栽植様式が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響

仲 照史^{1,2*}・前田茂一¹・後藤丹十郎²

¹ 奈良県農業研究開発センター 634-0813 奈良県橿原市四条町

² 岡山大学大学院環境生命科学研究科 700-8530 岡山県岡山市北区津島中

Effects of Planting System on Flowering Period Uniformity of Small-flowered Spray-type Chrysanthemum

Terufumi Naka^{1,2*}, Shigeichi Maeda¹ and Tanjuro Goto²

¹Nara Prefectural Agricultural Research and Development Station, Shijocho, Kashihara, Nara 634-0813

²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, Tsushima-naka, Kitaku, Okayama 700-8530

Abstract

For simultaneous mechanical harvesting of small-flowered spray-type chrysanthemum, the effects of planting systems on flowering period uniformity were studied using the summer-autumn-flowering-type cultivar ‘Okinamaru’. The influence on flowering periods of the planting position in the plant population, which were made up of six rows and seven columns, and the branching node number after pinching were investigated. Flowering periods in the edge rows facing north or south furrows were shorter than in the inner four rows. The difference in the photosynthetic photon flux density of the plant community at the canopy height from about 15 cm below the canopy was smaller for the inner rows than for the edge rows. These results demonstrate that more solar radiation reached the lower leaves of the inner rows. In the three shoots remaining after pinching, shoots from the lower lateral node showed a longer flowering period, but no significant difference was noted between those of upper shoots and middle shoots. In the next three experiments, changing the center inter-row distance, shading around the plant population and pinching were examined to improve the uniformity of flowering. In the first experiment, using the plant population planted north to south in four rows, the center inter-row distance was changed from 15 to 90 cm. Flowering periods of the inner and outer two rows were respectively measured. The difference in flowering periods between those of the inner and outer two rows decreased as the center inter-row distance increased. This was not significant for a more than 75 cm spacing. In the second experiment, shading materials with a 31% shading rate were suspended beside the edge rows under the ten-row condition, and the flowering period of each row was measured. The flowering periods of edge rows were slightly delayed by the shading treatment, but the flowering period uniformity was not improved markedly. In the third experiment, non-pinching, leaving a shoot per plant after pinching, and leaving two shoots per plant were compared under the four-row condition. Flowering period uniformity was improved in the two pinched experiment plots. In conclusion, spacing the center inter-row distance and training one or two shoots per plant improve the flowering period uniformity, which was influenced by the planting position and branching position after pinching.

Key Words : light environment, pinching, shade avoidance, summer-autumn-flowering-type chrysanthemum, uniform flowering

キーワード : 避陰反応, 光環境, 一斉開花, 夏秋ギク, 摘心

緒 言

我が国の切り花キク生産は電照や加温によって施設周年化が進んできたが、小ギクにおいては依然として露地での生産が中心となっている。こうした露地小ギク生産では生産者数の減少が続く一方、苗生産の分業化や重量式選花機

の導入などにより企業的農家による規模拡大が進んでおり、経営面積2～3haという生産者もみられるようになってきている(富山, 2012)。

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、その省力化は労働コスト削減と規模拡大の鍵となる(仲, 2011)。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,

2016年1月18日 受付. 2016年6月23日 受理.

本研究の一部は、園芸学会平成16年度春季大会および平成17年度近畿支部大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: naka@naranougi.jp

2006). 小ギクにおいても、収穫機(田中, 2012; 山本ら, 2014)や開花程度による切り花選別機(Fukumotoら, 2011; 仲ら, 2014)などの研究が進められており、これらの実用化には栽培面からも開花斉性を高める技術開発が必要となっている。

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(仲ら, 2016)、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、PPFD)の増加が到花日数の斉性を高め(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条植え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条植えの無摘心栽培も行われている。その一方、こうした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。

そこで本研究では、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性に及ぼす影響を、同一の単位面積当たり立基数で検討した(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(仲ら, 2007)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。培養土(Metro-mix#350, Sun Gro Horticulture Distribution)を充填した200穴セルトレーに採穂当日に挿し芽し、無加温ガラス温室内の間欠ミスト下で約3週間育苗した発根苗を用いた。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 $2.1:2.2:2.2\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ とし、全量を元肥として全層施用した。

灌水は、土壌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80cm、長さ240cmの東西に長い栽培ベッドに、株間と条間をいずれも12cm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株の群落になるよう配置した(第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 m^2 当たり1灯の60W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5cm下(群落上層部)と約15cm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間隔は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.

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 (ブルースカイ, 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,

第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

第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

第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（左：南北位置，右：東西位置）

図中の曲線は二次近似式，誤差範囲は標準誤差（ $n=9\sim17$ ）

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

第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花日数に及ぼす影響

誤差範囲は標準誤差（ $n=17\sim40$ ）

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

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．

摘心後の分枝位置が消灯後花日数に及ぼす影響を第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

第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， $n=10\sim17$ ， $9\sim15$ および $17\sim40$

^y 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

花日数の間には，第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花日数が短い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．

第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

また、群落内での波長別光量子束密度の分布を第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。

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to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7図に示した。外側2条の摘心後to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to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to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

第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

²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
³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10 nmごとに測定した光量子束密度を積算

きくなり、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to花日数に内外差がみられなかった。

中央条間が摘心後to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3表に示した。到花日数については、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to花日数は中央条間が広くなるほど短くなり、開花の斉一性を示す5日率は中央条間75～90 cm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。

第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 flowering 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 flowering 日数の斉一性と切り花の節数に及ぼす影響

中央条間 ^z	到花日数 (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)

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 flowering 日数に及ぼす影響を第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 flowering 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 flowering 日数は、100日前後ではほぼ同等であった。10条遮光区では10条区と比べて、西端の1条目で摘心後 flowering 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 flowering 日数の斉一性と節数を第4表に示した。摘心後 flowering

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。

4. 摘心の影響 (実験4)

摘心の有無と仕立て本数が摘心後 flowering 日数、節数、切り花長および切り花重に及ぼす影響を第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本区の間に各測定項目とも有意差がみられなかった。

考 察

本報では夏秋小ギクについて、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 flowering 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 flowering 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。

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表)。これは、植物群落で広く確認されている避陰反応や周縁効果 (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

第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、立体は10条区、斜体は10条遮光区

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

処理区 ^z	摘心後到花日数 (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15cm、4条区は条間10–30 (中央)–10cm、いずれも株間を10cm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5表 摘心と仕立て本数が小ギク‘翁丸’の到花日数と節数、切り花長および切り花重に及ぼす影響

処理区 ^z	到花日数 (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15cm、中央条間30cmとした複2条の4条植え、無摘心区と摘心1本区は株間7.5cm、摘心2本区は株間15cm

^y 無摘心区の到花日数は定植日から、摘心区の到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)

比較して同等以上となっている (第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晚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2表)、同時に PPFD も大きく低下していた (第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ろ花日数が短くなるとともに、その斉性が高まる (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到花日数が短くなると報告している。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到花日数が短くなる負の相関 (第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表) と開花の早期化 (第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、南側の上層で午前中の光量が大きかった点については、本報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では中央条間を広げることで群落中央部の光環境を改善する方法を、実験3では群落中央部にあ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広げることによって外側の到花日数に近づき（第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広げることで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75 cm以上（第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8図）ものの、その変動係数の改善効果は小さかった（第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。本稿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方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広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60～80 cmと広いため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130 cm、株間と片側2条の条間をとともに12 cm、中央条間を53 cm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一つといえる。

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分枝の差は小さく、下位節でその分散が拡大した（第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（仲ら，2016）が、無摘心栽培に比べて摘心栽培では、こうした苗由来の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一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当たり立基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一つだと推察される。

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、本報の各実験は‘翁丸’のみを用いて行った結果であり、品種固有の葉の形態などに由来する品種間差（仲ら，2007）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。

摘 要

収穫機による一斉収穫を目指して、栽植様式が開花斉一性に及ぼす影響を、夏秋ギク型小ギク‘翁丸’を用いて検討した。6条7列の群落として栽培した小ギク切り花について、栽植位置および摘心後分枝の発生節位ごとの到花日数を調査した。到花日数は群落中央部の4条間では差がなく、通路に面した南北の周縁部で短くなった。群落中央部のPPFDは周縁部に比べて、草冠部に相当する上層とそこから約15 cm下位の中層との差が小さく、より下位葉まで日射が到達していた。また、株当たり3本整枝とした摘心後分枝の発生節位では、上位節および中位節と比較して下位節で到花日数が長くなり、そのばらつきも大きかった。こうした群落内での栽植位置による到花日数の差を小さくするため、中央条間の変更、群落周縁部の遮光および摘心の影響を検討した。南北畝の4条植え群落における中央条間を15～90 cmまで変化させ、内側2条と外側2条の到花日数を比較すると、到花日数の内外差は中央条間が広いほど小さくなり、75 cm以上ではみられなくなった。また、10条植え群落において遮光率31%の遮光資材を通路に面した群落側面に下垂させて到花日数を調査した。遮光処理によって群落周縁部の到花日数はやや長くなったものの、群落全体の開花斉一性は高まらなかった。さらに4条植え群落において、無摘心と摘心後1本もしくは2本仕立てとした3区の到花日数を比較したところ、摘心栽培の2区で開花斉一性が向上した。これらから、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、中央条間の拡大と摘心後分枝数の制限によって改善できることが示された。

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.
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.
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. 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.
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.
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 Hort*. 39: 257–267.
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.
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. Hort. Sci. Biotech*. 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 Hort*. 102: 35–341.
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. Hort. Sci. Biotech*. 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.
- 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.
- 仲 照史. 2011. 一斉収穫など収穫作業の機械化. p. 36–43. 大石一史編著. キクをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 仲 照史・濱田敏弘・松本由利子・福本靖彦・印田清秀・後藤丹十郎. 2014. 小ギク切り花の開花程度選別を機械化するための計測手法. *植物環境工学*. 26: 145–153.
- 仲 照史・角川由加・前田茂一・後藤丹十郎. 2016. 夏秋小ギクの開花斉一性向上における親株系統選抜の重要性. *園学研*. 15: 39–46.
- 仲 照史・角川由加・前田茂一・竹崎あかね. 2007. 夏秋小ギクにおける開花斉一性と着葉形態の品種間差異. *園学研*. 6 (別2): 359.
- 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.
- Oyaert, E., E. Volckaert and P. C. Debergh. 1999. Growth of chrysanthemum under colored plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Hort*. 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.
- Smith, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 33: 481–518.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. *農業技術体系花卉編6キク* (クリサンセマム). 農文協. 東京.
- 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. *岡山大農学報*. 100: 31–37.
- 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.