エセフォン処理によるキクのロゼット化誘導¹

小西国義・梶原真二・景山詳弘

岡山大学農学部 700 岡山市津島

Inducing Rosette Formation in Chrysanthemum Plants by Ethephon Treatment

Kuniyoshi KONISHI, Shinji KAJIHARA and Yoshihiro KAGEYAMA

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tushima, Okayama 700

Summary

Effects of the concentration of 2-chloroethyl-phosphonic acid (ethephon) and its application frequency on stem elongation and flower formation in chrysanthemum plants were studied. It was also investigated whether the ethephon simply inhibits the stem elongation for its active period or it induces rosette formation.

When an aqueous solution of ethephon at 1,000 ppm or higher was applied 3 times at 7 day intervals, a strong inhibition of the stem elongation and flower formation was observed.

Elongation of the plants was inhibited only for a short period when high concentration of ethephon was treated in spring and summer, and then the stems started to elongate about 15 days after the last ethephon applications. In contrast, the plants treated in September stopped elongation and remained rosette form until the following spring.

The ethephon application in late August or earlier did not induce the rosette formation even in short day and cool conditions. The rosette formation was induced only when ethephon was applied later than early September.

It appears that ethephon or ethylene lowers the growth activity and induces the rosette formation in chrysanthemum plants which have experienced high temperature in summer.

緒 言

さきに(6), 高濃度のエセフォン(2-chloroethylphosphonic acid, CEPA)で処理されたキクはロゼット状に生育して花芽を形成しないこと, ロゼット状になったそのシュートを取り, 低温で処理して挿し芽すれば, 吸枝苗を用いることなしに夏ギクの早期促成栽培ができることを報告した。エチレンや植物に吸収されてエチレンを放出するエセフォンあるいはエスレルが, キクの節間伸長及び花芽形成を抑制することは, それよりさきにTjiaら(8), Kherら(3), Cockshullら(1,2)によっても報告されている。

よく知られているように, わが国のキクは秋冬季にはロゼット状に生育し, それを夜温 10°C 程度に維持した温室で栽培しても節間が伸長せず, 好適な日長であっても花芽を形成しない。一般に, この現象をキクのロゼッ

ト化と称している。小西(4,5)は, キクが秋冬季に夜温 10°C あるいは恒温 15°C のような涼温と短日の条件下で伸長生長しないのはその生長活性が低下しているからであって, 冬の低温を受けて活性が高くなっている春には同じ涼温・短日条件のもとでもよく伸長すること, 活性が低下していても高温条件では正常に伸長することを指摘したうえで, 形態的な状態と生理的な状態とは区別して考える必要があり, 生理的に生長活性が低下して涼温・短日のもとで節間伸長しないようになる現象が正しい意味でのロゼット化であるとしている。そして, キクのロゼット問題でとくに重要なのは生長活性の低下及び向上であることを強調している。また, 生長活性の低下には夏の高温が, その向上には冬の低温が決定的な作用をすること, 夏に高温を受けなければ活性は低下せず, いったん低下した活性は低温を受けなければいつまでも向上しないことを明らかにしている。

¹ 1984年11月26日 受理

さきに紹介したように、エチレンで処理されたキクは節間が伸長せずにロゼット状になるが、そこで問題となるのは、エチレンは節間伸長と花芽形成を単に一時的に抑制するだけであるのか、あるいはロゼット化を誘導するのか、ということである。すなわち、エチレンはキクの生長活性を長期にわたって低下させてしまうのか、あるいはエチレンで処理されたキクは、その効果がなくなれば涼温・短日のもとでも再び伸長するのか、ということが問題となる。ここに報告する研究では、主としてこの問題を検討し、あわせて茎の伸長抑制に最も有効なエセフォンの濃度と散布回数について調べた。

材料及び方法

実験 1. エセフォンの濃度と散布回数

夏ギクの‘新精興’と秋ギク‘乙女桜’を供試し、その挿し芽苗を1983年6月12日に、36 cm×60 cm×深さ 12 cm の木箱に10株ずつ定植して自然条件下で栽培した。夏ギクは量的短日植物であり、長日条件のもとでも摘心前に側芽が花芽を形成し始めていることがあるので、この実験ではそれを避けるために、低節位での摘心を2回繰り返したうえでエセフォンを散布した。すなわち、両品種とも6月19日に2~3葉を残して第1回の摘心を、さらに7月3日に、発生した側枝の2~3節で第2回摘心を行い、その直後に初回のエセフォン散布処理を行った。散布濃度は0, 500, 1,000, 2,000 ppm とし、散布回数を7日間隔で1回, 2回, 及び3回とした。

第2回摘心ののちに発生した2次側枝のうち各株2本を生長させて他は摘除し、1区20株、40シュートについて、10日ごとに茎長及び葉数を調査した。‘新精興’については発蕾日も記録した。

実験 2. エセフォン処理時期(季節)

‘新精興’及び‘乙女桜’の挿し芽苗を、1983年5月中旬から8月下旬まで、7回にわたって実験1と同じ大きさの木箱に10株ずつ定植して自然条件下に置き、定植の1週間後に第1回摘心、3週間後に第2回摘心を行った。第2回摘心と同時に、及びその1, 2週間後の計3回エセフォン 1,000 ppm を散布した。エセフォン初回散布(第2回摘心)の時期は(I) 6月2日, (II) 7月3日, (III) 8月4日, (IV) 8月14日, (V) 8月23日, (VI) 9月1日, 及び(VII) 9月13日であった。

第2回摘心の後に発生した側枝は1株2本を残して他は摘除し、1区20株、40シュートについて10日ごとに茎長と葉数を調査し、発蕾日を記録した。

実験 3. エセフォン処理後の温度と日長

秋ギク‘乙女桜’の挿し芽苗を1983年5月27日に前記の木箱に10株ずつ植え、6月3日に摘心し、その日及び

1, 2週間後にエセフォン1,000 ppmを散布した。第3回散布と同時に(6月17日)にファイトトロンの15℃及び25℃室に搬入し、自然日長(長日)と9時間日長(短日)のもとに置いた。1区20株、40シュートについて、入室後10日ごとに茎長と葉数を調査した。

実験 4. 涼温・短日下でのエセフォンの効果

‘乙女桜’の挿し芽苗を上記の木箱に8株ずつ植え、その6日後に摘心して、エセフォン 1,000 ppm を1週間ごとに3回散布した。摘心及び初回エセフォン散布の時期は、1984年(I) 7月9日, (II) 8月9日, (III) 8月31日であった。最終散布と同時に(7月23日, 8月23日, 9月14日)にファイトトロンの15℃及び20℃室に移し、9時間日長とした。10月1日からは、15℃区は露地で、20℃区は無加温室で自然日長のもとで栽培した。

1株当たり3本のシュートを生長させ、1区8株24シュートについて、その後の生長と発蕾を調査した。

結 果

実験 1. エセフォンの濃度と散布回数

摘心つまり第1回エセフォン散布後の茎の伸長状況は第1図のとおりであった。いずれの品種もエセフォン濃度が高く、散布回数が多いときに茎の伸長が強く抑制された。500 ppm 1回散布では伸長抑制効果はほとんどみられなかったが、3回散布では初回散布から30日、つまり最終散布の約15日後まで伸長を抑制し、その効果は2,000 ppm 1回散布と同じ程度であった。しかしながら、最も効果のあった2,000 ppm 3回散布区であっても、最終散布の15日後ごろから茎の伸長がみられるようになった。

エセフォン処理によって展葉間隔が著しく短縮された(第2図)。「新精興」の対照区は摘心後28日で発蕾し、その後は葉数増加が少なかった。摘心後30日の葉数を比較すると、対照区の19葉に対して2,000 ppm 3回区は30葉に達していた。

‘乙女桜’もエセフォン処理によって葉数の増加速度が促進されたが、摘心後20日まではエセフォンの濃度と散布回数による差はほとんど認められなかった。その後は、濃度よりむしろ回数の影響が強く現れた。また伸長抑制効果がなくなって後には、展葉間隔の差も小さくなった。

長日季に行われた実験であるために、質的短日植物である‘乙女桜’は実験期間中には発蕾しなかった。長日のもとでも花芽を形成する‘新精興’について発蕾に及ぼすエセフォンの効果をみると、第1表のように、エセフォン処理によって発蕾が著しく抑制された。その抑制効果は、茎の伸長抑制の場合と同じように、濃度が高

Fig. 1. Effect of the concentration of ethephon and its application frequency on stem elongation. The plants were pinched on July 3, and the first ethephon spray was done on the same day. The second and third spray were conducted on July 10 and 17 respectively. Numbers of each frame show the days after the first spray.

Fig. 2. Effect of the concentration of ethephon and its application frequency on rate of leaf formation. The experimental procedures were the same as those in Fig. 1.

く、散布回数が多いときに顕著であった。ただし、1回散布区に比べて2、3回散布区は最終散布がそれぞれ7日、14日遅れているにもかかわらず、発蕾期の差はごくわずかであった。また、エセフォンは発蕾を抑制はしたがいつまでも阻止するわけではなく、茎が伸長しはじめで30～40日後には発蕾がみられた。

実験 2. エセフォン処理時期(季節)

8月23日以前に初回のエセフォン散布を行った場合と9月1日以降の散布とでは、茎の伸長に対するエセフォンの効果に著しい差異がみられた(第3図)。すなわち、

8月23日以前の散布では、実験1の場合と同じように、茎の伸長は一時的に抑制されるだけで初回散布の30日後、つまり最終散布の約15日後には抑制効果がほとんどなくなり、茎が伸長するようになった。それに対して、9月1日以降に初回散布を行ったときには抑制効果が強く、しかもその効果は長く持続した。

また、'新精興'は8月23日以前の処理では、遅れはしたがよく発蕾した。それに対して、9月1日初回散布区は85.2%、9月13日区は100%のシュートが節間伸長せず、ロゼット状のまま冬を迎えた。'乙女桜'は8月23日

Table 1. Effect of the concentration of ethephon and its application frequency on flower budding of cv. Shinseiko.

Concn. of ethephon ppm	Days to budding from the first application		
	No. of application times		
	1	2	3
0	—	—	27.6
500	48.3	59.3	62.8
1,000	61.2	63.2	64.6
2,000	63.9	68.2	70.3

Experimental procedures were the same as those in Fig.1.

処理で9.4%, 9月1日区57.9%, 9月13日区は100%が冬までロゼット状を持続した(第2表).

エセフオン初回散布から発蕾までの日数についてみると, '新精興' はいずれの時期の処理によっても発蕾が抑制された. 一方, 短日によって花芽形成が誘導される '乙女桜' の場合は, 8月4日の処理では対照区と差がなく, 8月14日処理ではわずかに遅れ, 8月23日以降の処理では, 対照区の発蕾までの日数が著しく減少したこともあって, 処理区と対照区との差が大きくなった.

実験 3. エセフオン処理後の温度と日長

エセフオン 1,000 ppm を3回散布してのち25℃とした場合は, 15℃にしたものに比べてエセフオンによる伸

Table 2. Effect of the time (season) of ethephon application on flower budding and rosette formation.

Ethephon ²			Date of the first application						
			June 2	July 3	Aug. 4	Aug. 14	Aug. 23	Sept. 1	Sept. 13
Shinseiko	Days to budding ³	—	13.7	27.6	43.5	37.0	34.0	38.7	44.7
		+	58.7	68.2	55.6	52.5	52.8	61.8	∞
	% of rosette shoots	—	0	0	0	0	0	0	72.2
		+	0	0	0	0	0	85.2	100
Otomezakura	Days to budding	—	—	—	41.7	43.7	33.6	32.2	22.9
		+	—	—	42.8	49.4	50.6	67.4	∞
	% of rosette shoots	+	0	0	0	0	0	0	0
		—	0	0	0	0	9.4	57.9	100

² Etkephon at 1,000 ppm was sprayed 3 times at 7 day intervals.

³ Days to visible flower bud after the first spray. The rosette shoots excluded.

Fig. 3. Effect of time (season) of the ethephon application on stem elongation. C : Control. E : Etkephon at 1,000 ppm was sprayed 3 times at 7 day intervals starting at the second pinching time. Numbers of each frame show the days after the first spray.

Fig. 4. Effect of the temperature and day length after the ethephon application on stem elongation in 'Otomezakura'. Ethephon at 1,000 ppm was sprayed 3 times at seven day intervals from the pinching time (June 3). After the last spray (June 17) the plants were grown under the temperature at 15°C or 25°C combined with long or short days. Numbers of each frame show the days after the first spray (after the third spray).

長抑制効果が低かった(第4図)。とくに、最終散布の30日後からは正常に伸長し、短日のもとでは、短日開始後31.1日で発蕾した。

Table 3. Effect of the ethephon application on stem elongation and flower budding under the cool temperature and short day conditions.

	Ethephon	Date of the first application					
		July 9		Aug. 9		Aug. 31	
		15°C	20°C	15°C	20°C	15°C	20°C
Stem length (cm)	—	26.9	28.0	29.1	30.2	31.4	28.9
	+	26.2	28.3	24.5	22.3	11.5	29.6
No. of nodes	—	19.0	19.6	18.0	18.8	19.0	19.2
	+	38.0	39.7	37.3	37.8	33.6	39.8
Avg. length of upper 10 internodes (cm)	—	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1
	+	1.3	1.4	1.2	0.9	0.5	1.3
% of budded shoots	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	+	75.0	95.7	75.0	91.7	20.8	95.8
% of rosette shoots	—	0	0	0	0	0	0
	+	12.5	0	12.5	8.3	70.8	4.2

Ethephon at 1,000 ppm was sprayed 3 times at 7 day intervals starting on the pinching day. After the last spray the plants were grown under the conditions of 9-hour photoperiod at 15°C or 20°C. Data were taken 60 days after the last application.

15°Cでは伸長が悪かったが、それでも長日のもとでは最終散布後30日ごろからはよく伸長した。15°C・短日のもとでは40日後まで伸長が抑制されたが、その後は伸長が目立つようになった。

この実験では、温度と日長の処理は50日間で終了し、すべての植物は8月6日に自然条件に移されたが、15°C・短日区もその後の長日条件のもとで10日以内にすべてのシュートが発蕾した。

実験 4. 涼温・短日下でのエセフォンの効果

エセフォン最終散布後60日の茎の伸長状態や発蕾状況は第3表のようであった。いずれの摘心時期の場合も、エセフォン無散布区は、20°Cはもちろん15°Cでもよく伸長し、短日開始後20日ぐらいですべてのシュートが発蕾した。

エセフォン処理された場合も、処理後20°C・短日とされたときには、抑制効果が長く続いたとはいえ、やがては伸長し、短日開始60日後にはいずれの区も90%以上のシュートが発蕾していた。エセフォン処理後15°Cとした場合も、8月23日以前にエセフォン処理を終了したときには、その60日後までに75%が発蕾し、ロゼット状のシュートはわずか12.5%であった。ところが、9月14日にエセフォン散布を終って15°C・短日とした場合には、70.8%のシュートがロゼット状のままであり、発蕾シュートは20.8%にすぎなかった。

考 察

さきに、エセフォン処理によってロゼット状になったシュートを挿し穂とし、それを冷蔵処理して挿し芽すれば、従来の方法と違って育苗なしで夏ギクの早期促成栽

培ができることを明らかにした(6)．この方法はすでに営利栽培で実用化されようとしている．しかし、さきの報告では、キクをロゼット状にさせるためのエセフォンの最適濃度と散布回数については明らかにされていない．そこで、それを明らかにしようとしたのがこの報告の実験1である．その結果は、用いられた最高濃度の2,000 ppmまで濃度が高いほど、また3回まで散布回数が多いほど伸長抑制効果が高かった．

Cockshull ら(1) はエセフォン 1,000 ppm 1回散布より5回の方が花芽形成抑制の効果が高いとしている．一方 Kher ら(3) は、エスレル 2,000 ppm の1回散布で花芽形成を阻止し、ロゼット化を引き起こしたと報告している．われわれの結果は Cockshull らのそれと一致しているが、この違いは実験が行われた時期(季節)と関係しているように思われる．Kher らの実験は日本で9月以降に行われており、Cockshull らのそれはイギリスで春～夏に実施され、われわれの場合と時期的に一致する．後に述べるように、春～夏にエセフォン処理すると茎の伸長や花芽形成が一時的に抑制されるだけであるが、9月以降に処理されたキクはほとんど完全にロゼット化する．

われわれの実験結果では、1,000 ppm 3回散布区は2,000 ppm 2回より高い効果がみられたので、夏までに茎の伸長を抑制しようとするれば、1,000 ppmのエセフォンを繰り返し散布するのがよいと思われる．また、秋に処理する場合も、1,000 ppmで3回散布するのが安全であろう．

つぎに、この研究の主目的であるエセフォン(エチレン)によるロゼット化誘導の問題について考察しよう．実験2において、8月23日以前に初回のエセフォン散布を行った場合には、一時的に節間伸長が抑制されるだけで、やがて茎が伸長して発蕾した．一方、9月1日に初回散布を行ったときには多くのシュートが、9月13日初回散布の場合にはすべてのシュートがロゼット状を長く持続した．このシュートを挿し木して無加温室で栽培すると、翌春まで節間伸長しないので(6)、9月にエセフォン処理してロゼット状になったキクは、普通にロゼット化したものと同じ状態、つまり生長活性の低い状態にあるといえる．

キクは生長活性が低くても高温条件ではよく伸長する(5)．夏までにエセフォン処理したキクは後に茎が伸長したが、この場合は高温の季節であるので、エセフォンによってはたして生長活性が低下したのかどうかはわからない．それを知るには、活性の低下したキクが形態的にロゼット状になる条件、つまり涼温・短日の条件の

もとで栽培してみなければならない．そういう目的で実施した実験3及び4では、8月23日までに最終エセフォン散布をして15℃・短日としたときには、高温・長日でよりも長期間にわたって茎の伸長が抑制されたが、やがて大部分のシュートが伸長して発蕾した．9月14日にエセフォン処理を終った場合には、逆に多くのシュートがロゼット状を長く持続した．この結果は、露地の自然条件のもとで行った実験2の結果と同じである．

キクは夏の高温を受けて生長活性が低下し、その後涼温・短日条件のもとでロゼット状になる(5)．これらの実験結果から、エセフォンは高温に代わってキクの生長活性を低下させるのではなく、高温を受けて後に与えられてはじめてロゼット化を誘導するものと思われる．

小西(5)によれば、ロゼット化して後に冬を15℃以上で経過して生長活性の向上していないキクは、15℃(涼温)・短日に移されるといつでもロゼット状になるが、冬を低温で過して夏を高温で経過したものは、9月に涼温・短日にしてもロゼット状にならず、10月あるいは11月になってはじめて完全にロゼット状になる．この報告の実験4でも、9月14日に15℃・短日としたエセフォン無処理区は正常に伸長して発蕾した．こういうことから、キクの生長活性は高温を受けて低下するとはいえ、高温を受けた直後にはまだ活性が高く、その後秋遅くまで時間が経過して活性が低下するものと考えられる．すなわち、高温ののちに何らかの要因が作用してはじめて生長活性が低下するものと思われる．そして、エセフォンつまりエチレンは、高温を受けてはいるがまだ活性の高い9月にロゼット化を誘導するから、この高温後の何らかの要因に代わるものとして作用するのであろう．

なお、エチレンはフリージア(7)その他の球根植物では(9)休眠打破、つまり生長活性の回復に促進的に作用する．宿根草のロゼットは芽の休眠に似た現象であるが、エチレンがある種類の植物では休眠打破に作用し、他の種類では逆にロゼット化誘導に作用することは興味あるところである．

なお、エセフォンがキクの展葉間隔を短くすることは Cockshull ら(1)も認めているところであるが、その作用メカニズムについては明らかでない．

摘 要

キクの茎の伸長抑制及び花芽形成阻止に最も有効なエセフォンの濃度と散布回数を調べ、エセフォンによる茎の伸長抑制作用が単なる一時的なものか、あるいはロゼット化誘導なのかを検討した．

1,000 ppm以上の濃度で3回散布したときに茎の伸長と花芽形成が強く抑制された．

自然条件下で春～夏（8月下旬以前）にエセフォン処理したときには茎の伸長が一時的に抑制されるだけで、最終散布の15日後には再び伸長がはじまった。9月以降に処理された場合は翌春までロゼット状であった。

エセフォン処理の後に涼温・短日で栽培したときでも、8月下旬までに処理を終ると一時的に伸長が抑制されるだけでロゼット化はせず、9月に処理されるとロゼット化した。エチレンは、夏の高温を受けて後のキクに与えられたときに、そのロゼット化を誘導するものと思われる。

引用文献

1. COCKSHULL, K. E. and J. S. HORRIDGE. 1978. 2-chloroethylphosphonic acid and flower initiation by *Chrysanthemum morifolium* RAMAT. in short days and in long days. J. Hort. Sci. 53 : 85—90.
2. COCKSHULL, K. E., J. S. HORRIDGE and F. A. LANGTON. 1979. Ethephon and the delay of early budding in chrysanthemums. J. Hort. Sci. 54 : 337—338.
3. KHER, M. A., M. YOKOI and K. KOSUGI. 1974. Effects of ethrel on the growth and flower formation in pot chrysanthemums. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 43 : 91—96.
4. 小西国義. 1975. さ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.
5. 小西国義. 1980. キクのロゼット化に関する研究. 園学雑. 49 : 107—113.
6. 小西国義・景山詳弘. 1984. エセフォン処理した挿し芽苗の直接定植による夏ギクの促成栽培. 岡山大学農学報. 63 : 9—14.
7. MASUDA, M. and T. ASAHIRA. 1980. Effect of ethylene on breaking dormancy of freesia corms. Scientia Hortic. 13 : 85—92.
8. TJIA, B. O. S., M. N. ROGERS and D. E. HARTLEY. 1969. Effects of ethylene on morphology and flowering of *Chrysanthemum morifolium* RAMAT. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 35—39.
9. VACHA, G. A. and R. B. HARVEY. 1927. The use of ethylene, propylene, and similar compounds in breaking the rest period of tubers, bulbs, cuttings, and seeds. Plant Physiol. 2 : 187—192.