本項で見られたような開花斉一化の効果については品種によってその強弱が予想されることから、今後は様々な栽培管理が行われている生産現場において、適期出荷だけでなく開花斉一性にも意識した調査・普及が必要だと考えられる。

第4節 開花斉一性に関する品種間差異と新品種の育成

第1項 開花斉一性に関する品種間差異

小ギクの切り花生産において、収穫調整作業は労働時間の約半分を占めている。一斉収穫はこの部分で大幅な省力化を可能とするが、そのためには開花をほぼ斉一にする必要がある。前項までに系統選抜、育苗、栽植様式および栽培管理が開花斉一性に及ぼす影響を検討した。しかし、これらの栽培試験において常に品種間差が見られ、その品種間差は夏秋ギク型品種で大きい傾向が観察された。

我が国の小ギク生産は露地栽培が主体であり、奈良県の主産地である平群町においても、露地での長期出荷を可能にするため共撰品種だけでも200以上が栽培されている。そこで、自然開花期の異なる7~11月咲き小ギク22品種について開花斉一性を調査した。

材料および方法

実験は、奈良県農業研究開発総合センター内の露地圃場において行った。奈良県平群町の出荷実績データをを用いた予備調査で、各自然開花期ごとに開花

斉一性が比較的高いと考えられた 7~11 月咲き小ギク 22 品種を供試した (第 1-4-1 表)。2009 年 4 月 6 日~7 月 7 日に順次、露地圃場に定植し、約 10 日後に摘心した。定植苗は、各自然開花期に応じた慣行の栽培歴に準じて、生産者から入手もしくは無加温ハウスで約 3 週間育苗した。なお、品種ごとの栽培日程は第 1-4-1 表のとおりとした。施肥は全量全層施肥で $N:P_2O_5:K_2O = 2.3 : 2.5 : 2.1 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ で全品種共通とした。

収穫適期と見られる切り花が多くなった時期に、品種ごとに連続した 10 株を一斉に収穫し切り花長、切り花重および節数を調査するとともに、第 2 章第 1 節に示す画像処理による開花程度 (以後、F/G 値とする) を計測した。

結果

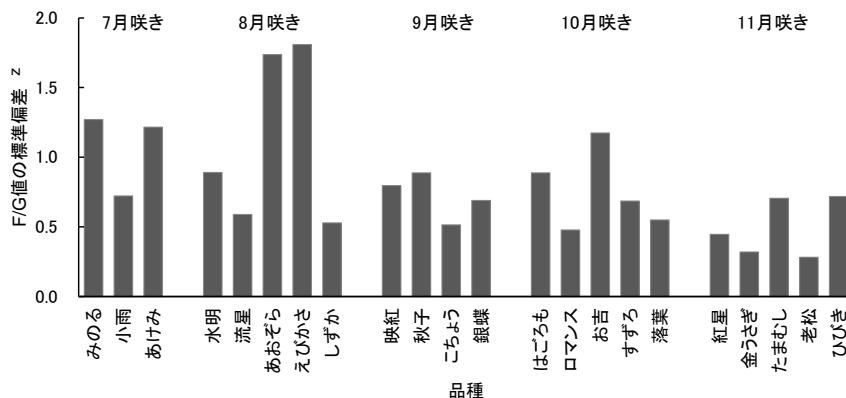
一斉収穫した切り花の F/G 値、切り花長、節数および切り花重を第 1-4-1 表に示した。7 月咲きの‘みのる’と‘小雨’、8 月咲きの‘水明’、10 月咲きの‘はごろも’と‘ロマンス’では切り花長が 70cm 未満とやや短くなったものの、それ以外の品種では 70cm 以上の切り花長が得られた。節数は、品種によって 27~62 節と大きな幅が見られたが、早期発蕾などは発生せず、概ね想定された平年開花期に開花した。

F/G 値の平均値は、品種によって 2.60~5.83 の範囲にあったが、それらの度数分布は各々ほぼ正規分布とみなすことができたため、開花斉一性の指標とし

第1-4-1表 供試品種の耕種概要とF/G値, 切り花長, 節数および切り花重

自然開花期	品種	耕種概要			収穫時 F/G値	切り花長 (cm)	節数 (節)	切り花重 (g)
		挿し芽	定植	調査				
7月咲き	みのる	3月11日	4月6日	6月30日	5.83	57	30	53
	小雨	3月11日	4月6日	7月2日	4.38	69	38	47
	あけみ	3月11日	4月6日	7月13日	4.28	87	41	77
8月咲き	水明	— ²	4月6日	7月8日	4.50	65	40	50
	流星	—	4月6日	7月16日	3.60	83	42	65
	青空	—	4月6日	7月18日	3.62	73	33	50
	えびかさ	—	4月6日	7月18日	3.78	81	38	68
	しずか	4月24日	5月8日	8月20日	2.72	104	54	83
9月咲き	映紅	5月1日	5月14日	9月11日	2.98	93	36	53
	秋子	5月1日	5月14日	9月21日	2.78	104	45	91
	こちよう	5月11日	6月2日	9月21日	2.69	86	42	67
	銀蝶	5月11日	6月2日	10月1日	3.78	80	27	47
10月咲き	はごろも	6月1日	6月22日	10月5日	3.64	63	30	53
	ロマンス	6月1日	6月22日	10月15日	4.17	69	39	57
	お吉	5月18日	6月4日	10月21日	5.78	88	57	50
	すずろ	—	6月14日	10月23日	4.10	91	62	86
11月咲き	紅葉	6月1日	6月22日	10月28日	4.15	62	41	54
	紅星	—	7月1日	11月4日	3.65	78	44	67
	金うさぎ	5月22日	6月18日	11月6日	4.20	87	50	64
	たまむし	6月25日	7月7日	11月9日	4.34	76	42	51
	老松	6月25日	7月7日	11月12日	3.02	70	40	56
	ひびき	—	7月1日	11月13日	2.60	78	45	56

² 生産者から定植苗を入手した



第1-4-1図 一斉収穫した切り花のF/G値の標準偏差における品種間差

² 収穫適期に一斉収穫した全切り花のF/G値(第2章第1節)を測定 (n=10)

て F/G 値の標準偏差を第 1-4-1 図に示した。F/G 値の標準偏差における品種間差は、7~8 月咲き品種では 0.59~1.81 と大きな品種間差が見られた一方、9~11 月咲き品種では‘お吉’を除き 0.28~0.89 と総じて小さく、品種間差も小さかった。

考察

露地栽培が主体の小ギク生産では長期出荷を可能にするため、夏ギク型品種、夏秋ギク型品種、秋ギク型品種および寒ギク型品種の各生態型品種群（川田ら，1987）が利用されている。生産現場では、これらの品種群の中で質的短日性を示す秋ギク品種は開花斉一性が高く、それ以前に開花する夏秋ギク型品種や夏ギク型品種では開花斉一性が低いと考えられている。本試験では、産地での出荷期間が短い品種は生産者間での栽培管理の差が開花期に影響を与えにくい品種であり開花斉一性も高い可能性があると考え、予備調査として奈良県平群町の日別出荷実績から産地としての出荷期間が比較的短い品種を、自然開花期ごとに選択して供試した。その結果、多くの 9~11 月咲き品種ではおしなべて開花斉一性が高かったのに対し、7~8 月咲き品種では開花斉一性に品種間差が見られ、その中には 9~11 月咲き品種なみに F/G 値の標準偏差が小さく、開花斉一性の高い品種が存在することが明らかになった。このことは、7~8 月咲き品種の開花期が日長だけでなく苗質や定植時期などの栽培方法（川田ら，1987）の影響を受けやすいのに対し、9~11 月咲き品種の開花期が日長に大きく支配されていることを示唆するものと考えられた。ただ、7~8 月咲き品種の中にも‘流星’や‘しずか’のように開花斉一性の高い品種が存在しており、本実験のような品種特性の評価と選択によって一斉収穫に近づける可能性が考えられる。今後、このような開花斉一性の高い品種と、前項までに示した開花斉一性を高める栽培技術を組み合わせることで、一斉収穫の実現にさらに近づける可能性がある。

第 2 項 夏秋ギク型品種における開花斉一性の品種間差異の要因

前項では開花斉一性には品種間差があり、9~11 月咲き品種と比較して 7~8 月品種で開花が一斉と

なりやすい品種が多い傾向が見出された。この要因として、7~8 月咲き品種の多くが量的短日植物であり（川田ら，1987）、開花が栽培様式など日長以外の要因の影響を受けやすいことが考えられる。第 2 節では、群落として栽培された小ギクの開花は群落周縁部で早く、群落内部で開花が遅い結果、群落全体としての開花斉一性が損なわれることを明らかにした。群落周縁部と内部では開花節数に差がなく、切り花重が大きい分枝ほど早く開花したことから、この要因として、本章第 2 節で示したように群落周縁部と群落内部での光環境の差が光合成量の差を通じて影響した可能性が考えられた。秋ギク型輪ギクとスプレーギクを用いて群落構造と成長解析における品種間差を分析した佐本ら（1979）は、葉が大きく垂れ葉の品種は、葉が小さく立葉の品種と比較して個体の揃いが悪くなることを報告しており、小ギクの開花斉一性においても品種固有の茎葉の形態と関連している可能性がある。

そこで、開花が不揃いとなりやすい 7~8 月咲き品種において、開花斉一性と品種固有の葉の形態ならびに群落内光環境の違いについて検討し、一斉収穫に適した品種を選択するための基準を見出すことを試みた。

材料および方法

実験は香川県善通寺市の近畿中国四国農業研究センター内で行った。供試品種は、自然開花期が 7~8 月の小ギク 10 品種を用いた（第 1-4-2 表）。これら 10 品種は、頂花が柳芽もしくは発達不良となり花房が大きく分枝するほうき咲き型花房をもつ‘広島紅’等 5 品種と、2 次側蕾の少ない頂点咲き型花房をもつ‘みのる’等 5 品種である（第 1-4-2 図）。各品種とも無加温ハウス内で越冬させた親株から 2004 年 3 月 17 日に採種して育苗し、4 月 12 日に定植した。4 月 20 日に摘心し、5 月 8 日に株あたり 4 本に整枝した。

各品種について開花日、切り花品質、葉の形態および群落内光環境を調査した。収穫適期に至った切り花を順次、分枝基部から収穫し開花日、切り花長、切り花重および節数を調査した。なお、収穫時には各切り花を、定植位置から内側に伸張して群落内部にあった分枝（以下、群落内部とする）と外側に伸張して通路に面した分枝（以下、通路面とする）を区分して調査した。

葉の形態については、収穫盛期の切り花から生育中庸な7本の切り花で個葉の葉面積、乾燥葉重、葉柄および葉先の茎に対する着生角度を調査した。葉面積および葉重は切り花先端から15cm単位で階層化して集計した。葉柄着生角と葉先角は、花房より下の中位節で本章第2節第2項と同様、第1-2-9図のようにa,b,cおよびdの長さを測定して算出した。

群落内光環境は、品種ごとに発蕾を確認した後の晴天日の正午前後1時間以内に、群落上面から0, 15, 30, 45および60cm下位の群落内部のPPFDを、光量

子センサー(LI-190SL, Licor社)を接続したライトメータ(LI-250A, Licor社)を用いて測定した。測定位置は植え付け条の株間中央とし、7月9日と13日の2回測定した。

結果

いずれの品種も通路面の切り花は、群落内部の切り花と比較して、第1-4-2表のように平均開花日が同

第1-4-2表 群落内部と通路面の分枝における平均開花日、その内外差および群落全体の標準誤差

品種	花房型	平均開花日		平均開花日 ² の内外差 (日)	群落全体の 標準誤差 (日)
		群落内部	通路面		
武光	ほうき	8月12日	8月6日	5.9 **	1.18
広島紅	ほうき	8月3日	7月29日	4.8 *	1.36
風遊び	ほうき	7月18日	7月14日	4.0	1.40
こずえ	ほうき	7月31日	7月28日	2.8 *	0.75
翁丸	ほうき	7月13日	7月12日	1.3 **	0.29
あけみ	頂点	7月15日	7月11日	3.8 **	0.83
糸子	頂点	7月13日	7月11日	2.4 **	0.53
小窓	頂点	7月19日	7月17日	1.9 *	0.53
やよい	頂点	7月8日	7月7日	1.1	0.43
みのる	頂点	7月8日	7月8日	0.2	0.33

² 群落内部(内側)と通路面(外側)の各シュート毎の平均開花日の差、**と*は各々、t検定により5%と10%で有意差ありを示す



ほうき咲き型花房 '広島紅'
頂花が柳芽となり側枝に多数の花がつく品種



頂点咲き型花房 'みのる'
頂花と側花の位置が同程度で、2次側蕾が少ない

第1-4-2図 花房型の異なる小ギク品種の例

等もしくは早くなり、それらの差は 0.2~5.9 日であった。このような通路に面した群落外側と群落内部の平均開花日の差（以下、内外差とする）は、‘あけみ’、‘広島紅’、‘武光’ および ‘風遊び’ で大きく、‘みのる’、‘やよい’、‘小窓’ で小さかった。開花日の内外差を考慮しない各品種の標準誤差は、内外差の大きい ‘広島紅’ や ‘風遊び’ で大きくなった。切り花長、切り花重および節数について内外差をみると、第 1-4-3 表のように群落内部と比べて通路面の切り花では、節数に差がないものの、通路面で切り花長が 1~5 cm 短く、切り花重が同等もしくは大きい傾向が見られた。

次に、平均開花日の内外差もしくは群落全体での標準誤差と葉の諸特性との相関を第 1-4-4 表に示した。平均開花日の内外差もしくは群落全体での標準誤差を従属変数とした相関分析を行った結果、葉先角とは正の相関が見られた一方、葉面積や葉重と内

外差との間には弱い負の相関が見られた。葉先角と平均開花日の内外差の相関は、第 1-4-3 図のように、葉先角が大きい品種ほど開花日の内外差が大きくなる関係が見られるとともに、頂点咲き型花房をもつ品種に比べて、ほうき咲き型花房をもつ品種で葉先角が大きく、開花日の内外差も大きくなる傾向が見られた。

切り花先端から 15cm 刻みとした階層別葉面積と群落上面を 100% とした PPFD 相対値の関係について ‘あけみ’ の例を第 1-4-4 図に示した。階層別葉面積は各品種とも群落上面から 15~45cm の節数で最も大きくなり、PPFD 相対値は、群落上面から 15 cm 下位で 9~14%、30 cm 下位で 1.1~3.1%、45 cm 下位で 0.5~1.8% と指数的に低下した。これら PPFD 相対値の減衰における品種間差を従属変数として、階層別葉面積および葉の諸特性との相関分析を行ったところ、階層別葉面積とは有意な相関が見い出せなかつ

第1-4-3表 群落内部と通路面の切り花長、切り花重および節数

品種	切り花長(cm)		切り花重(gFW)		節数(節)	
	群落内部	通路面(内外差)	群落内部	通路面(内外差)	群落内部	通路面(内外差)
武光	84	83 (-2)	60	69 (8)	41	41 (0)
広島紅	81	77 (-5)*	64	72 (8)	36	35 (-1)
風遊び	80	75 (-4)*	53	62 (9)*	48	48 (0)
こずえ	80	76 (-4)*	50	57 (7)	44	43 (0)
翁丸	60	58 (-3)*	48	49 (1)	29	29 (0)
あけみ	93	90 (-3)	54	74 (19)*	39	39 (0)
糸子	82	79 (-3)*	45	58 (14)*	38	38 (0)
小窓	84	83 (-1)	55	69 (14)*	32	32 (0)
やよい	67	65 (-1)	64	64 (0)	30	30 (0)
みのる	57	54 (-4)*	52	56 (4)	31	31 (0)

2 括弧内の内外差は、いずれも通路面の平均値から群落内部の平均値を引いた値を示す

3 * は、群落内部と通路面に t 検定に 5% 水準で有意差ありを示す、節数は全品種で有意差なし

第1-4-4表 葉の特性値における品種間差と開花日の内外差との相関

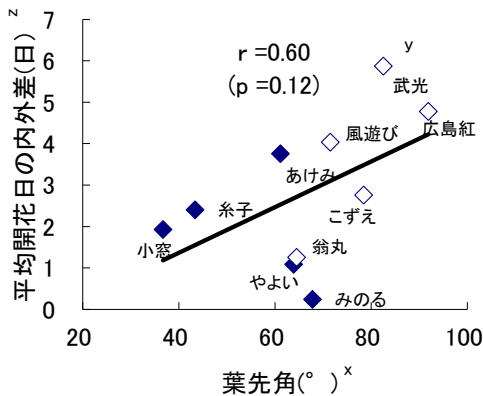
品種	平均開花日の内外差 ²	群落全体での標準誤差	葉柄着生角(°)	葉先角(°)	葉身長(mm)	葉面積(cm ² /葉)	葉重(gDW/葉)	比葉重(mg/cm ²)
武光	5.9 **	1.18	46.6	82.5	65.7	20.2	0.11	5.46
広島紅	4.8 *	1.36	46.8	91.9	79.6	28.7	0.17	5.95
風遊び	4.0	1.40	38.0	71.5	69.6	24.2	0.15	6.49
こずえ	2.8 *	0.75	41.4	78.4	65.0	20.4	0.14	7.04
翁丸	1.3 **	0.29	46.2	64.5	90.1	31.7	0.16	5.13
あけみ	3.8 **	0.83	35.9	61.1	74.1	28.3	0.15	5.17
糸子	2.4 **	0.53	35.9	43.4	84.1	31.5	0.22	7.15
小窓	1.9 *	0.53	25.6	36.7	73.1	27.5	0.18	6.51
やよい	1.1	0.43	40.4	63.9	80.0	25.9	0.17	6.66
みのる	0.2	0.33	33.5	67.8	66.8	21.1	0.14	6.66
相関係数								
平均開花日の内外差		0.90	0.44	0.52	-0.29	-0.17	-0.38	-0.37
群落全体での標準誤差			0.36	0.60	-0.36	-0.24	-0.34	-0.18

2 群落内部(内側)と通路面(外側)の各シュート毎の平均開花日の差右肩の**および*は、t 検定により5%および10%で有意差ありを示す

た. 一方, 葉先角および葉柄着生角については第 1-4-5 図のように, これらの角度が大きい品種, すなわち葉が水平方向に開帳している品種ほど群落内の PPFD 減衰率が大きくなる有意な相関が見られた. また同時に, ほうき咲き型花房をもつ品種が頂点咲き型花房をもつ品種よりも, 葉先角が大きく, PPFD 減衰率も大きい傾向が見られた.

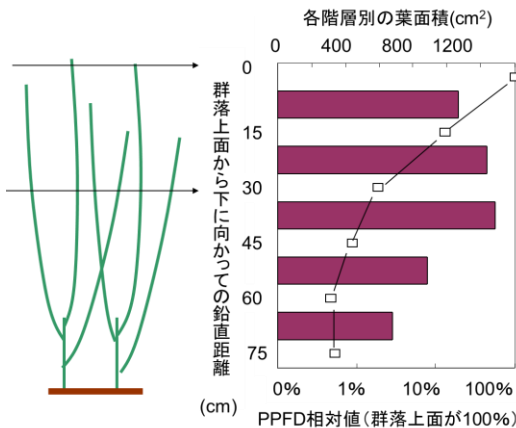
考察

本項では, 開花が不揃いとなりやすい 7~8 月咲き品種において, 開花の斉一性と品種固有の葉の形態ならびに群落内光環境の関連について検討した. 開花の斉一性については, いずれの品種でも通路面の切り花が群落内部の切り花よりも早く開花する開花日の内外差が観察され, この内外差と群落全体の標準誤差の間には 0.90 の強い正の相関 (第 1-4-4 表) が

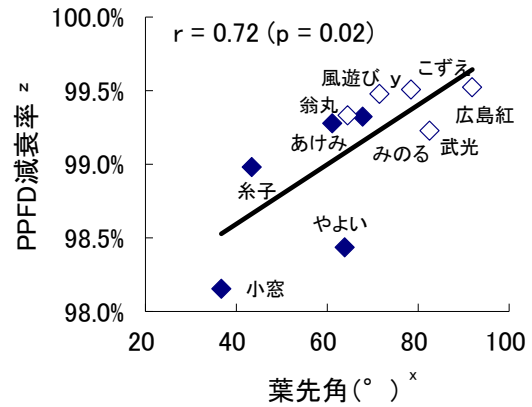


第 1-4-3 図 中位葉の葉先角と平均開花日の内外差との相関

z 平均開花日の内外差は, 群落内部が通路面より開花が遅れた日数
 y 白抜きは「ほうき咲き」花房品種
 x 葉先角は, 群落上面から概ね 15~30cm 下位に着生した 10 葉について計測した



第 1-4-4 図 小ギク群落の階層別葉面積と PPFD 相対値の例 (品種: あけみ)



第 1-4-5 図 中位葉の葉先角と PPFD 減衰率の相関

z PPFD 減衰率は, 群落上面から 45cm 下位の群落内までの間で低下する割合で示した
 y 白抜きは「ほうき咲き」花房品種
 x 葉先角は, 群落上面から概ね 15~30cm 下位に着生した 10 葉について計測した

見られた. このことは, 開花斉一性の品種間差に関わる大きな要因として開花日の内外差があり, これを指標とした品種選択の可能性を示唆するものと考えられた.

こうした開花日の内外差は条間を拡大することで小さくでき, 群落内での光環境との関連が報告されている (本間, 2000). また, 秋ギク型輪ギクとスプレーギクを用いて群落構造と成長解析における品種間差を分析した佐本ら (1979) は, 葉が大きく垂れ葉の品種は, 葉が小さく立葉の品種と比較して, 物質生産が旺盛で切り花重が大きくなるものの個体の揃いが悪く, 栽植密度を高めると等外品やブラインドが増加しやすいと報告している. 本実験においても, 葉先角が小さく立葉の品種ほど群落内での PPFD 減衰率が小さく (第 1-4-5 図), 開花日の内外差も小さくなる傾向が見られており, 佐本ら (1979) の報告と一致した. その一方, 葉面積や比葉重と開花日の内外差の間には負の相関あったものの, その相関係数は小さかった. これは, 本実験で測定した葉面積が生育中庸な切り花での抽出調査としたため, 群落全体の葉面積を代表できていなかった可能性が考えられる. また, 開花期に調査を行った本実験では, ほうき咲き型花房の品種では花房が大きいため群落上部の葉面積が極端に小さく計算されており, 頂点咲き花房の品種と単純比較するには葉群構造が異なっていたためと考えられる. 栄養成長期からの草勢の違いが到花日数に影響する (本間, 1999) ことを考慮すれば, 開花斉一性の品種間差と葉面積との関連を明らかにするためには今後, 花房が形成されるより早い生育

ステージで葉群構造と群落内光環境の調査が必要であろう。

また、頂点咲き型花房の品種は、ほうき咲き型花房の品種に比べて開花日の内外差が小さい傾向が見られた。この違いには、頂点咲き型花房の品種で葉先角が小さいという着葉形態の違いだけでなく、花芽分化開始から開花までの到花日数の違いについても考慮しておく必要があるものと考えられる。頂花の開花が切り花としての開花日に大きく影響する頂点咲き型花房の品種に比べて、側花の開花が開花日に大きく影響するほうき咲き型花房の品種では、到花日数が総じて長い傾向があり、頂花の座止や側花の花芽発達に気温や日長の影響をより複雑に受けることとなる。この点については今後、花芽の分化・発達における品種間差をより慎重に検討してゆく必要があるだろう。

以上より、小ギクの開花斉一性における品種間差には開花日の内外差が大きな要因となっており、その内外差は葉先角に代表される着葉形態の影響を受けることが明らかとなった。このため本実験に用いた7~8月咲き品種の範囲では、葉の着生角が小さく立性の葉を持ち頂点咲き型花房の品種である‘みのる’、‘やよい’および‘小窓’が、開花日の内外差が小さく、開花斉一性に優れる品種だといえる。ただし、品種間差の要因については、着葉形態以外の要因も関与している可能性は残されており、生育ステージによる群落構造の変化を考慮した成長解析や花芽の分化・発達過程の違いについても今後、検討してゆく必要があると考えられた。

第3項 開花期の年次安定性と斉一性に優れる8月咲き品種‘春日の紅’の育成

奈良県など西南暖地における夏秋期生産では、8~9月の旧盆や秋彼岸が主要な出荷目標となるため、秋ギク型品種より長い限界日長を有し高温下でも正常開花する夏秋ギク型品種(川田・船越, 1988)が多く利用されている。夏秋ギク型品種の開花期には、花芽の分化・発達に影響する日長と温度だけでなく、冬季における長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなり、春季以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる性質が影響する(川田ら, 1987; 大石, 2011; Sumitomoら, 2013)。

特に、8月上旬に自然開花期のピークとなる8月

咲き品種は、限界日長が17時間(川田ら, 1987)と夏至の日長よりも長く、奈良県の生産現場においても自然日長の最も長い6月中旬頃においても花芽分化が観察される。このことは、これら8月咲き品種において自然開花期の決定に、生育期間の温度が大きく影響していることを示唆するものといえる。このため、低温遭遇後の春から夏にかけて十分な高温を経過し、生理的に花芽分化の条件を整えた後に限界日長を迎える秋ギク型品種に比べて、夏秋ギク型品種の季咲き作型では総じて開花がばらつきやすく、収穫期間が3週間にわたる品種もある。しかし前項までに示したように、夏秋ギク型品種の中にも開花斉一性の程度に品種間差が見られ、親株の系統選抜によって開花斉一性が改善されることから、開花斉一性には遺伝的な要因が関与している可能性は高く、育種による改良の余地が残されているものと考えられる。

また、春以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる夏秋ギクの性質は、近年頻発する暖冬や猛暑などの気候変動の影響を受けやすい生態特性とも考えられる。生産現場でも旧盆向け7~8月出荷の小ギクで近年、春~夏の温暖化傾向による開花早期化が顕著にみられ、収穫ピークが高需要期に合致せず問題となっている(森ら, 2014)。

こうした問題に対し、小野ら(2007)は在来品種の‘ともこ’と‘ももわか’の交配後代から、露地と無加温ハウスでの栽培における開花日の差が小さい系統を選抜することによって、開花期の年次変動の少ない新品种‘H-13’と‘H-42’を育成している。このことは、春から夏にかけての気温変動による開花時期の不安定性を交配育種によって改善できる可能性を示唆しているものの、これらの品種で開花期の年次変動が少なくなる要因については不明のままである。

そこで筆者らは、小野ら(2007)の選抜手法を援用するとともに開花期の斉一性に着目した選抜によって、高温の影響を受けにくく、開花の年次安定性と斉一性に優れる8月咲き小ギクの品種‘春日の紅’を育成したので、その育成経過と生育特性ならびに、これらの生育特性が示される要因について調査した結果を報告する。

材料および方法

育成経過

‘春日の紅’の育成ならびに各特性調査は、いずれも奈良県農業研究開発センター内で行った。小野ら(2007)が交配親に用いた在来の赤色系品種‘ともこ’と‘ももわか’ならびに、予備調査で開花時期の年次変動が比較的小さいと見られた在来の白色品種‘白山手’と黄色品種‘翁丸’を用いた正逆の交配を2007年12月に行った。

得られた11組合せ約2000粒の種子を2008年2月に播種し、3月初旬に摘心、その分枝を実生個体ごとに2本ずつ3月31日と4月1日に挿し芽して、1,656実生系統で各2株の挿し芽苗を得た。これらを慣行に準じた露地条件とそれより高温となる無加温ハウス条件(以後、単にハウス条件と記す)に1株ずつ4月25日に定植、5月6日に摘心、6月20日に株当たり1本に整枝した。6月下旬～9月上旬までに開花したすべての切り花について開花日を調査し、両条件下での開花日の差が7日以内であった系統のうち、切り花としての草姿や花容を考慮して44系統を一次選抜した。なお栽植様式は、畝間130cm、条間7.5cm、中央条間30cm、株間7.5cmの複2条植えとした。

その後、2009～2011年までの3年間にわたって一次選抜と同様に、露地条件とハウス条件での比較栽培において開花日の差が5日以内となり、開花日の標準誤差が概ね1.0以下となることを基準に選抜を繰り返した。選抜時には、開花日をすべての切り花について調査した。

各年次ともハウス条件では、換気扇とハウスサイドの開閉による換気を25℃以上で開始し、23℃以下で止めるように5月中下旬まで管理し、それ以降はハウスサイドを常時開放とした。選抜圃場の耕種概要は各年次とも、80cm幅の栽培ベッドに条間36cm、株間12cmの2条植えとし、施肥はN、P₂O₅およびK₂Oを2.3、2.6および2.1kg・a⁻¹として全量元肥で全層施用した。摘心後の整枝は株当たり4本とした。

2009年は各系統8株を3月10日に挿し芽、4月6日に定植、4月17日に摘心、5月25日に整枝した。2010年は各系統14株を3月24日に挿し芽、4月13日に定植、4月26日に摘心、5月31日に整枝した。2011年は各系統10株を3月10日に挿し芽、4月1日に定植、4月20日に摘心、5月24日に整枝した。

これらの選抜により、開花揃いがよく、ハウス条件と露地条件での開花日の差が5日以内となる性質が見られた系統を、‘春日の紅’として品種登録した(廣岡ら、2013)。

1. 開花期の年次変動(実験1)

開花期の年次変動を調査するため、系統選抜で用いたハウス条件と露地条件の比較栽培試験を2012～2013年にも継続した。なお年次変動の検討には、供試個体数が少なく育苗環境の異なった2009年データを除き、2010～2013年の4か年分のデータを用いた。

栽植様式、施肥およびハウス管理は2009～2011年の系統選抜時と同様とした。2012年は各区8株を3月21日に挿し芽、4月11日に定植、4月19日に摘心、5月25日に整枝した。2013年は各区24株を3月15日に挿し芽、4月6日に定植、4月18日に摘心、5月2日に整枝し、各区8株の開花日を調査するとともに、各区16株について5月30日から開花まで毎週1回、生育中庸なシュート5本の花芽分化を岡田(1963)に準じて調査した。2012年には在来品種の‘小鈴’8株を、2013年には在来品種の‘小鈴’と‘広島紅’各8株を同時期に自然開花する対照品種として、同様の条件で比較栽培した。これら2品種は、奈良県内の産地で旧盆出荷向け8月咲き品種として30年以上にわたって生産されてきた主力品種である。各区とも、切り花ごとの開花日に分枝基部から順次収穫し、すべての切り花について開花日を調査した。

2. 一定の栽培温度条件が花芽分化節数に及ぼす影響(実験2)

実験には‘春日の紅’と対照として在来品種‘広島紅’を用いた。2012年3月23日に無加温ハウスで越冬させた親株から採取した穂を挿し芽し、発根したセル苗を4月11日に9cmポリポットで鉢上げし、摘心まで無加温温室内で養成した。鉢上げ用土は、ピートモス、パーライトおよびバーミキュライトの等量混合に、苦土石灰(アルカリ分55%、くみあい粒状炭酸苦土石灰、上田石灰製造(株))2g・L⁻¹と緩効性肥料(くみあい被覆硝安加里複合エコロング413-140、ジェイカムアグリ(株))をN:P₂O₅:K₂Oが560:440:520mg・L⁻¹となるように添加して用いた。4月19日に基部5節を残して摘心し、明期、暗期ともに一定で10、15、20および25℃に設定した4台の人工気象器(MLR-350H、三洋電機(株))に各区8株を直ちに搬入し、温度処理を開始した。それ以外の環境条件の設定は同一とし、昼光色蛍光灯により100～150μmol・m⁻²・s⁻¹で12時間日長とし、湿度はなりゆきとした。5月上旬に株当たり1本に仕立て、追肥は行わず間断底面灌水により管理した。温度処理は150日

目の9月16日まで行った。

処理開始から56日目の6月14日に分枝長、分枝節数および発蕾の有無を調査し、その後は発蕾日、開花日および花芽分化節数を記録した。処理終了までに開花しなかった分枝は、9月16日に花芽分化の有無と分化節数を目視および実体顕微鏡下で確認した。

3. 生育ステージごとの短期間温度処理が開花に及ぼす影響 (実験3)

実験には‘春日の紅’と在来品種‘広島紅’各区7株を用いた。2014年3月6日に無加温ハウスで越冬させた親株から採穂し、実験2と同様の手法で育苗した。発根したセル苗を5号鉢に1株ずつ4月4日に定植、4月18日に摘心、5月20日に株当たり2~3本に整枝した。鉢上げ用土は実験2と同様の組成に、実験2で用いた苦土石灰 $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ と緩効性肥料を $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ が $420:330:390 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となるように添加して用いた。

短期間温度処理は人工気象器 (MLR-350H, 三洋電機 (株)) を用い、処理時期と処理温度を各3水準として、それらを組み合わせた計9区を設けた (第1-4-5表)。処理時期は栄養成長期の前半 (以後、 V_1 期とする)、栄養成長期の後半 (同、 V_2 期) および花芽分化期 (以後、R期) に相当するように、4月21日~5月6日、5月21日~6月5日および6月21日~7月6日の各15日間で設定した。なお、R期は前年度までの栽培経過から花芽分化期が6月下旬頃であることが推察されたため、これを含む期間として、 V_1 期は活着後に摘心後分枝が伸長し始める時期として設定した。 V_2 期は、これらの中間になるよう設定した。

処理温度は明期と暗期を通じて一定とし、第1-4-5表のように平年区は各処理期間の年平均気温を、高温区は平年区より 3.5°C 高い気温を、低温区は平年区より 3.5°C 低い気温を設定目標とした。高温区と低温区における 3.5°C の温度差設定は、実験前年までの10年間 (2004~2013年) に奈良県橿原市の奈良県農業研究開発センターで測定した旬別平均気温から、最大の年較差に相当するように決定した (第1-4-6図)。処理期間以外は、全区とも同一の雨よけハウス内で、気温はなりゆきで管理した。

各区とも、人工気象器の明期は昼光色蛍光灯により $100\sim 150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ とし、日長は各処理時期の自然日長に合わせて V_1 期は13.5時間、 V_2 期とR期は14.5時間とした。各分枝の開花時に、摘心後到着

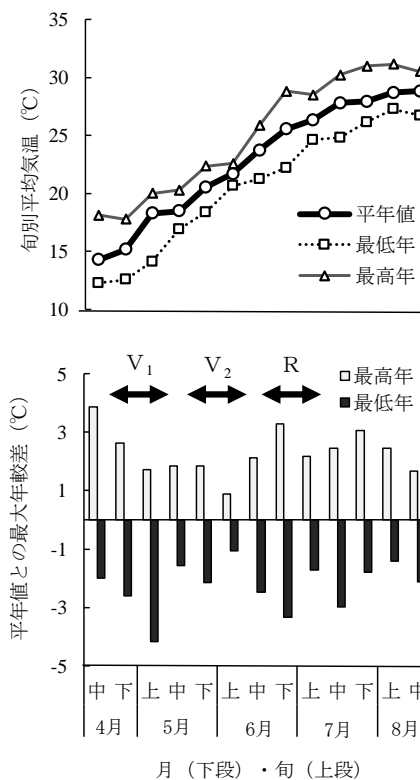
日数と花芽分化節数を調査した。

第1-4-5表 各処理区における設定目標気温と実際の平均処理温度 (実験3)

処理温度	処理時期		
	V_1 期 4/21~5/6 ^z	V_2 期 5/21~6/5	R期 6/21~7/6
低温区	11.1 (12.5) ^y	16.4 (17.5)	21.8 (22.5)
平年区	14.1 (16.0)	20.4 (21.0)	25.5 (26.0)
高温区	17.1 (19.5)	24.7 (24.5)	29.1 (29.5)

^z各処理時期の期間を示す (月/日)

^y()内は、処理目標とした設定温度を示す



第1-4-6図 奈良県橿原市での過去10年間における平年 (2004~2013年)、最低年および最高年の旬別平均気温とそれらの年次較差
矢印は、実験3における温度処理期間

4. 開花斉一性の特徴 (実験4)

実験には‘春日の紅’と在来品種‘広島紅’および‘小鈴’を用い、各品種20株5反復とした。実験3と同様にして育成したセル苗を、2012年4月2日に定植した。4月11日に基部5節を残して摘心し、5月23日に株当たり5本に整枝した。

生育調査として、摘心から23日後の5月4日、52

日後の 6 月 2 日, 77 日後の 6 月 27 日および 102 日後の 7 月 22 日に分枝長, 分枝の展開葉数および発蕾の有無を調査した. 6 月 19 日には, 5 反復のうち 1 反復から各品種 40 本の生育中庸な分枝の茎頂を採取し, 花芽分化の状態を岡田 (1963) に準じて実体顕微鏡下で調査した. 残る 4 反復については, 各分枝の開花日に基部で採花し, 開花日と切り花長を集計した.

結果

育成経過

2008 年の一次選抜対象とした 1,656 実生系統のうち, 50 以上の実生系統が得られた 9 組合せ 1,503 実生系統のハウス条件と露地条件における開花日の差による分離比を第 1-4-6 表に示した. ハウス条件で開花が 8 日以上早期化した系統が 30~56%であったのに対し, 開花が 8 日以上遅延した系統は 2~13%, 両条件での開花日の差が 7 日以内であった系統は 31~66%となり, 総じてハウス条件での開花日が露地条件と同等もしくは早期化する実生系統が多かった.

2009~2011 年の系統選抜を通じて開花揃いがよく, ハウス条件と露地条件での開花日の差が 5 日以内となる性質が見られた系統を最終選抜し, ‘春日の紅’として種苗法に基づく品種登録を 2012 年に出願し, 2013 年に品種登録となった (廣岡ら, 2013). ‘春日の紅’は‘ともこ’を種子親とし‘白山手’を花粉親とした交配から得られた赤色品種で, 舌状花表面は赤紫色 (RHS カラーチャート 64A), 頭花径 37 mm,

舌状花数 20 枚程度, 頭花数 28 輪程度で, 頂花が正常開花する花房型の小ギクである (第 1-4-7 図).

選抜過程において, 露地条件およびハウス条件における‘春日の紅’の開花日は, 2009 年が 7 月 31 日および 7 月 27 日, 2010 年が 8 月 7 日および 8 月 12 日, 2011 年が 8 月 5 日および 8 月 4 日となり, 各年次とも両条件での開花日の差は 5 日以内, 各々の標準誤差は 0.5~0.9 程度であった.

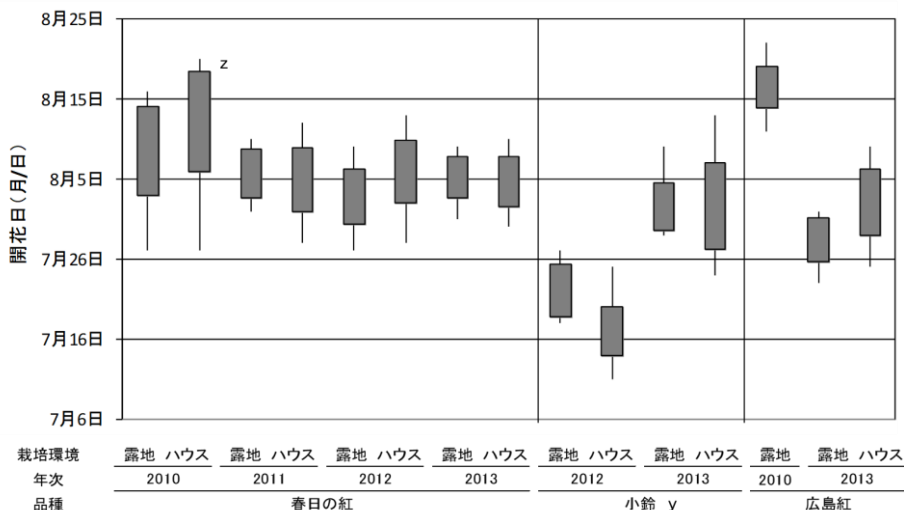
第1-4-6表 ハウス条件と露地条件における開花日の差による交配小ギク実生系統の分離比

交配した品種組合せ		実生系統数	実生系統の分離比 ^z		
種子親	花粉親		ハウス条件で早期開花	両条件でほぼ同時に開花	ハウス条件で開花遅延
ともこ	× 翁丸	180	56%	31%	13%
白山手	× 翁丸	172	30%	66%	4%
翁丸	× 白山手	166	38%	51%	11%
ともこ	× 白山手	273	47%	48%	4%
ももわか	× 白山手	146	35%	61%	4%
ももわか	× ともこ	76	53%	36%	11%
翁丸	× ももわか	197	50%	37%	12%
ともこ	× ももわか	150	54%	40%	6%
白山手	× ももわか	143	50%	48%	2%
合計		1,503	46%	47%	7%

^z 開花日の差による区分は, 露地条件とハウス条件の開花日の差が7日以内の場合を, ほぼ同時期とみなし, それよりハウス条件で早期開花もしくは開花遅延に区分した値



第1-4-7図 ‘春日の紅’の草姿(左)と頭花ならびに舌状花の形状(右)



第1-4-8図 栽培環境と年次による‘春日の紅’の開花日変動

^z 図中の陽線および陰線は、平均開花日±標準偏差および開花始～開花終を示す
^y ‘小鈴’と‘広島紅’は、対照とした既存品種

1. 開花期の年次変動 (実験 1)

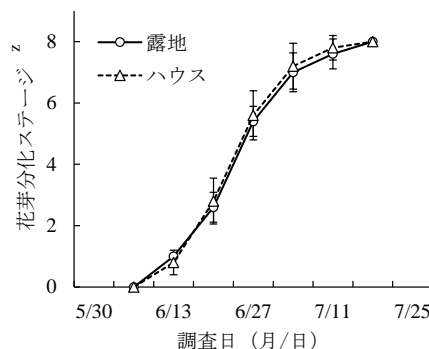
2010～2013 年までの露地条件およびハウス条件における‘春日の紅’の開花日を第 1-4-8 図に、各年次の栽培条件による月別平均気温を第 1-4-7 表に示した。まず、年次間での開花時期の変動に着目すると‘小鈴’では、4 月の気温が高かった 2012 年の平均開花日が 7 月 17～22 日と、2013 年の 8 月 1 日（両条件とも同一）に比べて 10 日以上早くなる年次変動が見られた。‘広島紅’においても 2010 年と 2013 年の平均開花日が 8 月 16 日（露地条件のみ）と 7 月 28 日～8 月 2 日であり、14 日以上の変動が見られた。これらに対し‘春日の紅’では、4～6 月の気温が一貫して低く推移した 2010 年に両条件で 8 月 8～12 日と開花がやや遅れたものの、2011～2013 年の 3 か年の平均開花日は両条件とも 8 月 2～5 日の 3 日間に安定しており年次ならびに栽培条件による差は小さかった。

次に、試験年次ごとに露地条件とハウス条件の開花日の差についてみると、‘春日の紅’の平均開花日は露地条件に比べてハウス条件で、同等もしくはやや遅くなったが、その差は-0.7～+3.7 日であった。一方、2012～2013 年の‘小鈴’では、露地条件に比べてハウス条件で開花始めが早くなり、平均開花日も 2012 年作では 5.9 日早くなった。また両年次とも、開花期間が長くなり開花が不斉一になる傾向がみられた。2013 年の‘広島紅’では、ハウス条件で露地条件よりも開花が 4.7 日遅れ、不斉一となった。なお、各年次とも栽培期間中のハウス条件の気温は、露地条件に比べて 0.4～3.5℃ 高く推移していた（第 1-4-7

第1-4-7表 各年次の栽培条件による月別平均気温とその気温差

試験年次	栽培条件	4月 ^z	5月	6月	7月	8月
2010	露地	9.8	15.5	20.9	25.1	27.3
	ハウス	12.2	17.2	21.5	25.3	30.8
	気温差 ^y	+2.4	+1.7	+0.6	+0.2	+3.5
2011	露地	10.0	16.3	21.7	24.7	25.9
	ハウス	11.8	18.1	22.7	26.0	27.3
	気温差	+1.7	+1.8	+1.0	+1.3	+1.4
2012	露地	17.3	18.3	22.1	27.0	28.6
	ハウス	17.7	20.2	24.9	30.2	29.7
	気温差	+0.4	+1.9	+2.8	+3.2	+1.1
2013	露地	11.5	17.5	22.4	26.6	27.3
	ハウス	13.2	18.6	23.9	28.0	29.1
	気温差	+1.7	+1.1	+1.6	+1.4	+1.8

^z 4月は各年次の定植以降の気温
^y 気温差は、ハウス条件から露地条件の気温を引いた差



第1-4-9図 栽培条件が‘春日の紅’の花芽分化と花芽発達に及ぼす影響(2013年)

^z 花芽分化ステージは岡田(1963)に準じて区分し、以下のとおり指数化して集計した (n=5, エラーバーは標準偏差)
 0: 未分化, 1: 生長点膨大期, 2: 総包形成前期, 3: 総包形成後期,
 4: 小花形成前期, 5: 小花形成後期, 6: 花弁形成前期,
 7: 花弁形成中期, 8: 花弁形成後期

表)。

2013年に調査した‘春日の紅’の花芽分化および発達の経過を第1-4-9図に示した。第1-4-7表に示したように2013年のハウス条件での気温は露地条件の気温よりも栽培期間中を通じて1.1~1.8°C高く推移していたが、花芽の分化開始時期および発達速度に差はみられず、両条件とも6月13日に花芽分化が始まり、7月18日には花卉形成後期となった。

2. 一定の栽培温度条件が花芽分化節数に及ぼす影響 (実験2)

10, 15, 20および25°C区の処理期間中の平均温度は各々9.1, 15.5, 19.3および24.5°Cで、概ね設定した温度勾配が得られた。栽培温度が処理後56日目の初期生育、摘心から発蕾までの日数、発蕾から開花までの日数および花芽分化節数に及ぼす影響を第1-4-8表に示した。

処理56日目の初期生育について25°C区を基準に比較すると、‘広島紅’の場合、展開葉数は10°C区でのみ少なく、分枝長は15°C区と10°C区で短くなったが、‘春日の紅’の場合、展開葉数は15°C区と10°C区で少なく、分枝長は20°C以下の3区で短くなった。

両品種とも10°C区では摘心後150日目までに発蕾した個体はなく、実体顕微鏡による観察でも‘広島紅’の一部にのみ花芽分化が確認できた。一方、15°C以上の全処理区では、75%以上の個体の発蕾が確認できた。

‘広島紅’の花芽分化節数は、25°C区と20°C区に差が見られず、15°C区で多くなった。10°C区では処理終了時に46節まで葉が分化し、25%の個体では花芽分化が確認され、それらの平均花芽分化節数は46

節であった。摘心から発蕾までの日数は15°C区より20°C区と25°C区で短くなった。一方、‘春日の紅’の花芽分化節数も25°C区と20°C区に比べて15°C区で多くなったが、花芽分化節数は40~57節と‘広島紅’の24~34節に比べて多かった。摘心から発蕾までの日数は、温度が高いほど短くなった。

発蕾から開花までの日数は、両品種とも15°C以上の各区で差が見られなかった。

3. 生育ステージごとの短期間温度処理が開花に及ぼす影響 (実験3)

各処理区の温度は第1-4-5表のように、全体的に設定目標よりもやや低く、平年区の実測値はV₁期14.1°C, V₂期20.4°C, R期25.5°Cとなったが、高温区はそれらより各々3.0~4.3°C高く、低温区は3.0~4.0°C低くなり、概ね目標に近い温度勾配となった。

各生育ステージでの温度処理が両品種の花芽分化節数と摘心後開花日数に及ぼす影響を第1-4-10図と第1-4-11図に示した。V₁期の‘広島紅’では低温区と比較して平年区と高温区で花芽分化節数が少なくなったのに対し、‘春日の紅’では低温区と平年区に差がなく高温区で花芽分化節数が少なくなった。一方、摘心後開花日数は両品種とも高温の処理区ほど短くなったが、高温区と低温区との開花日数の差は‘広島紅’で10.0日に比べて、‘春日の紅’では6.5日とやや小さかった。

次にV₂期において‘春日の紅’の花芽分化節数は、平年区と比較して低温区で多くなり、高温区で少なくなった。これに対し‘広島紅’の花芽分化節数は、低温区に対し高温区で多くなったものの、平年区と高温区もしくは低温区の間有意差は見られなかった。‘春日の紅’の摘心後開花日数は、花芽分化節数

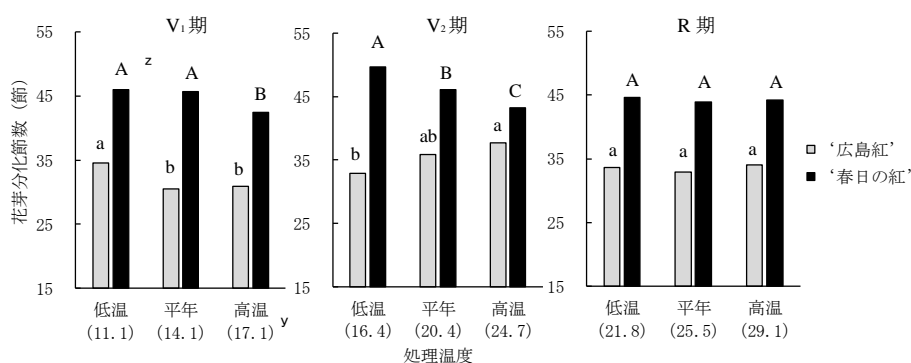
第1-4-8表 栽培温度が‘春日の紅’および‘広島紅’の初期生育、摘心から発蕾までの日数、発蕾から開花までの日数および花芽分化節数に及ぼす影響

品種	栽培温度	生育調査 (56日目)		摘心から発蕾 までの日数 (発蕾株率) ^y	発蕾から開花 までの日数 (開花株率)	花芽 分化 節数
		展開葉数 (枚)	分枝長 (cm)			
‘春日の紅’	10°C	9 a ^z	3 a	150< (0%)	— (0%)	— (49) ^x
	15°C	18 b	13 b	132 c (75%)	24 a (25%)	57 b
	20°C	23 c	18 c	87 b (100%)	24 a (100%)	44 a
	25°C	25 c	23 d	73 a (100%)	23 a (100%)	40 a
‘広島紅’	10°C	8 a	4 a	150< (25%)	— (0%)	— (46)
	15°C	20 b	21 b	73 b (100%)	31 a (100%)	34 b
	20°C	24 b	32 c	44 a (100%)	30 a (100%)	24 a
	25°C	24 b	29 c	44 a (100%)	30 a (100%)	25 a

^z 表中の異なる英小文字間に、TukeyのHSD検定により5%水準で有意差あり(n=8)

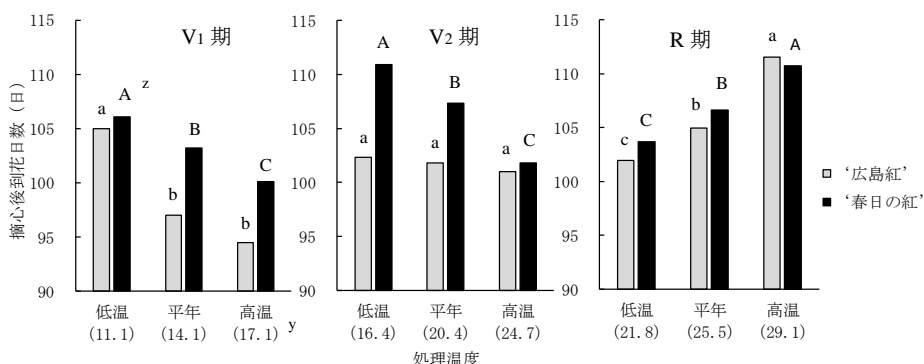
^y 発蕾株率と開花株率は、摘心後150日目の試験打ち切りまで調査

^x 花芽分化節数は、未発蕾の場合は150日目に検鏡により確認した、10°C区では‘広島紅’の75%と‘春日の紅’のすべての株が未分化であったため、検鏡で確認された全節数を()内に記した



第1-4-10図 各生育ステージでの15日間の温度処理が小ギク‘春日の紅’と‘広島紅’の花芽分化節数に及ぼす影響

^z 品種ごとに、異なる英文字を付した処理区間にTukey-KramerのHSD検定で5%水準の有意差があることを示す (n=12~18), 小文字と大文字は各々‘広島紅’と‘春日の紅’を示す
^y 処理区の下段()内は、各ステージでの各区の実測温度(°C)



第1-4-11図 各生育ステージでの15日間の温度処理が小ギク‘春日の紅’と‘広島紅’の摘心後花日数に及ぼす影響

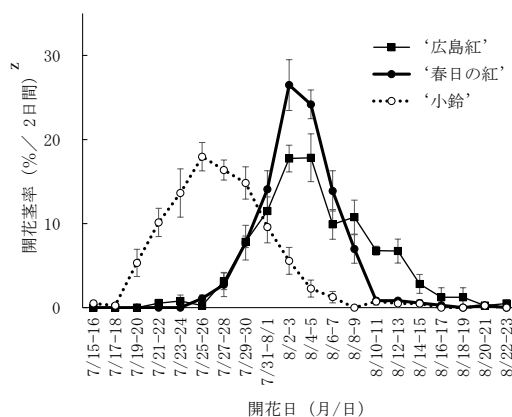
^z 品種ごとに、異なる英文字を付した処理区間にTukey-KramerのHSD検定で5%水準の有意差があることを示す (n=12~18), 小文字と大文字は各々‘広島紅’と‘春日の紅’を示す
^y 処理区の下段()内は、各ステージでの各区の実測温度(°C)

と同様に低温区で長く、高温区で短くなり、高温区と低温区の摘心後花日数に 9.1 日の差が見られた。一方、‘広島紅’の摘心後花日数では、処理区間に差が見られなかった。

R 期には、両品種とも温度処理による花芽分化節数の差は見られなかった。しかし、摘心後花日数は V₁ 期および V₂ 期とは逆に、低温区で短くなり、高温区で長くなった。摘心後花日数における低温区と高温区との差は、‘広島紅’で約 10 日であったのに対し、‘春日の紅’では約 7 日と小さかった。

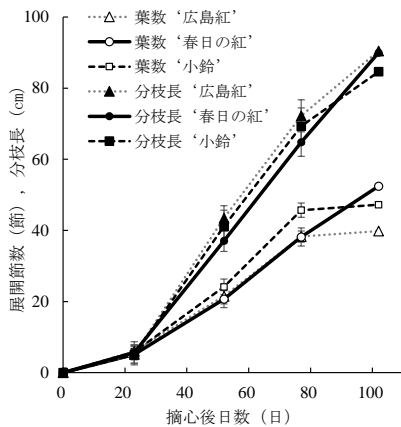
4. 開花斉一性の特徴 (実験 4)

露地栽培における‘春日の紅’、‘広島紅’および‘小鈴’の開花斉一性を、2 日間当たり開花茎率で集計し第 1-4-12 図に示した。‘春日の紅’と‘広島紅’はいずれも 8 月 2~5 日に、‘小鈴’は 7 月 25~26 日に開花盛期となった。‘春日の紅’は‘広島紅’および‘小鈴’と比較して、開花盛期の開花茎率が

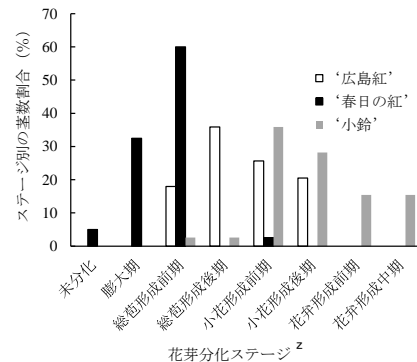


第 1-4-12 図 露地栽培した8月咲き小ギク‘春日の紅’、‘広島紅’および‘小鈴’の開花斉一性

^z 開花茎率は、2 日間当たりの切り花本数を各反復の全切り花本数で除した誤差範囲は、標準誤差(n=4)



第 1-4-13 図 露地栽培した 8 月咲き小ギク‘春日の紅’、‘広島紅’および‘小鈴’の展開葉数と分枝長
誤差範囲は、標準偏差(n=96)、誤差範囲が見えない場合は、マーカーシボルより小さい



第 1-4-14 図 露地栽培した 8 月咲き小ギク‘春日の紅’、‘広島紅’および‘小鈴’の花芽分化ステージ別茎数割合
花芽分化ステージは、摘心 69 日後の 6 月 19 日に、岡田(1963)によって区分した(n=40)

開花始めから開花終わりまでの期間も短かった。

両品種の展開葉数および分枝長の推移を第 1-4-13 図に示した。‘春日の紅’の展開葉数は摘心後 77 日目までは、‘小鈴’よりやや少なく‘広島紅’と同程度に推移したが、その後 102 日目まで展開葉数が増加し続ける点において他の 2 品種と異なった。‘春日の紅’の分枝長は摘心後 52 日目と 77 日目で他の 2 品種より短かったが、77 日目以降も伸長が継続することで 102 日目には‘広島紅’と同程度となった。摘心後 69 日目にあたる 6 月 19 日の花芽の状態は第 1-4-14 図のように、‘春日の紅’で膨大期～総苞形成前期に集中していたのに対し、‘広島紅’では総苞形成前期～小花形成後期、‘小鈴’では総苞形成前期～花弁形成中期までの広い範囲にあった。

考察

8 月の旧盆向け小ギクは、年間最大の高需要期であるにもかかわらず毎年、需給バランスが安定せず価格の騰落を繰り返している(浅野・仲, 2012)。これは、この時期の生産が本州各地の比較的小規模な生産者による露地季咲き栽培によって担われており、近年の頻発する気象変動によって開花時期が大きく年次変動していることが原因にある。特に、春から夏にかけての高温傾向によって開花が早期化し、出荷ピークが最需要期と外れる場合が少なくない。この問題に対し、露地電照抑制裁培(小山・和田, 2004; 森ら, 2014; 角川ら, 2007)が提唱され普及が始まっているものの、初期投資が必要なことから、普及先が

比較的大規模な生産者に限定されている。これに対し本報では、比較的小規模の生産者でも導入しやすい方法として、高温年でも年次変動しにくく(第 1-4-8 図)、開花斉一性に優れる(第 1-4-12 図)新品種を目標として‘春日の紅’を育成した。同様の問題意識から、小野ら(2007)が既に‘H-13’と‘H-42’を作出し、各々‘紅式部’と‘夏京華’として品種登録されている(弓勢ら, 2009a, 2009b)が、その生育特性の要因については検討されていない。そこで本項では、‘春日の紅’の生育特性である開花期の年次安定性と斉一性を示すとともに、在来の主力品種であった‘広島紅’および‘小鈴’との比較によって、その特性が発現する要因について検討した。

まず、実験 1 において‘春日の紅’の開花時期は、年次や栽培条件によらず高需要期である 8 月上旬に集中した(第 1-4-8 図)。夏秋ギク型品種の開花期には、冬季における長期の低温遭遇によって花芽分化しにくくなり、春季以降の気温上昇によって徐々に花芽分化しやすい状態となる性質が影響する(川田ら, 1987; 大石, 2011; Sumitomo ら, 2013)。実験 2 において、‘春日の紅’と‘広島紅’のいずれも温度が高いほど葉の展開が速く、同時に花芽分化節数が少なくなり、結果的に発蕾までの日数も短くなっていったこと(第 1-4-8 表)は、供試した小ギク品種でもこうした性質を持つことを示している。しかし、‘広島紅’と比較して‘春日の紅’には、15°C 以下の展葉が遅い点と 20°C 区の摘心から発蕾までの日数が 25°C 区より有意に短い点において違いが見られた(第 1-4-8 表)。また、150 日まで栽培を継続した 10°C 区において、‘広島紅’では 46 節で一部の

個体に花芽分化が確認された一方、‘春日の紅’では49節まで葉分化しても花芽分化が全く見られなかった。これらのことは、‘広島紅’と比較して‘春日の紅’の特性として10~15°Cの温度域で展葉が遅く、花芽分化しにくい性質が維持されている、すなわち花芽分化しやすい状態になるために‘広島紅’よりも高い温度域が必要であることを示唆するものと考えられた。

温度に対する反応の品種間差は、ステージ別の短期間温度処理を行った実験3においても見られた。V₁期処理の11~17°Cの範囲において‘広島紅’は14°C以上の平年区と高温区で、‘春日の紅’は17°C以上の高温区でのみ花芽分化節数が少なくなった(第1-4-10図)。V₂期処理の16~25°Cの範囲において、‘春日の紅’は温度が高いほど花芽分化節数が少なくなり、到花日数も短くなったが、‘広島紅’の花芽分化節数と到花日数は同等もしくは逆に高温で多くなった。これは、‘広島紅’がV₁期処理の平年区と高温区に見られたように、高温による花芽分化節数と到花日数の減少で示される花芽分化しやすい状態に変化する段階を既にV₂期以前に終えていたため、V₂期処理で到花日数に直接影響するような花芽分化節数の低下が生じなかったのに対し、‘春日の紅’ではV₂期の16~25°Cという温度域で急速に花芽分化節数と到花日数の減少が生じたものと解釈できる。

これらのことから、‘春日の紅’は在来品種‘広島紅’と比較して、花芽分化節数と到花日数の減少を引き起こす温度域が17~20°C以上と高い特徴があり、そのために奈良県での4月~5月上旬における12~20°Cの年次変動幅の影響を受けにくく、平年値が21°C以上となる5月下旬以降に急速に花芽分化しやすい状態に変化してゆくものと考えられた。加えて、奈良県のV₁期における2004~2013年の年次較差は最低年と最高年の間で最大7.2°Cであるのに対し、平年の梅雨入り時期に相当するV₂期の年次較差は最大4.4°Cと小さく(第1-4-6図)、栽培期間のなかでも最も気温の安定した季節に相当する。このことも先述の品種特性と相まって、開花期の年次変動が小さくなる方向に働いているものと考えられる。

夏秋ギクの開花期決定に関わるもうひとつの要因として、花芽分化以降の高温による花芽発達抑制が開花遅延を引き起こすことが知られている(間藤ら, 2009; 西尾ら, 1988)。実験3のR期処理において‘春日の紅’と‘広島紅’の両方で、22~29°Cの範囲で花芽分化節数に差がなく、温度が高いほど到花

日数が長くなっており、高温による花芽発達抑制が生じたものと考えられた。しかし、高温区と低温区の到花日数の差は‘広島紅’の9.6日に比べて、‘春日の紅’で7.1日とやや小さかった(第1-4-11図)。実験1の花芽発達経過(第1-4-9図)においても、露地条件とハウス条件で差が見られず、‘春日の紅’の花芽発達期における高温の影響が比較的小さいことが示されている。

以上のことを併せて考えると‘春日の紅’の開花期が在来品種‘広島紅’と比べて安定する理由として、次の3点が考えられた。ひとつには、‘春日の紅’は20°Cより低い温度域で展葉が遅く、花芽分化しにくい状態が維持されやすいため、それより低い12~20°Cの温度域で年次変動の大きい4~5月上旬の栄養成長期前半には、花芽分化節数と到花日数の減少という影響を受けにくいことである。2点目には、これより高い19~22°Cの温度域で気温の年次変動の比較的小さい5月下旬~6月中旬の栄養成長期後半に、‘春日の紅’は急速に花芽分化節数が減少して花芽分化に至るため、発蕾までの日数の変動幅が小さくなるということである。加えて3点目に、生殖成長期の23~28°Cという温度域で生じる花芽の発達抑制は‘春日の紅’でも発生するものの、その程度が‘広島紅’より小さいということである。これら‘春日の紅’で観察された特徴は、高温による花芽分化節数の減少に関する品種間差に着目した選抜によって、気候変動の影響を受けにくい品種育成の可能性を示唆するものと考えられる。

実験4では‘春日の紅’が在来品種の‘広島紅’および‘小鈴’に比べて開花斉一性に優れること(第1-4-12図)が明らかとなったが、この違いは既に花芽分化の初期にも見いだされた(第1-4-14図)。岡田(1963)による花芽分化段階の区分は時間的に等間隔の尺度ではないため対照品種との統計的な比較は難しいが、少なくとも‘春日の紅’の花芽分化が比較的斉一に開始されていたことは推察できる。同時に、‘広島紅’と‘小鈴’では摘心後77日目の6月27日以降に新たに展開する葉が少なく(第1-4-13図)、高温による花芽発達の抑制を受けながらゆっくりと開花に至ったのに対し、‘春日の紅’は花芽分化の開始が遅いため摘心後77日目以降も葉の展開を続けていた。これらのことは、先述したように‘春日の紅’において、高温による花芽分化節数の減少が5月下旬以降の比較的短期間に生じること、ならびに高温による花芽発達の抑制程度が‘広島紅’よりも少ないことが要因

と考えられる。

以上のように、ハウス条件と露地条件での開花日の差に着目した選抜によって育成された‘春日の紅’は、在来品種と比較して主に、年次変動が大きい 4～5 月上旬の温度条件では花芽分化節数や発蕾までの日数が変化しにくく、比較的気温の安定する 5 月下旬以降にこうした変化が生じるため、開花期の年次安定性と開花斉一性を示すものと考えられた。しかし、この特性は年次変動の温度域と育成地の気象条件に依存して発揮されているため、気温や入梅時期の大きく異なる冷涼地などでは、地域に応じた育種を行う必要があるものといえる。そうした場合、普及対象地域ごとに開花期に強く影響している時期や気温年較差を探索しておく必要はあるものの、本項で用いた手法を援用した育種が可能と考えられる。

第 2 章 一斉収穫した切り花の選別と未開花茎の開花処理技術の開発

第 1 節 開花程度の機械的計測手法とこれを用いた選別機の開発

第 1 項 開花程度を機械選別するための計測手法の開発

収穫調製は小ギクで全労働時間の約半分にも達する最も労働時間を要する作業である。その原因として、開花程度を判断しながら 1 本ずつ選択収穫するという現状の作業体系が考えられ、これに対し筆者らは一斉収穫による省力作業体系の開発を目指している。

しかし一斉収穫では、様々な開花程度の切り花が同時に収穫されることになるため、収穫後に出荷適期の切り花と未開花（あるいは咲きすぎ）の切り花を仕分ける必要が生じる。輪ギクの一斉収穫作業体系を目指した本間（1995）は、蕾収穫した切り花の開花液処理による出荷の可能性を示し、残された問題点のひとつとして、開花程度ごとの手選別が必要となる点を指摘している。

開花程度は流通段階で切り前（フローリスト編集部、1983）と呼ばれ、切り花の重量や長さとともに、重要な商品要素のひとつとなっている。しかし、その判断にあたっては花径や花弁の展開程度など多くの要素が同時に変化すること、茎葉の大きさや花蕾数

など切り花全体のボリュームとのバランスに影響を受けること、小ギクのような多花性の切り花では花房全体が評価対象となり花房形状も品種によって大きく異なること、などの理由から、リンドウでの事例（庄野・西川、2004；庄野・峠、2006）を除き、一義的に開花程度を数値化する手法は確立できていない。このため、開花程度の評価法は未だに熟練者による総合判断を写真（フローリスト編集部、1983）や現物で示すほかなく、機械選別への応用も困難である。

そこで、小ギクの生産者が収穫した切り花を上から覗き込んでその開花程度を判断していることに着目し、真上から見たときの茎葉全体に対する開花した花の割合を評価基準とすることで開花程度の数値化が可能ではないかと考えた。具体化には、キク（甲斐ら、1996；近藤ら、1999）や果実等（近藤、2006）の品質評価で利用され、数値化が容易な画像処理を用い、茎葉と未開花の花部分を緑色、開花した花の部分を非緑色と認識させることで、開花程度の数値化を試みた。緑色と非緑色という区分であれば、小ギクで主要な花色である黄色、赤色、白色のいずれにおいても花色の違いを意識せず同一の処理が可能と考えられる。なお、この際の色認識には品種や実験条件によるキャリブレーションを行いやすいよう、デジタル画像で一般に利用される RGB 表色法ではなく、人間の色認識に近い HSI 表色法（高木・下田、2004）を用いた。

本節では、熟練者の手作業となっている開花程度の選別を機械化することを目指し、上記により得られた画像処理値について、実験 1 では開花程度の異なる切り花の目視区分との相関を、実験 2 では同一切り花標本での経時変化と花の特徴量との関連性を、実験 3 では生産者の出荷適期判断との関連性を調査した。さらに実験 4 では、重量式キク選別機に撮影装置を装着し、その実用性について検証した。

材料および方法

共通の撮影および画像処理方法

実験 1 と 2 では、外乱光の影響を排除するため内側に黒色フェルト製暗幕を貼り付け、切り花を配置する受け皿を中央部に設置した撮影箱（125 cm×40 cm×50 cm）を用いた。切り花先端での照度が 1800 lx となるように、丸型昼光色蛍光灯（NEC 製 FCL32EX-D/30-X）を用いて、切り花の天頂方向から照明を行っ

た。受け皿に配置した切り花を、カメラレンズ（フジノン株式会社製 TF15DA-8, 焦点距離 15 mm, F2.2~16）を装着したカラー3CCD カメラ（東京電子工業株式会社製 CS5850, 有効画素数：688×504, ビット深度：24, 解像度：0.4 mm/ピクセル）によって天頂方向から撮影した。なお、撮影時の絞り値は F12, ホワイトバランスおよびシャッター速度はオートで使用した。

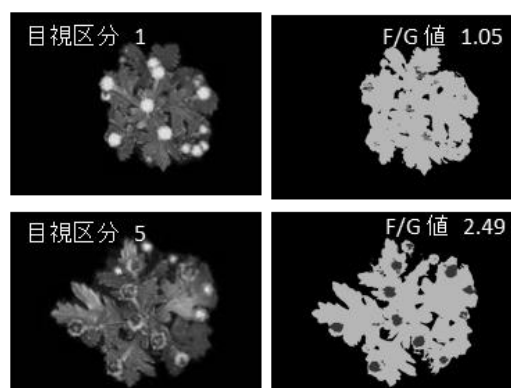
撮影したデジタル画像情報は RGB 表色法から、人間の視覚に近い HSI 表色法に変換した（高木・下田, 2004）。HSI 表色法において輝度が一定レベルよりも低い、すなわち黒い部分を背景とし、背景以外のうち一定以上の彩度で、かつ色相であらかじめ定めた範囲の緑色部分を茎葉、それ以外の非緑色部分を蕾および花と判断し、このときの茎葉と、蕾および花の各画素数の比を開花程度の指標とした（第 2-1-1 図）。この比は 10^{-3} ~ 10^5 程度の範囲で指数的に変化したため、実用上の扱いやすさを考慮して、評価値が 1~10 程度の数字を取るよう下式により画像処理による開花程度評価値（以後、F/G 値とする）とした。

$$F/G \text{ 値} = \log_e (100 \times (\text{蕾} \cdot \text{花の面積}) / (\text{葉} \cdot \text{茎の面積}))$$

F/G 値の算出は汎用画像処理ソフトでも可能であるが、本研究では、HIS 表色法での操作を容易にするため専用のソフトウェア（プログラミング言語：C++）を Borland 社製 C++ Builder6 によって開発して、パソコン（ソニー製 PCG-R505Q/B, CPU: Celeron1.0 GHz, メモリ：256 MB, OS: Windows XP）において使用した。

輝度、彩度および色相の閾値については、品種固有の花色および葉色と茎葉によって隠される背景の範囲によって大きく異なったため、緑色部分の誤認識が最小になるよう各実験で品種ごとに予備調査を行って設定し、各実験中は一定とした。実際に各実験に用いた閾値は、背景を区別する輝度が 13~21%, 緑色を区別する彩度と色相の閾値は、彩度下限 0~4%, 色相下限 50~70°および色相上限 250~260°の範囲であった。

なお、小ギクで花とされている部分は各々が舌状花と管状花の集まった頭花とされる集合花序であり、頭花がスプレー状に集まった部分が花房である（小西, 1995）。本節では便宜上、頭花を花、その頭花蕾を蕾、舌状花を花卉、これらの着生している土台部分を花床と表記する。また、蕾数の集計対象は 5 mm 径以上の蕾とした。



第2-1-1図 非緑色部(濃灰色)と緑色部(明灰色)を区別した画像処理の例 (実験1, 'やよい')

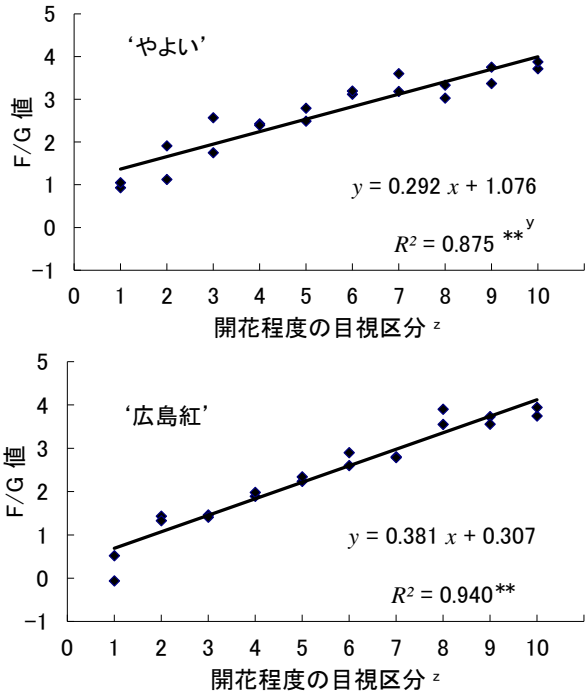
1. 開花程度の異なる切り花の目視区分と F/G 値との関係 (実験 1)

供試品種には、赤色の 7~8 月咲き品種である 'やよい' と '広島紅' を用いた。これらは各々、小ギクの代表的な 2 つの花房型の品種であり、前者は頂花（主茎先端に着生した頭花）が正常開花し花数の少ない花房型（以後、頂点咲き型花房とする）、後者は頂花が花房の中に下がって開花もしくは座止し、花数の多い花房型（以後、ホウキ咲き型花房とする）を形成する。慣行の露地季咲き栽培で、開花盛期にあたる 2004 年 7 月 1 日に 'やよい' を、7 月 20 日に '広島紅' を一斉収穫し、それらの切り花全体の開花程度の幅を代表させるように、第 2-1-2 図の脚注に示した基準で目視によって 10 段階の開花程度に区分した（以後、目視区分とする）。両品種とも、各目視区分から 2 本ずつ計 20 本について撮影し F/G 値を算出した。

同時に、花房の特徴量を捉えるため花房幅、全蕾数および発達段階別の蕾数を調査した。個々の蕾の発達段階は、総包が完全に蕾を覆っている「膜切れ以前」、総包に隙間ができ花卉が伸び出すまでの「膜切れ期」、花卉が総包から伸び出し花床円周部に直立するまでの「花卉伸長期」、花卉先端が花床円周部より外側に開き管状花が開葯するまでの「花卉展開期」および管状花の開葯以降を「満開期」の 5 段階に区分した。

また、花の特徴量を捉えるため、両品種で安定して初期に開花する第 1 側花について花径、花高、花卉長および花卉先端位置（花床円周から内側に閉じている時は負値、外側に開いている時は正值で示した）を

調査した。これらの各特微量が目視区分に及ぼす影響をみるため、目視区分と各特微量との相関分析を行った。



第2-1-2図 開花程度の目視区分とF/G値の相関 (実験1, n=20)

- z 開花程度の目視区分は、花房の中の最も開花の進んでいる頭花を基準に、以下の10段階に区分した
- 1: 総苞片の膜割れ以前
- 2: 花弁の着色始め
- 3: 総苞片の膜割れ始め
- 4: 花弁の伸長始め
- 5: 花弁伸長
- 6: 花弁が直立
- 7: 花弁が花盤の外側に開く
- 8: 管状花の開花始め
- 9: 管状花の多くが開花
- 10: ほぼ満開
- y ** は、1%水準で有意であることを示す

2. 同一切り花における F/G 値の経時的変化(実験 2)

収穫適期から数日早い膜切れ前の切り花を収穫し、一定の環境条件下で F/G 値の経時的変化を調査した。実験には‘やよい’と‘広島紅’に加え、黄色の頂点咲き型花房をもつ7月咲き品種‘みのもり’を用いた。‘やよい’は2004年6月29日に8本を、‘広島紅’は7月20日に6本を、‘みのもり’は6月25日に5本を収穫して供試した。切り花は45cmに調製して開花処理液に1本ずつ生け、20℃、1klx、16時間日長とした人工気象器(三洋電機製MLR-351)内で開花させた。開花処理液は本間(1995)に準じて、ショ糖

2%と抗菌剤(8-HQS)100ppmとし、減少分を毎日補充した。F/G値の算出と調査項目は実験1と同様とし、満開時まで1~2日ごとに調査した。花房の発達段階別の蕾数については、花弁の着色が明らかになる花弁伸長期以降の蕾数を全蕾数で除して花弁伸長期以降の蕾数割合として算出した。

3. 生産者の出荷適期の認識と F/G 値の関係(実験 3)

実験1, 2で用いたF/G値既知の‘広島紅’と‘やよい’の切り花を真上, 真横および斜め上から撮影し、これら3枚の写真を1組にしたプロフィールを各品種20組準備した。これらを、2004年8月に奈良県平群町の小ギク専門の生産者11人に個別に提示し、各プロフィールの切り花について開花程度の評価を次の選択肢によって求めた。選択肢は、①固すぎて出荷できない、②やや固いが、出荷できる、③ほぼ出荷適期、④やや咲きすぎだが、出荷できる、⑤咲きすぎで出荷できない、とした。

選択肢のうち③を出荷最適期、②~④を出荷許容範囲として、それらの回答比率を算出した。また、①~②と③~⑤、ならびに①~③と④~⑤の各回答を0と1に置き換えると、各々が出荷最適期の下限ならびに上限についての二者択一の離散選択とみることができると、これらについてロジスティック回帰分析を行った(萩原, 2000)。同様に①と②~⑤、ならびに①~④と⑤について、出荷許容範囲の下限ならびに上限にかかわる二者択一とみてロジスティック回帰分析を行った。各ロジスティックモデルから推計される半数反応量のF/G値を、出荷最適期ならびに出荷許容範囲の閾値として算出した。

4. F/G 値を用いた開花程度選別の試行(実験 4)

F/G 値を用いた機械選別の可能性を検証するため、2005年7月29日に重量式キク選別機(今村機械製FM-3000)の導入コンベア上での写真撮影によりF/G値を取得した。同機は、キク切り花を1本ずつ、導入コンベアの鋼線製バケットに置くことで脱葉、切断および重量選別を自動的に行うことができる。本実験では、導入コンベアを暗幕で覆い、その軌道上にCCDカメラ(Point Gray Research: Flea, 焦点距離6mm, 絞り:F1.4-1.6, 有効画素数:640×480, ビット深度:8, 解像度:0.8mm/ピクセル)を配置し、ロータリーエンコーダー(オムロン社製E6A2)によって取得したコンベア搬送速度に同期させてシャッター速度10ms, ホワイトバランスはオートの条件で撮影

した。実験時の選別機の作業速度は 57 本・min⁻¹であった。

試験には、白色の頂点咲き花房をもつ‘小窓’ 177 本と黄色品種‘みのる’ 98 本を用いた。これらの切り花を、あらかじめ筆者らの目視によって開花程度を区分した後、稼働させた選別機に連続的に供給し、1 回ずつ撮影して F/G 値を取得した。開花程度の区分は、実験 1 と同様に第 2-1-2 図脚注の基準によって‘小窓’はステージ 2~9 に相当する 8 段階、‘みのる’はステージ 3~7 に相当する 5 段階とした。

結果

1. 開花程度の異なる切り花の目視区分と F/G 値との関係 (実験 1)

両品種とも、目視区分と F/G 値の間には強い正の相関が見られ、回帰直線の決定係数 (R²) は‘やよい’で 0.875, ‘広島紅’で 0.940 であった (第 2-1-2 図)。

花房および花の各特微量ならびに F/G 値と、目視区分との相関分析において、両品種とも花房および花の各特微量単独での相関係数より、F/G 値との相関係数は大きくなった (第 2-1-1 表)。また、花房の特微量においては両品種とも、花房幅および全蕾数との相関係数の絶対値が 0.31 以下と小さい一方、花弁伸長期もしくは膜切れ期以降の蕾数割合との間に 0.84~0.91 の強い相関が見られた。花の特微量では、花高および花弁先端位置との相関係数が比較的大きかった。

第2-1-1表 開花程度の目視区分と花房・頭花の特微量およびF/G値との相関係数(実験1, n=20)

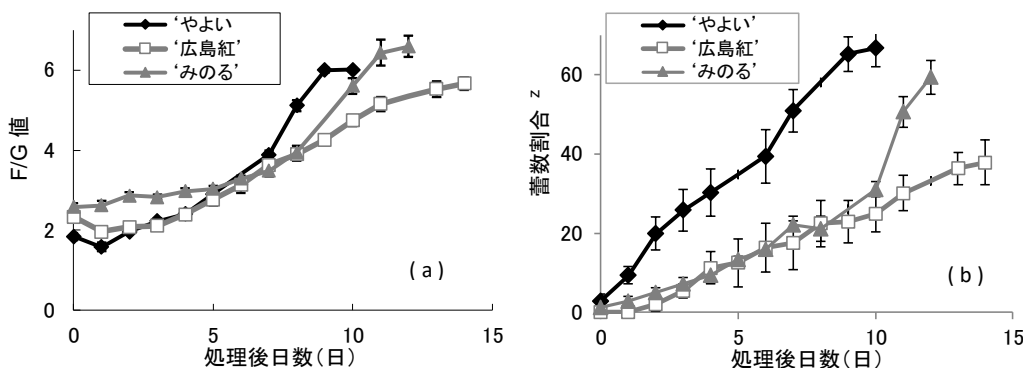
測定した特微量	品種	
	やよい	広島紅
花房		
花房幅	0.10 ^{ns z}	-0.04 ^{ns}
花蕾数	-0.14 ^{ns}	0.31 ^{ns}
蕾数割合		
花弁伸長期以降の蕾数割合	0.78 ^{**}	0.84 ^{**}
花弁伸長期以降の蕾数割合	0.88 ^{**}	0.85 ^{**}
膜切れ期以後の蕾数割合	0.91 ^{**}	0.84 ^{**}
頭花		
花径(蕾径)	0.62 ^{**}	0.75 ^{**}
花高(蕾高)	0.91 ^{**}	0.87 ^{**}
花弁長 ^y	0.80 ^{**}	0.60 [*]
花弁先端の位置	0.86 ^{**}	0.77 ^{**}
F/G値	0.94 ^{**}	0.97 ^{**}

^z **, * および ns は各々1%, 5%水準での有意性あり, および有意性なしを示す

^y 花弁長と花弁先端の位置は、花弁伸長していない標本を除外して分析した (‘やよい’, n=16, ‘広島紅’, n=14)

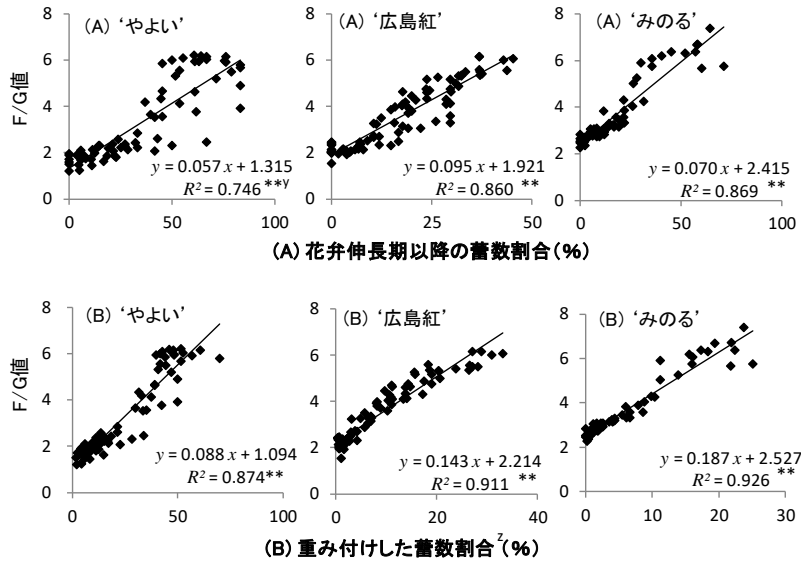
2. 同一切り花における F/G 値の経時変化 (実験 2)

開花処理日数による F/G 値と花弁伸長期以降の蕾数割合の変化を第 2-1-3 図に示した。いずれの品種においても、F/G 値と花弁伸長期以降の蕾数割合はともに、開花処理日数が増加するにつれて増加し、生産者の出荷段階から流通段階にあたる 3~10 日目頃には、ほぼ直線的に増加した。しかし、極端に固い蕾である処理開始直後と満開期に相当する処理終了直前



第2-1-3図 F/G値(a)と花弁伸長期以降の蕾数割合(b)の経時変化(実験2)

^z 花弁伸長期以降の蕾数を全蕾数で除した百分率
誤差範囲は、標準誤差



第2-1-4図 蕾数割合とF/G値の相関(実験2)
 (A) 花卉伸長期以降の蕾数割合, (B) 重み付けした蕾数割合

^z 重み付けした蕾数割合は下式により算出
 $(\sum \text{各ステージの蕾数} \times \text{各ステージの係数}) / (\sum \text{全蕾数} \times \text{満開期の係数})$
 重み付け係数 = $\text{Ln}(\text{花卉先端の位置})^2$, ただし, 花卉が伸長していないステージ1の係数については, 便宜上ステージ2の係数の1/2を用いた
^y ** は1%水準で有意

の F/G 値の変化は小さかった。

F/G 値と花卉伸長期以降の蕾数割合との関係を見ると, 実験1と同様に正の相関が見られたものの, 回帰式の決定係数は 0.746~0.869 にとどまった(第2-1-4図(A))。そこで, ひとつひとつの花蕾の発達段階を, みかけの面積比に近いと考えられる花卉先端位置の2乗を対数変換した値(第2-1-2表)によって重み付けした。この重み付け蕾数割合と F/G 値の間には, いずれの品種でもより強い正の相関が得られ, 決定係数は 0.874~0.926 となった(第2-1-4図(B))。

第2-1-2表 蕾数割合の重み付けに用いた係数^z

開花ステージ	品種		
	広島紅 (n=84)	やよい (n=69)	みのる (n=60)
0:「膜切れ以前」	0.0	0.0	0.0
1:「膜切れ期」 ^y	0.5	1.1	0.5
2:「花卉伸長期」	0.8	2.3	1.0
3:「花卉展開期」	2.7	3.5	3.9
4:「満開期」	5.3	5.0	5.6

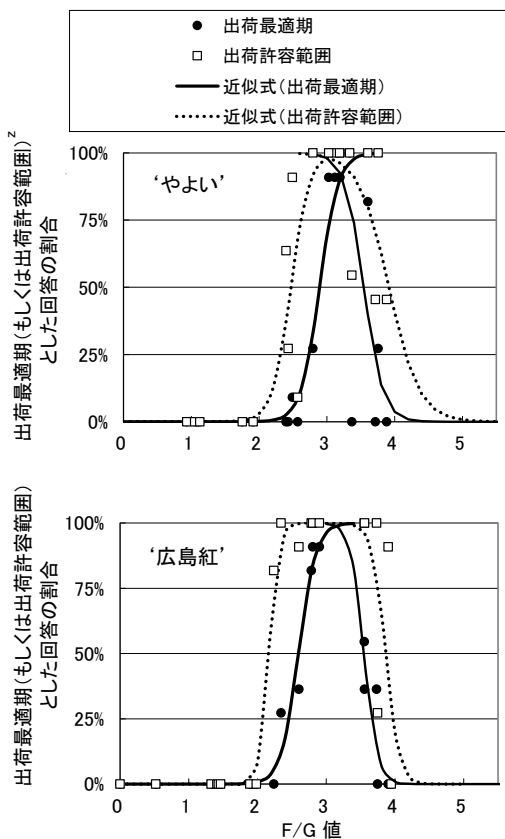
^z 重み付け係数 = $\text{Ln}(\text{花卉先端の位置})^2$
^y 膜切れ期の係数は, 便宜上, 花卉伸長期の1/2とした

3. 生産者の出荷適期の認識と F/G 値の関係(実験3)

両品種とも, 出荷最適期および出荷許容範囲とした回答比率は, F/G 値が3付近および2~4付近で最大となった(第2-1-5図)。両品種ともに出荷最適期上限のモデルで疑似 R² がやや小さかったものの, F/G 値を独立変数とするロジットモデルで生産者の出荷可否の判断を有意に近似することができた(第2-1-3表)。これら近似モデルの半数反応量を閾値とみなすと, 出荷最適期は「やよい」で 2.89 ~ 3.54, 「広島紅」で 2.59 ~ 3.55 と示すことができた。同様に, 出荷許容範囲は「やよい」で 2.47 ~ 3.92, 「広島紅」で 2.17 ~ 3.86 と示された。

4. F/G 値を用いた開花程度選別の試行(実験4)

各品種の目視区分ごとの F/G 値と誤認識率を第2-1-4表に示した。誤認識率は, 取得した F/G 値が隣接する目視区分の平均 F/G 値より大きい(もしくは小さい)場合を誤認識と判断し, その切り花本数を集計した。F/G 値の平均値は両品種とも, 目視区分が進むにつれて大きくなった。誤認識率は全体で 6~13%であったが, 「小窓」の目視区分1~2および「みのる」の目視区分4~5で高くなった。



第2-1-5図 F/G値と出荷適期とした回答の割合との関係

^z 出荷最適期もしくは出荷許容範囲とした回答の割合
 図中の近似曲線は、第2-1-3表に示した推計パラメータによる

第2-1-3表 F/G値を独立変数、生産者の回答を従属変数とした近似式^zの推定結果

推計対象	パラメータ推計値	品種	
		やよい	広島紅
出荷許容範囲 下限	定数項	-18.22 **	-30.56 ** y
	1次項	7.38 **	14.09 **
	疑似R ² x	0.493	0.552
出荷最適期 下限	1次項	-21.21 **	-20.63 **
	定数項	7.34 **	7.95 **
	補正R ²	0.511	0.530
出荷最適期 上限	定数項	-17.62 **	-39.52 **
	1次項	4.50 **	10.23 **
	補正R ²	0.159	0.254
出荷許容範囲 上限	1次項	-25.55 **	-36.51 **
	定数項	7.21 **	10.28 **
	補正R ²	0.367	0.461

^z 近似式の推計には下式のロジットモデルを用いた。
 下限：適期以後とする回答確率(y) = exp(b₀+b₁x) / (1+exp(b₀+b₁x))
 上限：適期以前とする回答確率(y) = 1 - (exp(b₀+b₁x) / (1+exp(b₀+b₁x)))
 いずれも、xがF/G値、b₀(定数項)とb₁(1次項)が推計したパラメータ

^y **は、1%水準での有意性(両品種とも、n=220)を示す。

^x 疑似R² = ((-2LL₀) - (2LL₁)) / (n + (-2LL₀) - (2LL₁))

第2-1-4表 目視による階級区分に対するF/G値による誤判別の割合

品種	目視による階級 ^z	F/G値 ^y	標本数	誤判別の標本数(比率) ^x
‘小窓’ (白花)	1	2.74 ± 0.51	16	4 (25%)
	2	2.99 ± 0.45	34	12 (35%)
	3	3.57 ± 0.42	32	2 (6%)
	4	4.44 ± 0.27	21	2 (10%)
	5	4.85 ± 0.23	11	0 (0%)
	6	5.74 ± 0.51	19	1 (5%)
	7	6.71 ± 0.32	31	2 (6%)
	8	7.19 ± 0.22	13	0 (0%)
計			177	23 (13%)
‘みのる’ (黄花)	1	3.07 ± 0.52	48	2 (4%)
	2	3.86 ± 0.43	25	1 (4%)
	3	4.51 ± 0.24	12	0 (0%)
	4	4.93 ± 0.43	8	2 (25%)
	5	5.49 ± 0.43	5	1 (20%)
計			98	6 (6%)

^z 標本は、F/G値の測定前に目視により階級区分した。‘小窓’および‘みのる’の各階級区分は各々、第2-1-2図の脚注における開花程度2~9および3~7に相当

^y 平均±標準偏差

^x F/G値が隣り合う階級の平均値以上もしくは以下の時に誤判別と判定した

考察

我が国では、切り花の開花程度を示す切り前が商品性を左右する重要な要素と認識されている(フローリスト編集部, 1983)にもかかわらず、その判断基準は未だ熟練者の目視判断によっており、機械化が困難な作業のひとつである。

これに対し本節では、花・蕾部分と茎葉部分とのみかけの面積比(F/G値)を、緑色領域と非緑色領域の面積比として数値化することを試みた。実験1において、F/G値と目視区分は広いレンジで強い正の相関を示し、F/G値によって目視区分を数値化できることが明らかになった(第2-1-2図)。目視区分は花および花房の個々の特徴量よりも、F/G値と強い正の相関を示しており、開花過程全体を総合的に捉えたものと考えられる。またF/G値は、目視区分と同様に、膜切れ期以降の蕾数割合とも強い相関がうかがわれ、処理後画像で膜切れ前の花蕾の一部が花(蕾)と認識されていること(第2-1-1図)を併せて考えると、花弁の伸長や展開に先だって起こる膜切れ前の総包片の脱色や総包片の展開といった「緑色が失われる」状況を拾い上げることによって、生産場面で必要とさ

れる固い蕾の開花過程を計測できているものと考えられた。

一方、花房幅や全蕾数と目視区分との間には一定の相関関係が見られず(第 2-1-1 表)、目視区分と同様に、F/G 値が花房型や全蕾数のような切り花ボリュームの影響を受けにくい安定した計測値であることを示唆するものと考えられた。また花房型の異なる 2 品種で、F/G 値はほぼ同様の相関を示しており、この点も多く品種が利用されている生産現場では有益であろう。

しかし、実験 1 のように目視区分を基準とする比較実験では調査者の恣意性が排除できない。そこで、恣意性を排除して F/G 値を構成している主要因を明らかにするため、実験 2 では同一標本における F/G 値の経時変化をみた。その結果、F/G 値は極端に固い蕾と消費段階に相当する満開時に変化が小さくなるものの、その中間では開花処理日数に応じて、ほぼ直線的に大きくなった。このことは、F/G 値が開花程度の進行を示す客観的な指標となる可能性を示しており、蕾収穫切り花の開花処理(本間, 1995; 山中ら, 2013)と組み合わせることによって、開花程度の混在した切り花を一斉に収穫する技術開発の展開が期待できるものと考えられた。

また第 2-1-4 図の回帰分析において、いずれの品種でも F/G 値が発達段階別の蕾数割合によって概ね回帰できることから、F/G 値は開花の進んだ蕾数の割合と個々の花の開き具合を複合した測定値であることが推察された。

画像処理技術の普及につれ、園芸分野においてもイチゴやナス等の収穫ロボット、落葉系果実や干しブドウの選別など、色相情報を農作業自動化や収穫物検査に用いる取り組みが多く見られる(近藤, 2006)。花き関係でも鉢花の検査(Timmermans ら, 1996)、スプレーギク花房形状の評価(甲斐ら, 1996)、輪ギクの品質評価(近藤ら, 1999)などの研究がなされている。特に、切り花リンドウを対象とした研究(庄野・西川, 2004; 庄野・峠, 2006)は、本節と目的や手法が類似しており、これらとの相違点は多様な花き品目への応用を考える材料となるものと考えられる。

リンドウにおいては、本節の F/G 値に相当するような中心蕾面積率や花卉面積率のみでは開花程度を正確に評価できず、未熟蕾数等を含めた複合情報によって精度が向上されている(庄野・西川, 2004)。さらに、輪郭情報から未熟蕾を検出し色情報等を補

完的に使うことで、リンドウの開花程度を高精度に評価できるアプリケーションが開発されている(庄野・峠, 2006)。

これに対し、本節の F/G 値は緑色部と非緑色部の比のみを計測しており、画像情報としては極めて粗雑で単純な情報である。しかし、小ギクにおいてはこのことが逆に、実用上の有利性を含むものと考えられる。ひとつには、品種による花色と花房型の違いや切り花ボリュームの大小に対して測定値が安定していることである。花房型の異なる 2 つの赤色品種を用いた実験 1 では、花房型によらず F/G 値によって目視区分を数値化できることを、実験 2 では黄色品種においても同様の数値化ができることを示した。白色品種を用いた実験 4 では、未開花側での誤認識がやや多く、改善すべき点が残されてはいるものの、同様の可能性が示唆された。もうひとつは、画像情報の処理にかかる時間が短く、実験 4 のような試作段階でさえ、重量選別機の処理速度よりも十分に速いことである。こうした相違点が小ギクとリンドウで生じる理由として、リンドウが縦方向に長い花序に、葉の大きさと比較して大きな花をつけるのに対し、小ギクが横方向に葉の覆うように拡がった花序に比較的小さい花をつけるという形態の違いが考えられる。今後、他の品目に F/G 値の適用を拡げてゆく際には、花序や葉の形状を十分に考慮する必要がある。

実験 3 では、生産者の出荷可否の判断が F/G 値を基準として数値化できる可能性が示唆された(第 2-1-5 図, 第 2-1-3 表)。本実験の範囲で、二者択一のロジスティックモデルは有意に推計されたものの、それらの決定係数はやや小さく、今後より多くの標本で検証を進める必要があるものと考えられる。この原因には、生産者が「咲きすぎて出荷できない」と評価するような開花程度の進んだ標本数が少なかったことに加え、同一産地内でも出荷可否の判断に生産者間の違いが見られたことが挙げられる。切り花の開花程度は、流通段階で重視されるにもかかわらず、生産者や業者によって判断が異なることも多い(鬼頭, 2011)。こうした曖昧さの残る目視による開花程度評価を F/G 値で数値化することは、生産者、流通関係者および研究者など花き産業全体で共通認識を得るための手法となる可能性が期待できる。その意味でも、より多くの標本と被験者によって、さらに検証する必要がある。

また、本実験では、開花程度の閾値を事後にロジス

ティック回帰によって推定したが、実際の利用場面を想定すれば、測定後直ちに閾値を確認できることが望ましい。このためには今後、輪ギクで近藤ら(1999)がアプローチしたように、測定値と関係者の評価情報を蓄積して利用するシステム開発が必要だと考えられる。

実験 4 では、重量式選別機のコンベア上で連続的に取得した F/G 値の精度について検証した。品種ごとの誤認識率は全体を通じれば 6~13 %と比較的小さく、目視での選別を機械によって置き換えることが可能と考えられた。しかし、実験 2 と同様、膜切れ前の固い蕾と満開時の切り花で測定精度が劣るという F/G 値の特性が誤認識率に影響した。また取得画像の中に、搬送バケットの鋼材が写り込んだ事例や、機材の隙間からの光が背景に入り込んだ事例が見られた。F/G 値を選別機に応用するためには、これらの問題点についての解決策が必須であり、暗室構造の強化、切り花を置かない背景のみの画像との差分の利用、葉と花の色の違いを確認しやすい照明の改良などが考えられる。

また、本節の各実験では背景を識別する輝度、緑色部と非緑色部を識別する彩度および色相について、その閾値を実験ごとに経験的に決定したが、この閾値は品種や栽培条件による葉色の違い、あるいは照明やカメラ機材などの撮影条件の違いによっても変更する必要がある。今後、生産者や流通関係者が F/G 値を簡便に利用するためには、この閾値条件を学習用標本の事前投入などの方法で自動的に生成させることが必要であろう。実際には、学習用標本の色相ヒストグラムから、緑色部の色相範囲を推定するなどのアルゴリズムを開発することが想定される。

これらのことから、天頂方向から撮影した画像での緑色部と非緑色部の比を基準にした F/G 値が小ギクの開花程度を膜切れ期から満開期までの広い範囲で安定して計測できることが明らかとなった。また、F/G 値を用いることで、生産者の開花程度にかかる認識を数値化でき、選別機に応用できる可能性が示唆された。しかし同時に、品種間差などに対応して画像処理の閾値を概ね自動生成して人間による設定作業を支援する機能や、撮影を安定させる暗室構造の改良など改善すべき点も見出された。

第 2 項 開花程度選別機の開発とその実用性

前項では、小ギク切り花を天頂方向から撮影したデジタル画像から緑色部と非緑色部の比を基準にした F/G 値を算出することで、開花程度を膜切れ期から満開期までの広い範囲で安定して計測できることを明らかにした。また、F/G 値を用いることで開花程度を数値化し、開花程度による機械選別に応用できる可能性が示唆された。

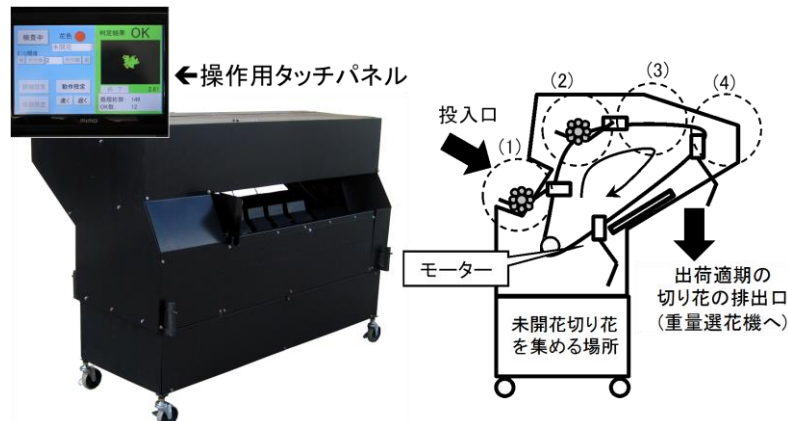
しかし、前項で用いた実験系では大きく分けて 2 つの改善すべき問題点も明らかとなった。ひとつは、品種によって花色、葉色、花蕾数や花径などの違いがあるため、品種ごとに画像処理の閾値を設定し直す必要があることである。閾値の設定には画像処理の知識や経験が必要であり、そのままでは利用者が限定される。また、小ギクの生産現場では多くの品種が利用されており、特定の品種のみを基準にした画像処理では実用性に乏しい。もうひとつは、開花程度の数値化を安定させるためには、デジタル画像を撮影する光学的環境を安定させる必要があることである。前項の実験 4 では、既存の重量選花機に自作した暗室構造を外挿して画像取得を行ったが、カメラ後方や下部からの外乱光の影響を少なからず受けた。

これらの問題点に対し、画像取得する暗室構造と照明の改良 (Fukumoto ら, 2011) や搬送装置との同期や画像処理の閾値を自動生成して人間による設定作業を支援する機能の追加 (濱田ら, 2011) が進められた結果、開花程度選別機のプロトタイプ (山本ら, 2011) が開発されている。そこで本項では、開発された開花程度選別機の選別精度、作業能率について実用化を想定した評価を行った。

材料および方法

開花程度選別機の概要

前項に示したように小ギクでは、天頂方向から撮影した画像を緑色部 (茎葉) と非緑色部 (花) に二値化し、それらの画素数比の対数 (以後、F/G 値) により開花程度を計量できる。開花程度選別機は、連続撮影を行うため第 2-1-6 図のような切り花搬送部、CCD カメラと LED 光源からなる撮影部および切り花を仕分けて重量選花機に送り出す接続部を持つ (山本ら, 2011)。ソフトウェアの改良 (濱田ら, 2011) によって、撮影条件としての輝度、彩度および色相の閾値と選別すべき開花程度の基準を、咲きすぎの切り花、出荷適期に満たない蕾収穫切り花 (以下、蕾切り花とす



第2-1-6図 開花程度選別機の外観と断面模式図

搬送部は図中(1)→(2)→(3)→(4)→(1)の順にチェーンコンベアで回転する。
 (1)切り花の投入口 (2)天頂方向からCCDカメラによって撮影
 (3)未開花の切り花を下のバケツに落とす (4)出荷適期の切り花を排出

る)および出荷適期の切り花を各5~10本程度、事前に投入して学習用標本とすることで自動取得させて初期設定が行える。このため、画像処理に予備知識のない使用者でも簡単に切り花を開花程度で仕分けられる。

1. 開花程度選別機で測定したF/G値の安定性(実験1)

実験は沖縄県糸満市の沖縄県農業研究センターで、直射日光の入らない明るい会議室内に開花程度選別機を設置して行った。同センターで露地栽培され2011年1月21日に一斉収穫された小ギク切り花を用い、黄色品種の‘金秀’および白色品種の‘しあわせ’各50本を供試した。3人の熟練者によって5段階の開花程度に分けた切り花を各段階10本ずつ、開花程度選別機に5回投入しF/G値を取得した。なお、測定前に供試標本とは別に両品種の咲きすぎの切り花、出荷適期に満たない蕾切り花および出荷適期の切り花各10本を、学習用標本として開花程度選別機に投入して画像取得の閾値および選別基準を自動校正した。

2. 選別の精度と作業能率(実験2)

沖縄県農業研究センターで露地栽培され2011年1月21日に一斉収穫された赤色品種の小ギク‘沖の乙女’を供試した。咲きすぎの切り花、出荷適期に満たない蕾切り花および出荷適期の切り花の各5もしくは10本を、学習用標本として開花程度選別機に投入して画像取得の閾値および選別基準を自動校正した。これらの学習用標本とは別に、切り花400本を熟練

者の目視で未開花と出荷適期に区分した。その後、開花程度選別機に投入して機械選別を行い、選別結果を熟練者の選別と比較した。同時に作業速度を計測し、慣行の選別作業の作業能率と比較した。慣行の作業能率は、事前に奈良県内2戸と沖縄県内1戸の専門的生産者で撮影した選別作業事例のビデオ映像から算出した。

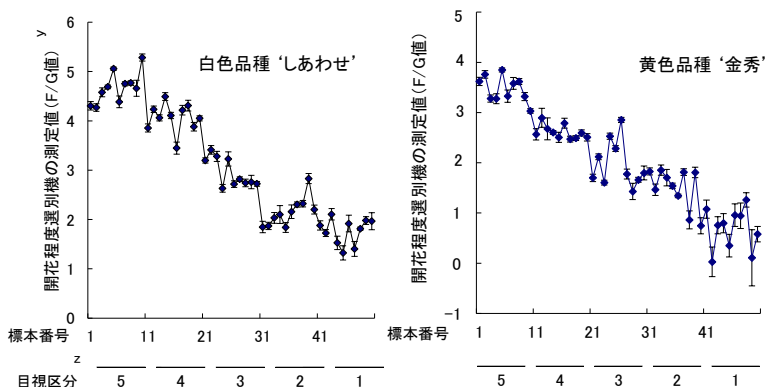
結果

1. 開花程度選別機で測定したF/G値の安定性(実験1)

開花程度選別機で測定した白色品種‘しあわせ’と黄色品種‘金秀’のF/G値と熟練者の目視による選別区分の関係を第2-1-7図に示した。F/G値は‘しあわせ’では1.3~5.3, ‘金秀’では0.0~3.8の範囲の値を取り、境界となる事例はあるものの5段階の目視区分に応じて、開花程度が進んでいるほど大きな値となった。両品種とも目視区分2~5においては、同一標本のF/G値は安定しており、標本ごとの標準偏差は0.04~0.22と再現性良く測定でき、熟練者の区分と一致した。しかし、‘しあわせ’では目視区分1の標本でF/G値が総じて大きくなる傾向が、‘金秀’では目視区分1の標本でF/G値の標準偏差が大きくなる傾向が見られた。

2. 選別の精度と作業能率(実験2)

学習用標本を10本とした機械選別は第2-1-5表のように、熟練者の選別と97~98%一致したが、学習用



第2-1-7図 開花程度選別機の測定精度と熟練者の目視による選別

^z 熟練者の目視は、(5) 2.3個の頭花が開花 ~ (1) 膜切れ始めの範囲の切り花を5段階に分けた
^y 開花程度選別機の測定値 (F/G値) は、第2章第1節第1項による、4.0前後が出荷適期で、開花が進むほど大きな値となる。
 図中のエラーバーは標準偏差 (n=5)

標本を 5 本とした場合には 92~93%となった。学習用標本を 10 本としたときに供試した 400 本中、誤選別された 9 本の切り花は、花房の頭花数が少なく切り花重の非常に小さい切り花が 5 本、栽培中の倒伏による花首曲がりや 3 本、中位葉が極めて大きい切り花が 1 本であった。

専門的生産者における慣行の選別作業速度と開花程度選別機の選別速度を第 2-1-6 表に示した。沖縄県における事例 1 では、切り花を持ち込んで荷捌きを行う人員と、手作業と目視により等階級を選別する人員が分かれており、各々 1.13 秒・人・本⁻¹と 1.15 秒・人・本⁻¹で、合計 2.28 秒・人・本⁻¹を要していた。これに対し、奈良県の事例 2 と事例 3 においては、等階級の選別に重量選花機が導入されているため、人員は切り花の持ち込み、荷捌きと重量選花機ラインへの切り花投入にのみ配置されていた。これら 2 事例での作業速度は、ラインに切り花を投入する人間の

技量に依存しており、1.00~2.05 秒・人・本⁻¹の幅があった。これらに対し、開花程度選別機での作業速度は 1.66 秒・人・本⁻¹で手選別の事例 1 よりも早かったが、機械選別の事例 2 と同程度、事例 3 よりはやや遅かった。

第2-1-6表 慣行の選別作業における作業速度の事例調査と開花程度選別機の作業速度(単位: 秒・人・本⁻¹)

	持込、荷捌き、ライン投入 ^z	等階級の選別
事例1(沖縄)	1.13 (0.95 ~ 1.42) ^y	1.15 (1.06 ~ 1.27) 3段階, 手作業
事例2(奈良)	1.55 (1.00 ~ 2.05)	— ^x 5段階, M社重量選花機
事例3(奈良)	1.33 (1.08 ~ 1.52)	— 5段階, I社重量選花機
開花程度選別機	1.66 (1.50 ~ 1.87)	—

^z 作業時間は、切り花の束を持ち込んで1本ずつ選別ラインに投入する作業と選別作業を区分して集計した

^y 平均値(最小~最大)の作業時間

^x 重量選花機による選別のため、作業速度はライン投入までの速度に含まれる

考察

本項では、前項に示した F/G 値による開花程度の計測手法を用いた開花程度選別機を作成し、その実用性について評価しようとした。実験 1 において、特に開花程度の進んでいない蕾切り花を除き、自動的に連続測定した F/G 値も目視による開花程度と齟齬を来すような大きな測定誤差は見られず、5 回の測定値も良く再現されていた。その一方、両品種とも目視による区分 1 に相当する極端に固い蕾切り花では十分な選別精度が得られなかった。一斉収穫したときには、出荷適期からみて咲きすぎの切り花から固い蕾切り花まで各段階の切り花が混在する。一方、群落として栽培されたキクの開花は、切り花重が大きく

第2-1-5表 開花程度選別機の選別精度(赤色品種‘沖の乙女’)

開花程度選別機による選別本数	熟練者の目視による選別結果 (本, 括弧内は%)		
	出荷適期の切り花	未開花の蕾切り花	計
学習用標本: 10本			
出荷適期の切り花	166 (98)	6 (3)	172
未開花の蕾切り花	3 (2)	225 (97)	228
計	169 (100)	231 (100)	400
学習用標本: 5本			
出荷適期の切り花	155 (92)	16 (7)	171
未開花の蕾切り花	14 (8)	215 (93)	229
計	169 (100)	231 (100)	400

旺盛な切り花で早く、群落内部にあり切り花重の小さい切り花で遅くなることが多い(本間 1999)。本実験の標本も露地圃場で慣行に従って栽培された小ギクを一斉収穫しており、開花程度の進んでいない蕾切り花は、切り花重の小さいやや弱小な切り花に偏っていた可能性がある。実験 2 における誤選別事例にも弱小な切り花が多かったことも同様の理由であろう。これらのことは、緑色部と非緑色部の画素数の比を基準としている F/G 値は、分母となる緑色部(葉)のみかけの面積が極端に小さい弱小な切り花では、わずかな撮影方向の違いなどによって不安定になりやすい欠点を持つものと考えられる。ただし実際の生産現場においては、開花の極端に遅れる弱小切り花は収穫せずに廃棄される場面が多いことから、実用上大きな問題とはならないものと考えられた。

また、本項の開花程度選別機では特に、画像処理に予備知識のない使用者でも簡便に、かつ連続的に切り花を開花程度で仕分けられることを意図して、学習用標本によって初期設定値を自動取得するソフトウェア(濱田ら, 2011)を付加した。実験 2 において学習用標本の本数が選別精度に及ぼす影響を確認したところ、5 本でも 92%以上、10 本では 97~98%の精度で熟練者の目視選別と一致した(第 2-1-5 表)。誤選別となった切り花についても、弱小な切り花や花首曲がりといった規格外品であったことから、咲きすぎ、出荷適期および未開化の切り花各 5~10 本程度を使用した学習機能によって、十分な実用性が得られるものといえる。

選別速度については、重量選花機を導入している奈良県の生産者事例と同等もしくはやや遅い結果(第 2-1-6 表)となったが、この差には選別ラインに切り花を投入する作業者の技量によるところも大きい。本実験では研究員自らが切り花をライン投入しており、開花程度選別機の搬送コンベア全てに切り花を投入できていなかった。この点を参酌するならば、開花程度選別機においても作業者の慣れによって重量選花機の事例に近い作業速度となるものと考えられる。小ギクの実産現場では近年、規模拡大と専門化が進んでおり、経験や熟練を必要とする収穫・調整作業における省力化が求められている。本実験における開花程度選別機の作業速度は決して高速ではないが、作業者が切り花を荷捌きして選別ラインに投入する点では重量選花機と同等の設計速度であり、既設の重量選花機やベルトコンベアとの連結を想定

するならば十分な選別速度を有しているものと考えられる。さらに、開花程度選別機の導入は、熟練者のみが行っていた開花程度の選別を非熟練作業にすることができるため、パート雇用などの非熟練労働力を充てていくことが可能となり、規模拡大への重要な足がかりになり得るものといえよう。

第 2 節 未開花茎の開花処理技術の開発

第 1 項 STS 処理による葉の黄変抑制

露地での季咲き作型が中心となっている小ギク生産においては、品種選択や栽植方法などによって、開花をできる限り斉一化したとしても、切り花を一斉収穫するという作業上どうしても出荷適期に満たない蕾収穫切り花(以下、蕾切り花とする)が混じることとなる。これに対して前節では、一斉収穫した切り花を機械的に出荷適期、未開花および咲きすぎの各段階に選別できる手法を開発した。

このうち蕾切り花については、葉色、花色、日持ち性などの品質を落とさず人工的に開花させて商品化することができれば、単位面積当たりの商品化率を高め、一斉収穫の実用性を大きく高めることができる。同様の目的意識から、カーネーション(数馬・山口, 1987; 小山・宇田, 1994a; 1994b; 水口ら, 2007)、シンテツポウユリ(水口, 2004; 宮前ら, 2011)などでは蕾切り花の開花処理技術が開発されている。

輪ギクにおいては、本間(1995)が‘秀芳の力’を用いて、ショ糖と抗菌剤を生け水に添加することによって収穫適期 1~4 日前の蕾切り花を収穫適期の切り花と遜色なく開花させることができたと報告している。また、輪ギク‘秀芳の力’では収穫後にエチレン感受性が高まり葉の黄変が誘導される(Doi ら, 2004)が、エチレン作用阻害剤であるチオ硫酸銀錯塩(以下、STS とする)によってこの黄変を抑制できる(Doi ら, 2003)。

そこで、本項では小ギクの蕾切り花を開花処理するにあたって問題となる葉の黄変を抑制するため、STS の処理方法について検討した。

材料および方法

1. STS およびエセフォン前処理が小ギク切り花の葉

の黄変に及ぼす影響（実験 1）

実験は奈良県農業研究開発センターにおいて、環境条件を 24℃、3 波長域型蛍光灯により 1000 lx の 14 時間日長としたリファレンス室内で行った。慣行に従って雨除けハウスで栽培した 7 月咲きの小ギク‘みのる’を 2007 年 7 月 17 日に採花して、下葉 30 cm を脱葉後、切り花長を 90 cm に調整し、水道水を十分に吸水させた後、リファレンス室に搬入し各区 5 本を供試した。試験区は、STS 処理を 0.4 mM、0.2 mM、無処理の 3 水準、エスレル処理を 1000 ppm、100 ppm、無処理の 3 水準とし、これらを組み合わせた計 9 区とした。各処理液を採花当日夕刻から 15 時間（19:30～翌朝 10:30）吸液させた後、水道水に生け換えた。なお、STS とエセフォン処理には、市販の STS 製剤（アルギレン、（株）ハクサン製）とエスレル製剤（エスレル 10、石原産業（株））を用いた。リファレンス開始から 5 日後の 7 月 23 日に、最下位葉および切り花先端から 40 cm 下の中位葉の 2 カ所で、色差計（ミノルタ製 CR-13）により L*、a*および b*値を測定し、Doi ら（2003）に従って黄変指数 = $L^*b/|a|$ を算出した。同時に、切り花全体の健全葉数および黄変以外に見られた葉縁の黒変などの症状の有無について目視で調査した。

なお、葉の黄変の状態と黄変指数の関係については第 2-2-1 図に示した測定例のように、葉の黄変がさらに進んで褐変や枯死に至った場合には、黄変指数が逆に小さくなる測定例が多かった。このため、葉の黄変については黄変指数が単調増加する過程のみに着目して集計した。概ね、黄変指数が 50 以下で緑色

が保たれている状態を、それ以上で黄変指数が大きいほど黄変が進んでいる状態を示している。

3. STS の処理濃度についての検討（実験 2-1, 実験 2-2）

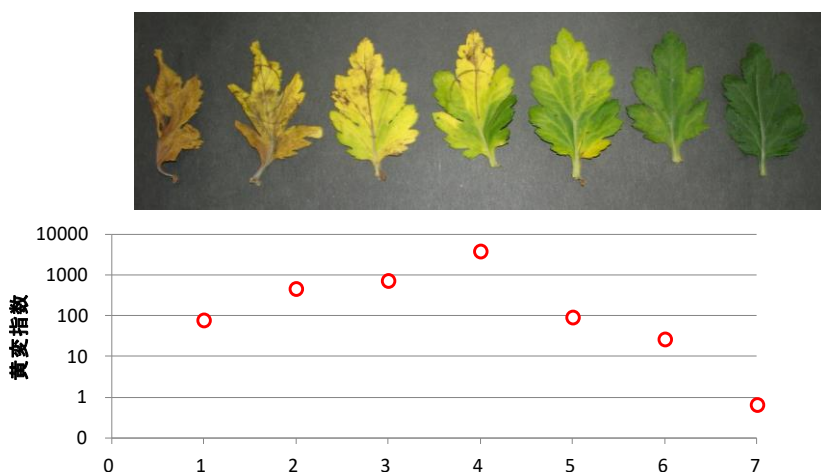
実験 2-1

実験は、奈良県農業研究開発センター内の直射光がない室内で行い、気温はなりゆきとした。慣行に従って雨除けハウス内で栽培した 7 月咲きの小ギク‘ほたる’と‘水明’を 2007 年 7 月 13 日に、‘みのる’と‘紅千代’を 2007 年 7 月 14 日に採花して用いた。

いずれの切り花も、切り花長 90 cm に調整し下葉 30 cm を脱葉した。各品種について各区 5 本を試験区ごとに束ねて供試した。試験区は、市販の STS 製剤（アルギレン、（株）ハクサン製）を用いて STS 処理濃度を 0.5 mM、0.2 mM および無処理の 3 水準とし、採花当日から 21 時間（14:00～翌日 11:00）各処理液を吸水させた。その後、乾式輸送シミュレーションとして‘ほたる’と‘水明’は 24 時間、‘みのる’と‘紅千代’は 48 時間、段ボール箱に乾式で詰めて保管後、切り戻して水道水に生けた。‘ほたる’と‘水明’は 8 日後に、‘みのる’と‘紅千代’は 14 日後に、実験 1 と同様に中位葉の黄変指数を調査した。同時に、切り花全体で黄変以外に見られた葉縁の黒変などの症状を目視により調査した。

実験 2-2

実験は奈良県農業研究開発センターにおいて、環境条件を 24℃、3 波長域型蛍光灯により 1000 lx の 14



第2-2-1図 葉の黄変程度と黄変指数の関係

時間日長としたリファレンス室内で行った。慣行に従って雨除けハウスで栽培した7月咲きの小ギク‘みのる’と‘あけみ’を2007年7月24日に、‘広島紅’を8月23日に採花して下葉20cmを脱葉後、切り花長を75cmに調整した。水道水を十分に吸水させた後、リファレンス室に搬入し各区6本を供試した。試験区は、市販のSTS製剤(アルギレン、(株)ハクサン製)を用いてSTS処理濃度を0.2mM、0.07mMおよび無処理区の3区とした。ただし‘広島紅’では0.2mM区を設けなかった。

‘あけみ’と‘みのる’については、各処理液を採花当日夕刻20:00から翌8:00までの12時間吸液させた後、乾式輸送を模して出荷用段ボール箱に詰めてリファレンス室内に73時間放置した。その後、段ボール箱から取り出して切り口を5cm切り戻して水道水に活け換え、リファレンス室内に静置した。調査は、採花から4、6、8および10日後に実験1と同様に中位葉の黄変指数を測定、算出した。‘広島紅’については、各処理液を採花当日午後14:00から翌9:00までの19時間吸液させた後、乾式輸送を模して出荷用段ボール箱に詰めてリファレンス室内に24時間放置した。その後、段ボール箱から取り出して切り口を5cm切り戻して水道水に活け換え、リファレンス室内に静置した。調査は、採花から11日目までほぼ毎日、中位葉の黄変指数を実験1と同様に調査した。

3. STSの低濃度連続処理での効果とその品種間差(実験3)

実験は2012年に奈良県農業研究開発センター内で気温23℃、3波長域型蛍光灯により照度1000lx、12時間日長に管理したリファレンス室内で行った。奈良県内の露地圃場で慣行に従って露地栽培された5~11月咲き小ギク57品種を収穫適期に採花して切り花長を70cm、下葉を20cm脱葉して調製し各品種各区5本を供試した。試験区は生け水を、100ppmのエセフォン(エスレル10、石原産業(株))を含むエセフォン区、0.03mMのSTS(K-20C、クリザールジャパン(株))を含むSTS区および蒸留水のみ無処理区とした。調整した切り花をこれら各区の処理液50mlを入れた試験管に1本ずつ挿し、処理前と処理後7日目に各切り花の中位葉および下位葉の葉色を実験1と同様に調査し、黄変指数を算出した。なお、実験中に吸水によって減少した処理液は随時、同じ処理液を補充した。

結果

1. STSおよびエセフォン前処理が小ギク切り花の葉の黄変に及ぼす影響(実験1)

STSおよびエセフォンの前処理が5日後の葉の黄変に及ぼす影響を第2-2-1表に示した。STS無処理の3区についてみると、エセフォン処理にかかわらず下位葉では、黄変指数が100以上と大きく顕著な黄変が見られた。中位葉ではエセフォン処理濃度が高いほど黄変指数が大きくなり、健全葉数が少なくなった。これに対し、0.4mMもしくは0.2mMのSTS処理を行った6区では、最下位葉と中位葉のいずれにおいても黄変指数は12~32の範囲にあり、健全葉数も18~23枚と多く維持されており、葉の黄変は見られなかった。しかし、STSの0.4mM区では上位葉の一部に、葉害と思われる部分的な黄化や欠刻部の褐変などの症状が観察された。

第2-2-1表 STSおよびエセフォンの前処理が5日後の小ギク‘みのる’の葉の黄変に及ぼす影響

STS ^z	エセフォン	黄変指数 ^y		健全葉数
		最下位葉	中位葉	
0.4 mM	1000 ppm	26	19	20
	100 ppm	29	17	18
	無処理	28	21	21
0.2 mM	1000 ppm	32	22	20
	100 ppm	14	12	23
	無処理	22	21	19
無処理	1000 ppm	146	212	1
	100 ppm	522	112	3
	無処理	117	96	10
分散分析	STS	* ^x	*	*
	エセフォン	ns.	ns.	ns.
	交互作用	ns.	ns.	ns.

^z STSおよびエセフォンは、採花後15時間吸液させた

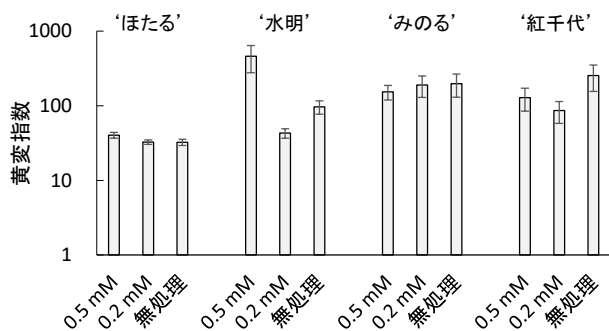
^y 黄変指数 = $L \times b/|a|$ として算出

^x *とns.は各々、5%水準で有意差ありと有意差なしを示す

2. STSの処理濃度についての検討(実験2-1, 実験2-2)

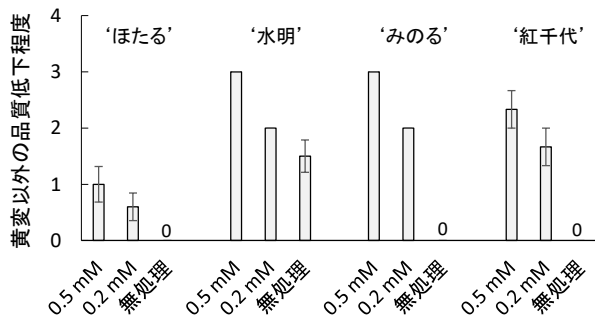
実験2-1

処理終了時における各品種の黄変指数を第2-2-2図に、切り花全体のそれ以外の品質低下の様相を第2-2-3図に示した。‘水明’、‘みのる’および‘紅千



第2-2-2図 STSによる前処理が中位葉の黄変指数に及ぼす影響

図中のエラーバーは標準誤差 (n=5)
 いずれの品種もSTS処理は21時間。‘ほたる’と‘水明’は8日後に、
 ‘みのる’と‘紅千代’は14日後に調査



第2-2-3図 STSによる前処理が切り花の薬害発生に及ぼす影響

図中のエラーバーは標準誤差 (n=5)
 いずれの品種もSTS処理は21時間。‘ほたる’と‘水明’は8日後に、
 ‘みのる’と‘紅千代’は14日後に調査

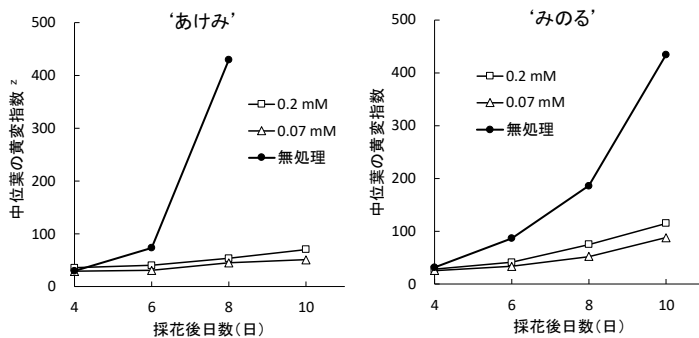


第2-2-4図 STSによる薬害と見られる葉縁欠刻部の褐変症状 (品種:水明)

代’の無処理区では、処理終了時の黄変指数が 97, 198 および 254 と大きくなり、中位葉に明らかな黄変が生じた。‘ほたる’では無処理区においても黄変指数が 32 にとどまっておらず、中位葉の黄変は明らかでなかった。これらに対し、‘水明’と‘紅千代’では STS の 0.2 mM 処理によって黄変指数が小さくなったが、STS の 0.5 mM 処理では逆に黄変指数が大きくなった。‘ほたる’と‘みのる’では STS 処理の効果は明らかでなかった。一方、STS 処理を行った 2 区では薬害と見られる葉脈間クロロシスと第2-2-4 図に示したような葉縁欠刻部や葉折れによる傷害部の褐変が生じており、その程度は高濃度の 0.5 mM 区でより顕著であった。ただし‘水明’では、無処理区においても同様の品質低下が一部の切り花に見られたものの、その程度は軽微であった。

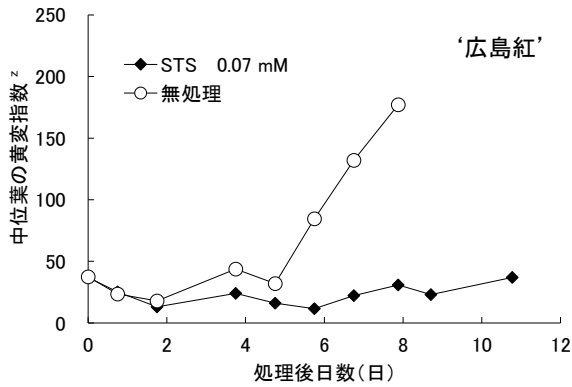
実験 2-2

STS 処理が中位葉の黄変指数に及ぼす影響を‘あけみ’と‘みのる’について第2-2-5 図に、‘広島紅’について第2-2-6 図に示した。いずれの品種も無処理区では、採花後 6~8 日後に黄変指数が急速に大きくなり、中位葉の黄変が進んだ。これに対し、採花後日数が経つにつれ黄変指数は徐々に大きくなる傾向は見られたものの、STS 処理によって中位葉の黄変は顕著に抑制され、黄変指数は無処理区より小さく推移した。次に STS 処理濃度について見ると、‘あけみ’と‘みのる’の 0.2 mM もしくは 0.07 mM の STS 処理区間には大きな差は見られないものの、両品種ともに 0.2 mM 区よりも 0.07 mM 区で黄変指数がより小さく推移しており、黄変抑制の効果が高かった。‘広島紅’の 0.07 mM 区では 11 日後の試験打ち切り時まで中位葉の黄変は見られなかった。



第2-2-5図 STSによる前処理が中位葉の黄変指数に及ぼす影響

^z 黄変指数 = $L \times b / |a|$ として算出
^y STSによる前処理は12時間、乾式保管は73時間



第2-2-6図 STSによる前処理^γが中位葉の黄変指数^zに及ぼす影響

^z 黄変指数 = $L \times b / |a|$ として算出
^γ STSによる前処理は19時間、乾式保管は24時間

3. STSの低濃度連続処理での効果とその品種間差 (実験3)

各処理区の処理前と処理後の黄変指数を中位葉と下位葉の平均値によって第2-2-2表に示した。葉の緑色が濃い品種では黄変指数が負値を取る場合も多くみられた。第2-2-1図に示したように黄変指数50以上を黄変の目安とすると、多くの品種では無処理区に比べて黄変指数がエセフォン区で著しく大きくなり、STS区で小さくなる傾向が見られ、供試57品種には大きな品種間差が見られた。これらの品種は、‘はるき’、‘あけみ’、‘小鈴’、‘紅の川’および

第2-2-2表 蒸留水、STSもしくはエセフォン溶液に生けた小ギク切り花の葉の黄変指数^zにおける品種間差

自然開花期	品種	蒸留水		STS ^γ		エセフォン	
		処理前	処理後 ^δ	処理前	処理後	処理前	処理後
5~6月	春日路	17	844	19	24	17	285
5~6月	はるき	20	633	17	18	25	276
7月	あけみ	-4	112	0	-3	-1	537
8月	アクア	1	75	5	12	4	239
8月	小鈴	6	70	7	31	7	648
9月	やぶさめ	21	53	15	13	17	786
10月	紅の川	27	89	30	31	31	736
11月	寒桜	20	149	20	21	21	272
11月	ほしぞら	33	59	28	33	27	562
7月	小雨	-12	-7	-14	-19	-8	-12
7月	なつき	-6	-7	-6	-9	-13	-9
7月	精しまなみ	-30	-36	-34	-41	-35	15
7月	とび丸	-35	-21	-28	-27	-39	21
8月	小紫	6	7	3	5	48	30
10月	はごろも	-1	12	-2	3	1	17
10月	紅の谷	5	7	13	14	12	21
10月	秋こだま	2	3	6	-3	5	27
5~6月	玉姫	11	-5	9	-10	10	103
5~6月	川風	24	21	19	18	18	148
5~6月	紅小町	19	20	23	27	21	261
5~6月	清姫	13	11	14	13	14	283
5~6月	いろどり	1	3	3	-4	3	388
7月	すもも	-14	-15	-10	-17	-12	97
7月	ほたる	-23	-32	-22	-9	-25	178
7月	小窓	-11	-6	-11	-1	-10	321
8月	白波	-35	-16	-16	-19	-23	51
8月	シューベガサス	-16	-5	-18	-10	-17	116
8月	武光	6	23	7	10	7	126
8月	流星	-1	4	-5	1	-1	199
8月	精あかり	11	8	3	1	5	379
8月	花えくぼ	5	9	3	1	2	396
8月	翁丸	-6	17	-6	1	-4	407
8月	シルク	-9	6	-18	-5	-14	503
9月	金の香	-25	-22	-26	-20	-25	62
9月	山手白	-11	-11	-18	-18	-17	68
9月	せせらぎ	-3	-4	-3	1	-3	103
9月	京丸	-22	-7	-21	-10	-23	138
9月	京美人	-3	-8	2	6	0	139
9月	みさお	5	26	10	12	3	236
9月	みゆき	7	21	11	17	5	309
9月	紅車	14	22	10	15	5	843
10月	すずらん	1	-2	3	-4	2	79
10月	満月	2	10	1	12	-1	115
10月	緑重	-1	-7	-3	-9	2	188
10月	金秀	3	0	7	0	7	296
10月	横笛	26	32	28	27	22	494
10月	お吉	10	6	7	4	6	581
10月	ロマンス	-8	0	-3	2	-6	1360
10月	すずろ	27	19	25	18	30	1506
11月	オペラ	15	7	19	12	14	51
11月	金うさぎ	-7	-4	-7	2	-12	105
11月	白芳	16	12	17	13	22	220
11月	たまむし	5	11	6	14	6	236
11月	老松	2	4	-1	4	2	380
11月	紅桜岡	14	11	11	10	13	522
11月	紅星	13	17	16	20	13	1043
11月	ひびき	-3	-5	-5	-3	-2	1327

^z 黄変指数 = $L \times b / |a|$
^γ STS区およびエセフォン区は各々、0.07 mMおよび100 ppmとした
^δ 各処理液に生けて7日後

び‘寒桜’等の蒸留水でも著しい黄変を示す品種群，‘精しなみ’，‘なつき’，‘小紫’，‘はごろも’および‘紅の谷’等のエセフォン区においても黄変が見られない品種群，およびそれ以外の品種群に区分することができた。STS 処理区においては，品種群によらず全ての品種で処理後の黄変指数は 50 未満となり，葉の黄変は見られなかった。

考察

本項では，小ギクの蕾切り花を開花処理するにあたって問題となる葉の黄変を安定して抑制することを目的に，STS の処理方法について検討した。小ギク‘みのる’を用いた実験 1 においては，主に輪ギク品種を用いて 0.2 mM の前処理を行った Doi ら (2003) と同様，0.2~0.4 mM の STS 前処理によって葉の黄変が顕著に抑制された (第 2-2-1 表)。一方，STS 前処理を行わなかった条件下ではエセフォン前処理は葉の黄変を助長した。これらの結果は，輪ギク‘秀芳の力’で収穫後にエチレン感受性が高まり葉の黄変が誘導されるとした Doi ら (2004) の報告と同様，小ギク‘みのる’においてもエチレンが黄変の一要因となっていることを示すものと考えられた。

しかし，実験 1 で 0.4 mM の STS 処理区において上位葉に葉害と思われる部分的な黄化や欠刻部の褐変などの症状が観察された。このため実験 2-1 と実験 2-2 では，STS 処理の濃度について複数の品種を用いて検討した。STS 処理濃度を 0.2 もしくは 0.5 mM とした実験 2-1 の‘紅千代’と‘水明’において 0.2 mM よりも 0.5 mM で黄変指数が大きくなり (第 2-2-2 図)，実験 1 と同様の葉害症状と見られる品質低下は，いずれの STS 処理区においても観察された (第 2-2-3 図)。次に実験 2-2 で，さらに低濃度での黄変抑制の効果を経時的に確認したところ，0.2 mM よりも 0.07 mM の処理で，より安定的に葉の黄変が抑制できた (第 2-2-5 図)。STS による前処理が実用化されているカーネーションでは，高濃度処理で葉への吸収率が多くなるため STS に由来する銀の過剰吸収が葉のクロロシス等の葉害症状を引き起こす (宇田，1996) ことが知られており，本実験で観察された葉の障害はカーネーションと同様，STS の過剰吸収によるものと推察できる。カーネーションにおいては，葉の障害を回避しながら目的とする花持ち日数の延長効果を確保するため，作業体系に応じて低濃度での長時

間処理によって吸収量を調節することで生産現場において実用化されている。小ギクの STS 処理においても，実験 2-2 のように 0.07 mM 程度の低濃度とすることで葉の障害を回避しながら効果的に黄変を抑制することができたことから，低濃度での長時間処理が有効な手法となり得ることが明らかとなった。これらの結果をふまえて実験 3 においては，実験 2 の 12~21 時間処理に比べて更に低濃度長期間処理となる 0.03 mM の 7 日間処理を品種間差も含めて検討した結果，多くの品種で安定的に葉の黄変抑制が可能であることが示された。

品種間差にも注目した実験 3 においては，エセフォン処理による黄変の助長と STS 処理による黄変の抑制が多くの品種で広く観察された一方，エセフォン処理によらず黄変の著しい品種やエセフォン処理によっても黄変が助長されない品種が小ギクでは混在していることが明らかとなった。エチレンによるキクの葉の黄変において，輪ギクで大きな品種間差のあることは Doi ら (2004) も指摘しており，本実験の結果はこれを支持している。また，多くの品種でエセフォン処理が葉の黄変を助長した中，エセフォン処理によっても黄変が助長されない品種があったことは実用上有益である。今後，こうした品種を育成・選抜してゆくことで STS 処理などの作業工程を不要にできる可能性も考えられる。しかし，現状の夏秋期小ギク生産を考えると，自然開花期の異なる多くの品種を活用することによって成立しており，広範な品種で利用可能な STS 処理は黄変に対する有益な対策といえる。

葉の黄変は蕾切り花の開花処理を目指す場合だけでなく，乾式での常温輸送が中心となっている現状の流通体制の中では，しばしば事故品として問題となっている。このため，低濃度の STS 前処理という手法はそのまま現状の流通対策としても利用できる可能性がある。現状の事故品は 6 月の梅雨時期や盆・彼岸の物日前に多く，10 月以降は問題となることが少ない。実験 3 におけるエセフォンと STS に対する反応の品種間差には自然開花期との関連性は見られない (第 2-2-2 表) ことから，10 月以降に事故品の発生が少なくなるのは主として気温の低下により黄変の発生が抑制されるためと考えられる。このことから，前処理という作業コストを考えるならば，黄変しやすい品種と時期に限定して流通対策として利用することが現実的であろう。

第2項 STS, 糖および抗菌剤を含む開花液の試作

前節においては、一斉収穫した切り花を機械的に出荷適期と蕾切り花に振り分ける手法を開発した。また前項では、蕾切り花を人工的に開花させる際に最も問題となる葉の黄変が、エチレン阻害剤であるSTSの低濃度処理で効率的に抑制できることを明らかにした。

しかし、蕾切り花を商品の段階まで持つていくためには、その外観品質や日持ち性においても、圃場で開花させた切り花と遜色がないことが求められる。蕾切り花では光合成産物の供給が制限されるため、糖質の不足による花卉の伸長不良や花色の変化など不完全な開花となりやすい。このため蕾切り花の生け水として糖質を与えることで開花促進、花色向上や日持ち日数の延長などの効果が得られることは多くの切り花で知られている(市村, 2011)。蕾切り花の開花処理としては、カーネーションで3%(小山, 1995)、ユリで1%(水口, 2004)あるいは5%(宮前ら, 2011)、シュコンカスミソウで4%(土井ら, 1999)のショ糖が有効であるとされている。キクでは、本間(1995)が輪ギク‘秀芳の力’で2%、山中ら(2013)が8~9月咲き小ギクで3%のショ糖処理による開花促進と切り花品質の改善効果を明らかにしている。

糖質の添加を基礎として、カーネーション(数馬・山口, 1987; 小山・宇田, 1994a; 水口ら, 2007)、シンテッポウユリ(水口, 2004; 宮前ら, 2011)、シュコンカスミソウ(土井ら, 1999)では抗菌剤、界面活性剤、植物成長調整剤およびエチレン阻害剤を組合せることによって蕾切り花の開花処理技術が既に開発されている。小ギクにおいても近年、山中ら(2013)がショ糖、STS、界面活性剤および抗菌剤の組合せで開花処理させた切り花の品質が圃場開花させた切り花以上となることを報告している。そこで本項では、山中ら(2013)の処方为基础として、一斉収穫した蕾切り花の開花処理の実用性について検討した。

材料および方法

1. STS, 糖, 界面活性剤および抗菌剤を組み合わせた処理液が蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験1)

実験は2011年に奈良県農業研究開発センター内で

気温23℃、3波長域型蛍光灯により照度1000 lx (18 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、12時間日長に管理したリファレンス室で行った。無加温ハウスで慣行に従って栽培された6月咲き小ギク‘100号’、‘紅小町’、‘春日路’および‘清姫’の蕾切り花を、収穫適期より早い2011年5月17日に採花した。切り花長を80 cm、下葉を20 cmを脱葉して調製し、各品種各区10本を供試した。試験区は生け水を開花処理液もしくは水道水(対照)の2区とし、開花処理液区にはショ糖を3%、STS(K-20C, クリザールジャパン(株))を0.03 mM、界面活性剤(ポリオキシエチレン脂肪酸エステル, ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテルおよびポリナフチルメタンスルホン酸ナトリウムの混合物, 商品名: グラミン S, 三井化学アグロ(株); 以下、グラミン S とする)を0.03%および8-ヒドロキシキノリン硫酸塩(以下、8-HQS)を200 ppmとして水道水に添加した。開花処理は6日後の5月23日まで行った。両区とも各10本束にして、花筒(内容積4.5 L, 高さ25 cm, 口径15 cm)に入れた2.5 Lの各処理液に生けて開花処理を行った。

その後、日持ち性と消費段階での切り花品質を確認するリファレンステストとして、各品種各区5本の切り花の切り口を5 cm切り戻して蒸留水を入れた50 ml試験管に1本ずつ生け、14日後の6月6日まで開花させた。リファレンステスト中には随時、蒸留水を追加した。なお、対照として5月23日に圃場で開花させた収穫適期の切り花各品種5本を各区と同様に調整して、同時にリファレンステストに供した。

開花処理期間中は切り花重および吸液量を1~2日ごとに測定するとともに、第2-2-3表に示した指標によって区分した開花程度を目視により調査した。また開花処理の開始時と終了時には、色差計(CR-13, コニカミノルタ)によりL*, a*およびb*値を最下位葉で測定し、Doiら(2003)に従って、黄変指数=L*b/|a|を算出した。リファレンステストでは、花普及協会のリファレンスマニュアルに準じて目視により日持ち日数を調査するとともに、各切り花が第2-2-3表のステージ7に至った時点で、花色を色差計(CR-13, コニカミノルタ)で調査した。

2. 開花処理液が束処理での蕾切り花の開花に及ぼす影響(実験2)

実験は2011年に奈良県農業研究開発センター内で行った。露地で慣行に従って栽培された9月咲き小ギク‘銀星’の蕾切り花を、収穫適期より早い2011

結果

第2-2-3表 開花程度の目視区分

開花程度	花房の開花状況
0	膜切れしている頭花なし
1	膜切れしている頭花が1個以上
2	膜切れしている頭花が3個以上
3	舌状花が総苞片から伸び出した頭花が1個以上
4	舌状花が伸びて円錐状になった頭花が1個以上
5	舌状花が直立し花芯が見える状態の頭花が1個以上
6	舌状花が花芯より外側に開いた頭花が1個以上
7	舌状花が花芯より外側に開いた頭花が3個以上

年9月13日に採花した。実験1と同様に調整した切り花を50本ずつ束ねて、実験1と同じ開花処理液もしくは水道水を5L入れたポリバケツ(内容積20L, 高さ36cm, 口径30cm)に生け、開花処理を行った。開花処理は気温26°C, 3波長域型蛍光灯により照度1000 lx (18 μmol・m⁻²・s⁻¹), 12時間日長に管理したリファレンス室に静置して行い、処理開始から7日後の9月20日に第2-2-3表に示した開花程度, 中位葉の黄変指数, 切り花重および吸液量を調査した。調査方法は実験1と同じとした。

1. STS, 糖, 界面活性剤および抗菌剤を組み合わせた処理液が蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響 (実験1)

開花処理液による開花処理での開花程度と黄変指数の変化, 吸水量, 切り花重相対値およびリファレンス調査での切り花品質を第2-2-4表に示した。開花処理においては, いずれの品種も対照とした水道水区よりも開花処理液区で開花が速やかで開花処理6日後の開花程度は進んでいた。‘100号’の水道水区を除き, 慣行の出荷段階である開花程度4まで正常に開花させることができた。開花処理期間中の吸水量は‘春日路’を除き開花処理液区で多く, 切り花重相対値も水道水区と同等もしくは大きくなった。開花処理6日後の下葉の黄変指数は‘100号’と‘春日路’の水道水区で著しく大きくなったが, それ以外の品種ならびに開花処理液区では, 圃場開花切り花とほぼ同等で黄変は確認できなかった。

開花時の花色は水道水区において, 赤系品種である‘100号’, ‘紅小町’および‘清姫’の赤色成分を示すa*値ならびに黄系品種である‘春日路’の黄色成分を示すb*値が圃場開花切り花よりも小さくなっており, 花色の淡色化が見られた。一方, 開花処理液区においては‘紅小町’のL*値とb*値および‘清姫’のL*値を除き, 開花処理液区で圃場開花切り花と差が見られなかった。また, 開花時の花径と日持ち

第2-2-4表 開花処理液による開花程度と黄変指数の変化, 吸水量, 切り花重相対値および切り花品質

品種	試験区	開花処理調査						リファレンス調査							
		開花程度 ^z				黄変指数		吸水量 (ml・本 ⁻¹)	切り花重 ^y 相対値	花色				花径 (mm)	日持ち 日数
		開始時	2日後	4日後	6日後	開始時	6日後			L*	a*	b*	色差		
100号	開花処理液	0.6	2.8	3.4	4.0	17	15	22.7	119	52.5 ab ^x	33.0 b	-14.0 a	3.1	44 b	14 b
	水道水	0.8	2.6	3.2	3.4	13	79	19.1	110	57.3 b	23.8 a	-12.5 b	10.6	35 a	7 a
	圃場開花						7			49.9 a	31.2 b	-14.3 a		39 ab	14 b
紅小町	開花処理液	0.4	3.6	4.4	5.4	24	9	21.1	122	60.3 b	27.6 b	-12.4 b	5.7	46 b	14 a
	水道水	0.4	2.0	4.0	4.0	22	17	17.5	115	61.9 b	22.6 a	-12.0 b	9.3	33 a	13 a
	圃場開花						19			54.7 a	28.3 b	-13.8 a		42 b	14 a
春日路	開花処理液	0.8	3.2	3.6	4.8	22	21	20.1	113	85.0 a	0.0 b	77.0 a	3.8	38 b	13 a
	水道水	1.0	2.8	3.4	4.2	16	163	20.8	111	84.6 a	-2.2 a	72.4 a	3.8	27 a	10 a
	圃場開花						14			85.6 a	1.3 b	73.6 a		38 b	14 a
清姫	開花処理液	1.0	4.0	4.0	5.8	11	-4	33.7	113	49.1 b	35.6 b	-11.8 a	2.7	55 b	12 a
	水道水	0.8	3.6	4.0	5.0	9	1	30.4	110	50.1 b	32.7 a	-12.2 a	4.6	47 a	12 a
	圃場開花						10			46.6 a	35.6 b	-12.7 a		51 ab	13 a

^z 開花程度は, 第2-2-3表に従って, 目視で調査

^y 100 × 開花処理終了時の切り花重 / 処理開始時の切り花重

^x 同一品種の処理区間で, 異なる英小文字間にTukeyのHSD検定で5%水準の有意差あり

日数も、水道水区では圃場開花切り花と同等もしくは小さくなったが、開花処理液区では全品種で圃場開花切り花と同等以上であった。

2. 開花処理液が束処理での蕾切り花の開花に及ぼす影響 (実験2)

生産現場での開花処理を想定した束での開花処理が、小ギク蕾切り花の開花程度、開花処理終了時の切り花品質および吸液量に及ぼす影響を第2-2-5表に示した。処理開始時の開花程度は両区ともステージ1~2(第2-2-3表)であったが、処理終了時に開花処理液区はステージ5を超え、全ての切り花が出荷できる状態となったのに対し、水道水区では花弁伸長が順調に進まずステージ3~4に留まった。また開花処理液区では、葉の黄変指数が小さく、切り花重の相対値は大きくなり、処理終了時の切り花品質として良好であった。平均吸液量も開花処理液区で水道水区より多かった。

考察

蕾で収穫された切り花では、圃場開花と比較して光合成産物の供給が制限されるため、糖質の不足による花弁の伸長不良や花色の変化など不完全な開花となりやすい。このため収穫後の切り花で生け水中に糖質を加えることで、開花促進、花色向上や日持ち日数の延長などの効果が得られることは多くの切り花で知られている(市村, 2011)。蕾切り花の開花処理としても、カーネーションで3%(小山, 1995)、ユリで1%(水口, 2004)あるいは5%(宮前ら, 2011)、シュコンカスミソウで4%(土井ら, 1999)のショ糖が有効であると報告されている。

キクでは、本間(1995)が輪ギク‘秀芳の力’で2%、山中ら(2013)が8~9月咲き小ギクで3%のショ糖処理の開花促進と切り花品質の改善効果を明らかにしている。6月咲き小ギク4品種を用いた実験1においても、ショ糖3%を含む開花処理液で花色、花径および日持ち日数において、圃場開花させた切り花と遜色のない開花が得られ、山中ら(2013)の結果と一致した。特に花色においては、糖を含まない水道水区で見られた赤系品種の淡色化が、開花処理液区では著しく改善された。キクの花色を構成する色素は、主にアントシアニンとカロテノイドとされており(河瀬・塚本, 1976)、基質となる糖の供給によってアントシアニン合成が促進される(市村, 2011)ことから、実験1における花色の改善も開花処理液区に添加したショ糖の効果と考えられる。一方、両実験において開花処理液区での開花程度は水道水区と比較して、いずれの品種でも速やかに大きくなり開花促進の効果が見られた。小ギクの開花は2%以上のショ糖によって促進でき(山中ら, 2013)、両実験ともに葉縁の褐変や黄化などのショ糖の過剰吸収とされる障害も見られなかったことから、両実験で用いた3%のショ糖濃度は、開花処理液として適正であったものと考えられる。

また、実験1の水道水区で一部の品種に見られた葉の黄変についても、開花処理液区では見られなかった(第2-2-4表)。キクの葉の黄変にはエチレンが関与しており(Doiら, 2004)、エチレン作用阻害剤であるSTSによって抑制できる(Doiら, 2003)。本実験においては実用段階における作業性を考慮して、概ね2~7日程度となる開花処理期間中連続して吸液させるような開花処理液を想定したため、本節第1項での検討をふまえて低濃度の0.03 mMを使用した。その結果、第1項で見られたようなSTSの過剰吸収

第2-2-5表 束での開花処理が小ギク蕾切り花の開花程度、開花終了時の切り花品質および吸液量に及ぼす影響

	開花程度 ^z		中位葉の 黄変指数	切り花重 ^y の相対値	吸液量 ^x (ml・本 ⁻¹)
	処理開始	7日後			
開花処理液	1.8	5.5	0.4	142	142
水道水	1.5	3.2	17.5	90	90

* はt検定により5%水準で有意差($n=50$)ありを示す

^z 第2-2-3表に示した目視区分により数値化

^y 切り花重を開花処理を開始する時点をもとにした相対値で示した

^x 吸液量は50本を束として生けた合計量から逆算

による上位葉の黄変や葉縁の褐変などは全く見られず、効果的に中下位葉の黄変を抑制することができた。山中ら (2009) は、小ギク‘みのる’における STS の適正吸収量を切り花新鮮重 100 g あたり 3~4 μmol と推定しているが、実験 1 における吸収量もこの適正吸収量の範囲にあった。

開花処理液の実用性を考慮しようとした実験 2 の束処理においても、実験 1 と同様に開花促進、切り花品質の向上および葉の黄変抑制の効果が見られた。束処理では、束の内部にある切り花で蒸散が抑制され、開花処理液が十分に吸収されない可能性があるものと考えて実験を行ったが、少なくとも 50 本程度の束であれば問題なく開花処理液の効果が得られた。逆に実験 2 では、平均吸液量が実験 1 よりも多くなったため、STS の吸収量も切り花新鮮重 100 g あたり 5~7 μmol と推計されたが、本実験の範囲においては過剰吸収による障害は見られなかった。これは、品種特性からボリュームのある切り花が多かったことと、開花処理時の温度が実験 1 よりも高かったことによるものと考えられ、今後の実用化を考える上では吸液量が過大とならないよう温度や光強度など開花処理時の環境を検討する必要があるだろう。

以上のことから、ショ糖を 3%、STS を 0.03 mM、界面活性剤 (グラミン S) を 0.03% および 8-HQS を 200 ppm とした開花処理液を蓄切り花の生け水として用いることによって、処理 4~6 日後には出荷可能な開花程度まで開花させることができ、圃場で開花させた切り花と遜色ない品質で開花させることが可能だと考えられた。

第 3 項 蓄切り花を開花させる環境条件の検討

前項までに、小ギクの蓄切り花を開花させる際に最も問題となる葉の黄変が、エチレン阻害剤である STS の低濃度処理で効率的に抑制できることを明らかにした。また、STS にショ糖、界面活性剤および抗菌剤を組み合わせた山中ら (2013) の開花処理液を一斉収穫した蓄切り花の生け水として用いることによって、圃場開花させた切り花と品質面で遜色なく、処理 4~6 日後までに出荷可能な開花程度まで開花させることが可能であった。

蓄収穫した切り花を人工環境下で開花させて出荷しようとする取り組みは、カーネーション (小山, 1995; 水口ら, 2007) とシュッコンカスミソウ (土井

ら, 1999; 宮前ら, 2007) で多くの知見があり、その中では温度 (土井ら, 1999; 水口ら, 2005; 小山・宇田, 1994a) や光条件 (水口ら, 2007; 小山・宇田, 1994a) などの環境条件の検討もなされている。しかしキクにおいては、本間 (1995) や山中ら (2013) が蓄収穫した切り花の開花処理を報告しているものの、その環境条件については検討されていない。

また、母の日の高需要期に合わせるために蓄収穫、貯蔵および開花処理が検討されてきたカーネーションと同様に、小ギクには 8 月旧盆や 9 月彼岸といった特定の高需要期があり、環境条件によって開花速度を調節して出荷時期を微調整できれば、一斉収穫のメリットを更に高めることができる。

そこで本項では、外観品質や日持ち性において圃場開花させた切り花と遜色がないことが確認されている山中ら (2013) の開花処理液を用い、開花処理を行う環境条件として光強度、日長および気温が蓄切り花の開花速度と品質に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

共通の実験方法

いずれの実験も奈良県農業研究開発センター内で行い、慣行に従って露地栽培された切り花を、蓄収穫して供試した。圃場開花切り花との比較を行う場合には、一部の切り花を収穫せず栽培圃場に残した。開花程度は第 2-2-3 表に従って目視により評価し、蓄収穫の開花程度は表中のステージ 1 に相当した。開花処理は、ショ糖を 3%、界面活性剤 (グラミン S、三井化学アグロ (株)) を 0.03%、8-HQS を 200 ppm、STS を 0.03 mM とした水道水に添加した開花処理液 (山中ら, 2013) を 300 ml 入れたフラスコに 1 本ずつ生け、3 波長域型蛍光灯を光源としたリファレンスルームもしくは人工気象器内で行った。開花処理期間中は吸液量、切り花重および開花程度を、各切り花の処理終了時に舌状花表面の花色と中位葉表面の葉色を色差計 (CR-13, コニカミノルタ製) で測定した。なお、本実験における開花日は、花房のうち頭花 3 輪が開花したステージ 7 に至った時点とした。

1. 光強度が小ギク蓄切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響 (実験 1)

露地栽培した 8 月咲き黄色小ギク‘小鈴’を 2010

年7月31日に蕾収穫し、切り花長50cmで下葉を20cm除去して調製した。これらを同一のリファレンスルーム内に搬入し、照度で約10000, 1000, 100, 10および0lxを目標に調節した5区を設け、各区7本を供試した。併せて栽培圃場で開花させる圃場区を設けた。照度以外の環境条件は各区とも12時間日長、気温25℃で、湿度はなりゆきとした。処理は20日後の8月20日まで行った。

2. 日長条件が小ギク蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験2)

露地栽培した8月咲き小ギク‘小鈴’を2011年7月27日に蕾収穫し、切り花長50cmで下葉を20cm除去して調製した。これらを2台の人工気象器(MLR-351H, 三洋電機)およびリファレンスルームに搬入し、日長を8, 12および16時間日長とした3区を設け、各区7本を供試した。日長以外の環境条件は、各区とも照度を約1000lx ($18 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 気温25℃とし、湿度はなりゆきとした。処理は9日後の8月5日まで行った。

3. 温度条件が8月咲き小ギク‘小鈴’の蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験3)

露地栽培した8月咲き小ギク‘小鈴’を2010年8月5日に蕾収穫し、切り花長50cmで下葉を20cm除去して調製した。これらを4台の人工気象器(MLR-351H, 三洋電機)およびリファレンスルームに搬入し、気温を15, 20, 25, 30および35℃とした5区を設け、各区7本を供試した。併せて栽培圃場で開花させる圃場区を設けた。気温以外の環境条件は、各区とも照度を約1000lx ($18 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 12時間日長とし、湿度はなりゆきとした。処理は18日後の8月23日まで行った。

4. 温度条件が10月咲き小ギク‘金秀’の蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験4)

露地栽培した10月咲き小ギク‘金秀’を2011年10月20日に蕾収穫し、切り花長60cmで下葉を20cm除去して調製した。これらを3台の人工気象器(MLR-351H, 三洋電機)およびリファレンスルームに搬入し、気温を10, 15, 20および25℃とした4区を設け、各区6本を供試した。気温以外の環境条件は、各区とも照度を約1000lx ($18 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 12時間日長とし、湿度はなりゆきとした。処理は16日後の11月5日まで行った。

結果

1. 光強度が小ギク蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験1)

各試験区の光強度は第2-2-6表に示したように、1000lx区と10000lx区で設定目標よりやや弱くなったものの、概ね目標とした処理区間差が得られた。光強度が切り花の開花に及ぼす影響を第2-2-7図に示した。試験開始時の開花程度は、各区ともステージ0~1でほぼ同等であったが、その後の開花は光が強いほど早く進んだ。処理開始から開花程度がステージ7に達するまでの期間(以下、開花必要日数とする)は、10000lx区で最も短く、光強度が弱いほど長くなった(第2-2-7表)。圃場区の開花は100lx区とほぼ同等であった。なお、露地圃場の実験期間中平均気温は26.9℃であった。

開花処理期間における照度が開花必要日数と切り花品質に及ぼす影響を第2-2-7表に示した。切り花品質について見ると、花径と花色では処理区間に有意な差は見られなかった。処理期間中の吸水量は100lx以下の各区では差がなく、1000lx以上で照度が大きいほど多くなった。切り花重相対値は10000lx区でやや小さくなった。茎葉においては、10000lx区で7日目から上位葉の葉脈部における赤変(第2-2-8図, 左)と下位葉の萎れが発生した。一方、光強度の弱い10lx区と0lx区では葉と側枝の黄変(第2-2-8図, 中央)が見られ、さらに0lx区では蕾の夭折が顕著に見られた(第2-2-8図, 右)。

第2-2-6表 各試験区の光強度(実験1)

試験区	照度 (lx)	PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
10 lx	11	0.2
100 lx	114	1.8
1000 lx	959	18.3
10000 lx	7800	158

2. 日長条件が小ギク蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験2)

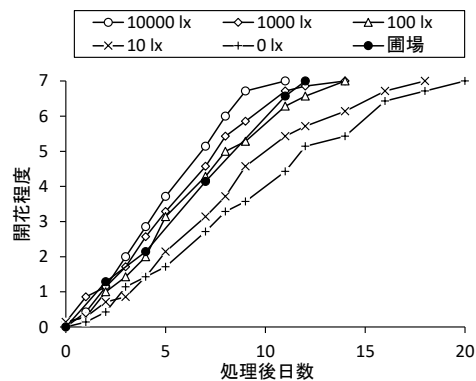
蕾切り花の開花処理期間における日長条件が、8月咲き品種‘小鈴’の開花に及ぼす影響を第2-2-9図に示した。試験開始時の開花程度は、各区ともステージ1~2でほぼ同等であり、その後の開花も日長にかかわらずほぼ同様に開花した。開花必要日数も、第2-2-8表のように8.7~8.9日となり差がなかった。処理開

始時および開花時の切り花調整重, 花径, 舌状花の花色および葉色も有意な差が見られず, 切り花品質に差は見られなかった。

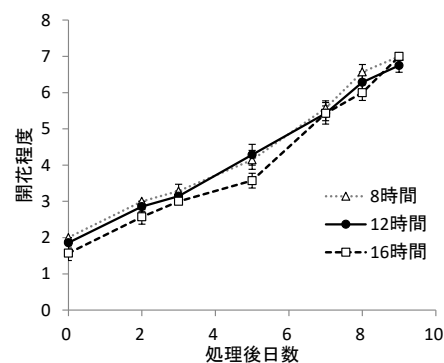
3. 温度条件が8月咲き小ギク‘小鈴’の蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響 (実験3)

蕾切り花の開花処理期間における温度が8月咲き品種の‘小鈴’の開花に及ぼす影響を第2-2-10図に, 開花必要日数と切り花品質に及ぼす影響を第2-2-9表に示した。試験開始時の開花程度は0~1で同等であったが, その後の開花程度は20℃区および25℃区で最も速く進行し, 開花所要日数はいずれも11.0日であった。これに対し15および30℃区での開花はやや遅く, 14.1および13.6日となった。いずれの処理区でも第2-2-3表で示した開花程度ステージは, 処理日数に対してほぼ直線的に単調増加した ($R^2=0.96\sim 0.99$)。35℃区では6日目から葉身先端部の褐変と葉の巻込み(第2-2-11図)が発生し, 18日後の実験打ち切り時点においても, 7本中4本が開花程度のステージ7に至らなかった。

切り花品質としては, 30℃区で15日目以降に葉脈部の脱緑と赤変が, 15℃区では6日目以降に葉縁部



第2-2-7図 開花処理期間の光強度が小ギク‘小鈴’の開花に及ぼす影響



第2-2-9図 開花処理期間の日長条件が小ギク‘小鈴’の開花に及ぼす影響

誤差範囲は, 標準誤差 ($n=7$)

第2-2-7表 開花処理期間の光強度が小ギク‘小鈴’の切り花品質に及ぼす影響

処理区	開花必要日数	切り花調整重 (g)		吸水量 ($\text{ml}\cdot\text{gFW}^{-1}\cdot\text{日}^{-1}$)	花径 (mm)	舌状花の花色(表面)			葉色(表面)		
		開花時 (g)	相対値 ^z			L*	a*	b*	L*	a*	b*
0 lx(暗黒)	16.3 a ^y	44 a	149 a	0.251 c	29 a	82.7 a	7.6 a	61.6 a	49.3 a	-8.7 a	3.4 b
10 lx	14.0 ab	42 a	147 ab	0.273 c	30 a	83.0 a	8.2 a	58.3 a	49.2 a	-6.4 b	-1.2 a
100 lx	11.4 bc	49 a	145 ab	0.269 c	29 a	82.5 a	7.6 a	57.5 a	49.3 a	-6.1 b	-2.0 a
1000 lx	10.3 c	45 a	145 ab	0.476 b	30 a	81.5 a	7.3 a	62.2 a	45.2 a	-5.9 b	-2.2 a
10000 lx	9.3 c	48 a	134 b	0.725 a	28 a	82.1 a	7.0 a	71.5 a	44.1 a	-7.0 b	3.4 b
圃場	11.3 bc	—	—	—	27 a	82.2 a	6.5 a	55.3 a	47.5 a	-5.5 b	-4.4 a

^z つばみ開花処理開始時の切り花調整重を100とした開花時の相対値

^y 同一列内の異なる英小文字間にTukeyのHSD検定により5%水準で有意差あり



第2-2-8図 蕾切り花の開花処理によって小ギク‘小鈴’で生じた品質低下の例

左: 10000 lx区における葉脈部の赤変, 中央: 10 lx区における葉縁の黄変, 右: 0 lx区における葉の黄変と蕾の夭折

第2-2-8表 開花処理期間の日長条件が小ギク‘小鈴’の切り花品質に及ぼす影響

日長	開花必要 日数	切り花調整重(g)			花径 (mm)	舌状花の花色(表面)			葉色(表面)		
		処理 開始時 (g)	開花時 (g)	相対値 ^z		L*	a*	b*	L*	a*	b*
8時間	8.7	34.1	43.5	128	30	81.5	10.2	76.7	40.9	-7.3	3.7
12時間	8.9	35.4	45.5	129	30	81.0	9.3	76.3	39.5	-6.8	1.5
16時間	8.9	35.1	45.8	131	29	80.4	9.3	74.7	40.0	-7.2	2.9

いずれの測定項目についても、分散分析により5%水準で有意差なし

^z 蕾開花処理開始時の切り花調整重を100とした開花時の相対値

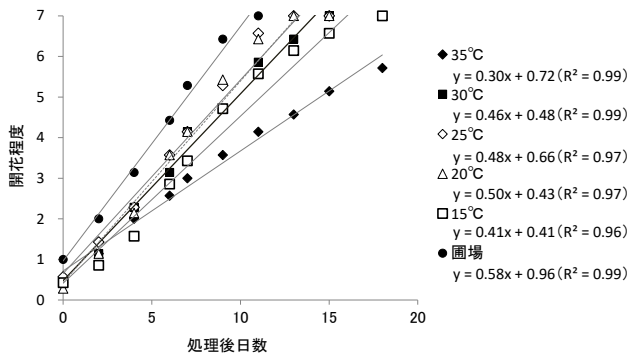
第2-2-9表 開花処理期間の温度条件が小ギク‘小鈴’の切り花品質に及ぼす影響

処理温度	開花必要 日数	切り花調整重(g)			花径 (mm)	舌状花の花色(表面)			葉色(表面)		
		開始時 (g)	開花時 (g)	相対値 ^z		L*	a*	b*	L*	a*	b*
15°C	14.1 a ^y	20 a	29 a	144 a	36 a	82.7 a	7.6 a	70.7 a	44.6 a	-7.7 c	3.0 ab
20°C	11.0 b	20 a	29 a	148 a	31 b	82.6 a	7.5 a	64.7 b	45.6 a	-6.5 bc	-0.5 bcd
25°C	11.0 b	24 a	36 a	152 a	28 bc	81.8 a	7.5 a	63.4 b	44.9 a	-6.3 bc	-1.1 d
30°C	13.6 a	19 a	29 a	151 a	30 b	82.7 a	7.4 a	63.9 b	45.0 a	-6.9 bc	0.8 abc
35°C	(18.0) x	20 a	25 b	123 b	27 bc	81.7 a	7.1 a	60.8 b	48.5 a	-3.0 a	4.6 a
圃場	9.6 b	—	29 a	—	26 c	82.5 a	7.6 a	57.0 b	46.7 a	-5.5 b	-3.8 d

^z 開花処理開始時の切り花調整重を100とした開花時の相対値

^y 同一列内の異なる英小文字間にTukeyのHSD検定により5%水準で有意差あり

^x 35°C区では、供試した7本のうち4本が18日後の試験打ち切りまでに開花程度7に至らなかったため、開花した3本の平均を括弧書きとした



第2-2-10図 開花処理期間の温度条件が小ギク‘小鈴’の開花に及ぼす影響

図中の直線は、各処理区での回帰直線、開花程度は第2-2-3表の区分による



第2-2-11図 開花処理期間の温度が30°C以上の処理区で見られた葉の障害(品種:小鈴)

左: 35°C区で、6日目から見られた葉先端部の褐変枯死と葉の巻込み
右: 30°C区で15日目から見られた葉脈部の脱緑と葉脈部の赤変

の黄変と葉裏の葉脈部に赤変が発生した。20°C区と25°C区では、実験終了までこうした問題点は見られず正常に開花した。花色は15°C区でb*値が大きくなり、黄色が濃くなり、花径も大きくなった。

4. 温度条件が10月咲き小ギク‘金秀’の蕾切り花の開花と切り花品質に及ぼす影響(実験4)

実験3と同様、開花程度は第2-2-12図のように処理日数に対してほぼ直線的(R²=0.94~0.97)に進行し、

15, 20 および 25°C 区の開花所要日数は 12.0, 11.0 および 9.3 日となった(第2-2-10表)。10°C区では試験打ち切りとした16日後までに全ての切り花が開花程度ステージ7に達せず、花色のb*値が小さくなって黄色が薄くなり、葉縁部の黄変と葉裏の葉脈部の赤変が発生した。15~25°Cの各区の切り花品質には差がなく、いずれも出荷可能な状態の切り花が得られた。

実験3および実験4における開花程度の進行速度

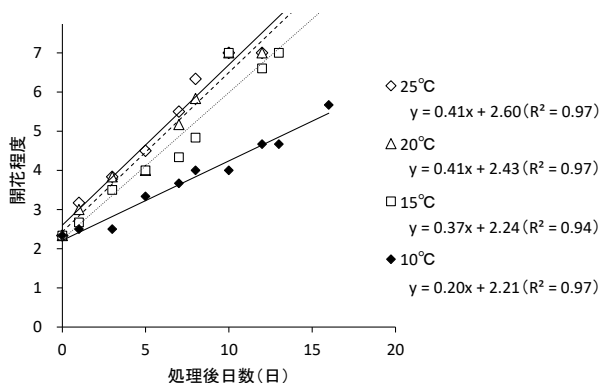
第2-2-10表 開花処理期間の温度条件が小ギク‘金秀’の切り花品質に及ぼす影響

処理温度	開花必要日数	切り花調整重(g)			舌状花の花色(表面)			葉色(表面)		
		開始時(g)	開花時(g)	相対値 ^z	L*	a*	b*	L*	a*	b*
10°C	(16) ^x	23 a ^y	28 a	123 a	79.2 b	14.1 a	71.7 b	45.8 a	-9.8 a	9.3 a
15°C	12.0 b	20 a	25 a	126 a	80.4 a	13.7 a	80.2 a	42.6 a	-9.2 a	6.7 a
20°C	10.3 ab	18 a	23 a	129 a	80.4 a	13.8 a	80.7 a	40.5 a	-9.1 a	8.3 a
25°C	9.3 a	23 a	29 a	126 a	80.1 ab	13.9 a	78.5 a	41.0 a	-8.2 a	5.9 a

^z 開花処理開始時の切り花調整重を100とした開花時の相対値

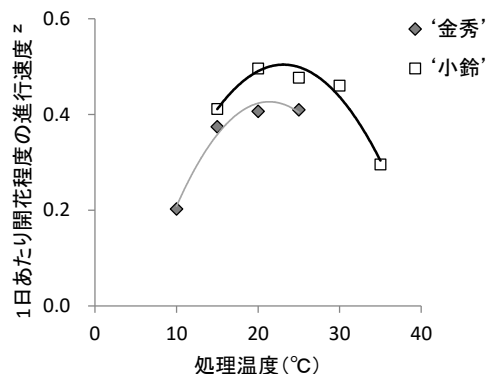
^y 同一列内の異なる英小文字間にTukeyのHSD検定により5%水準で有意差あり

^x 10°C区では、供試した7本全てが16日後の試験打ち切りまでに開花程度7に至らなかったため括弧書きとした



第2-2-12図 開花処理期間の温度条件が小ギク‘金秀’の開花に及ぼす影響

図中の直線は、各処理区での回帰直線、開花程度は第2-2-3表の区分による



第2-2-13図 開花処理期間の処理温度が小ギク‘小鈴’および‘金秀’の開花程度の進行速度に及ぼす影響

^z 開花程度は、第2-2-3表の区分によって8段階に指数化し、処理後日数との直線近似から、1日あたりの開花程度の進行速度を処理区ごとに推計した

を、各々の実験で得られた近似直線の傾きによって示すと、第2-2-13図のように‘小鈴’と‘金秀’のいずれの品種においても20~25°C程度で最も速くなり、その温度域から外れるほど遅くなった。

考察

本項では、出荷適期に満たない蕾切り花を人工気象下で開花処理を行って出荷段階まで開花させるため、光強度、日長および気温が蕾切り花の開花速度と品質に及ぼす影響について検討した。

実験1において検討した光強度については、100~1000 lxにおいて切り花品質に問題がなく、開花必要日数も短くなった(第2-2-7図)。開花のためには、エネルギー源および花卉を展開させるために多量の糖質が必要とされる(市村, 2010)。キクにおいても、

糖質を含む生け水によって開花が促進され(本間, 1995; 山中ら, 2013)、収穫前の遮光によって植物体内の糖濃度が低下するとともに日持ちが悪くなる(石川ら, 2006)ことで示されるように、光合成による糖質が開花に及ぼす影響は大きいものと考えられる。本実験では光強度が強いほど開花の進行が早くなっており、キクの光補償点が1000 lx程度であることを併せて考えると、開花処理液中に添加した糖だけでなく、開花処理中の光合成も開花に影響していた可能性が示唆されたものと考えられる。特に光強度の弱い0~10 lxでは、開花程度の進行が極端に遅れるだけでなく、葉の黄変や蕾の夭折(第2-2-8図)などの品質低下も著しかったことから、開花処理には少なくとも100 lx以上の光が必要なものと考えられた。また、圃場開花区の開花程度の進行は100~1000 lxの処理と同程度であったことから、切り口からシヨ糖3%を含む開花処理液を吸液させる開花処理

においては、適当な光強度は100~1000 lx程度と考えられた。その一方、10000 lx区では開花程度の進行は早かったものの、下位葉の萎れや葉脈部の赤変など葉に問題が生じた(第2-2-8図)。これは、1000 lx以下の各区と比較して10000 lx区での吸水量が極端に多くなり、切り花重相対値の増加が少ないこと(第2-2-7表)から、強光による過剰な蒸散が葉の萎れと開花液の吸液量の過剰を招いたためと考えられる。インタクトのキクにおける光飽和点は20000 lx以上とされている(樋口, 1979)が、切り花では葉からの蒸散と茎からの吸水のバランスをとる必要から、開花処理として与える光強度には上限があると考えべきであろう。

次に、短日植物であるキクは花芽分化だけでなく開花も日長が短いほど促進される(西尾, 1995)ため、短日による開花必要日数の短縮を期待して日長の影響を実験2で調査した。しかし、8~16時間の範囲で日長は開花必要日数(第2-2-9図)や切り花品質(第2-2-8表)に影響を与えなかった。これは、25℃下での開花処理に要した期間が9日間と短く、主として舌状花が伸長・展開するステージのみであったためと考えられる。カーネーションやユリにおける蕾切り花の開花処理は、連続明期(小山・宇田, 1994a; 水口ら, 2005)や12時間日長(土井ら, 1999; 宮前ら, 2011)で行われており、日長について検討した研究例は少ない。小ギクにおいても、光強度や温度に比較すると日長の影響は極めて小さく、実用上で特段の条件設定は必要ないものと考えられた。

温度については、夏秋ギク型品種である‘小鈴’(実験3)と秋ギク型品種である‘金秀’(実験4)を用いて検討した結果、‘小鈴’では15~30℃の範囲で、‘金秀’では15~25℃の範囲で、切り花品質を維持したまま開花させることが可能であった。特に、両品種とも20~25℃の範囲で開花必要日数が短く、開花処理の適温域と考えられた。20~25℃より低い温度もしくは高い温度では開花必要日数が増え、結果的に葉の黄変や花色の変化など品質低下を招く可能性が高まる。そのため、一斉収穫の補完的技術として利用する場合には、自然開花期の平均気温を目安とすることで適温に近づけることができるものと考えられる。

一方、いずれの品種と温度処理区においても、開花程度は処理後日数に比例して進行した。このことを利用すると、処理温度を調整することによって蕾切り花を計画的に開花させ、特定の高需要期に向けた

出荷調節技術としても利用できる可能性がある。ただし、その場合には開花必要日数が増えることによる切り花品質の低下に留意し、開花処理の計画を立てることが重要であろう。特に花色について、本実験で用いた両品種はいずれも黄色品種であり、小ギクの主要な花色である白色品種や赤色品種を用いた品種間差の検討が今後、必要だと思われる。山中ら(2013)は25℃で開花処理液の処方を検討する中で、赤色秋ギク型品種‘沖の乙女’の花色が淡色化したことを報告している。小山・宇田(1994a)はカーネーションの蕾開花において20~30℃の範囲では高温ほど開花所要日数が減少するものの、赤系品種の花色が淡色化したことを報告している。キクの赤系品種では、圃場での高温による淡色化について多くの報告(渡辺ら, 1995; 野崎ら, 2006)があり、品種による適温域が異なる可能性も大きいため、20~25℃以上の高温側での処理については、慎重な検討が必要だと考えられる。

これらのことから、夏秋ギク型品種と秋ギク型品種のいずれにおいても気温20~25℃、光強度を蛍光灯下で100~1000 lxの8~16時間日長が、蕾切り花の開花処理に最適な環境条件の目安といえる。また、開花処理を出荷調整として応用する場合には15~30℃の範囲の温度による調節が可能であるが、花色などの切り花品質に変化が生じる場合もあるため今後、品種間差について検討する必要があるものと考えられた。

第3章 開花の斉一化処理と未開花茎の選別開花処理を利用した一斉収穫の実証

第1節 一斉機械収穫による作業能率の向上

小ギク生産においては高齢化による生産者数の減少が著しく、消費の減少を上回る勢いで生産が減少してきている。その一方で、沖縄、奈良、茨城などの主産県では、専門的生産者による経営規模の拡大も同時に進んできており、労働生産性を高める技術開発が急務となっている。特に収穫調製作業は労働時間のおよそ半分を占めており、その省力化は労働生産性の向上と規模拡大に大きく寄与できる可能性がある。

小ギクの収穫作業では通常、収穫適期に至った切り花を順次収穫するため、同一圃場を数回にわたっ

て抜き切りされている。しかし、この作業様式には省力化を考える上で2つの問題点がある。ひとつは、収穫適期の花を探す移動や切り花を回収する動作に時間がかかるということ、もうひとつは収穫適期の判断に熟練を要するため経営主夫婦などに作業者が限定されることである。一方、沖縄県の一部で行われている数人の組み作業による手作業の一斉収穫では、収穫作業が非熟練の雇用労働によって担われているものの、地面に座り込むような姿勢での刈り取り作業と1束で20 kg前後になる切り花の束を肩に担いで圃場外に搬出する作業の労働負荷は小さくないものと考えられる。これらの問題点を解消する方法のひとつとして、一斉収穫を目指した切り花収穫機(田中, 2012; 田中ら, 2014; 山本ら, 2014)の開発が進められている。

そこで本章では、前章までに検討した開花の斉一化処理と未開花茎の選別開花処理を用い、開発中の切り花収穫機と組み合わせることによって収穫調製作業をシステム化した一斉収穫体系としての可能性を検討した。本節においては、生産現場における収穫調製作業の事例調査から現状の作業体系の問題点を整理するとともに、一斉収穫を目指して開発されてきた収穫機(田中, 2012; 田中ら, 2014; 山本ら, 2014)を導入した作業体系の開発、栽培環境および栽植条件と機械収穫の成否との関連性ならびに一斉機械収穫での省力化効果について検証した。

材料および方法

1. 慣行の一斉収穫および抜きとり収穫の作業特性

2005年2月に沖縄県名護市および今帰仁村で、同6月に奈良県平群町で各2戸の生産者の収穫作業を事例調査した。生産圃場での収穫作業をビデオカメラで撮影し、動作内容を探索・移動、採花、回収および搬出の4動作に区分して作業時間を集計した。なお、調査対象とした農家はいずれも30~50歳代の専業農家であり、各産地の平均的な栽培様式による圃場において調査した。

2. 切り花収穫機と作業体系の開発

収穫作業の中で大きな部分を占めている採花と回収の両動作を同時に改善することを意図して、収穫機と搬出台車を同時に開発することとした。2008~2010年に12回にわたって試作と収穫実験を行い、切

り花の損傷程度と切り口揃いを調査した。

3. 栽培環境および栽植条件と機械収穫の成否

フラワーネットの回収方法に関連して、栽培環境と栽植様式が切り花茎の倒伏と機械収穫の成否に及ぼす影響を、9月咲き品種‘銀星’の季咲き作型で調査した。実験は2009年に奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で行った。栽培環境として露地区、防風区および沖縄県の冬季の日射量に近づけた遮光区の3水準、栽植条件として条数、株間および株あたり仕立本数を変えた10水準(第3-1-1表)を組合せた30区を設け、各区の畝長を80 cm、供試株数を12~40株とした。防風区と遮光区はいずれも間口7 m、奥行20 m、肩高1.8 m、棟高4 mのパイプハウス骨材に0.4 mm目合いの防虫ネット(サンサンネットSL4200, 日本ワイドクロス株式会社)を全面被覆した中に設け、遮光区は更に65%遮光の寒冷紗をハウス上面に被覆した。各区の光条件は、晴天日の5月23日に光量子センサー(LI-190SL, Licor社)を接続したライトメータ(LI-250A, Licor社)を用いて測定した。

各栽培環境下に設けた栽植条件は、奈良県と沖縄県における慣行様式を参考として第3-1-1表のように、条数を奈良県慣行の2条植えと沖縄県慣行の4条植の2水準とし、栽培面積あたり立茎数が慣行の75~150%の5水準となるよう株間および株あたり仕立て本数を調整した。このため栽植面積あたり株密度は、奈良県の慣行と比較すると100~300%となった。4月16日に挿し芽した発根苗を、5月8日に定植した。摘心は5月19日に行い、株あたり仕立て本数を決める整枝作業は6月13日に行った。

開花盛期にフラワーネットの一部を除去し、株の拡がりの指標として株の中心から花房先端までの水平距離を測定した(第3-1-1図)。株の拡がりが比較的小さかった露地区についてはフラワーネットを事前除去し、大きかった防風区と遮光区についてはフラワーネットを収穫同時回収する方法で一斉機械収穫を行い、その成否を評価した。

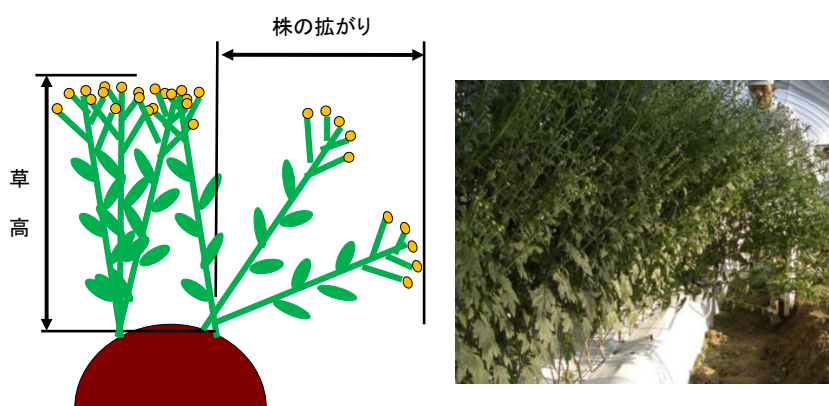
4. 切り花収穫機を用いた一斉機械収穫の作業時間

実験は、沖縄県における冬春作型と西南暖地における夏秋作型で計2回行った。1回目は2010年3月4日に、沖縄県糸満市の沖縄県農業研究センター内露地圃場で行った。沖縄県の慣行に従って畝幅140 cmで株間13 cmの4条植え摘心栽培された露地電照抑

第3-1-1表 各栽培環境に設定した栽植条件

条数	株間 (cm)	整枝数 (本/株)	立茎密度 ^z (本/m ²)	株密度 (株/m ²)	備考
2条	12	4	56 (100)	14 (100)	奈良県慣行
	12	3	42 (75)	14 (100)	
	12	5	69 (125)	14 (100)	
	8	4	83 (150)	21 (150)	
	10	4	67 (120)	17 (120)	
4条	12	2	56 (100)	28 (200)	沖縄県慣行
	12	1.5	42 (75)	28 (200)	
	12	2.5	69 (125)	28 (200)	
	8	2	83 (150)	42 (300)	
	10	2	67 (120)	33 (240)	

^z立茎密度と株密度は、いずれも圃場面積あたり。括弧内は奈良慣行を100とした相対値。



第3-1-1図 収穫前に測定した株の拡がり

制3月出荷作型の‘沖の乙女’および‘金秀’を用いた。同一圃場内に栽培された20m長の6畝を、作業速 $0.083\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ に設定した切り花収穫機によって一斉収穫し、作業時間を計測した。6畝のうち3畝はフラワーネットを同時処理する4人作業、3畝はフラワーネットを事前に除去する2人作業とした。

2回目は2010年9月7日に、香川県善通寺市の近畿中国四国農業研究センター四国研究センター内の圃場で行った。奈良県の慣行に従って畝幅130cmで株間12cmの2条植え摘心栽培された露地季咲き作型の‘銀星’および‘鈴丸’を用いた。同一圃場内に栽培された40m長の3畝を、作業速 $0.15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ に設定した切り花収穫機によって一斉収穫し、作業時間を計測した。3畝のうち2畝はフラワーネットを同時処理する4人作業、1畝はフラワーネットを事前に除去する2人作業とした。

結果

1. 慣行の一斉収穫および抜きとり収穫の作業特性

調査対象とした沖縄県および奈良県での収穫作業の様子を、第3-1-2図および第3-1-3図に示した。沖縄県の2事例は、秋ギク型品種を用いた電照抑制作型の圃場で、手作業による一斉収穫が行われていた。事例1では、一人が刈払機による採花を行い、もう一人がフラワーネットから抜き取って収穫台車で回収、搬出するという組み作業であった。事例2は、手鎌で採花して順次、収穫台車に集めるという一人作業であった。奈良県の2事例は、いずれも出荷適期となった切り花のみを柄の長い花切り用の鎌を使って収穫する抜き切り収穫が行われており、調査は主に収穫最盛期の畝の収穫時に行った。事例3では第3-1-3図のように、経営主が開花程度を判断して採花し、もう一人が回収、担いで圃場外に搬出していた。事例4は一人作業で、採花した切り花を順次、収穫台車に集め



第3-1-2図 調査対象とした沖縄県での一斉収穫作業の様子
事例1(上段):刈払機と収穫台車を用いた2人組作業
事例2(下段):のこぎり鎌と収穫台車による1人作業

第3-1-3図 調査対象とした奈良県での抜き切り収穫作業の様子
事例3(上段):長柄の花切り鎌を用いた2人組作業
事例4(下段):長柄の花切り鎌と収穫台車による1人作業



第3-1-4図 作業時間調査で用いた動作区分

第3-1-2表 収穫作業の現地事例における切り花1本あたりの動作別時間

調査事例	収穫方法	開花状況	動作別時間 (秒・本 ⁻¹)				合計作業時間	収穫方法の詳細		
			移動等	採花	回収	搬出		人員	採花	搬出
事例1	沖縄 一斉収穫	—	0.42	0.15	0.63	0.37	1.57	2人組作業	刈払機	収穫台車
事例2			—	0.27	0.43	—	—	—	1人作業	手鎌
事例3		収穫盛期	0.25	1.22	0.33	0.39	2.18	2人組作業	花切り鎌	
事例4	奈良 抜き切り		0.08	1.51	0.66	0.18	2.43			
事例4-2		収穫始め	7.47	1.65	0.72	3.58	13.42	1人作業	花切り鎌	収穫台車

^z 回収と搬出の動作時間には、それに伴う移動時間を含む

^y 事例2では、移動および搬出の時間数が少なかったため、集計対象外とした

てゆくことで回収を同時に行っていた。なお、事例 4 においては 1 回目の抜き切りを新たに開始する収穫始めの畝での収穫も見られたため、事例 4-2 として別に調査、集計した。

これらの事例を第 3-1-4 図のように 4 つの動作に区分して、切り花 1 本あたりの動作時間として集計した結果を第 3-1-2 表に示した。沖縄県の一斉収穫と奈良県の抜き切り収穫を比較すると、抜き切り収穫の採花動作には 1.22~1.65 秒・本⁻¹を要しているのに対し、一斉収穫の採花動作は 0.15~0.27 秒・本⁻¹と極めて短くなっていた。その一方、回収ならびに搬出の動作時間については採花動作ほど顕著な差は見られず、合計作業時間は抜き切り収穫の 2.18~2.43 秒・本⁻¹に対し 1.57 秒・本⁻¹であった。収穫台車を使用している収穫盛期の 3 事例における回収動作では、0.43~0.66 秒・本⁻¹と比較的近い動作時間となっていた。これは一斉収穫の場合、フラワーネットから切り花を下方に抜き取る動作に時間がかかるためと見られた。また収穫台車の利用も、必ずしも回収および搬出の動作時間を短くしているとは見られなかった。また収穫始めの事例 4-2 についてみると、採花動作の時間は 1.65 秒・本⁻¹と事例 4 とほとんど変わらないものの、収穫適期の花を探す必要があるため移動・探索の動作時間が 7.47 秒・本⁻¹と極めて多くなっていた。

2. 切り花収穫機と作業体系の開発

本研究と連携して、田中ら (2104) および山本ら (2014) によって第 3-1-5 図および第 3-1-3 表に示したような切り花収穫機と搬出台車が開発された。この収穫機は 2 馬力のエンジン式で、2~5 条植えの 120~150 cm 幅の畝を跨いで走行する 3 輪の駆動部、畝面から一定高で切り花を切断する刈取部、切り花を縦に保持したまま後方へ送る 2 段ベルト式搬送部、フラワーネットの巻き取り回収装置および切り花を収穫布に直に集積する収容部を持つ。収容後の切り口は 10 cm 以内に揃えられており、そのまま収穫後の水揚げが可能であった。収穫された切り花茎における葉の損傷は、第 3-1-6 図に示したように切り口から 15 cm 以下の部分に葉の欠損や葉折れなどが 5 cm に 1 枚以上と多かった。しかし、この部分は出荷時に切除もしくは脱葉される部分であり、それより上部では損傷がほぼ見られなかった。また、先述の各動作時間分析の結果をふまえて、収穫を終えた畝を跨ぐように運行できる人力の搬出台車を作成し、収穫機に後続する形での運行方式を考案した(第 3-1-7 図)。

この搬出台車の適正積載量は、200~300 本の切り花を収束した収穫布 4~6 束であり、これ以下であれば人力で圃場外まで問題なく搬出することが可能であった。

3. 栽培環境および栽植条件と機械収穫の成否

防風のために設置した 0.4 mm 目合いのネットによる遮光があったため、防風区および遮光区の PPF_D は露地区の 86%および 32%となったが、気温には差が見られなかった。栽培環境と栽植条件がフラワーネットを除去した時の株の拡がり程度に及ぼす影響を第 3-1-8 図に示した。株の拡がり程度は栽培環境と栽植条件の両方の影響を受けたが、栽培環境の影響がより大きく、露地区に比べて防風区と遮光区で株の拡がりが増大した。株の拡がりが増大した場合は、切り花茎の先端が地面に付くほどの倒伏であり、遮光区 4 条植えの各区では特に倒伏が顕著であった。

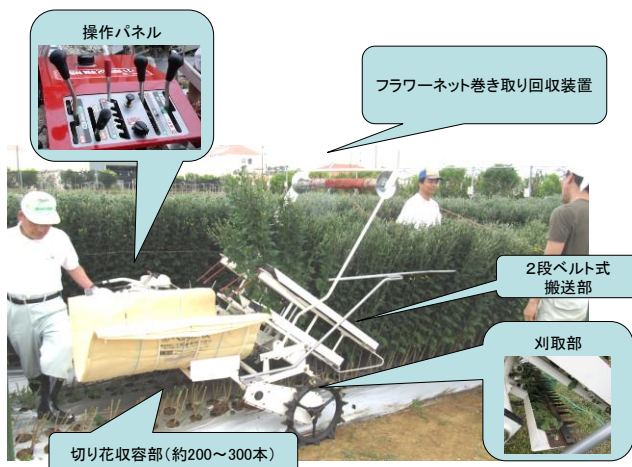
栽植条件については、栽植面積あたり立茎数が多くなるほど株の拡がり程度が大きくなる傾向が露地区で見られた。同一の栽植面積あたり立茎数で 2 条植えと 4 条植えを比べると、株密度の高い 4 条植えで株の拡がり程度が大きくなる傾向が見られ、この傾向は遮光区で栽植面積あたり立茎数が多いほど顕著であった。

株の拡がり程度が 74 cm 以下であった露地区については全区で、フラワーネットを事前に撤去しても切り花が大きく倒伏することはなく、切り花収穫機によって問題なく収穫することができた。これは、露地区における株の拡がり、主として切り花茎の曲がりによるものであったことが要因であった。

一方、株の拡がり程度が 90 cm 以上と大きかった防風区と遮光区では、事前にフラワーネットを撤去すると株元での座屈や根転びを伴う倒伏も一部に見られた。このため、切り花収穫機のフラワーネット回収装置を稼働させて一斉機械収穫を行った結果、全区で切り花収穫機による機械収穫が可能であった。

4. 切り花収穫機を用いた一斉機械収穫の作業時間

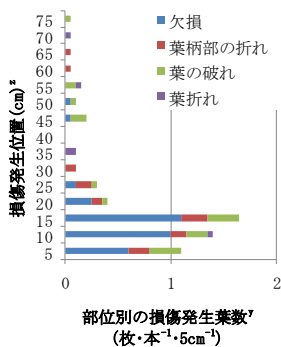
沖縄県の冬春出荷作型では電照ラインと灌水設備が圃場内に配置されているため、切り花収穫機の導入には、これらを撤去する事前処理が必要であった。また、フラワーネットを支えている支持杭の間引き撤去ならびに進入部と旋回部の手刈り収穫も必要となった。支持杭の間引きについては、通常 1~2 m 間



第3-1-5図 供試した切り花収穫機(特許第5640270号、特許第5467235号)

第3-1-3表 本研究で使用した収穫機と搬出台車の主要諸元

名称		収穫機
型式		MH-8
全長×全幅×全高(cm)		213×160(170)×95
機体重量(kg)		187.4
エンジン	型式名	ロビンEH09-2D形
	種類	空冷4サイクルガソリン
	総排気量(cc)	85
	出力/回転速度(PS/rpm)	2.0/3600
	使用燃料	自動車用無鉛ガソリン
	燃料タンク容量(l)	2.3
	始動方法	リコイルスターター式
走行部	車輪(cm)	前輪46×10(外径×幅)×2個 後輪40×7(外径×幅)×1個
	変速段数(段)	前進4(刈取り2)後進2
	速度(cm/s)	作業速 (低)8.1~12.3 (高)18.9~28.8 後進 (低)42.0~63.8 (高)98.5~149.6 路上速 (低)65.9~100.0 (高)154.7~235.1
	輪距(cm)	140(沖縄仕様) 120(奈良仕様)
刈取・搬送部	上下調節	油圧式
	上下調節範囲(cm)	16~52
	搬送速度(cm/s)	下 (低)10.1~15.4(高)23.8~36.1 上 (低)15.6~23.8(高)36.7~55.8
	刈刃速度(cm/s)	(低)13.3~20.2(高)31.2~47.4
	フラワーネット巻取り速度(cm/s)	(低)14.2~21.6(高)33.3~50.6
名称		搬出台車
全長×全幅×全高(cm)		115×127~160×105
機体重量(kg)		31.8
輪距(cm)		117~150



第3-1-6図 切り花収穫機による収穫での葉の損傷発生位置(2条植え, '沖の乙女')

※ 損傷発生位置は、切り花基部を0として、5cm毎に階層化して集計した
 † 20本の切り花について調査し、損傷発生数を階層ごとに1本あたりで示した

隔で入っているものを少なくとも 8 m 間隔まで撤去しても、機械収穫に問題となるようなキクの倒伏は生じなかった。

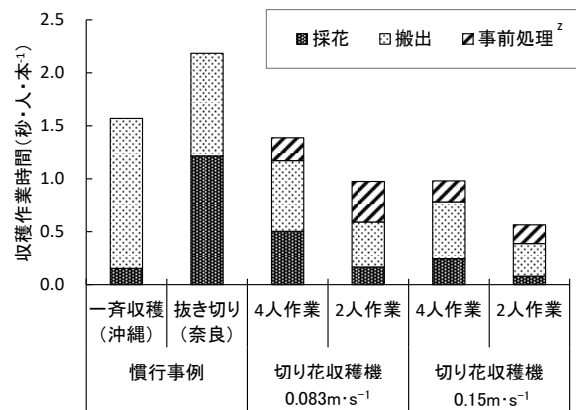
2 人作業では、第 3-1-7 図のようにフラワーネットと支持杭を完全に事前撤去した後、収穫機の操作者と、台車でキクを圃場外に出す搬出者の 2 人によって機械収穫を行うことが可能であった。4 人作業では、第 3-1-9 図に示したように 2 人作業と同様の操作者と搬出者に加え、収穫機の前方に 2 人の補助者を配置し、倒伏防止のために残した支持杭の撤去、フラワーネット巻き取りの誘導および倒伏した切り花の誘導を行うことで効率的な収穫作業が可能であった。

香川県での夏秋出荷作型は季咲き作型であるため電照ラインと灌水設備の事前撤去は不要であったが、それ以外の事前処理は沖縄県と同様に行う必要があった。切り花は 1 m 以上の草高があったが、フラワーネットを除去しても倒伏は見られなかった。沖縄県での実験と同様に、2 人作業および 4 人作業により、 $0.15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ の作業速でも問題なく機械収穫が可能であった。

2 回の作業時間を事前処理、搬出および採花に区分して集計し、切り花 1 本あたり作業時間として第 3-1-10 図に示した。事前処理を含む全工程の作業時間は、 $0.083\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ の作業速においては 4 人作業および 2



第3-1-9図 収穫機の前に2名の補助者を付けた4人作業



第3-1-10図 収穫機による一斉収穫の作業時間

² 事前処理は、支持杭、フラワーネットおよび電照設備の前処理

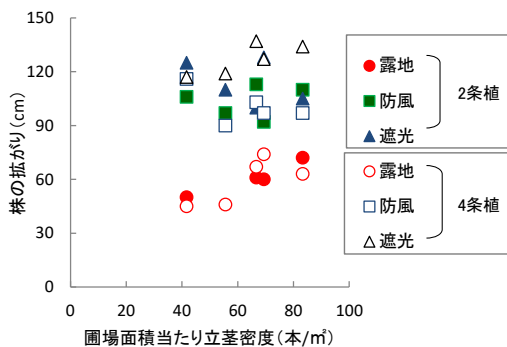
人作業で各々、1.39 および 0.98 秒・人・本⁻¹、 $0.15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ の作業速においては 0.98 および 0.57 秒・人・本⁻¹ であった。

考察

本節においては、前章までに示した開花を斉一化させる栽培技術および未開花茎を選別し開花させる技術を、実際の収穫・調製作業の省力化につなげることを意図して、切り花収穫機による一斉機械収穫の可能性を検証した。最初に、現状の手作業による一斉収穫および抜き切り収穫の作業特性についての調査から、切り花 1 本あたりの労働時間から見た一斉収穫の特徴が見出された。すなわち一斉収穫においては、適期の花を探す探索動作がなくなり、まとめて採花することによって切り花 1 本あたりの採花動作の時間が大幅に短縮される一方、回収および搬出の動作時間はほとんど短縮されないことである (第 3-1-2



第3-1-7図 切り花収穫機と同時に運行した搬出台車



第3-1-8図 栽培環境と栽植条件がフラワーネット除去時の株の拡がりに及ぼす影響

第3-2-1表 作型ごとに行った開花斉一化処理の内容と栽培概要

開花期	品種	処理区で行った開花斉一化処理の時期と内容				栽培概要		
		株間変更, 系統選抜	苗冷蔵	植物生育調節剤 ^z	摘葉	挿し芽	定植	摘心
6~7月	みのる 紅千代	株間 9 cm '紅千代'は選抜系統	— ^x	—	6月11日 (35 cm) ^y	3月12日	4月2日	4月12日
8月	小鈴	株間 9 cm 選抜系統	3月18日~4月11日 (挿し芽3月2日)	7月1日	7月13日 (35 cm)	3月26日	4月12日	4月20日
9月	銀星	株間 9 cm	4月5日~5月2日 (挿し芽3月12日)	7月30日	8月17日 (40 cm)	4月13日	5月3日	5月12日
10月	沖の乙女	株間 9 cm	—	8月24日	9月17日 (30 cm)	5月21日	6月10日	6月23日
11月	老松	株間 9 cm	—	10月12日	—	6月2日	6月24日	7月2日

^z 植物生育調節剤は、ダミノジッド0.08%を株あたり10 mlを散布した

^y 摘葉を行った地上高

^x '—'は、処理を行わなかったことを示す

表)。このことは、収穫機の導入による省力化を実現するためには、採花だけではなく回収および搬出を含めた作業体系を考慮する必要性を示すものと考えられた。

これに対して、切り花の回収と集束を行うための切り花収容部を付属させた切り花収穫機(第3-1-5図)と収穫した切り花の束を省力的に搬出するための搬出台車の同時運行を検討した結果、第3-1-10図のように大幅な収穫作業時間の省力化が可能となった。しかし、倒伏しやすい切り花を前提とした4人作業では、搬出の省力化はできたものの補助者付での収穫機運行がネックとなり、採花時間が沖縄慣行の手作業による一斉収穫より長くなっていた。このため事前作業を含める全収穫作業時間では作業速 $0.15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ で $0.98\text{秒}\cdot\text{本}^{-1}$ となり、現状の手作業による一斉収穫や抜き切り収穫の45~62%に省力化されたものの、機械投資を考慮するならば更なる改善の余地が残されているものと考えられた。

一方、一斉機械収穫を実現するためにはフラワーネット、支持杭および電照ライン等の圃場内にある障害物の取り扱い、ならびにフラワーネットを除去した際の切り花の倒伏が作業上の問題となった。前者に対しては、収穫機の運行前に撤去あるいは支持杭の間引きなどの事前処理を行うことで対処できた。これら事前処理に必要な時間を含めても、全収穫作業時間は慣行より短くなっており(第3-1-10図)、搬出台車の運行も可能になることで搬出作業の軽労化にも寄与するものと考えられた。

切り花の倒伏については、栽培環境および栽植条件に大きく影響されることが明らかとなり(第3-1-8図)、夏秋期の露地条件ではフラワーネットを事前に

撤去し機械収穫が可能であるが、防風ネットハウス内や冬春期の沖縄県の栽培条件では倒伏が大きいため、フラワーネットを残しながら収穫機を運行する必要性が示された。また、機械収穫に対応して耐倒伏性を高めるためには、株密度をできるだけ低くするとともに、通風と日射量を確保するような栽培が有効であった(第3-1-8図)。農作物の耐倒伏性については、水稻(渡辺, 1990)や大豆(島田ら, 2002)など機械収穫が進んでいる作物では重要な研究対象となってきたが、手作業を前提してきた花き類での先行研究は渡邊ら(2010)の報告がある程度で極めて限られており、一斉機械収穫による省力化を進めてゆく上では品種間差や栽培条件などの研究の展開が今後の課題だと考えられた。

第2節 開花の斉一化と未開花茎の開花処理技術を利用した一斉機械収穫

小ギク生産では、全労働時間の約半分を収穫・調製作業が占めており、この部分での省力化は大幅な労働生産性の向上と生産コストの削減を可能とする。露地での電照抑制栽培が主体の沖縄県では一部で、既に手作業による一斉収穫が行われており規模拡大が進んでいる(渡邊, 2017)。露地生産で規模拡大が進んでいるキャベツでは、収穫機の開発(青木, 2013; 山本, 1997)と併行して、生育の斉一性向上に関わる品種(藤原ら, 2003; 吉秋ら, 2008)、作型や栽植様式の影響(藤原ら, 2000; 2003)が検討されてきた結果、一斉機械収穫による低コスト化の実現が期待される状況となっている(天野, 2006)。

小ギクにおいても、切り花収穫機(田中, 2012; 山

本ら, 2014) の研究が進められており, 本章第1節ではこれを用いた一斉機械収穫の省力化効果と残された課題について検討した. また, 第1章では栽培・育種面から開花斉一性を高める技術を明らかにし, 第2章では開花程度の機械選別および未開花茎の開花処理技術を開発した. そこで本節では, これらの要素技術を生産現場の実情に応じて組み立てることによって, 収穫および調製作業の省力・軽労化を実証レベルで検証した. 実験1では, 夏秋期出荷の各作型において第1章で示した開花斉一性を高める技術の組合せ効果を検討した. 実験2では, 開花斉一性を高める処理を行った切り花を用いて, 第2章に示した未開花茎の開花処理を行い, それらの実用性を確認した. 実験3では, 第1章第3節に示した電照抑制作型を行っている生産者において, 第2章に示した開花程度の機械選別と未開花茎の開花処理ならびに本章第1節に示した切り花収穫機による一斉機械収穫を体験してもらい, 一連の収穫調製システムについて生産現場の視点から検証した.

材料および方法

1. 複数の開花斉一化処理による組み合わせ効果 (実験1)

実験は奈良県農業研究開発センター内の雨除けハウスで2010年に行った. 第3-2-1表に示したように, 6~11月開花6品種を用いて作型ごとの慣行栽培に従った対照区と複数の開花斉一化処理を行った処理区を設け, 各区20株を供試した. 処理区においては, 株間は9cmとし, ‘紅千代’と‘小鈴’では早晚性による選抜系統を供試し, ‘小鈴’と‘銀星’では2℃, 暗黒条件での苗冷蔵を行った. ‘老松’以外の処理区では生育後半に, その時の草高に応じて下葉の摘葉処理を行った. 対照区では定植時の株間を12cmとし, ‘紅千代’と‘小鈴’では選抜前のバルク個体群を親株とし, 苗冷蔵, 植物成長調整剤および摘葉処理は行わなかった. 摘心から約1ヶ月後に整枝した. なお, 整枝にあたって株あたりの仕立て本数を対照区では5本, 処理区では4本とした. 各切り花の開花日に順次収穫し, 開花日を2日間単位で集計して開花斉一性を調査した.

2. 開花斉一化処理と未開花茎の開花処理を組み合わせた一斉収穫の実証 (実験2)

実験は, 奈良県農業研究開発センター内の露地圃場で2010年に行った. 露地10月開花作型の‘お吉’各区30株で, 斉一化処理区と慣行区を設けた. 斉一化処理区では株間を10cmとし, 摘心後の株あたり仕立て本数を4本とした. また, 8月24日に株あたり10mlのダミノジッド(ビーナイン水溶剤80, 日本曹達株式会社)0.08%液を上位茎葉に散布処理し, 9月17日に地上高30cmまでの下葉を除去する摘葉処理を行った. 慣行区では株間12cmとし, 摘心後の株あたり仕立て本数を5本とし, 摘葉処理やダミノジッド処理は行わなかった. 両区とも挿し芽は5月19日, 定植は6月7日, 摘心は6月15日に行い, 処理以外の栽培は実験1と同様とした.

両区を2010年10月25日に一斉収穫し, 開花程度選別機(第2章第1節第2項)で選別するとともに, 各切り花のF/G値(第2章第1節第1項)を記録した. ここで未開花の切り花は, なりゆき気温の室内で開花処理(第2章第2節)を行い4日後まで開花程度による選別を繰り返し, 出荷可能となった切り花本数を調査した.

なお開花処理には, ショ糖3%, STS 0.03mM, 界面活性剤(グラミンS, 三井化学アグロ(株))0.03%および8-HQSを200ppmで添加した水道水を用いた.

3. 電抑制作型, 切り花収穫機および未開花茎の開花処理を組み合わせた一斉機械収穫の現地実証 (実験3)

実験は香川県まんのう町の生産者圃場および出荷場で, 2012年8月29日~9月5日に行った. 生産者の露地圃場で電照抑制栽培された‘精ちぐさ’, ‘精はぎの’および‘精かのか’を8月30日と31日に一斉機械収穫して水揚げした. 収穫後に, 極端な弱小枝と茎曲がり, 病害虫の被害茎等をB品として目視により選別して除去した.

これらを開花程度選別機(第2章第1節第2項)に投入して, 咲きすぎの切り花, 出荷適期の切り花および開花処理が必要な未開花切り花に選別し, それらの数量と選別作業時間を記録した. 未開花切り花は, なりゆき気温の生産者出荷場で開花処理(第2章第2節)を行い4日後まで開花程度による選別を繰り返し, 出荷可能となった切り花本数を調査した. 開花処理は, 山中ら(2013)に準じた処方である試作開花液製剤(CJ-102, クリザールジャパン株式会社)の10倍希釈液8Lを入れた漬物樽に, 下葉20cmを脱葉して切り花長を調整しない切り花約200本ずつを入

れて、出荷場内の日陰に置いた。処理期間中の気温は、平均 25.6（最低 20.8～最高 35.2）℃であった。

結果

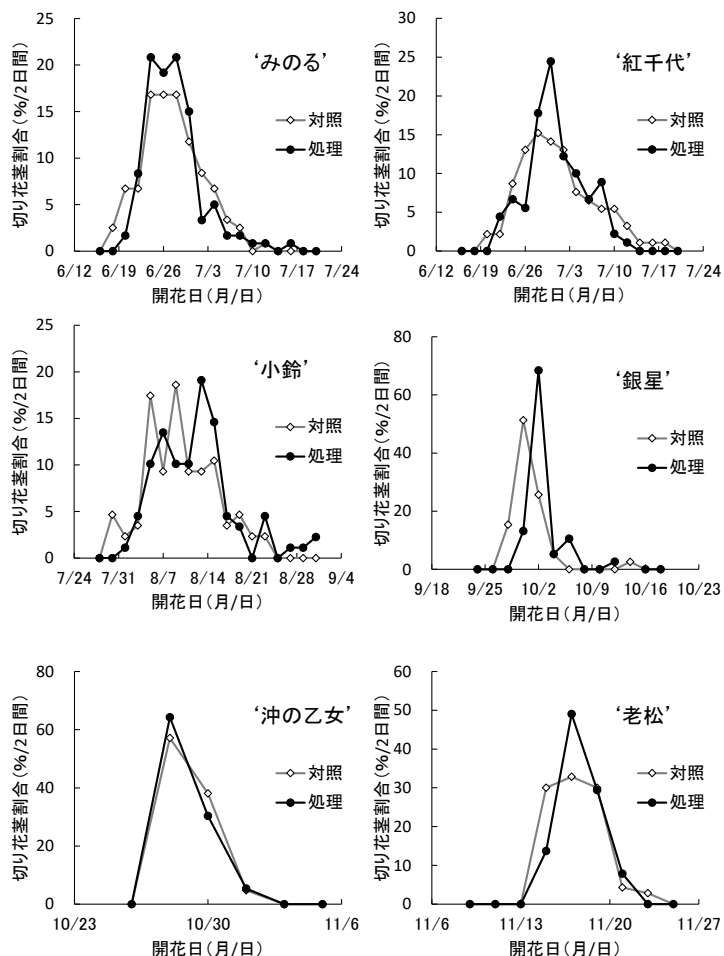
1. 複数の開花斉一化処理による組み合わせ効果（実験 1）

複数の開花斉一化処理の組合せが、各品種の開花斉一性に及ぼす影響を 2 日ごとの切り花茎割合として第 3-2-1 図に示した。いずれの品種においても、処理区の開花ピークの切り花茎割合は対照区と同等以上となったが、開花期間の幅や処理による効果には品種間差が見られた。7 月咲き品種の‘みのる’と‘紅千代’および 8 月咲き品種の‘小鈴’では、両区とも開花期間が 3 週間以上にわたっており、ピークの切り花茎割合は処理区においても 19～24%にとどまった。これに対し、9 月咲きの‘銀星’、10 月咲きの‘沖の乙女’および 11 月咲きの‘老松’の処理区では 49

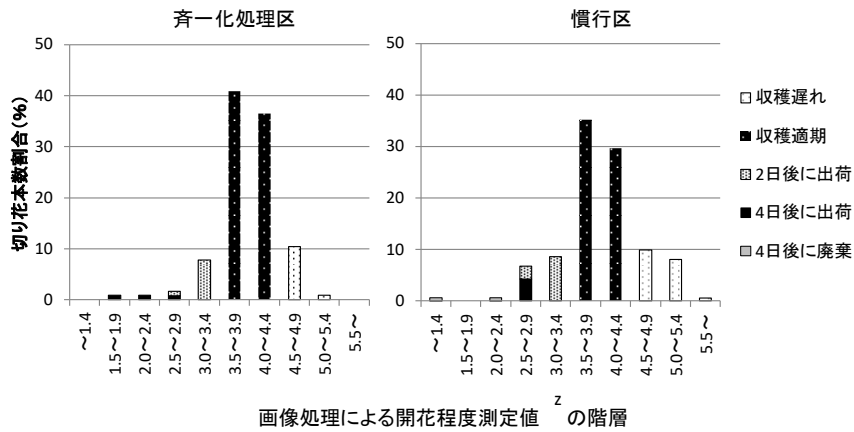
～68%と開花が集中した。苗の冷蔵処理を行った 8 月咲き品種‘小鈴’と 9 月咲き品種‘銀星’の処理区では、対照区より開花ピークが遅れる傾向が見られた。

2. 開花斉一化処理と未開花茎の開花処理を組み合わせた一斉収穫の実証（実験 2）

測定対象とした切り花本数は慣行区が 115 本、斉一化処理区が 131 本であった。開花斉一化処理、開花程度選別機および未開花茎の開花処理技術を用いた時の歩留まり比率を第 3-2-2 図に示した。斉一化処理区では、F/G 値の標準偏差が慣行区の 0.77 から 0.49 と小さくなり、収穫適期の切り花比率も慣行区の 65%から 77%に増加した。一斉収穫した時点において出荷適期を過ぎていた切り花は、斉一化処理区および慣行区で 11%および 19%であった。未開花茎については斉一化処理区および慣行区で、2 日後に 9%および 11%、4 日後に 3%および 4%の切り花が出荷可能となり、開花処理によって 4 日後までに開花せず、廃棄した切り花は両区とも 2%未満であった。



第3-2-1図 複数の斉一化処理の組合せが2日ごとの切り花茎割合に及ぼす影響



第3-2-2図 斉一化処理技術、開花程度選別機および未開花茎の開花処理技術を用いた時の小ギク‘お吉’の切り花歩留まり比率

z 開花程度の測定値は、第2章第1節第1項による。3.5~4.4が出荷適期

3. 電照抑制作型、切り花収穫機および未開花茎の開花処理を組み合わせた一斉機械収穫の現地実証（実験3）

2日間の収穫、選別および開花処理で取り扱った切り花は、B品を除いて3品種合計10,283本であった。フラワーネットを同時回収する4人作業により約50mの畝6本を、倒伏などの問題もなく切り花収穫機で一斉機械収穫できた（第3-2-3図）。

適期収穫であった‘精ちぐさ’と‘精かのか’では61~64%が、やや早めの収穫となった‘精はぎの’では42~47%が当日出荷となった（第3-2-2表）。いずれの収穫日と品種においても、開花処理によって5日以内に出荷できる状態となり、葉の黄変はなく正常開花しており、通常の工程による出荷が可能であった。収穫8~9日後までに出荷できる状態に至らなかった切り花を観察したところ、収穫時の開花ステージが極端に早すぎた切り花で水揚げ不良、開花不良および下位葉の褐変が見られたが、これらは収穫量の3%以下に留まった。

開花程度選別機と重量選花機を接続して行った本試験での作業能率は、第3-2-3表に示したように一斉収穫した切り花の初回選別で3.02~3.70秒・本⁻¹、開花処理後の再選別で2.92~3.24秒・本⁻¹と2回目以降の選別作業は速くなった。

生産者や普及指導員への聞き取り調査では、機械収穫と開花処理では省力化と軽労化の効果を評価する意見が多かったものの、開花処理については流通業者との意識統一や開花処理を行う動線とストック場所の確保が実用上、課題となるとの意見があった（第3-2-4表）。

考察

実験1では、夏秋期出荷の各作型において第1章で示した開花斉一性を高める技術の組合せ効果を検討した。いずれの作型と品種においても開花ピークの切り花茎割合が高くなり、各処理によって開花斉一性を高めることができた。9月咲き品種および10~11月咲きの秋ギク型品種での開花期間は概ね1週間以内と短く、一斉収穫とすることも可能であろうと思われた。しかし、第1章第4節でも示したように開花斉一性に劣る品種の多い6~8月咲きの夏秋ギク型品種では、本実験の開花斉一化処理区においても開花期間が2週間前後とやや長く、一斉収穫を進めてゆく上では未だ不十分な結果となった（第3-2-1図）。

開花の斉一化が不十分な場合、開花盛期以前に開花する切り花と開花盛期以後に開花する切り花の2つが問題となる。このうち後者は、極端に開花が遅れない限り第2章第2節で示した未開花茎の開花処理によって出荷段階まで開花を進めることが可能である。しかし、前者の開花盛期以前に開花する切り花については、一斉収穫を行うまでの期間に抜き切り収穫を行っておく必要があり、一斉機械収穫による省力化効果を小さくすることになる。この点においては、実験1の結果では‘みのる’、‘紅千代’および‘小鈴’のいずれにおいても開花斉一化処理によって開花盛期以前に咲く切り花茎割合は小さくできており、一斉収穫を行う上で有益だと考えられた。ただ本実験では、第1章で検討した複数の斉一化処理を組み合わせで行ったものの、それらの相乗効果が十



第3-2-3 図 現地適用を行った圃場，機械収穫，開花程度選抜および開花処理の状況

第3-2-2表 一斉収穫した小ギク切り花の開花処理による日別出荷量

品種 (収穫日)	総収穫 本数	B品 ^z	正品								備考	
			小計	咲き すぎ ^y	当日	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後		6日後 以降
精ちぐさ (8月30日)	1,213 (100%)	300 (25%)	913 (75%)	54 (4%)	770 (63%)	57 (5%)		28 (2%)			4 (0%)	2回抜き切り後
精かのか (8月30日)	601 (100%)	100 (17%)	501 (83%)	88 (15%)	364 (61%)	42 (7%)		7 (1%)				収穫最適期
精はぎの (8月30日)	3,654 (100%)	393 (11%)	3,261 (89%)	60 (2%)	1,709 (47%)	512 (14%)		786 (22%)	76 (2%)		118 (3%)	やや早めの収穫
精はぎの (8月31日)	2,429 (100%)	400 (16%)	2,029 (84%)	193 (8%)	1,020 (42%)		517 (21%)	126 (5%)		94 (4%)	79 (3%)	やや早めの収穫
精ちぐさ (8月31日)	3,979 (100%)	400 (10%)	3,579 (90%)	238 (6%)	2,530 (64%)		484 (12%)	209 (5%)		93 (2%)	25 (1%)	収穫最適期

^z B品は、最初の選別時に除外した「曲がり」、「弱小枝」、「病害虫」などで、以後の出荷および開花処理の対象外とした概数

^y 「咲きすぎ」は収穫次点で、市場の出荷適期を過ぎていたもので、直売所向け出荷とした

第3-2-3表 一斉収穫した小ギク切り花の開花程度選別機による選別作業能率

作業対象(事例No)	所要時間 (分)	処理本数 (本)	作業速度 (秒/本)	備考(作業日、花色)
千本単位での一斉収穫した切り花の1回目選別				
事例 1-1	60	1,029	3.50	(8月30日、精ちぐさ)
事例 1-2	74	1,201	3.70	(8月30日、精かのか、精はぎの)
事例 1-3	115	2,686	3.02	(8月30日、精はぎの)
事例 1-4	123	2,178	3.39	(8月31日、精はぎの)
事例 1-5	203	3,711	3.28	(8月31日、精ちぐさ)
平均			3.38	
千本単位での開花処理後の再選別				
事例 2-1	74	1,523	2.92	(8月31日、精はぎの)
事例 2-2	188	3,483	3.24	(9月2日、精はぎの)
平均			3.08	
百本単位での開花処理後の再選別				
事例 3-1	34	538	3.79	(9月3日、精はぎの)
事例 3-2	19	336	3.39	(9月5日、精はぎの)
事例 3-3	9	122	4.43	(9月5日、精ちぐさ)
平均			3.87	

第3-2-4表 一斉機械収穫体系についての生産者および普及指導員の意見と改良点

項目	評価・意見	改良点
開花液	<ul style="list-style-type: none"> 普及センターでの追跡調査で日持ちは慣行切り花より良かった 黄色の発色が悪いとの業者のコメントがあった 業者の倉庫でもストックするため、流通業者サイドに切り漬け処理に抵抗感がある 「精ちぐさ」で水あげ不良があった 10倍希釈では在庫を大量に持つ必要があり不便、せめて20倍希釈にならないか 高単価の物日中心に使うとすれば、利用可能な範囲 	<ul style="list-style-type: none"> 開花液の吸液時間を確保する作業工程を整理する必要がある 流通業者に効果を実感させる必要 最低限の品種選択 製剤化の形状を検討
開花処理作業	<ul style="list-style-type: none"> 開花液処理前の調製が手作業になるため、独立した下葉取り機とカッターが必要 開花液処理は、一斉収穫分の1/3ぐらいに留めないと作業効率が悪い 	
開花程度選別機	<ul style="list-style-type: none"> 開花程度選別機を使うと、出荷箱の切り前が揃うので見栄えが良い 切り花長110cmが問題なく入るようにしておいて欲しい リモートメンテナンスの機能を備えてほしい 「咲きすぎ」と「未開花」を別々に集積したい NG(未開花茎)の集積部に、満杯センサーが欲しい 	<ul style="list-style-type: none"> 捌き+事前選別1名(熟練者)、投入1名、未開花茎処理1名、検品+結束+箱詰め2名の5名体制が効率的
作業体系	<ul style="list-style-type: none"> 全体的な収穫調製の作業体系は非常に楽で速いため利用価値がある 曲がりが多い品種「ちぐさ」では作業性が悪かった 外での作業時間が短いのは、作業者にも切り花にも良い 作業体系として良いと思うので、もう少し長期間使ってみたい 	<ul style="list-style-type: none"> 1~2回の抜き切り収穫を行った後、一斉収穫する 機械収穫向けの品種選択
収穫機	<ul style="list-style-type: none"> フラワーネットを軸の中央に寄せて巻取ってほしい 軽トラックで運べる構造にしてほしい 	

分には発揮されておらず、複数の処理を併用する場合には、品種に応じた適切な処理時期の組合せなど、より詳細な検討を進める必要があるものと考えられた。

実験 2 では斉一化処理を行った切り花を用いて、第 2 章に示した未開花茎の開花処理を行い、それらを組み立てた場合の実用性を秋ギク型品種「お吉」で検証した。その結果 77%が一斉に収穫して出荷することが可能で、98%が開花処理によって最終的に出荷することが可能と見込まれた。ただし、一斉収穫を行う際に事前の抜き切り収穫の対象となる開花盛期以前に開花した切り花が、慣行区より少なくなっているものの 11%残された(第 3-2-2 図)。すでに手収穫による一斉収穫の見られる沖縄県の産地でも、一斉収穫の前に 1~2 回の抜き切り収穫が行われている事例は多く、実用上は 1~2 回の抜き切り収穫を行った後、一斉機械収穫を行うことで省力化と軽労化の効果が得られるものと考えられた。

実験 3 では、より短期的な実用可能性を検討するため第 1 章第 3 節に示した夏秋ギク型品種の電照抑制型を行っている生産者において、切り花収穫機による一斉機械収穫、開花程度の機械選別および未開花茎の開花処理を実証規模で検証した。その結果、実用化に向けては未だ多くの課題が残されているものの、一連の作業体系としての省力化と軽労化の効果について概ね肯定的な評価が得られた。生産者や普及指導員への聞き取り調査では、開花処理した切り花の取り扱いに流通業者が抵抗感を示しているこ

と、開花処理に労力が必要なため一斉収穫した切り花の 3 割程度までに留めるように栽培面での斉一化が必要なこと、開花処理を並行して行うための作業場の動線設計が必要となること等の意見が出された。これら生産現場の実感は、実用化を考える上で重要であり、今後の技術開発に生かしてゆきたいと考えている。

第 4 章 総括

小ギクは仏花や生け花用に年間を通じた需要があり、露地での自然開花作型もしくは電照抑制作型による生産が全国で行われている。しかし、露地産地では高齢化による生産者数の減少が著しく、近年では大都市圏で盆や彼岸の高需要期に需給が逼迫する場面も少なくない。その一方、沖縄県や奈良県などの主要産地では、苗生産の分業化や重量選花機の導入などにより企業的農家による規模拡大が進み、経営面積 2~5 ha という生産者も見られるようになっている。小ギク生産における現状の収穫・調製作業は、圃場全体を見回って出荷適期の花を判断しながら 1 本ずつ採花している。このため作業時間が長く、全労働時間の約半分を収穫・調製作業が占めており、労働コスト削減と規模拡大のボトルネックとなっている。そこで本研究では、近年、開発の進められている切り花収穫機を用いた小ギクの一斉機械収穫を目指して、夏秋期の各作型における開花斉一性に関わる要因の

解明とその制御技術の開発ならびに一斉収穫した切り花の選別と未開花茎の開花処理技術の開発を行い、それらの技術を切り花収穫機と組み合わせて生産現場への適用を検討した。

まず、第1章では開花斉一性に関わる要因を、親株と育苗前歴の影響（第1節）、栽植様式の影響（第2節）、本圃での栽培管理の影響（第3節）および品種の影響（第4節）に切り分けて検討し、それらを利用した制御技術の開発を試みた。

第1節第1項において、挿し穂の前歴が開花に及ぼす影響を7～8月咲き小ギク‘みのる’と‘翁丸’を用いて検討し、開花日のばらつきには親株の個体間差の影響が大きいことが明らかとなった。そこで、7～8月咲きの‘翁丸’、‘広島紅’および‘小鈴’を用いて、早晚性に特徴のある系統を選抜し、それらの選抜系統を用いることで、年次や栽培条件を変えても開花期間が短くなり、摘心後開花日数の変動係数が小さく、開花盛期7日間に開花する切り花比率を高くできることを示した。同節第2項では、自然開花期が7～10月の小ギク9品種において、発根苗と挿し穂に対する暗黒2℃での冷蔵処理が開花斉一性に及ぼす影響を調査した。7～8月咲き品種においては冷蔵処理、特に発根苗の冷蔵処理によって、早期化する傾向のある中下位節分枝の摘心後開花日数が上位節分枝と同等まで遅れることによって、群落全体の摘心後開花日数の標準偏差が小さくなり、開花斉一性が向上できることを明らかにした。

第2節第1項では、7～8月開花の‘翁丸’で開花日のばらつきを群落内の栽植位置と摘心後分枝位置に着目して調査した。群落中央部では条ごとの開花日数の差が比較的小さく開花が揃いやすいのに対し、群落周縁部の条では群落中央部と比較して開花が早期化するため、両者を合わせた群落全体としての開花斉一性が低下していた。摘心後分枝については、上位節と中位節の消灯後開花日数の差は小さく、下位節でその分散が拡大した。これらのことから、中央条間を75cm程度まで拡げ、摘心後分枝の仕立て本数を2本以下に制限することによって、開花斉一性を高めることができることを示した。同節第2項では、面積当たり立茎数と株間が開花斉一性に及ぼす影響を2条および10条植えの摘心栽培で検討し、慣行の範囲でやや密植にあたる89～99本・m²の立茎数を目標に仕立てることで、茎径のばらつきを抑えて開花を斉一化できることが示された。また、12月咲きの‘新年の美’と7～8月咲きの‘みのる’および‘広

島紅’を用いて、慣行の2条植えで株間のみを12cmから9cmに密植することにより、開花を斉一化できることを示した。この要因としては、密植によって個葉の葉面積が小さくなり葉先がやや下垂するという形態変化が生じ、条間部分と中下位節の株間部分が明るくなり、通路面と群落内部とのPPFD相対値の内外差を緩和する方向で群落内光環境を変化させたものと考えられた。

第3節第1項では、一般的な栽培管理作業のひとつである下葉の摘葉処理を開花斉一性向上につなげるため、摘葉処理の時期と程度が開花斉一性と切り花品質に及ぼす影響について検討した。花芽分化以降で花房型の概ね決定されている時期に35cm程度の地上高で摘葉することにより、花房型に影響することなく開花斉一性を高める手法として利用できるものと考えられた。同節第2項では、生育中期以降に顕著となる群落内シュート間における生育差を修正する方法として、植物成長調整剤の散布処理を検討し、摘心から40～60日後の発蕾までの生育中期に0.08%のダミノジッドを上位茎葉に散布することで、草勢の強すぎる分枝の生育が抑制され、開花の斉一性を高められることを示した。同節第3項では、‘紅千代’と‘あけみ’を用い、8月旧盆出荷の電照抑制作型における開花斉一性を季咲き作型と比較したところ、電照抑制作型を利用することで開花盛期の前後に開花する切り花が減少し、開花が斉一化されることを明らかにした。

第4節第1項では、7～11月咲きの22品種について開花斉一性に関する品種間差を調査し、多くの9～11月咲き品種では総じて開花斉一性が高かったのに対し、7～8月咲き品種では開花斉一性に大きな品種間差が見られることを確認した。同節第2項では、7～8月咲き品種に見られた大きな品種間差の要因について検討し、品種間差には葉先角に代表される着葉形態および頂花の発達程度と関連する花房形状の影響と相関することを見出し、‘みのる’、‘やよい’および‘小窓’のように、葉の着生角が小さく立性の葉を持ち、高温期でも頂花が正常開花する頂点咲き型花房の品種で開花斉一性が高くなることを明らかにした。同節第3項では、ハウス条件と露地条件での開花日の差が小さいことを基準として、高温環境での開花が安定する系統を選抜することによって、開花の年次安定性と斉一性に優れる8月咲きの新品種‘春日の紅’を育成した。‘春日の紅’は在来品種と比較して主に、年次変動が大きい4～5月上旬の温度

条件では花芽分化節数や発蕾までの日数が変化しにくく、比較的気温の安定する 5 月下旬以降に花芽分化節数の変化が生じるため、開花期の年次安定性と開花斉一性を示すものと考えられた。

次に第 2 章では、一斉収穫した切り花を開花程度によって選別する手法(第 1 節)と未開花の切り花茎を出荷段階まで開花させる処理方法(第 2 節)について検討した。

第 1 節第 1 項では、天頂方向から撮影した画像を用いて、緑色部と非緑色部の見かけの面積比を基準にした計測値(F/G 値)が、小ギクの開花程度を膜切れ期から満開期までの広い範囲で安定して計測できることを明らかにし、この F/G 値を用いて生産者の開花程度にかかる認識を数値化でき、機械選別への応用可能性を示した。同節第 2 項では、F/G 値を応用して色相の閾値等を自動設定する機能を付加させた開花程度選別機について、その選別精度、作業能率について実用化を想定した評価を行った結果、10 本の学習用標本で設定した閾値を使用することで 97~98%の選別精度が得られ、その作業速度も 1.66 秒・人・本⁻¹と手選別より早いことが実証できた。

第 2 節第 1 項においては、蕾切り花を開花処理する際に問題となる葉の黄変を抑制するため、エチレン阻害剤であるチオ硫酸銀錯塩(STS)の処理方法について検討した。0.03~0.07 mM の低濃度長期間の STS 処理によって、いずれの品種でも安定して葉の黄変を抑制できることを明らかにした。同節第 2 項においては STS 処理を基礎として、糖、界面活性剤および抗菌剤を組合せる山中ら(2013)の処方を用い、一斉収穫した蕾切り花の開花処理の実用性について検討した。その結果、ショ糖を 3%、STS を 0.03mM、界面活性剤を 0.03%および 8-HQS を 200ppm とした開花処理液を蕾切り花の生け水として用いることによって、処理 4~6 日後には出荷可能な開花程度まで開花させることができることを明らかにした。同節第 3 項においては、出荷適期に満たない蕾切り花を人工気象下で出荷段階まで開花させるための光強度、日長および気温の影響について検討した。夏秋ギク品種と秋ギク品種のいずれにおいても、気温 20~25℃、光強度を蛍光灯下で 100~1000 lx、日長を 8~16 時間が、蕾切り花の開花処理における好適条件であることが明らかとなった。また、開花処理は 15~30℃の温度範囲で出荷微調整としても応用できる可能性を見出した。

第 3 章では、第 1 章で検討した開花の斉一化処理

と第 2 章で検討した未開花茎の選別および開花処理を、開発中の切り花収穫機と組み合わせることによって一斉機械収穫体系としての可能性を検討した。第 1 節においては、生産現場における収穫調製作業の事例調査から現状の問題点を整理するとともに、一斉収穫を目指して開発されている切り花収穫機(田中, 2012; 田中ら, 2014; 山本ら, 2014)を導入した作業体系の開発、栽培環境および栽植条件と機械収穫の成否との関連性ならびに一斉機械収穫での省力化効果について検証した。収穫機を用いた一斉収穫においては、探索動作、採花動作および回収・搬出動作を各々、大幅に短縮できるため、現状の 45~62%である 0.98 秒・本⁻¹まで省力化されることを実証した。第 2 節においては、夏秋期出荷の各作型において第 1 章で示した開花斉一性を高める技術の組合せ効果、開花斉一性を高める処理と第 2 章に示した未開花茎の選別及び開花処理を組合せた実証を行い、それらの実用性を確認した。加えて、本研究で開発した一斉機械収穫体系を生産者に体験してもらい、生産現場の視点から検証した。その結果、いずれの作型と品種においても各処理によって開花斉一性を高めることができ、77%が一斉に収穫して出荷することが可能で、98%が開花処理によって最終的に出荷できることを実証した。また、一斉機械収穫体系としての実用化には未だ課題が残されているものの、一連の作省力化と軽労化の効果については、生産関係者から概ね肯定的な評価が得られた。

以上のことから、本研究で開発した栽培面からの開花斉一化、切り花収穫機による一斉機械収穫、開花程度の機械選別および未開花切り花の開花処理を組み合わせた一斉機械収穫体系は十分な実用性を有し、大幅な省力化と軽労化を実現できる可能性があるものと考えられた。既に、親株系統の選抜、株間方向の密植、8 月旧盆作型での電照抑制栽培、新品種‘春日の紅’などの各要素技術は生産現場でも活用されるようになっており、未開花茎を開花させるための開花処理液も商品化されている。一方で、切り花収穫機や開花程度選別機については、現段階では製品化に至っていない。本研究で対象とした収穫調製作業は、農作物の生産にとって最終仕上げの段階であり、ここでの作業の善し悪しが直接、生産者の収益に影響する。また、収穫機などの機械化体系を導入しようとするときには、機械の運行を前提とした畝取りや圃場設計が必要であり、慣行の作業体系全体を劇的に変更する必要が生じる。これらの特徴は、生産者に極

めて冒険的な取り組みを求めることになるため、収穫調製作業の機械化が一朝一夕に普及するものではないと筆者自身も肝に銘じている。ただ、本研究で開発した各要素技術が普及してゆくことは、今後の一斉機械収穫体系の実用化に向けた大切な足がかりとなるものと考えており、今後も本研究を土台として、小ギクの生産性向上技術の開発・普及に尽力してゆきたいと考えている。

謝辞

本論文を取りまとめるにあたり、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の後藤丹十郎博士には終始、懇切丁寧なご指導とご高閲を賜った。後藤先生には、筆者が試験研究に携わった当初から深いご理解をいただき、折に触れ厳しいご指摘、ご助言と暖かい激励のお言葉を数多くいただいた。心より感謝の意を表す。また、本研究の遂行にあたって岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の吉田裕一博士、同准教授の安場健一郎博士、同准教授の田中義行博士には貴重なご助言とご鞭撻を賜った。深く感謝の意を表す。

本研究の多くの部分は、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「小ギクの一斉機械収穫・調整システムの開発（課題番号 2008）」により実施した。このプロジェクト研究において、農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター主任研究員の田中宏明博士（現中央農業研究センター生産体系研究領域上級研究員）、高度作業システム研究チームの中元陽一主任研究員（現西日本農業研究センター傾斜地園芸研究領域上級研究員）、中山間傾斜地域施設園芸研究チーム上席研究員の長崎裕司博士（現農研機構本部経営戦略室研究管理役）、業務科の松崎健文氏（現西日本農業研究センター技術支援センター業務2科）、みのる産業株式会社研究本部研究企画部の陶山純部長、山本明参与、本荘絵未氏、河合正志氏、香川県産業技術センターシステム技術部門主席研究員の濱田敏弘博士（現企画情報部門主席研究員）、福本靖彦主任研究員、沖縄県農業研究センター野菜花き班長の関塚史朗博士（現沖縄県立農業大学校長）、野菜花き班の渡邊武志主任研究員（現沖縄県営農支援課農業革新支援専門員）、儀間直哉研究員（現沖縄県園芸振興課主任技師）、兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター

元所長の小山佳彦博士、農産園芸部主任研究員の山中正仁博士（現兵庫県立農林水産技術総合センター研究主幹）には、共同研究者として多大なるご協力とご支援をいただいた。心より感謝申し上げる。農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター機械施設研究室長の大黒正道博士（現西日本農業研究センター四国農業研究監）には、本プロジェクトの予備実験となる試作機の開発に御指導いただいた。農業・食品産業技術総合研究機構花き研究所元所長の柴田道夫博士（現東京大学大学院農学生命科学研究科教授）と主任研究員の住友克彦博士（現野菜花き研究分野主任研究員）には、本プロジェクトの立ち上げの契機となる機会をいただくとともに、キクの生理生態についてご教示いただいた。心より感謝申し上げます。また、本プロジェクト研究においては、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の門田充司博士と近畿大学農学部教授の林孝洋博士には、外部委員として多くの貴重なご意見、ご示唆をいただいた。厚く感謝の意を表す。

本研究の第2章と第3章の一部は、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「都市域直売切り花の需要に対応する特定日開花・常温品質保持技術の開発（課題番号 22702）」により実施した。研究総括者である大阪府環境農林水産総合研究所環境研究部の豊原憲子主任研究員、ならびにクリザールジャパン株式会社技術チームの東明音研究員には、共同研究者として多大なるご協力とご支援をいただいた。心より感謝申し上げます。

これらのプロジェクト研究を共に担っていただいた奈良県農業総合センター（現農業研究開発センター）生産技術担当の前田茂一統括主任研究員（現基盤技術科長）、角川由加主任研究員（現奈良県北部農林振興事務所主任主査）、廣岡健司主任研究員（現植物機能ユニット総括研究員）、北條真由美元研究員、虎太有里指導研究員、辻本直樹研究員（現奈良県北部農林振興事務所主査）、赤土仁志主任技能員、中西友三郎元主任技能員、丸山良司元主任技能員、小走信良主任技能員、企画調整課の平岡美紀主任研究員（現奈良県東部農林振興事務所農産物ブランド推進係長）、浅野峻介研究員（現病害虫防除ユニット主任研究員）には多大なるご協力とご支援をいただいた。また、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターの香川将志氏（現西日本農業研究センター技術支援センター業務2科）、竹崎あかね博士（現農業技術革新工学研究センター高

度作業支援システム研究領域上級研究員), 横井恵美子氏, 香川県農業試験場の松本由利子元主席研究員には, 同センター在籍時における実験の実施にあたって多大なる御協力をいただいた。厚く感謝の意を表す。

また本研究の中では, いくつもの現地調査や現地試験を行ってきたが, これらの実施には多くの関係者の皆様にご協力をいただいた。奈良県農業総合センター普及技術課の小山裕三花き指導係長(現奈良県農業水産振興課主幹), 有馬毅元花き指導係長, 印田清秀花き指導係長(現奈良県中部農林振興事務所農産物ブランド推進係長), 山本尚明主査(現奈良県市町村振興課主任主査), 藤井祐子主査(現奈良県農業水産振興課農業技術支援係長)には, 生産現場との調整や現地試験データの収集など多大なるご協力をいただいた。また, JAならけん西和花き部会の生産者および事務局の皆さまには現地試験圃場のご提供とご協力をいただいただけでなく, 生産現場から見た有益なご助言, ご示唆を数多くいただいた。心より感謝の意を表す。香川県まんのう町の大平浩史氏, 香川県中讃普及センターの濱口政也氏, 香川県農政水産部農業経営課の村口浩氏には一斉機械収穫の実証にご協力いただいた。厚く感謝の意を表す。

社会人としての大学院在籍にあたって, 奈良県農業研究開発センター所長の谷川元一博士, 土井正彦元研究開発部長(現奈良県中部農林振興事務所長), 渡辺英信研究開発部長には寛大なご配慮をいただいた。奈良県農業総合センター元所長の長村智司博士には, 筆者の研究生活のスタートから多くのご指導, ご鞭撻をいただくとともに, 私の中で本研究の契機ともなった国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターへの派遣にご配慮いただいた。厚く感謝の意を表す。兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター元所長の宇田明博士, 静岡県農林技術研究所伊豆農業研究センター長の稲葉善太郎博士, 奈良県農業研究開発センター野菜栽培ユニット総括研究員の西本登志博士には, 大学院入学と本論文作成の契機を与えていただくとともに温かい激励をいただいた。深く感謝する。岡山県農林水産総合センター主任研究員の森義雄博士, 広島県立総合技術研究所農業技術センターの梶原真二博士, 石倉聡博士, 福島啓吾研究員には, 同大学院の先輩や同輩として多くのご助言, 激励をいただいた。心より感謝する。岡山大学大学院環境生命科学研究科作物開花制御学研究室の皆さま

には温かい激励をいただいた。厚く感謝する。

最後に, 社会人大学院生としての研究生生活を支えてくれた家族に心から感謝する。

引用文献

- 天野哲郎. 2006. 大規模畑作経営における野菜作の展開とキャベツ機械収穫システムの経営評価. 農機誌. 68: 9-13.
- 青木 循. 2013. 新型キャベツ収穫機. 農機誌. 75: 239-241.
- 浅野峻介・仲 照史. 2012. 関西における小ギク市場の構造と取扱数量シェアが価格に及ぼす影響. 近畿中国四国農研農業経営研究. 23: 47-53.
- Doi M., K. Aoe, S. Watabe, K. Inamoto and H. Imanishi. 2004. Leaf yellowing of cut standard Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Kitamura) 'Shuho-no-chikara' induced by ethylene and the postharvest increase in ethylene sensitivity. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 229-234
- Doi M., Y. Nakagawa, S. Watabe, K. Aoe, K. Inamoto and H. Imanishi. 2003. Etylene-induced leaf yellowing in cut chrysanthemums (*Dendranthema grandiflora* Kitamura). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 533-535
- 土井元章・斉藤珠美・長井伸夫・今西英雄. 1999. シュコンカスミソウ切り花における「黒花」の発生機構とつぼみ収穫による発生の回避. 園学雑. 68: 854-860
- Franklin A. K. and G. C. Whitelam. 2005. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. Annals of Botany. 96: 169-175.
- 藤原隆広・吉岡 宏・熊倉裕史・佐藤文生・中川 泉. 2003. キャベツの品種, 作型および栽植距離が収穫時の生育の斉一性に及ぼす影響. 園学研. 2: 109-114.
- 藤原隆広・吉岡 宏・佐藤文生. 2000. 栽植密度と定植後の苗の初期生育がキャベツ生育の斉一性に及ぼす影響. 園学雑. 63: 315-322.
- Fukumoto Y., T. Hamada, J. Suyama, A. Yamamoto and T. Naka. 2011. Development of flowering stage inspection equipment for small-flowered chrysanthemum. J. Robotics and Mechatronics. 23: 310-315.
- 後藤丹十郎・松野太樹・吉田裕一・景山詳弘. 2002. 根

- 域制限下で栽培したキクの光合成、蒸散特性と葉の形態に及ぼす養水分供給頻度の影響. 園学雑. 71: 277-283.
- 萩原清子. 2000. 離散選択分析. p.133-155. 大野栄治編. 環境経済評価の実務. 勁草書房. 東京.
- 濱田敏弘・福本靖彦・仲 照史・陶山 純・山本 明. 2011. 小ギクの開花程度選別装置における判定パラメータの自動獲得に関する検討. ROBOMECH 講演要旨.
- 樋口春三. 1979. 環境と生育. p.56-69. 阿部定夫・岡田正順編著. 花卉園芸学. 朝倉書店. 東京.
- 樋口春三・原 幹博. 1974. 秋ギク幼苗の低温処理が生育と開花に及ぼす影響. 愛知農総試研報 B 園芸. 6: 62-67.
- 平野幸教・川田穰一・佐藤 直. 1996. 短日処理開始時期、側枝の位置ならびに接ぎ木とキクの幼若性消失との関係. 園学雑. 65 (別1) : 456-457.
- 廣岡健司・仲 照史・角川由加・有馬 毅・小山裕三. 2013. 春日の紅. 品種登録 22340.
- 久松 完. 2013. キクの生産・販売の国際化に挑む (第1回) キク生産・流通イノベーションによる国際競争力強化は可能か?. 農耕と園芸. 68 (10) : 62-65.
- Hisamatsu, T., K. Sumitomo and H. Shimizu. 2008. End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellin and promotes stem extension in chrysanthemum. J. Hort. Sci. Biotech. 83: 695-700.
- 本間義之. 1995. 一斉収穫したキク「秀芳の力」の開花に及ぼす開花液処理とつぼみのステージの影響. 静岡農試研報. 40: 19-25.
- 本間義之. 1999. キクの摘葉処理による到花日数の集中化. 園学雑. 68 (別2) : 383.
- 本間義之. 2000. 植え付け条間の改変によるキクの到花日数の集中化. 園学雑. 69 (別1) : 325.
- フローリスト編集部. 1983. 花の切り前. 誠文堂新光社. 東京.
- 市村一雄. 2010. 切り花における収穫後の生理機構に関する研究の現状と展望. 花き研報. 10: 11-53
- 市村一雄. 2011. 品質保持剤の成分. pp74-89. 市村一雄著. 切り花の品質保持. 筑波書房. 東京
- 飯田孝則・櫻井雍三. 1988. 産地における愛知早生ブキの系統比較. 愛知農総試研報. 20: 163-166.
- 池田 広・今村 仁・岡本章秀. 2006. 栽植密度がキクの生育、切り花形質に及ぼす影響. 園学雑. 75 (別1) : 381.
- 今井俊行・布施雅洋・北村治滋. 2015. 短茎小ギクの生産拡大に向けた機械化栽培体系の確立. 滋賀農技セ研報. 53: 17-26.
- 今給黎征郎・白山竜次・渡辺剛史・上野敬一郎・永吉実孝・久松 完. 2017. 花束加工需要に対応したスプレーギクの多収生産技術. 園学研. 16: 51-59.
- 石川高史. 2011. 成長調整剤の処理法. p.146-151. 大石一史編. キクをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 石川高史・西尾譲一・市村一雄. 2006. 栽培時の遮光処理がキク切り花の日持ちと植物体内中の糖含量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 38: 127-132.
- 甲斐克明. 2014. キクの生産・販売の国際化に挑む (第5回) エコマム (輪ギク) 年4作生産に向けて: JA おおいたの取り組み. 農耕と園芸. 69 (2) : 60-64.
- 甲斐和広, 近藤 直, 林 孝洋, 芝野保徳, 小西国義, 門田充司. スプレーギクの花房フォーメーションの評価アルゴリズムに関する研究 (第3報) 輪郭解析による葉を含めた花房の形状評価の自動化. 1996. 生物環境調節. 34(2): 123-128.
- 仮屋崎義友・田畑耕作・内園正昭. 1997. 電照ギク「秀芳の力」から選抜した優良系統の特性. 鹿児島農試研報. 25: 27-32.
- Karlsson G. M., R. D. Heins, J. E. Erwin, R. D. Berghage, W. H. Carlson and J. A. Biernbaum. 1989. Irradiance and temperature effects on time of development and flower size in chrysanthemum. Scientia Horticulturae. 39. 257-267.
- 河瀬晃一郎・塚本洋太郎. 1976. キクの花色に関する研究 (第3報) 花色に対する主要色素の量的効果と花色の測色. 園学雑. 45: 65-75
- 川田穰一. 2005a. オランダのキク周年生産体系 I 周年生産体系. 農業電化. 58 (5) : 2-7.
- 川田穰一. 2005b. オランダのキク周年生産体系 III 補光. 農業電化. 58 (7) : 8-14.
- 川田穰一・船越桂市. 1988. キクの生態的特性による分類. 農業および園芸. 63: 985-990.
- 川田穰一・豊田 努・宇田昌義・沖村 誠・柴田道夫・亀野 貞・天野正之・中村幸男・松田健雄. 1987. キクの開花期を支配する要因. 野菜茶試研報 A. 1: 187-222.
- 数馬俊晴・山口務. 1987. 蕾切りカーネーションの開花に関する研究. 福井県農業試験場報告. 24: 43-53.
- Khattak M. A., S. Pearson and C. B. Johnson. 1999. The

- effects of spectral filters and nitrogen dose on the growth of chrysanthemums (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., cv. Snowdon). *J. Horticultural Science and Biotechnology*. 74: 206-212.
- Khattak M. A., S. Pearson and C. B. Johnson. 2004. The effects of far red spectral filters and plant density on the growth and development of chrysanthemums. *Scientia Horticulturae*. 102: 35-341.
- 菊池和則. 2017. アジア諸国におけるキク産業とその影響, 課題. p.115-124. 農山漁村文化協会編. 最新農業技術花卉 vol.9. 農山漁村文化協会. 東京.
- 鬼頭温文. 2011. 収穫, 調製, 出荷. p.200-204. 大石一史編. キクをつくりこなす. 農山漁村文化協会, 東京.
- 近藤 直, 村瀬治比古, 門田充司, 後藤丹十郎. 1999. 輪ギクの品質評価に関する研究 (第2報) カルマン・ニューロを用いた評価. *植物工場学会誌* 11(2): 100-105.
- 近藤 直. 2006. アグリビジョンの事例. 近藤 直, 門田充司, 野口 伸編著, 農業ロボット(II)機構と事例. コロナ社, 東京. 36-105.
- 小西国義. 1975. 挿し芽苗の低温処理によるキクのロゼット化防止. *園学雑*. 44: 286-293.
- 小西国義. 1995. 系統・品種と形態的・生態的特徴. 農業技術体系(花き編)6キク. 農山漁村文化協会, 東京. 21-25.
- 小西国義・梶原真二・景山詳弘. 1985. エセフォン処理によるキクのロゼット化誘導. *園学雑*. 54: 87-93.
- 小山佳彦. 1995. カーネーションのつぼみ切り法を用いた出荷調節ならびに増収に関する研究. *兵庫農技セ特別報*. 20
- 小山佳彦・石川順也・宇田 明. 2004. エセフォン処理および挿し穂冷蔵処理による7月咲き小ギクの開花遅延効果と出荷期拡大. *兵庫農技総セ研報農業編*. 52: 7-13.
- 小山佳彦・宇田 明. 1994a. カーネーションのつぼみ開花および品質に及ぼす温度, 照度, ショ糖濃度の影響. *園学雑*. 63: 203-209
- 小山佳彦・宇田 明. 1994b. つぼみ切りカーネーションの貯蔵および開花法. *園学雑*. 63: 211-217
- 小山佳彦・和田 修. 2004. 7月咲き小ギクの暗期中断処理による開花調節—高需要期に合わせた計画生産. *園学研*. 3: 63-66.
- 小山裕三・仲 照史・角川由加. 2007. 暗期中断電照による小ギクの計画的8月上旬出荷作型における課題. *園学研*. 7 (別1) : 516.
- 窪田 聡・金子由恵・高橋 愛・松浦真夕美・逆井 肇・渡部一夫・伊藤頁広. 2006. オドンチオダの茎頂切除によるシュート発生時期の斉一化. *園学研*. 5: 165-169.
- Langton A. F., L. R. Benjamin and R. N. Edmondson. 1999. The effects of crop density on plant growth and variability in cut-flower chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *J. Horticultural Science and Biotechnology*. 74: 493-501.
- Lee H. J. and E. Heuvelink. 2003. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut chrysanthemum. *Annals of Botany*. 91: 319-327.
- 豆茂 実・松川時春・小林泰生. 1983. キクの電照栽培における高所ロゼットに関する研究. *福岡農総試研報*. 2: 55-61.
- 間藤正美・工藤寛子・山形敦子・佐藤孝夫・柴田 浩. 2009. 7月下旬咲き小ギクにおける気温およびエセフォン処理が開花に及ぼす影響. *園学研*. 8: 201-208.
- 松本由利子. 1994. 無側枝性ギクの生育開花に関する研究 (第1報) 定植時期と親株の越冬条件が生育開花に及ぼす影響. *香川農試研報*. 45: 49-58.
- 水口 聡. 2004. 抗菌剤, スクロースおよびアブシジン酸が蕾切りシンテッポウユリの品質に及ぼす影響. *園学雑*. 73 (別2) : 510.
- 水口 聡・渡辺 久・川崎哲郎. 2005. カーネーションの蕾開花促進における採取ステージおよび温度が出荷までの日数や切り花品質に及ぼす影響. *農業施設*. 36: 153-159
- 水口 聡・渡辺 久・川崎哲郎. 2007. カーネーションの蕾開花促進における明暗周期が開花所要日数および切り花品質に及ぼす影響. *農業施設*. 37: 193-198
- 宮前治加・伊藤卓爾・小谷真主・神藤 宏. 2011. 蕾切り LA ハイブリッドユリ切り花におけるショ糖処理が切り花品質と糖含有量ならびに蔵後の切り花品質に及ぼす影響. *和歌山農林水技セ研報*. 12: 69-78
- 宮前治加・伊藤吉成・神藤 宏. 2007. シュッコンカスミノウ切り花の乾式および湿式輸送条件下における輸送時間と温度が花持ちに及ぼす影響.

- 園学研. 6: 289-294
- 三浦泰昌. 2012. 大輪系品種の光合成特性を基にした栽培法の研究. p.91-146. 温室カーネーションの施肥, 光合成と栽培法の研究. 東京農大出版会. 東京.
- 森 義雄・中島 拓・藤本拓郎・住友克彦・久松 完・後藤丹十郎. 2014. 暗期中断による7~9月の高需要期連続出荷に適する小ギク品種の選定. 園学研. 13: 349-356.
- 森 義雄・住友克彦・木崎聡美. 2006. 岡山県南部の電照・盆出し作型に適する小ギク品種. 岡山農総セ農試研報. 24: 49-54.
- 中村恵章・野村浩二・加藤裕文・山田良三. 2008. 露地小ギク栽培の短茎規格に適した栽植密度と施肥法. 愛知農総試研報. 40: 191-199.
- 奈良県農林部. 2007. 平成18年度奈良県農業経営指標(CD-ROM版). 奈良県農林部.
- 成山秀樹・月時和隆・執行明久. 2010. 電照栽培による8月上旬, 9月中旬収穫に適した小ギク品種の選定. 福岡農総試研報. 29: 60-64.
- 西尾譲一. 1995. 感光相, 成熟相とその制御. P.139-149. 農文協編. 農業技術体系花卉編6キク(クリサンセマム). 農文協. 東京.
- 西尾譲一・山内高弘・米村浩次. 1988. スプレーギクのシェード栽培における温度が花芽分化・発達に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 20: 285-292.
- 野村浩二. 2011. 輪ギク. p.50-60. 大石一史編. キクをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 野崎香樹・村本智香・高村武二郎・深井誠一. 2006. アブリコットおよび覆輪花系スプレーギクの花色に及ぼす作期と栽培温度の影響. 園学研. 5: 123-128
- 農林水産省. 2017. 農林水産統計・平成28年産花きの作付(収穫)面積及び出荷量. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kaki/index.html
- 農林水産省. 2005. 花き産業振興方針. <http://www.maff.go.jp/kyusyu/seiryuu/hana/sinkouhousin.pdf>
- 岡田正順. 1963. 菊の花芽分化および開花に関する研究. 東京教育大紀要. 9: 65-202.
- 小野 愛・弓勢久美子・竹本哲行. 2007. 開花期の年次変動が少ない盆小ギク「H-13」と「H-42」の育成と特性. 京都農研報. 27: 19-24.
- 大石一史. 2011. キクの生育相. p.76-85. 大石一史編. キクをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 大石一史. 2000. キク品種「秀芳の力」の系統選抜. 愛知農総試研報. 32: 161-167.
- 大石一史・米村浩次・大須賀源芳. 1985. 電照栽培秋ギクの夏期長期冷蔵による親株育成(第3報)生長活性と開花反応について. 愛知農総試研報. 17: 220-226.
- 大熊妙子. 1995. 生産者事例・長野県・6~12月出荷・小ギク+輪ギク. p.613-622. 農文協編. 農業技術体系花卉編6キク(クリサンセマム). 農文協. 東京.
- Oyaert E., E. Volckaert and P. C. Debergh. 1999. Growth of chrysanthemum under colored plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*. 79: 195-205.
- 佐本啓智・中川 修・大西謙二. 1979. 栽培条件に対するキクの生態反応に関する研究-1 キクの栽植密度・一株仕立本数. 野菜試報 A. 5: 119-144.
- 島 浩二・川西孝秀・山田 真・石渡正紀・住友克彦・久松 完. 2009. 明期終了時の短時間遠赤色光照射が冬季におけるスプレーギクの茎伸長に及ぼす影響. 園学研. 8: 335-340.
- 島 嘉輝・谷口操枝. 2010. 夏秋コギクの感光性を利用した開花調節技術. 富山農総セ園研報. 1: 23-29.
- 島田尚典・河野雄飛・高田吉丈・境 哲文・島田信二. 2002. 押倒し抵抗と地上部自重モーメントによるダイズ品種の耐倒伏性評価. 育種学研究. 4: 185-191.
- Smith H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 33: 481-518.
- 園 公一. 2014. キクの生産・販売の国際化に挑む(第4回)花いちばからの新提案“アジャストマム”. 農耕と園芸. 69(1): 58-61.
- 庄野浩資, 西川朝也. 2004. 切り花リンドウの採花ステージ評価における画像情報の有効性に関する研究. 農業情報研究. 13: 317-330.
- 庄野浩資, 峠 愛美. 2006. 切り花リンドウの採花ステージ評価における画像情報の有効性に関する研究-輪郭情報と色情報に基づく未熟蕾自動検出の可能性. 農業情報研究. 15: 61-76.
- 杉浦広幸・藤田政良. 2003. 露地栽培夏秋ギクのエセフォン処理が生育および形態に及ぼす影響. 園学研. 2: 319-324.
- 角川由加. 2017. 極暖地の技術体系. p.151-157. 農文

- 協編. 最新農業技術花卉 vol.9. 農山漁村文化協会. 東京.
- 角川由加・仲 照史・前田茂一. 2007. 暗期中断およびエセフォン処理による小ギクの開花抑制程度の品種間差異—計画的な8月上旬出荷適応品種の検索. 奈良農総セ研報. 38: 47-51.
- Sumitomo, K., Y. Higuchi, A. Yamagata and T. Hisamatsu. 2013. Memory of prolonged winter cold inhibits flowering and increases long-day leaf number in the chrysanthemum cultivar 'Nagano Queen'. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88: 361-367.
- Sumitomo, K., A. Yamagata, A. Oda, and T. Hisamatsu. 2014. Identification of high long-day leaf number cultivars and prevention of premature budding by cold pre-treatment for fine control of flowering in summer-to-autumn-flowering chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 89: 647-654.
- 高木幹雄, 下田陽久. 2004. HIS 変換および逆変換. 高木幹雄, 下田陽久編著, 新編画像解析ハンドブック. 東京大学出版会, 東京. 1187-1196.
- 田中宏明. 2012. 一斉開花栽培に対応した小ギク収穫機. 農機誌. 74: 99-101.
- 田中宏明・中元陽一・松崎健文・長崎裕司・香川将志・大黒正道・岡 信光・畔柳武司・仲 照史・角川由加・小山裕三・山本 明・陶山 純. 2014. 切り花収穫機. 特許第 5640270 号.
- 谷川孝弘. 2000. キクの切花生産におけるエセフォンの処理方法と効果. 農業および園芸. 75: 270-280.
- 谷川孝弘・小林泰生・松井 洋・松田由理子. 1999. キク花首曲がりの組織構造と‘秀芳の力’におけるその発生率の系統間差. 園学雑. 68: 655-660.
- テイツ, L.・E.ザイガー. 2004. フィトクロムと光による植物の発生制御. p.381-393. 西谷和彦・島崎研一郎監訳. 植物生理学第3版. 培風館. 東京.
- Timmermans AJM, Hulzebosch AA. 1996. Computer vision system for on-line sorting of pot plants using an artificial neural network classifier. Computers and Electronics in Agriculture. 15: 41-55.
- 富山あずさ. 2012. 生産者事例・沖縄県 11~5 月出荷・小ギク. p.636 の 2-7. 農文協編. 農業技術体系花卉編 6 キク (クリサンセマム). 農文協. 東京.
- 常見高士・駒形智幸. 2012. コギク 7 月東京盆出荷作型での露地電照栽培の消灯日. 茨城農総セ園研報. 19: 25-31.
- 土屋孝夫・勝田英郎・小森治貴. 2000. 輪ギク‘サマーイエロー’の系統選抜. 福井農試研報. 37: 23-29.
- 宇田 明. 1996. STS 溶液による切り花の品質保持期間延長に関する研究. 兵庫農技セ特別研究報告. 21.
- 山本 明・陶山 純・本荘絵未. 2014. 農産物の収穫機. 特許第 5467235 号.
- 山本 明・陶山 純・本荘絵未. 2011. 農産物の選別機. 特開 2011-110436.
- 山本健司. 1997. キャベツ収穫機. 農機誌. 59: 147-149.
- 山中正仁・後藤丹十郎・東浦 優. 2011. スプレーカーネーションの灌水同時施肥栽培における栽植方式が収量および切り花品質に及ぼす影響. 岡山大学農学報. 100: 31-37.
- 山中正仁・石川順也・小山佳彦・仲 照史. 2009. 小ギク切り花の収穫後の黄化葉発生に及ぼす STS 処理の濃度および時間の影響. 園学研. 8 (別 1) : 251
- 山中正仁, 玉木克知, 水谷祐一郎, 宮谷喜彦, 竹中義之, 仲 照史. 2013. 小ギクつぼみ期収穫切り花の開花処理における処理液の組成が開花および品質に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研報 (農業) . 61: 12-19.
- 弓勢久美子・小野 愛・竹本哲行. 2009a. 紅式部. 品種登録 18310.
- 弓勢久美子・小野 愛・竹本哲行. 2009b. 夏京華. 品種登録 18467.
- 米村浩次・樋口春三. 1977. シム系カーネーションの栽植密度について. 愛知農総試研報. B9: 74-78.
- 吉秋 斎・佐藤隆徳・亀野 貞・鈴木 徹・畠山勝徳・石田正彦. 2008. 機械収穫に適したキャベツ品種の選定と特性の評価. 野菜茶研報. 7: 37-43.
- 吉田 明・上岡誉富. 1975. カーネーションの首曲がりに関する研究 (第 4 報) コーラルの系統選抜. 兵庫農試研報. 24: 43-50.
- 吉岡 宏・佐藤文生・藤原隆広. 2000. 側枝 2 本仕立て一段果房栽培と房どり収穫による生食用トマトの省力・機械化栽培様式の開発. 農作業研究. 35: 189-197.
- 渡邊英城・國本忠正・吉田俊一・吉松修治・松成 茂. 2012. 低温開花性「神馬」の選抜と普及. 大分農林水研セ研報. 2: 59-68.
- 渡辺寛之・池田 廣・高城誠志. 1995. 高温がスプレーギクの生育, 品質に及ぼす影響. 奈良農試研報.

26: 23-30.

渡邊武志. 2017. 極暖地の技術体系. p.115-124. 農文協編. 最新農業技術花卉 vol.9. 農山漁村文化協会. 東京.

渡邊武志・仲 照史・田中宏明・中元陽一・角川由加・

儀間直哉. 2010. 小ギクにおける耐倒伏性の評価方法. 園学研 9(別 2) : 281

渡辺利通. 1990. 耐倒伏性. p.440-448. 松尾孝嶺編. 稲学大成第 3 卷遺伝編. 農山漁村文化協会. 東京.