

ジャーマンカモミールの開花に及ぼす日長、 温度及び光強度の影響と花芽分化過程

野口有里紗*・富高弥一平**

(平成 14 年 8 月 5 日受付/平成 14 年 12 月 11 日受理)

要約: ジャーマンカモミールの開花に及ぼす日長、温度及び光強度の影響と花芽分化発達過程について検討した。日長は 8, 12, 16, 24 時間、温度は 20, 25, 30°C、光強度は自然光を 100% として遮光により 25, 50, 75% の条件下でそれらの効果を見るとともに、花芽発育過程を外観と走査型電子顕微鏡から観察した。その結果、長日で出蕾、開花ともに促進され、開花時の主茎葉数が減少した。また、30°C で出蕾までの日数が短くなった。遮光が強くなるほど出蕾は遅れる傾向が見られ、25% の光強度では生育が劣った。以上の結果からジャーマンカモミールは量的長日植物であり、30°C の高温条件が開花までの日数を早めることがわかった。花芽発達段階は 10 段階に分類でき、それらは未分化期、生長点膨大期、総苞形成前期、総苞形成後期、小花形成前期、小花形成後期、花弁形成前期、花弁形成中期、花弁形成後期、開花期であった。

キーワード: ジャーマンカモミール、日長、開花、花芽分化

緒 言

ジャーマンカモミール (*Matricaria recutita* L.) [以下カモミールとする] はヨーロッパ原産のキク科一年生植物である。ヨーロッパでは古くから薬用、ハーブあるいは天然香料として重要視されてきた植物である。花にはおよそ 0.3~1.0% の精油が含まれ、その主成分はアズレン、ファルネセン、ピサポロールなどである²⁾。精油は抗炎、駆風、発汗などの働きがあるため薬用として高く評価されている。

近年わが国でもハーブの利用が広まり、営利目的での栽培がみられるようになった。カモミールは頭花を利用するため、その開花の生理生態的特性を明らかにすることは重要である。花の収量や精油含量については、品種間差や季節変動があることが報告されている^{2,9)}。しかし生育、特に開花習性についての研究はほとんど見られない。そこで本研究では、栽培の基礎資料を得る目的で、日長、温度、光強度がジャーマンカモミールの生育開花に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

実験にはジャーマンカモミール (藤田種苗) を用いた。

1. 日長の影響: 1997 年 12 月 11 日に播種し、翌年 1 月 28 日に 9 cm 黒ポリポットに苗を定植した。日長処理は 2 月 4 日から 80 日間、最低温度を 15°C に保ったガラス温室で行った。試験区は 8, 12, 16, 24 時間日長の 4 区とし、8 時から 16 時までの 8 時間を自然光下におき、その後はシ

ルバーポリトウ (東罐工業) で被覆、不足時間は 60 w 白熱電球 ($5\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ポット上で測定) で補光した。各区 30 株についての出蕾日、開花日を調査し、頂花開花時の草丈と主茎葉数を記録した。処理終了時に未出蕾、未開花株についても草丈と葉数を調査した。

2. 温度の影響: 1996 年 2 月 15 日に播種し、3 月 21 日に 1/5,000 a ワグナーポットに定植した。育苗は最低温度 15°C のガラス温室で行った。温度処理は 3 月 25 日から 12 時間日長、光強度 $440\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ のバイオトロンで 90 日間行い、試験区は昼温/夜温を 20/15°C (20°C 区)、25/20°C (25°C 区)、30/25°C (30°C 区) の 3 区とした。各区 5 株の草丈、出蕾日、開花日を調査した。処理終了時に未出蕾、未開花株についても草丈を調査した。

3. 光強度の影響: 1997 年 3 月 11 日に播種し、本葉 8 枚時の 4 月 1 日に 15 cm 黒ポリポットに定植した。4 月 8 日から処理を開始し、100 日後の 7 月 17 日までガラス温室内で栽培を続けた。処理区は 4 月 8 日 12 時 (晴天) の光強度 $1,210\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ を基準とし、この条件下での無遮光を 100% 区とし、相対光強度が 25, 50, 75% となるように寒冷紗で調節した 4 区を設けた。各区 10 株について草丈、開花時葉数、出蕾日、開花日を測定した。処理終了時に未出蕾、未開花株についても草丈と葉数を調査した。

4. 走査電子顕微鏡による花芽発育の観察: 1998 年 3 月 11 日に播種し、4 月 18 日に 15 cm 黒ポリポットに定植し、ガラス温室内で栽培した。5 月 1 日から 7 日おきに 5

* 東京農業大学大学院農学研究科農学専攻

** 元東京農業大学農学部農学科教授

表 1 日長が出蕾、開花と生育に及ぼす影響

| | 出蕾までの 日数 ^z | 開花までの 日数 ^z | 草丈 (cm) | 葉数 |
|-------|--------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 24 時間 | 21±0.5 a | 45±1.1 a | 49.3±2.30 a | 49.6±2.18 a |
| 16 時間 | 42±2.8 b | 67±3.0 b | 41.0±3.56 a | 66.5±2.51 b |
| 12 時間 | 64±3.8 c | >80 bc | (13.4±1.16) b | (67.2±1.43) b |
| 8 時間 | 68±4.2 c | >80 bc | (14.0±0.69) b | (67.8±1.91) b |

z: 処理開始後の日数. 平均±標準誤差. n=30. () 内は処理後 80 日の実験終了時の値.

L. S. D. 検定により異なるアルファベット間には 1% レベルで有意差あり.

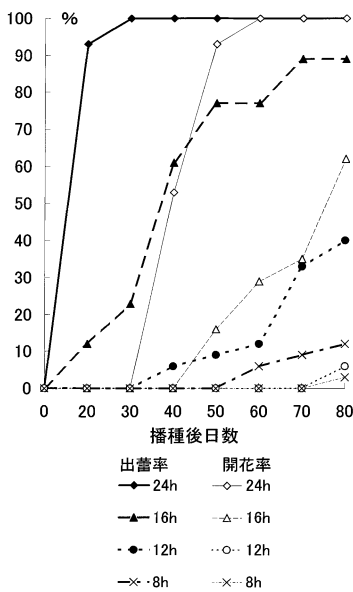


図 1 日長が出蕾率と開花率に及ぼす影響

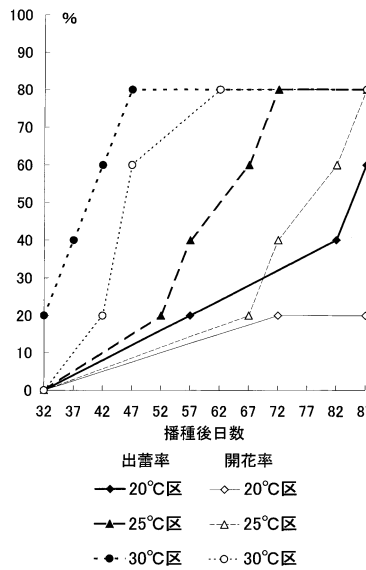


図 2 温度が出蕾率と開花率に及ぼす影響

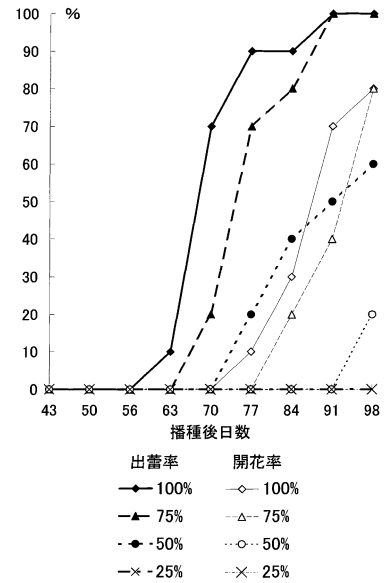


図 3 光強度が出蕾率と開花率に及ぼす影響

個体採取し、花芽の発育状態を实体顕微鏡と走査型電子顕微鏡（日立 S-2100B）で観察した。電子顕微鏡の観察試料は茎頂を 2% グルタルアルデヒドと四酸化オスミウムで二重固定し、エタノールシリーズにより脱水した。その後、試料は酢酸イソアミルに置換して臨界点乾燥を行い、試料台に固定してイオンスパッターでプラチナパラジウムコーティングした。

結 果

1. 日長の影響：出蕾率と開花率は、日長が長くなるほど高くなり、24 時間区ではどちらも 100% であった (図 1)。長日区ほど出蕾までの日数が短くなり、24 時間区が最も短かった。開花までの日数も長日で短縮し、24 時間区が 45 日で最も短く、次いで 16 時間区の順であった。12 時間区と 8 時間区では処理終了時点の 80 日目にやっと開花が見られはじめ、著しく遅れる傾向にあった (表 1)。

草丈は長日区で優れ、短日区で劣った。開花率の高かった 24, 16 時間区では花茎の著しい伸長が見られた。12, 8 時間区の草丈は、24, 16 時間区のおよそ 1/3 しかなかつ

た。主茎葉数は 100% 開花した 24 時間区ではおよそ 50 枚であったが、開花率の低い 16 時間以下の区では 67 枚前後と多くなった。

2. 温度が開花に及ぼす影響：出蕾率は 25°C, 30°C 区で 80% となったが、20°C 区では低かった (図 2)。高温区では出蕾までの日数が短縮され、低温区では長くなる傾向が認められた。30°C 区の出蕾は処理後 39 日目であり、25°C, 20°C 区に比べおよそ半分の日数であった (表 2)。

草丈は 25°C 区が 42.9 cm で最も高く、次いで 30°C 区、20°C 区の順であった。

3. 光強度が開花に及ぼす影響：出蕾率と開花率は、光強度の大きい区ほど高くなり、100% 区と 75% 区では処理後 100 日までに全株で出蕾がみられた。しかし、25% 区では出蕾はまったく認められなかった (図 3)。出蕾までの日数は遮光の程度が強くなるほど長くなった。すなわち 100% 区が最も早く播種後 73 日であり、次いで 75%, 50% 区の順であった。開花までの日数も出蕾と同様、光強度の

小さい区ほど長くなった。開花までの日数には100%区と75%区の間でわずかな差しか認められなかった(表3)。

草丈は75%区で最も大きく、次いで100%区の順であり、開花の見られなかった50%以下の区では著しく伸長が抑制された。開花時の葉数は25%区が最も少なくなった。しかし、100%から50%区の間では、光量が低下するにつれ、葉数が減少する傾向がみられた。

4. 走査電子顕微鏡による花芽発育の観察：花芽発育段階は未分化を含めて大きく未分化期、生長点膨大期、総苞形成期、小花形成期、花弁形成期、開花期の6つに分けることができた。さらに総苞形成期及び小花形成期は前、後期に、花弁形成期は前、中、後期にそれぞれ分け、花芽発育段階を全部で10段階に区分した。

各々の段階は次のようであった(図4)。

未分化期(0)：茎頂部の生長点は極めて小さく平坦で、生長点の径は約0.1~0.15mm、中央がわずかに隆起し、葉原基を分化して、栄養生長状態である。

生長点膨大期(1)：茎頂分裂組織がドーム状に肥大し盛り上がる。ドームの径は約0.15~0.2mm程度となる。

総苞形成前期(2)：ドーム状の茎頂分裂組織の基部から総苞の形成が始まる。この時の茎頂の径は0.2~0.25mm。分化した総苞は次第に大きくなり花芽を包み込んでしまうが、花芽が完全には包み込まれていない状態を総苞形成前期とした。

総苞形成後期(3)：総苞に包まれて、肥大した花芽が完

全に見えなくなった状態を総苞形成後期とした。総苞に包まれた状態の茎頂分裂組織の径は約0.3~0.35mmであった。

小花形成前期(4)：ドーム状の花芽基部に小花原基の形成が始まる。最下部以外では花芽上に何も突起がみられない。総苞を含んだ茎長の径は約0.4mm。これ以降は総苞に包まれた内部で分化が進行する。

小花形成後期(5)：ドーム中央部まで小花の形成が進む。径は約0.5~0.6mm。頂部での分化はまだみられない。このころから肉眼でも花蕾の形成が確認できるようになる。

花弁形成前期(6)：ドーム基部に最初に形成された小花原基の中央にくぼみができ、花弁の形成が始まる。ドーム頂部では小花の形成が行われる。径は約0.7mmになる。

花弁形成中期(7)：ドーム基部の小花が発達し、雄ずい、雌ずいの形成が確認される。ドーム中部の小花で花弁の形成が始まる。径は約0.8~0.9mmとなる。

花弁形成後期(8)：小花花弁の伸長が進み、先端に5裂の花弁の境目が確認できる。頂部の小花でも花弁の形成が始まる。径は約1.2~1.3mmとなる。

開花期(9)：蕾が充分に発達し小花が開花する。小花の直径は舌状花弁を含め約1~2cmとなる。

考 察

本研究により日長、温度、光強度がカモミールの出蕾と開花に及ぼす影響は以下のように考察できた。

日長と出蕾あるいは開花との関係については、日長が長くなるほど出蕾率が高くなり、出蕾までの日数が減少した。このことから、カモミールは長日条件下で出蕾が促進される長日性植物であると考えられる。SCHRODET¹²⁾らは10時間日長、12°Cのグロースチャンパー内ではカモミールの出蕾が全くみられなかったと報告している。しかし、本実験では、8、12時間区の一部の株にも開花がみられた。これは、栽培温度が異なったためと思われる。長期間処理を継続することで短日条件下でも開花率が上昇すると予想されることから、日長反応は量的であると考えられた。

同じキク科のシュンギクは長日条件下で花芽を形成し⁶⁾、また12~13時間以上の日長で開花が促進されること^{15,17)}が報告されている。カモミールでは16時間と12時間日長の間で出蕾までの日数に差がみられ、シュンギクに

表2 温度が出蕾と開花に及ぼす影響

| | 出蕾までの 日数 ^z | 開花までの 日数 ^z | 草丈(cm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| 20°C | 77±8.5 b | >85 b | (25.4±4.71) a |
| 25°C | 66±4.8 b | 77±4.0 b | 42.9±5.32 a |
| 30°C | 39±3.3 a | 52±3.5 a | 34.2±6.68 b |

z: 処理開始後の日数。平均±標準誤差。n=5。

()内は処理後90日の実験終了時の値。

L. S. D. 検定により異なるアルファベット間には1%レベルで有意差あり。

表3 光強度が出蕾、開花と生育に及ぼす影響

| | 出蕾までの日数 ^z | 開花までの日数 ^z | 草丈(cm) | 葉数 |
|------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|
| 100% | 73±7.5 a | 88±6.4 | 37.9±2.72 ab | 59.6±2.11 |
| 75% | 79±7.4 ab | 92±6.2 | 47.6±4.89 ab | 62.2±3.16 |
| 50% | 85±8.2 b | >98 | (29.7±4.64) bc | (65.9±2.71) |
| 25% | — | — | (15.8±0.42) d | (51.2±1.38) |

z: 処理開始後の日数。平均±標準誤差。n=10。()内は処理後100日の実験終了時の値。

L. S. D. 検定により異なるアルファベット間には1%レベルで有意差あり。

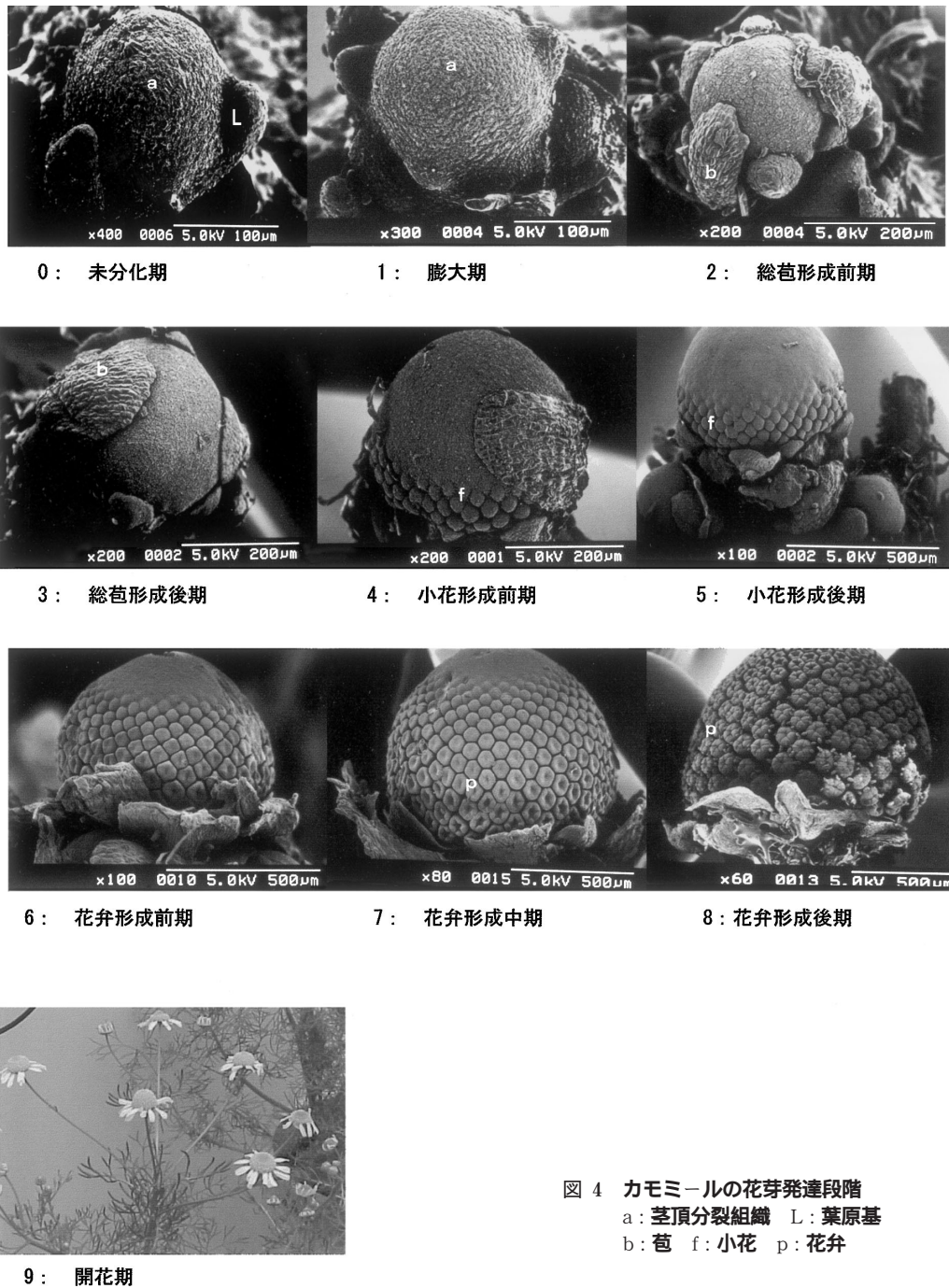


図 4 カモミールの花芽発達段階
a: 茎頂分裂組織 L: 葉原基
b: 苞 f: 小花 p: 花卉

近い日長反応を示した。今後はカモミールの出蕾、開花と限界日長の関係について詳細に検討する必要がある。

温度と出蕾あるいは開花との関係については、温度が高くなるほど出蕾と開花が早くなった。

キク科植物の温度に対する反応はさまざまであり、レタスは 25°C で出蕾が促進⁴⁾、シュンギク¹⁸⁾ は 15~20°C で促進される。マーガレットは 23°C 以上で抑制される⁷⁾。小西³⁾ はキクの花芽形成は夜温 10~27°C の範囲内であれば、温度の影響をあまり受けずとしている。本実験でのカモミールの出蕾と開花は 30°C で最も早くなった。このことから、比較的高温で出蕾するレタスに近い温度反応を示すものと考えられた。

光強度と出蕾あるいは開花との関係についてみると、光強度が減少するほど出蕾が遅れ、25% の光強度では出蕾、開花ともみられなかった。

一般に光強度が低下すると花芽分化が遅れ、生育も劣ると言われている。WATSON¹⁴⁾ は自然光下と人工光下でキクを栽培すると、自然光区が人工光区の約 1/3 の日数で出蕾したことを報告し、植物に対する光強度の影響の大きいことを明らかにしている。キク¹³⁾ では、遮光の程度が強くなるにつれ花芽分化期が遅くなることが報告され、カモミールでも弱光下で開花数が減少すること¹¹⁾ が確認されている。本実験の結果においても無遮光区で出蕾が最も早く、遮光程度が 25% 強まることにおよそ 7 日の遅れがみられ

たことから、カモミールの花芽形成は光強度の影響を強く受けるものと思われた。

走査型電子顕微鏡による花芽発育段階の観察では、カモミールの花芽発育段階は、未分化期 (0)、膨大期 (1)、総苞形成前期 (2)、後期 (3)、小花形成前期 (4)、後期 (5)、花弁形成前期 (6)、中期 (7)、後期 (8)、開花期 (9) の10段階に分けることができた。

岡田¹⁰⁾ はキクの花芽分化を調査してその発達段階を未分化期、膨大期、総苞形成前期、後期、小花形成前期、後期、花弁形成前期、中期、後期の9段階に分類している。これをもとに FUKAI³⁾ らは秋ギク、YULIAN¹⁶⁾ らはシュンギクを電子顕微鏡で観察し、花芽発育段階を開花期を加えた10段階に分類している。今回の観察で、カモミールでも同様の形態的变化を確認した。小花の花弁形成がなされても開花するまで花芽形成は行われるため、本実験では開花期も加えた YULIAN¹⁶⁾ らの分類に近いものとなった。

キク科植物の花の形態的特徴として総苞の形成がある。通常がく片の分化がまず起こるが、キク科植物では集合花という形態のため花托を支える総苞の分化から始まる。ジョチュウギク¹⁾ やレタス⁵⁾ でもまず総苞の形成が確認されている。分化した総苞は次第に伸長し、10数節が分化し花芽を完全に包み込んでしまう。小花形成以降の花芽発育は総苞に覆われた内部で進行していく。総苞の発育は途中で停止し、花芽が肥大するにつれて押しはがされ、ついには花托下部に張り付く形態となる。

もうひとつの特徴として小花の形成がある。ドーム状の花芽上で基部から求心的に分化が進み、小花それぞれの中で花弁、雄ずい、雌ずいの分化が求心的に起こる。がく片は退化しているので形成されず、冠毛も形成されなかった。また小花は舌状花と管状花の2種が形成されるが、カモミールは最外部の小花1列のみが舌状花となるため観察が困難であり、今回発育の違いを確認することができなかった。

本観察の結果より、肉眼で花芽を確認した小花形成後期 (5) 以降を出蕾と判断した。

引用文献

- BROWN, P.H. and MENARY, R.C., 1994. Changes in apical morphology during floral initiation and development in pyrethrum (*Tanacetum cinerariaefolium* L.). *J. Hort. Sci.*, **69**, 181-188.
- FRANZ, Ch., HOLZL, J. and VOMEL, A., 1978. Variation in the essential oil of *Matricaria Chamomilla* L. depending on plant age and stage of development. *Acta Hort.*, **73**, 229-238.
- FUKAI, S., ZHANG, W., UEHARA, H. and GOI, M., 1997. Morphological changes in shoot apex during floral initiation and development in *Chrysanthemum (Dendranthema grandiflorum)* (Ramt.) Kitam.). *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, **49**, 171-178.
- 平岡達也, 1967. 葉菜類の生態に関する研究 (第1報) レタスの抽台、出らひ、開花に及ぼす温度、日長およびジベレリンの影響について. *園学雑*, **36**, 70-78.
- 岩見直明, 1959. 玉レタスの生態的研究 (第1報) 花芽の発達段階について. *園学雑*, **28**, 35-38.
- 小林勝次・松田史大, 1974. シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* L. var. *spatiosum* Bailey) の花芽分化に関する研究. *研究紀要 (東教大付属坂戸高)*, **14**, 7-11.
- 小西国義・吾妻浅男, 1975. マーガレットの開花特性に関する研究. *園学雑*, **44**, 144-153.
- 小西国義・五井正憲・今西英雄, 1988. 花卉の開花調節. *養賢堂*, 東京, 40-72.
- MARCZAL, G. and VERZAR, P.G., 1980. Essential oil production and composition during the ontogeny in *Matricaria Chamomilla* L. *Acta Hort.*, **96**, 325-329.
- 岡田正順, 1950. 菊の花芽分化期及び其の発育過程. *農業及園芸*, **25**, 687-688.
- SALEH, M., 1973. Effect of light upon the quantity and quality of *Matricaria chamomilla* oils III Preliminary study under controlled conditions. *Plant Med.*, **24**, 337-340.
- SCHRODER, F.-J., 1978. Vegetation propagation and variability of *Matricaria Chamomilla* L. *Acta Hort.*, **73**, 73-80.
- 塚本洋太郎・田中豊秀, 1964. 生長素散布によるキクの開花抑制に関する研究 (第4報) 生長素とジベレリン、ビタミンなどとの組合せ. *園学雑*, **33**, 147-154.
- WATSON, D.R. and ANDREWS, P.S., 1953. The effect of light intensity on the flowering of chrysanthemum variety Gold Coast. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **61**, 551-554.
- YULIAN, FUJIME, Y. and OKUDA, N., 1995. Effect of day-length on growth, budding and branching of Garland Chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.) *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, **47**, 7-13.
- YULIAN, FUJIME, Y. and OKUDA, N., 1996. Morphological observations on capitulum initiation and floret development of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.). *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, **64**, 867-874.
- YULIAN・藤目幸擴・奥田延幸・工藤りか, 1996. シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* L.) の花序形成に及ぼす日長の影響. *植物工場学会誌*, **8**, 12-19.
- YULIAN, FUJIME, Y. and OKUDA, N., 1996. Effect of day-length and temperature on capitulum initiation and development of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.). *Environ. control in Biol.*, **34**, 21-28.

Effects of Daylength, Temperature and Light Intensity on the Flowering of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) and Flower Bud Differentiation

By

Arisa NOGUCHI* and Yaichibe TOMITAKA**

(Received August 5, 2002/Accepted December 11, 2002)

Summary : Among applied daylengths of 8, 12, 16, 24-h, longer daylength promoted the flower bud development of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) and resulted in earlier flowering. Therefore, German chamomile could be designated as a quantitative long-day plant. Also, budding and flowering were accelerated at high temperature of 30/25°C (day/night). Reduction of light intensities by shading had the effect of retarding flower bud development, especially in the lot reduced into 25% of full sun light.

Flower bud differentiation and development was observed by scanning electron microscope. Floral stages of German chamomile were divided into 10 stages : 0) Vegetative stage, 1) Pre-differentiation stage, 2) Involucre differentiation stage, 3) Later stage of involucre differentiation, 4) Early stage of floret formation, 5) Later stage of floret formation, 6) Early stage of petal formation, 7) Middle stage of petal formation, 8) Later stage of petal formation, 9) Flower opened. At stage 5, budding was observed.

Key Words : German Chamomile, Daylength, Flowering, Flower bud differentiation

* Department of Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Former Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture