

ブタクサの生育と性表現に及ぼす温度と日長の影響

石井 滋 規 西村 勝 美

(奈良教育大学応用生物学教室) (加古川市泉小学校)

(昭和55年4月30日受理)

Effects of Temperature and Day Length on the Growth and Sex Expression in *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*

Shigeki ISHII

(Laboratory of Applied Biology, Nara University of Education, Nara, Japan)

and

Katsumi NISHIMURA

(Izumi Primary School, Kakogawa City, Hyogo, Japan)

(Received April 30, 1980)

Summary

Lots of the plants obtained from the seeds produced on a mother plant with the standard form of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* were grown from June 13 to August 30 at different ranges of temperature, those are, natural outdoor temperature, nearly 20°C (lo-T) and 30°C or over (hi-T). The first group of plants was furthermore divided into four lots, natural day length (Control), early short day treatment (ea-SD), late short day treatment (la-SD) and long day treatment (LD). The short day treatments lasted 20 days with 8 hours photoperiod from June 19 for ea-SD and from July 10 for la-SD. The long day treatment kept on 42 days from June 19 to August 30 with 18 hours photoperiod. As the results:

SD markedly suppressed the increase in both plant height and number of leaves, while LD promoted the former with no acceleration in the latter. Although lo-T inhibited growth in length, the final number of leaves was rather more than the Control. Hi-T accelerated the increase in both plant height and number of leaves.

SD hastened 10 to 34 days the florescence of male and female flowers, especially of the latter, resulting in protogyny in contrast to protandry in the other lots including the Control. Though LD delayed the florescence

11 days, the appearance of the terminal raceme bud observed on the last day of long day treatment suggested that the critical day length for the flower formation would be longer than 18 hours. Both lo-T and hi-T prolonged the flowering time 5 to 6 days, showing the optimal temperature for the flowering was at the middle range between 20°C and 30°C.

SD decreased strikingly male capitula in contrast to the Control and increased female flowers, especially the fertile, leading to favour femaleness in the plant. Lo-T suppressed the increase in number of male capitula, while it had no effect on the increment of the female flowers. It was not shown that LD positively promoted maleness, in spite of the increase in number of male capitula in the terminal raceme of main stem and the middle and upper branches, because the relative number of male capitula to the female flowers per plant was decreased to some extent by LD. It was not also cleared whether hi-T enhanced maleness or not, as it increased the number of female flowers per plant as well as male capitula.

ブタクサ (*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*) は現在、日本各地に強害草として広く分布し (長田, 1977), 特に, 耕起や開発, 造成などによって裸地化した所には, しばしば一次的優占種として侵入しやすいという (沼田・山井, 1955; 沼田, 1956). 本学構内には遅くとも1966年までに伝播し (坂口, 1967), 1976年には学内のほぼ全域に分布していたことが報告されている (中川, 1977). 石井 (1979) は1978年秋に, 本学附属図書館東~東北部の空地に形成されたブタクサの群落中に (この群落の発達には, 1977年9月から翌年3月までに行われた図書館増築工事による表層土の攪乱が関連しているものと思われる), 標準型では先端に総状に着生する雄性花序がすべて, あるいは一部雌性化した個体が若干混じっていることに気づいた. その際, 遅れて開花した個体ほど雌性化する傾向が強いと認められたので, ブタクサの花序の性表現と環境条件との間に一定の関係があるのではないかと推論した.

筆者らは以上の経緯から, ブタクサの生育と花序の性表現に及ぼす温度並びに日長の影響を検討すべく本研究に着手した. なお, 一般に植物の性表現に関しては, 温度や日長条件のほか, 遺伝性やオーキシン, あるいはジベレリン濃度なども関連することが認められているが, これらについては別の機会に報告する予定である.

実験材料及び方法

1978年10月に本学理科1号棟南側の空地 (図書館東北部) で採取したブタクサの標準株1個体の種子を, 1979年5月2日に箱播き, 発芽苗を5月22日に仮植, 6月9日に1/5,000アール, ワグネルポット (ポリエチレン製) に1個体ずつ定植した. 定植の前に, 腐植を含みぬ礫質砂壌土 (粒径6 mm以下) を一定量ポットに充填し, ナタネ油粕5gと硫酸カリ0.2gを混じて, 第8葉展開期で草丈10~11cmの苗を選別して植えた.

試験区はまず温度に関して自然温、低温 (20°C) 及び高温 (30°C) の3段階を設け、自然温を日長条件に従って自然日長 (対照)、前期短日、後期短日及び長日の4区に分けた。低温区及び高温区は自然日長で、1区の供試個体数は6とした (Table 1)。

Table 1. Constitution of experimental lots.

abbreviation of lots	conditions of environmental factors
Control	natural temperature and day length
ea-SD	natural temperature and early short days (8h)
la-SD	natural temperature and late short days (8h)
LD	natural temperature and long days (18h)
lo-T	low temperature (20°C) and natural day length
hi-T	high temperature (30°C) and natural day length

温度処理は6月13日から8月30日まで、床面積1 m²、自然光による小型人工気象室 (エーシートロン) 2基によって行った。ただし、高温区では前半、空冷装置が不調で晴天日の昼温が上昇し、特に7月下旬～8月初めには、日中の4～6時間を35～40°Cで経過する日が多かった。8月3日以降は正常に復し、昼夜ともほぼ30°Cで経過した (Fig. 3を参照)。

日長処理は前期短日区と長日区を6月19日から、後期短日区は7月10日から開始し、短日区は8時間日長で20日間、長日区は18時間日長で42日間処理した。なお、この開始期は、石井ら (1979) の調査によって、自然条件下におけるブタクサの頭花分化期は最も早いもので6月下旬、小花形成期は7月中旬ということが知られていたため、それらの少し前から処理を行うために定めたものである。短日処理は午後5時から翌朝9時まで、屋外に設けた換気扇付きの二重張り暗室に台車で搬入し、室内の照度は2 lux以下とした。長日区は日没前から午後9時までと、午前3時から日の出後までタングステン電球で照射し、上部葉面の照度を1,100 luxとした。なお、奈良地方における6月19日、7月9日及び29日の日の出～日の入りの時間はそれぞれ14時間29分、14時間22分及び13時間58分となっている (東京天文台, 1976)。これに薄明、薄暮を加えると、本実験の日長処理期間の自然日長はおよそ15時間20分～14時間50分であったとみられる。

温度処理及び短日処理は有蓋の室で行われたために、それ以外の区は大型のビニールテント下に置き、どの区も自然降雨に合わぬようにした。灌水は各区の乾燥度に応じて加減し、時々、ポットの全重を秤量して、最大容水量の70～80%を目安として給水量を定めた。

実験結果及び考察

1. 気温の変化

実験開始後、自然温区の平均気温 (午前9時の温度) は7月中旬までおおむね24°Cで経過したが、6月の第5半旬には約28°Cまで上昇した。7月下旬から8月下旬まではおよそ27～28°Cで推移し、比較的遅くまで高温が維持された (Fig. 1)。

低温区の温度調節はほぼ順調に行われたが、晴天時の日中数時間だけは22～23°Cまで気温が上昇した (Fig. 2)。高温区 (Fig. 3) については既述したとおりである。

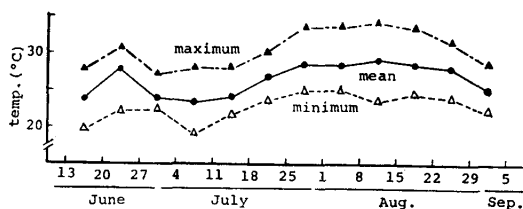


Fig. 1. Seasonal change in every fortnightly average of the open air temperature.

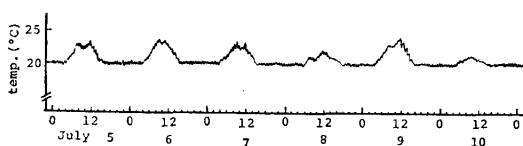


Fig. 2. An instance of the diurnal shift in temperature of the lo-T lot.

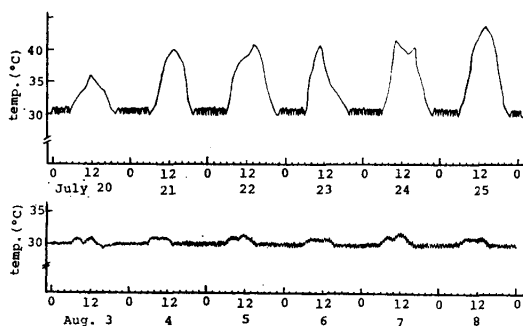


Fig. 3. An instance of the diurnal shift in temperature of the hi-T lot.

Note: The top and bottom show respectively, before and after the cooling apparatus was repaired.

であったにもかかわらず、発蕾後開花期までの間に急増した。このことは主茎上部に着生する小葉の数が他区より多かったことを示すが、この点については今後更に検討を加える必要がある。

3. 発蕾日及び開花始期

主茎または分枝上の頂花枝の雄花序が最初に認められた日を発蕾日とし、この雄花序から花粉が落下し始めた日と、上部分枝の雌花が初めて花柱をY状に開いた日を個体ごとに調査して、これらの平均値をTable 2に示した。表によると、前期短日区は対照区より24日早く発蕾し、雄花と雌花の開花始期は27日及び34日早くなった。また、後期短日区では発蕾日、雄花及び雌花の開花始期がそれぞれ12日、10日及び18日早くなった。この結果、短日区では雄花より雌花が2~3日早く開花し、対照区を含む他の区が雄性先熟 (protandry) であるのと対照的であった。なお、前期短日区では処理開始後11日目に発蕾し、18~20日目に開花し始めたのに比し、後期短日区で

以上の結果から、自然温区の気温は7月中旬頃までは低温区と高温区の間よりはやや低目、8月は両者の間よりやや高目に推移したといえる。

2. 草丈及び葉数

実験期間中、約2週間ごとに調査した草丈の伸長状況はFig. 4のとおりで、対照区と比べて、短日区、特に前期短日区と低温区の草丈が著しく短く、長日区、次いで高温区の草丈が大となった。このうち、日長処理区、高温区及び対照区の草丈は開花期の早晩に比例して長短の差を生じたが、低温区では開花期は高温区と同じであったにもかかわらず、草丈は前期短日区に次いで低くなった。次に、高温区では7月下旬頃、日中40°C近くまで気温が上昇したにもかかわらず、7月下旬以降、対照区に優る伸長率を示したことから、ブタクサの生育適温は30°C、またはこれよりやや高い域にあると推察された。なお、成熟期のやや前 (黄熟期) に採取した各区の写真をFig. 5に示す。

草丈と同時に調査した葉数 (展開葉数) の増加度はFig. 6のとおりで、短日区は処理開始後約20日で葉数増加を停止し、全区中最少の葉数となった。一方、長日処理は葉数増加の要因とはならず、低温と高温によってのみある程度増加した。このうち、低温区の葉数は7月25日頃までは、短日区を除いて最少

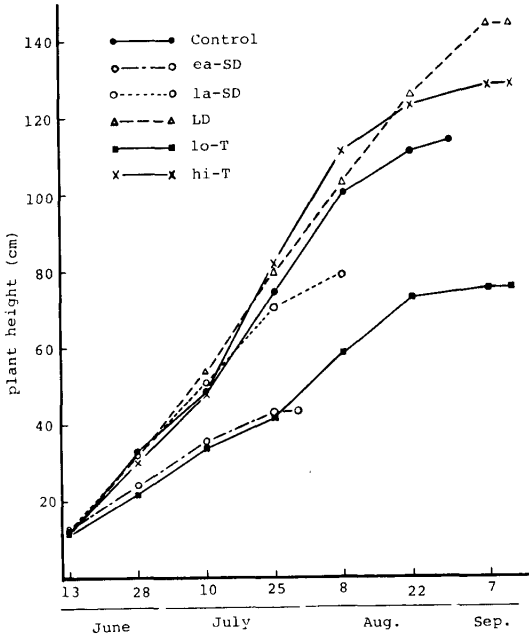


Fig. 4. Seasonal changes in plant height.

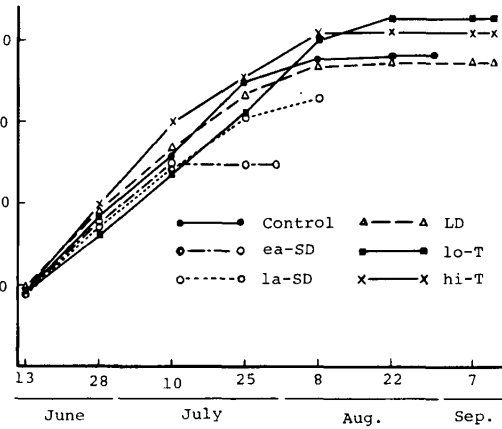


Fig. 6. Seasonal changes in number of leaves unfolded.

Table 2. Emerging day of terminal racemes and the first day of flowering.

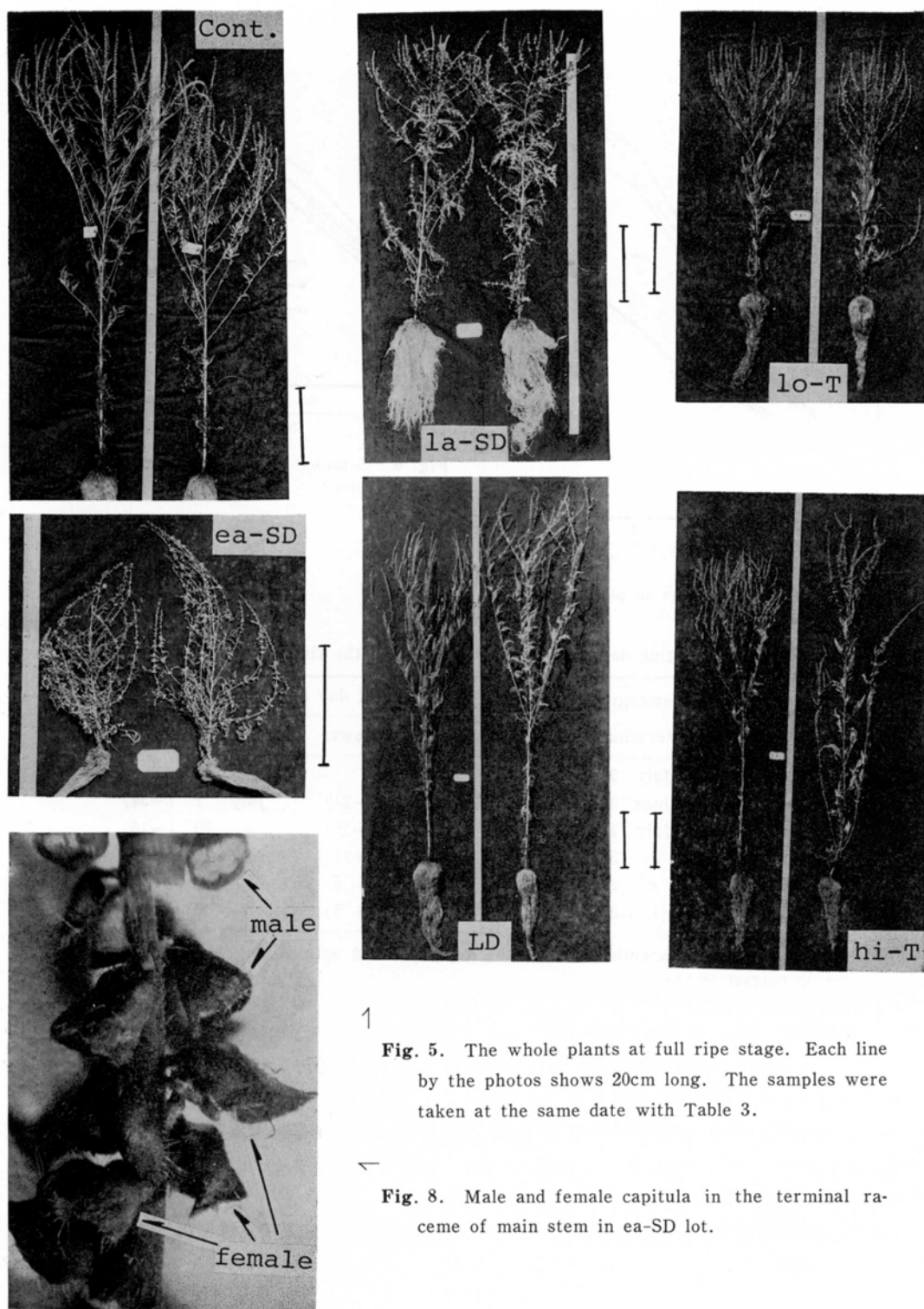
experimental lots	emerging day of terminal raceme	first day of flowering	
		staminate flower	pistillate flower
Control	July 24	Aug. 5	Aug. 10
ea-SD	June 30 (-24)	July 9 (-27)	July 7 (-34)
la-SD	July 12 (-12)	" 26 (-10)	" 23 (-18)
LD	" 30 (+ 6)	Aug. 16 (+11)	Aug. 22 (+12)
lo-T	" 27 (+ 3)	" 10 (+ 5)	" 16 (+ 6)
hi-T	" 27 (+ 3)	" 10 (+ 5)	" 16 (+ 6)

Note: Figures in parentheses show the days hastened with -, or delayed with + in contrast to the Control.

は2日目に発蕾, 13~16日目に開花が始まった。後期短日区で処理開始後著しく早く発蕾が見られたのは, 自然日長下で6月下旬頃に分化した花芽(石井ら, 1979)が, 短日処理によって急速に発育させられたためと考えられる。

一方, 長日区の発蕾は対照区より6日遅れるに止まり, 開花始期は雌雄花とも11日遅れる程度であった。特に, 長日処理最終日と発蕾日が重なったことは, ブタクサの花成に対する限界日長が著しく長い(18時間以上)ことを示すものと思われる。

低温区及び高温区では発蕾及び開花始期が3~6日遅れ, 花成に対する適温は25°C前後にあることが示唆された。



1

Fig. 5. The whole plants at full ripe stage. Each line by the photos shows 20cm long. The samples were taken at the same date with Table 3.

←

Fig. 8. Male and female capitula in the terminal raceme of main stem in ea-SD lot.

4. 分枝数及び分枝長

各区の黄熟期に分枝の発生状況を調査したところ、短日条件は分枝数を明らかに増加させる代りに、主茎頂花枝（雄性の総状花序）や分枝の長さを著しく短縮させ、長日条件はほぼこれと逆の傾向を生じることが認められた（Table 3）。また温度に関しては、低温区（20°C）～対照区（平均 25°C 前後）の範囲では分枝数に差を生じないが、高温区（30°C 以上）ではややこれを減じ、分枝長は低温区でのみ明らかに短縮された。なお、高温区の主茎頂花枝が対照区よりやや短かったのは、前者では生育後期に主茎先端が人工気象室の天井壁に接し、頂花枝が水平位で伸長させられたためと考えられる（Wareing and Nasr, 1961）。

Table 3. Number and length of branches at a full ripe stage of pseudocarps.

experimental lots	date of investigation	number of branches	length (cm) of		
			terminal raceme of main stem	middle branch	lower branch
Control	Aug. 30	20	26.2	43.2	44.3
ea-SD	July 31	24	13.8	20.9	17.3
la-SD	Aug. 7	31	12.8	23.7	12.6
LD	Sep. 11	14	33.2	59.2	42.3
lo-T	"	20	18.1	26.5	21.6
hi-T	"	18	22.0	46.1	44.2

5. 風 乾 重

各区の黄熟期にポット内の土を丁寧に洗い流したのち、地上部と地下部の風乾重を求めた（Table 4）。風乾重とは、105°C に30分間置いて酵素活動を止めたのち、65°C で1昼夜通風乾燥して求めた重量である。その結果、短日区の地上部及び地下部の重量が著しく小さく、特に、前期短日区の地下部における減少度の大きいことが注目された。長日区は地上部、地下部ともに対照区より大で、特に前者の増加率が高かった。これに対し、低温区では地上部、地下部ともに対照区より大幅に減少し、高温区でも地上部はほとんど増加せず、地下部は逆に減少する結果を示した。

Table 4. Dry weight of tops and roots at a full ripe stage of pseudocarps.

experimental lots	top (g)	root (g)	top:root ratio
Control	25.5	20.9	1.22
ea-SD	10.4	3.1	3.35
la-SD	14.9	9.4	1.59
LD	34.7	24.3	1.43
lo-T	15.3	11.8	1.30
hi-T	26.2	15.1	1.74

Note: These materials were harvested at the same date with Table 3.

以上の結果と既述した生育調査の結果とを総合すると、短日条件はブタクサの分枝数は増大させるが、草丈及び乾物重の増加には著しく抑制的に作用し、長日条件はこれとは逆に、分枝数を少なくする代りに、草丈と乾物重の増加をもたらすと結論できる。次に温度に関しては、20°C は草丈及び乾物重の増加には低温に過ぎ、30°C またはそれ以上の温度は草丈及び葉数の増加には最適であるが、分枝数の増加にはやや高温に過ぎるようである。また、30°C は乾物重の

増大にも最適とはいいい切れず、特に、根重の増加に対しては適温を越えていると認められる。しかし、温度との関係については今後変温条件なども加味して、検討すべき余地が多く残されている。

6. 花序の性表現

黄熟期に主茎頂花枝と中部及び下部の分枝を各1本75%アルコールに固定貯蔵して、実体顕微鏡下で雌雄花の着生状態を観察した。その結果、短日区では各部位の雄頭花数が著しく減少し、

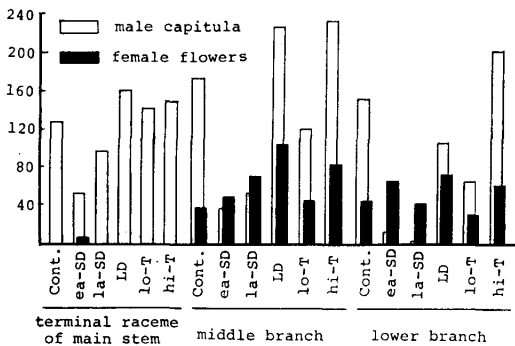


Fig. 7. Number of male capitula and female flowers per terminal raceme of the main stem and those per branch at the middle and lower parts.

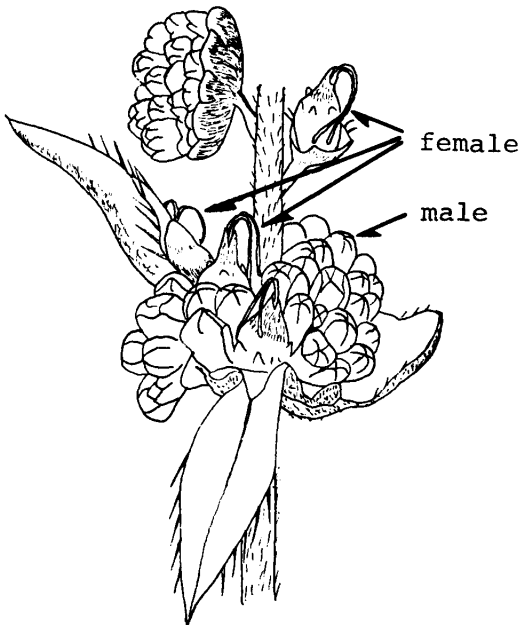


Fig. 9. Androgynous capitulum borne by the early short day treatment. ($\times 4$)

逆に、雌花数は前期短日区では各部位とも、後期短日区では中部分枝において明らかに増大することが認められた (Fig. 7)。また前期短日区では、普通はすべて雄性頭花で占められる主茎頂花枝において、一部の頭花が雌性化したり、1頭花内に雄花と雌花を混生するものが若干認められた (Fig. 8および9)。一方、長日区では主茎頂花枝と中部分枝の雄頭花数が増大し、中・下部分枝の雌花数も増加した。低温は主茎頂花枝を除く中・下部分枝の雄頭花数を著しく減少させたが、雌花数を積極的に増加する要因とはならなかった。また、高温区では各部位とも雄頭花数が最大となり、中・下部分枝の雌花数も明らかに増加した。

以上の結果と既述の分枝数から各区の株当たり総雄頭花数と総雌花数を求めたのが Table 5 で、短日区では雄頭花数が極端に少ないのに雌花数は最大となり、特に、結実した雌花数では対照区の5倍以上に達した。そのため、株当たりの雄頭花/総雌花数比は対照区の1/8となり、雄頭花/結実雌花数比ではおよそ1/20~1/30の値となった。このことは短日が花序の雌性化を強く促すことを示し、ブタクサもキュウリ (Nitsch et al., 1952; 伊藤・加藤, 1953; 伊藤・斉藤, 1956) やタイム (Schaffner, 1931) などと同様の特性を有することが確認された。なおブタクサの花序が短日によって雌性化を促されることはすでに Jones (1944) の報告しているところで、彼は播種後36日経った花芽分化後のブタクサを6時間日長で20日間処理して、半数以上の個体が雌雄混生か、すべて雌性化した頂

Table 5. Number of male capitula and female flowers per plant.

experimental lots	male capitulum (M)	female flower		M/TF ratio	M/FF ratio
		total (TF)	fertile (FF)		
Control	3,357	818	224	4.1	15.0
ea-SD	629	1,369	1,212	0.5	0.5
la-SD	957	1,760	1,152	0.5	0.8
LD	2,470	1,217	604	2.0	4.1
lo-T	1,971	740	395	2.7	5.0
hi-T	4,032	1,279	374	3.1	10.8

花枝を生じるのを認めた。

本実験では前期短日区と後期短日区に分け、それぞれ、花芽分化前（播種後48日目）と分化後（播種後69日目）のステージにあったとみられる個体を、8時間日長で20日間処理したにもかかわらず、雄花枝がすべて雌性化した個体は生じなかった。この差異は短日処理の日長時間の差に基づくものか、分枝数の制限の有無（Jones は2本を残し、他を除去した）によるものかを今後検討する必要がある。

次に、長日区では個体当たりの総雄頭花数は、分枝数の減少によって対照区より少なくなったが、雌花数はなお明らかに多く、雄頭花/雌花数比が目立って低くなった。普通、短日が雌性化を促す植物は、長日条件によって雄性化を促されることになるが、本実験では、長日処理打ち切り後の自然日長が雌花数の増加に有利に作用したのではないかと考えられる。従って、今後、長日処理期間をさらに延長して、この点の検討を加えたい。

低温は総雄頭花数を減少させることによって雌性化への傾向を助長するといえるが、総雌花数はむしろ減少気味で、結実雌花数だけ増大した。すなわち、ブタクサの雌性化に対する低温の効果はカボチャ（Nitsch et al., 1952）やキュウリ（藤枝, 1967）におけるほど顕著ではないことが認められた。一方、高温区の雄頭花/雌花数比は対照区ほど高くはなかったが、個体当たり雌花数のみならず、雄頭花数も後者より増大し、高温が特に雌性化を促進するとはいえなかった。

摘 要

ブタクサの生育と花序の性表現に及ぼす温度の影響を検討するために、前年に標準型の個体から採種して、播種後42日経った苗を6月13日から8月30日まで自然温区、低温区（20°C）及び高温区（30°C以上）に分けて育てた。自然温区はさらに自然日長（対照区）、前期短日（6月19日から20日間、8時間日長）、後期短日（7月10日から同じ処理）及び長日（6月19日から42日間、18時間日長）の4区に分けて日長条件の影響を検討した。その結果、次のことが認められた。

(1) 短日処理は草丈と葉数の両方を著しく減少させ、長日処理は草丈の伸長だけを促した。低温は草丈の伸長を抑制したが、葉数の増加には前半抑制的で、後半はむしろ促進する働きがあった。これに対し、高温は草丈及び葉数の両方を常に増大し、ブタクサの外部的な生育に対する適温は30°C、またはこれよりやや高い域にあることが認められた。

(2) 短日区では対照区より10～34日早く開花が始まり、特に雌花の開花始期が早くなった。その結果、他の区で認められた雄性先熟が短日区では雌性先熟に変わった。長日区は対照区より11日

遅く開花始期に達したが、処理終了日に主茎頂端の雄花序が発芽した。このことから、ブタクサにおける花成の限界日長は著しく長いことが示唆された。低温及び高温はともに開花始期を5～6日遅らせ、花成～開花に対する適温は20°と30°Cの間にあることが示唆された。

(3) 短日は分枝数を増加し、長日はこれを減少させたが、温度の高低はその増減に大きな影響を及ぼさなかった。成熟期の前に測定した風乾重は地上部、地下部ともに短日と次いで低温によって大きく減少され、長日によって増加される傾向があった。一方、高温は根重を減少させる働きがあった。

(4) 短日は雄頭花数の減少と雌花数の増大に顕著な影響を及ぼし、個体全体の雌性化を明らかに促進した。長日及び低温も個体当たり雄頭花/雌花数比をかなり低下させたが、長日区の上半部の分枝は著しく雄頭花数を増大し、長日条件が積極的に雌性化を促すとはいえなかった。低温は雌花数の増加には特別有効でなかったが、分枝上の雄頭花数を著しく減少させることによって、ある程度、雌性化を助長した。また、高温では雄頭花数、雌花数ともに増大した。

なお、本研究の概要は1980年4月7日、日本雑草学会の第19回講演会で発表された。

文 献

- 藤枝国光 1967. ウリ類の花の性の分化. 杉山直儀編 最新園芸技術 4: 264-287. 誠文堂新光社.
- 石井滋規 1979. ブタクサの花序の変異について. 奈良植物研究 2: 3-6.
- 石井滋規・小嶋源一・中浜春樹 1979. 数種のキク科雑草における花芽の形成過程について. 近畿作物・育種会報 24: 45-49.
- 伊藤秀夫・加藤 徹 1953. 胡瓜の雌花・雄花・両性花の分化を支配する条件の研究(第1報). 園芸学会誌 22: 138-144.
- 伊藤秀夫・斎藤 隆 1956. 胡瓜の雌花・雄花・両性花の分化を支配する条件の研究(第4報). 生育並びに花の性決定に対する生長物質の作用(II). 園芸学会誌 25: 141-151.
- Jones, K. 1944. Studies on *Ambrosia*. IV. Effects of short photoperiod and temperature on sex expression. Amer. J. Bot. 34: 371-377.
- 中川孝子 1977. 奈良教育大学構内における植物相. 奈良教育大生物学教室卒論(未発表).
- Nitsch, J. P., E. B. Kurtz, L. L. Liverman and F. W. Went 1952. The development of sex expression in cucurbit flowers. Amer. J. Bot. 39: 32-43.
- 沼田 真 1956. 雑草群落の発達—第二次遷移の初期段階の解析 II. 日本生態学会誌 6: 62-66.
- 沼田 真・山井 広 1955. 雑草群落の形成過程—第二次遷移の初期段階の解析. 日本生態学会誌 4: 166-170.
- 長田武正 1977. 原色日本帰化植物図鑑 2刷: 81. 保育社.
- 坂口昭子 1967. 奈良教育大学構内の植物の季節的变化. 奈良教育大生物学教室卒論(未発表).
- Schaffner, J. H. 1931. The fluctuation curve of sex reversal in staminate hemp plants induced by photoperiodicity. Amer. J. Bot. 18: 424-430.
- 東京天文台 1976. 理科年表 49: 40. 丸善.
- Wareing, P. F. and T. A. A. Nasr 1961. Gravitomorphism in trees. 1. Effects of gravity on growth and apical dominance in fruit trees. Ann. Bot. N. S. 25: 321-340.