

原著論文

栽培ギク ‘神馬’ において夏季の高温遭遇は低温条件下での
開花遅延を引き起こす

住友克彦・道園美弦・久松 完・柴田道夫*

(平成 20 年 6 月 24 日受理)

High Temperatures in Summer Induce Subsequent Inhibition of Flowering of
Chrysanthemum ‘Jimba’ under Low Temperature Conditions

Katsuhiko SUMITOMO, Mitsuru DOUZONO, Tamotsu HISAMATSU and Michio SHIBATA

Summary

Subsequent inhibition of flowering after exposure to chilling has been reported previously in chrysanthemum ‘Jimba’. Effects of high temperatures in summer (HT) on subsequent extension growth and flowering of ‘Jimba’ were studied in controlled environments. After the plants exposed to HT were grown at 20°/10°C (light/dark) with a 12-h photoperiod plus a 4-h night break, they showed inhibition of flowering under short-day conditions at 20°/15°C, compared to the plants isolated from HT. This shows that exposure to HT induces subsequent inhibition of flowering under low temperature conditions. ‘Jimba’ showed little reduction of stem elongation after exposure to HT, although exposure to HT induces both subsequent inhibition of flowering and stem elongation in many cultivars. This shows that inhibition of flowering and stem elongation under low temperature conditions by exposure to HT are independently regulated.

Key Words: chrysanthemum, flowering, Jimba, rosette, temperature response

* 現農林水産省農林水産技術会議事務局

緒言

キク (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) は、わが国の花き産業において最も重要な花きであり、2006年には花き総生産額の29%を占めている(農林水産省統計部, 2008)。そのうち輪ギクは卸売数量で約52%、卸売価額で約62%を占め、わが国で最も生産量の多い品目である。白色秋ギク品種‘神馬’は、1986年に静岡県浜松特花園の宮野喜久夫により、‘日銀’を母に‘名水’を父とする交雑から育成された品種である。1993年頃より鹿児島県に導入され、その後九州地方を中心に生産が行われ、現在ではほぼ全国に普及し、2002年には日本で生産量第1位のキク品種となっている(柴田, 2005)。

当初、‘神馬’は低温で管理しても伸長する品種であるとされていたが、10月以降に定植し、2月から4月に出荷する作型では、消灯後花芽分化が進まず、開花が遅延することが問題となった(谷川, 2002)。この原因究明のために多くの研究が行われ、‘神馬’は3°Cでの長期間の穂冷蔵や、親株期間や定植から短日処理までの期間を最低夜温10°Cで管理することによって開花が遅延することが明らかにされた(石倉・藤田, 2003; 谷川ら, 2001; 潮ら, 2003)。現状では、‘神馬’において低温期に発生する開花遅延は、長期間の低温遭遇後に花芽分化が抑制される現象、いわゆるキクの幼若性の獲得によるものであるとみなされ、営利栽培では、低温に遭遇させないような温度管理が行われている。また、低温開花性を有する枝変わり品種‘神馬2号’やイオンビーム照射による変異品種‘新神2’が利用されている(鹿児島県農業開発総合センター花き部, 2007)。

キクにおいて、高温遭遇は伸長生長の低下と花成抑制の誘因となり、その後の低温・短日・低日照条件下で節間伸長がほとんど停止してロゼット状になり、同時に花成は抑制され、不開花となる(小西, 1980; 柴田・久松, 2007)。この現象は、キクにおける休眠様現象であると考えられ、わが国の花き園芸分野では「ロゼット化」と称される(小西, 1988)。このロゼット化は、夏季に株が高温に遭遇しないように管理することによって回避できることがこれまで示されている(小西, 1980; 大石ら, 1984)。

これまで我々は短日低温期の栽培において明期開始前に電照し、日長を延長すること(早朝電照)により‘神馬’の開花遅延が軽減されることを示した(住友ら, 2007)。早朝電照は、‘秀芳の力’においてロゼット化を防ぐ作用がある(加藤ら, 1980)ことから、‘神馬’の開花遅延もまたロ

ゼット化に起因することが示唆される。さらに、営利栽培では、夏季の高温に遭遇した親株から増殖した苗を冬季の栽培に用いることから、10°C程度の低温条件下で発生する開花遅延は、ロゼット化が原因であるとも考えられる。

本研究では、ロゼット化の誘因である夏季の高温に遭遇した親株とそれを回避した親株を供試し、それらから得られた株を異なる生育温度下で栽培し、節間伸長と開花反応を調査することにより、親株の高温履歴が、その後の‘神馬’の花成と伸長に及ぼす影響を明らかにした。

材料および方法

栽培ギク‘神馬’を用いた。親株を夏季の高温に遭遇させた区(高温遭遇区)、および人工気象室内で親株を管理し高温に遭遇させない区(非高温遭遇区)を設けた。高温遭遇区では、2006年6月1日より白熱灯(K-RD100V60W, 松下電器産業株式会社)を用いて深夜5時間(21~2時)の暗期中断を行ったガラス室内において親株を管理した。暗期中断時の地表面における光合成有効光量子束密度(PPFD)は、 $3.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。10月1日以降は、夜間最低気温が18°Cを下回らないように、ガラス温室を加熱した。非高温遭遇区では、2006年6月1日より明期20°C、暗期15°Cの人工気象室内(12時間明期+4時間暗期中断)で親株を管理した。明期および暗期中断時には、蛍光灯(FL40SW, 三菱電機)を用いて光照射し、地表面におけるPPFDは $130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。

2006年11月6日に両区より採穂し、挿し芽した。挿し芽後20°C一定、18時間日長条件の人工気象室で管理した。明期には蛍光灯(FL40SW, 三菱電機)を用いて光照射し、地表面におけるPPFDは $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。2006年11月21日に、発根苗を7.5cm深ポットに1鉢あたり1株鉢上げした。培養土には園芸用培土(クレハ園芸培土, 株式会社クレハ)を用い、基肥として緩効性被覆肥料(くみあいロングトータル花き1号70日タイプ, N:P:K=13:16:10, チッソ旭肥料株式会社)を株当たり2g施用した。追肥は液体肥料(くみあい液肥2号, N:P:K=10:4:8, コープケミカル株式会社)を400倍希釈で週1回施用した。鉢上げ後、短日処理開始までの期間(暗期中断期)を、明期20°C、暗期10°C(20/10°C区)あるいは明期20°C、暗期15°C(20/15°C区)に設定した人工気象室(蛍光灯による12時間明期+4時間暗期中断、光照射時の地表面におけるPPFDは $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)内で、それぞれ4週間(4週区)および8週間(8週区)管理した。4週区では2006年12月19日に、8週区では2007年1

月16日に11時間日長(光照射には蛍光灯を用い、地表面におけるPPFDは $200 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ となるように照射)、明期 20°C 、暗期 15°C に設定した人工気象室に移動し、短日処理を開始した。各区15株を供試した。処理区の概要を第1表に示した。

親株の高温遭遇の有無、暗期中断期の生育温度および暗期中断期間が、開花反応および伸長に及ぼす影響を調査した。発蕾日と開花日を記録し、開花時に短日処理開始時最上位展開葉より上位4～7節間長(以下、節間長)を測定した。短日処理後増加葉数(以下、葉数)を調査するため、短日処理開始時および開花時に展開葉数を測定した。

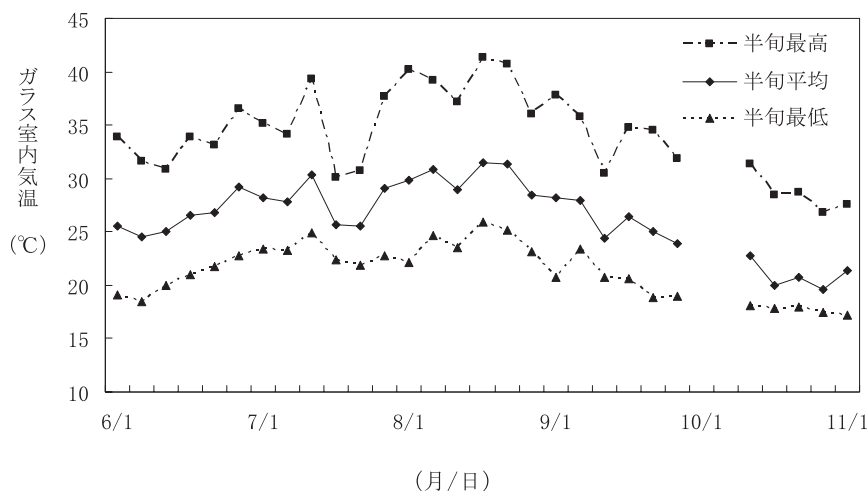
第1表 試験区設定

親株管理期	暗期中断期 (生育温度・期間)	短日期
高温遭遇 (ガラス室)	20/15 $^\circ\text{C}$ ・4週区	20/15 $^\circ\text{C}$ 11時間日長
	20/10 $^\circ\text{C}$ ・4週区	
	20/15 $^\circ\text{C}$ ・8週区	
	20/10 $^\circ\text{C}$ ・8週区	
非高温遭遇 (20/15 $^\circ\text{C}$)	20/15 $^\circ\text{C}$ ・4週区	
	20/10 $^\circ\text{C}$ ・4週区	
	20/15 $^\circ\text{C}$ ・8週区	
	20/10 $^\circ\text{C}$ ・8週区	

結果

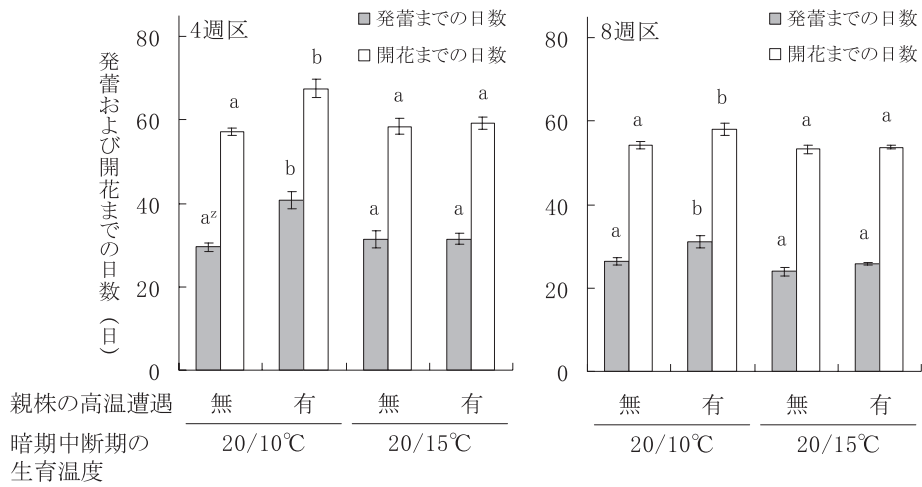
第1図に高温遭遇区の気温の推移を示した。2006年6月1日から11月6日までの平均気温は 26.4°C であった。外気温の低下に伴い、ガラス室内の最低気温は 17°C 近くまで下がる日が見られたが、概ね 18°C を維持した。高温遭遇区の株は、夏季に高温に遭遇し、その後 15°C 以下の涼温条件には全く遭遇しなかった。

親株の高温遭遇の影響は、暗期中断期を夜温 10°C で管理した20/10 $^\circ\text{C}$ 区においてみられ、高温遭遇区では非高温遭遇区に比べ発蕾および開花までの日数が増加し、開花が抑制された(第2図)。また、20/10 $^\circ\text{C}$ 区の高温遭遇区では、非高温遭遇区に比べ葉数も増加した(第3図)。ギクの茎頂は、短日条件下では一定枚数の葉を分化した後、花芽分化する。何らかの要因で花芽分化が抑制されると、茎頂はその期間葉を分化し続けるため、葉数が増加する。すなわち、20/10 $^\circ\text{C}$ 区の高温遭遇区では、非高温遭遇区に比べ花芽分化の開始が抑制されたことが示された。この親株が高温に遭遇したことによる花成の抑制(高温遭遇区と非高温遭遇区の差)は4週区で顕著で、親株が高温遭遇した区では、高温に遭遇していない区に比べ発蕾は11.5日、開花は10.4日遅延し、葉数は5.7枚増加した。8週区では4週区に比べ、親株の高温遭遇による



第1図

ガラス室内高温遭遇区の半旬別の気温の推移(10月第1・2半旬は欠測)

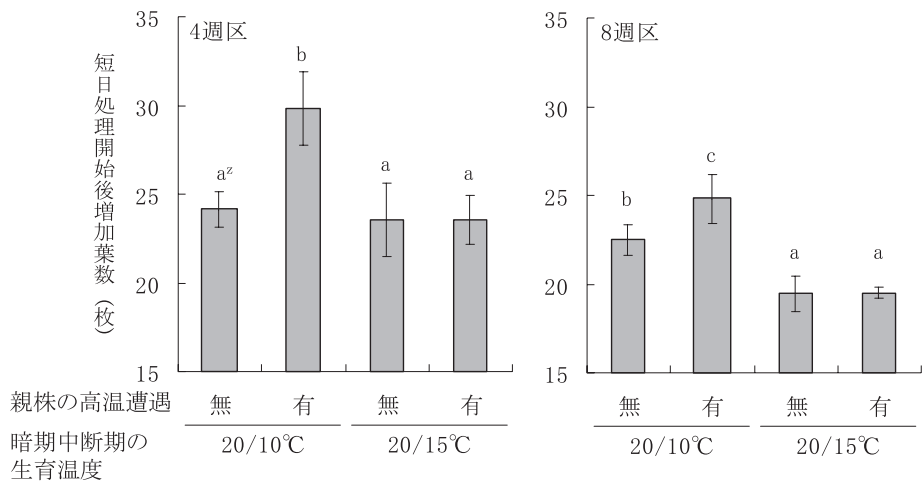


第2図 高温履歴，暗期中断期の生育温度および暗期中断期間が‘神馬’の発蕾および開花までの日数に及ぼす影響

左，暗期中断期間4週；右，暗期中断期間8週

図中の縦棒は標準誤差を示す (n=15)

^z 同じ暗期中断期間における同文字のアルファベット間にはTukeyの多重検定による5%水準で有意差がないことを示す

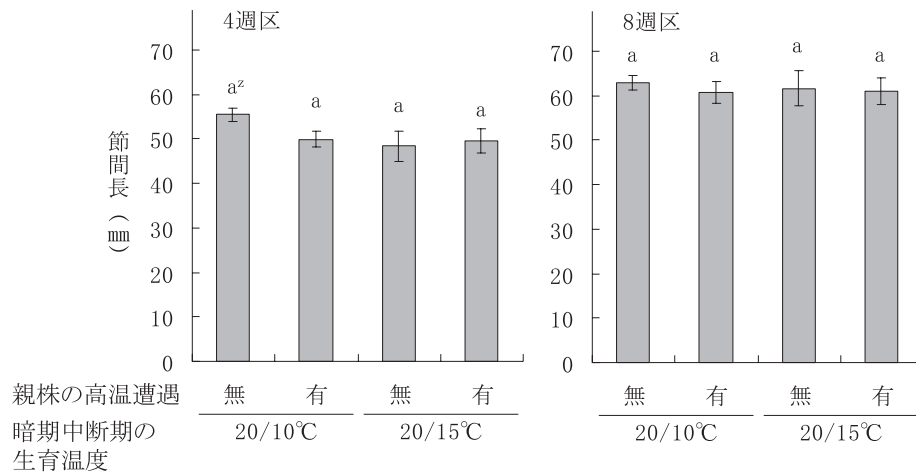


第3図 高温履歴，暗期中断期の生育温度および暗期中断期間が‘神馬’の短日処理後増加葉数に及ぼす影響

左，暗期中断期間4週；右，暗期中断期間8週

図中の縦棒は標準誤差を示す (n=15)

^z 同じ暗期中断期間における同文字のアルファベット間にはTukeyの多重検定による5%水準で有意差がないことを示す



第4図 高温履歴，暗期中断期の生育温度および暗期中断期間が‘神馬’の節間伸長に及ぼす影響

短日処理開始時の最上位展開葉より上位4～7節間長を測定した
 図中の縦棒は標準誤差を示す (n=15)

左，暗期中断期間4週；右，暗期中断期間8週

^z 同じ暗期中断期間における同文字のアルファベット間にはTukeyの多重検定による5%水準で有意差がないことを示す

発蕾・開花の遅延および葉数の増加は小さくなったものの，発蕾が4.6日，開花が3.9日遅延し，葉数は2.3枚増加した。節間長において，親株の高温遭遇および暗期中断期の生育温度の影響はみられなかった(第4図)。20/15°C区では，暗期中断期間にかかわらず，高温遭遇区と非高温遭遇区間に，発蕾・開花までの日数および節間長に差はみられなかった。

考 察

‘神馬’の営利栽培において，開花遅延を示す株ではほとんど伸長が低下しないこと，また‘神馬’は3°Cの低温に長期間遭遇すると，その後適温条件下でも開花が遅延する(石倉・藤田，2003)ことから，営利栽培において低温期に発生する開花遅延は，低温に長期間遭遇したことによる花成抑制現象，いわゆる幼若性であると考えられている(谷川ら，2001；潮ら，2003)。しかし，本研究では，‘神馬’において高温遭遇が原因となってその後の低温条件下で花成が抑制される現象，いわゆるロゼット化が誘導されることを明らかにした(第2，3図)。ただし，‘秀芳の力’のロゼット化の際に顕著にみられる伸長の抑制は，‘神馬’においてはみられなかった(第4図)。したがって，営利

栽培で低温期にみられる伸長の低下を伴わない開花遅延は，これまで報告されている低温遭遇だけではなく，株が高温に遭遇することもまた原因となって発生することを示している。‘秀芳の力’では，夜温を15°C以上で管理することによって，株の高温遭遇が原因で発生する花成の抑制(ロゼット化)を防止できる(豆塚ら，1983)。本実験の20/15°C区では，高温遭遇区と非高温遭遇区間に，発蕾・開花までの日数および節間長に差はみられなかった(第2，3図)ことより，‘秀芳の力’と同様に，‘神馬’においても，暗期中断期を15°C以上の高夜温で管理することで，株が高温に遭遇した後に発生する花成の抑制を防止できることが示された。

暗期中断期夜温10°C区でみられた高温履歴による花成の抑制は，暗期中断期間が長くなると小さくなった(第2，3図)。ギクの花成および伸長は，植物体が10°C以下の低温に遭遇することによって促進される(Schwabe，1950；小西，1975；小西，1988)。20/10°C・8週区では，8週間にわたる夜温10°C管理が低温処理として作用した結果，高温履歴による花成の抑制が回復し，それゆえ高温履歴による花成の抑制が，20/10°C・4週区に比べ小さくなったと考えられる。‘神馬’は，低温に長期間遭遇すると開花が遅延する(石倉・藤田，2003)ことから，営利栽培では低温に

遭遇させないような管理が一般的である。しかし、本研究の結果より、低温に遭遇させないように管理することで、高温履歴による花成抑制が回復せず、低温条件下での栽培において開花遅延を引き起こす原因となることが示唆される。近年、‘神馬’およびその枝変わり品種‘新神2’等の苗生産を、年間の温度変化がなく株が低温に遭遇しない熱帯高地で行う事例がみられる(鹿児島県農業開発総合センター花き部, 2006)が、このような条件で生産された苗は、高温履歴による開花遅延を示しやすいおそれがある。‘神馬’は低温履歴だけではなく、高温履歴によってもまた花成が抑制される性質を有することを、営利栽培において留意する必要がある。

温度はキクの生育に影響を及ぼす重要な要因である。キクの花成に対する温度反応は複雑で、高温履歴および低温履歴によりそれぞれ花成が抑制される場合がある(樋口・福田, 1976; 小西, 1980; 柴田・久松, 2007; Sumitomo et al., 2008)。このうち高温履歴による花成抑制について、35°C・30日以上的高温遭遇が誘因となり(Schwabe, 1955)、その後の15°C以下の涼温条件下で花成抑制がみられる(小西, 1980)ことが示されている。高温履歴はまた伸長を抑制する誘因でもあり、大部分の品種では高温履歴によってその後の伸長が抑制される(大石ら, 1984; 久松ら, 2002)。「神馬」以前の白色秋輪ギク主要品種‘秀芳の力’では、高温履歴により低温期に不開花状態となり、同時に節間伸長が停止しロゼットを形成する現象が発生しやすく、安定生産を妨げていた(豆塚ら, 1983)。本研究では、‘神馬’においても、株の高温遭遇後、生育温度が10°Cまで低下した場合には、‘秀芳の力’のように伸長の著しい低下は伴わないが、花成が抑制されることを明らかにした。キクにおいて、このような高温遭遇が誘因となり発生する花成・伸長抑制現象は、わが国の花き園芸分野においてロゼット化と表現された(小西, 1980)。このロゼット化には、品種間差があることが明らかにされており(大石ら, 1984)、「秀芳の力’では、高温遭遇後低温条件下でロゼットを形成し、同時に不開花になる品種特性が強い(豆塚, 1988)ため、高温履歴が誘因となり、その後の涼温条件下で起こる開花遅延と伸長抑制には、「ロゼット化」という用語が適していた。本研究で示した‘神馬’における花成抑制も高温履歴が誘因であるため、いわゆる「ロゼット化」現象の一部であると推察される。しかし、「神馬’では本実験において高温履歴による伸長抑制はほとんどみられなかったことから、節間伸長がほぼ停止した状態を表す「ロゼット化」という用語で、この現象を表現することは誤解を招きやすいように思われ

る。伸長および花成の抑制は、ともに高温履歴に対する環境応答反応であり、「秀芳の力’でみられるように両者は多くの品種では同時に発生する。しかし、開花順序が逆転して花房の下から上に向かって開花が進む特性を有する系統(デルフィナム系統)において、節間伸長の低下に先立って花成の抑制が起こることが示されている(道園ら, 2006)。同様に、「神馬’でも両者は必ずしも同時に発生する現象ではないことが示された。したがって、いわゆる「ロゼット化」と称される現象を解析する場合には、柴田・久松(2007)が示したように、高温履歴による花成と伸長の抑制は、それぞれ独立した環境応答反応として理解していく必要がある。

摘要

栽培ギク‘神馬’において、低温期に発生する開花遅延現象と夏季の高温遭遇との関与について研究を行った。夏季の高温に遭遇した後、暗期中断期を夜温10°Cで生育させた株では、夏季の高温に遭遇していない株に比べて、その後の20/15°C・11時間日長条件下で花成が抑制された。‘神馬’では、低温履歴による花成抑制現象がこれまでに多く報告されているが、本研究の結果は、高温履歴もまた‘神馬’における花成抑制の原因であることを明らかにした。大部分の品種では、高温履歴によってその後の伸長も抑制されることが報告されている。しかし‘神馬’は高温履歴による花成抑制がみられる時でも、伸長はほとんど低下しない品種特性を有することから、高温履歴が誘因となり伸長低下を伴わない開花遅延現象が起こることが示された。このことは、キクにおける花成と伸長の抑制はともに高温履歴への応答反応であるが、それぞれが独立していることを示している。

引用文献

- 道園美弦・久松 完・柴田道夫. 2006. デルフィニウム咲きスプレーギクの開花順序および花房形態の季節別変動. 花き研報. 5: 33-44.
- 樋口春三・福田正夫. 1976. キク“弥栄”幼苗の低温処理による生育及び開花反応の変化. 愛知農総試研報. B-8: 54-58.
- 久松 完・西島隆明・腰岡政二・柴田道夫. 2002. キクの節間伸長および花芽分化能力の時期別変動. 園学雑. 71 (別2): 431.
- 石倉 聡・藤田暁子. 2003. 穂冷蔵処理と定植後の管理温度が秋ギク‘神馬’の生育と開花に及ぼす影響. 園学中四支部研究発表要旨. 42: 50.

- 鹿児島県農業開発総合センター花き部. 2006. 新神通信. 第1号. p. 4.
- 鹿児島県農業開発総合センター花き部. 2007. 新神通信. 第4号. p. 3-4.
- 加藤俊博・大須賀源芳・村上 実. 1980. 電照秋ギクの開花及び切花形質に及ぼす早朝電照の影響. 園学雑要旨. 55秋: 366-367.
- 小西国義. 1975. さし芽苗の低温処理によるギクのロゼット化防止. 園学雑. 44: 286-293.
- 小西国義. 1980. ギクのロゼット化に関する研究. 園学雑. 49: 107-113.
- 小西国義. 1988. ギク. p. 40-72. 花卉の開花調節. 養賢堂. 東京.
- 豆塚茂実・松川時晴・小林泰生. 1983. ギ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. B-2: 55-61.
- 豆塚茂実. 1988. 施設栽培における秋ギク (*Chrysanthemum morifolium* Ramatuelle) の休眠に関する研究. 福岡農総試特別報告. 3: 1-60.
- 農林水産省統計部. 2008. 平成18年産花き流通統計調査報告. p. 8.
- 大石一史・大須賀源芳・米村浩次. 1984. 電照栽培秋ギクの夏期長期冷蔵による親株育成(第1報). 夏期の親株育成温度と生育開花. 愛知農総試研報. 16: 162-172.
- Schwabe, W.W. 1950. Factors controlling flowering of the chrysanthemum. I. The effects of photoperiod and temporary chilling. J. Exp. Bot. 1: 329-343.
- Schwabe, W.W. 1955. Factors controlling flowering of the chrysanthemum. V. De-vernalization in relation to high temperature and low light intensity treatments. J. Exp. Bot. 6: 435-450.
- 柴田道夫. 2005. 神馬(ギク). p. 315. 日本育種学会編. 植物育種学辞典. 培風館. 東京.
- 柴田道夫・久松 完. 2007. 温度がギクの節間伸長および開花に及ぼす影響について. 園学研. (6別): 2. 352.
- 住友克彦・道園美弦・久松 完・小野崎 隆・柴田道夫. 2007. 栽培ギク‘神馬’の冬期の栽培における消灯後の自然短日日長条件下での日長延長が生育開花に及ぼす影響. 花き研報. 7: 1-7.
- Sumitomo, K., T. Kunitake, M. Douzono, T. Onozaki, M. Shibata and T. Hisamatsu. 2008. Variation in the effects of ethephon on flowering and extension growth in chrysanthemum as a function of temperature, season, and genetics. J. Hort. Sci. Biotech. 83: 809-815.
- 谷川孝弘・國武利浩・黒柳直彦. 2001. 生育温度が秋ギク‘神馬’の発蕾・開花に及ぼす影響. 園学雑. 70 (別2): 343.
- 谷川孝弘. 2002. ギク新品種‘神馬’の生育特性と栽培のポイント. 施設と園芸. 117: 40-42.
- 潮 恵・西 真司・末吉忠寿・姫野正己. 2003. 秋輪ギク‘神馬’の幼若性獲得と消失. 九州農業研究. 65: 206.