

ベニバナ (*Carthamus tinctorius* L.) における土壤水分欠乏が

## 種子収量および収量構成要素に及ぼす影響\*

林 久 喜・花 田 毅 一

(筑波大学農林学系)

昭和 60 年 1 月 30 日受理

ベニバナは主茎および側枝の先端に頭花<sup>注1)</sup>を着生し<sup>12)</sup>、花卉に含まれる色素あるいは種子中の油を生産目的として栽培される作物である。油料作物としての個体当たり種子収量は個体当たりの頭花数、頭花当たり小花数、登熟歩合、種子数および種子百粒重によって決定される。著者ら<sup>5)</sup>は、山形県における慣行の栽培条件で、側枝数の多少が種子収量に顕著な影響を及ぼしていることを観察した。また、RAMACHANDRAM and Goud<sup>18)</sup>は、インドで多くの系統を栽培した結果、個体当たりの種子収量と頭果の数、頭果当たり種子収量、頭果当たり種子数、頭果の直径、苞の長さ、苞の幅等との間に高い相関があることを報告している。

ベニバナは耐乾性が強く、多雨および高湿度を嫌う特性から、乾燥地に適した作物であり<sup>12)</sup>、主産地のインド、メキシコおよびアメリカ合衆国では、いずれも降雨量の少ない地域に栽培されている<sup>3)</sup>。しかし、乾燥地における天水栽培では種子収量が低く<sup>12)</sup>、灌漑によって高収量が得られること<sup>17)</sup>が報告されており、土壤水分は主産地におけるベニバナ栽培上、重要な環境要因の一つとなっている。しかし、土壤水分欠乏が上記収量構成要素のいずれに強く影響して収量を低下させるかについては、未だ明らかになっていない。そこで、収量構成要素を側枝の発育に基づく個体当たり頭果数と頭果当たり種子収量に大別し、それぞれに対する土壤水分欠乏の影響を明らかにする目的で本実験を行った。

著者ら<sup>6)</sup>は、ベニバナにおける側芽の分化が主茎の発育に伴い下位節から上位節へ向かって進むこと、主茎がある発育段階に達すると側芽の分化が停止し、主茎上端の 10 節内外には側芽が分化しないことを観察している。本実験では、側枝については分化後の発育に重点を置いて研究することとし、このため側芽の分化終了後に土壤水分処理を開始した。

\* 大要は第 179 回講演会 (昭和 60 年 4 月) において発表。

注 1) 花を対象としたときは“頭花”，果実を対象としたときは“頭果”と区別する。

## 材料と方法

ベニバナ品種“もがみべにばな”を用いて 1983 年にポット試験を行った。筑波大学近隣の森林の下層土 (埴壤土) を IMO 社製土壤蒸気消毒機で 30 分間蒸気消毒を行い、1/2000 a ワグネルポットに乾土重で 7.21 kg 充填した。1 ポット当たり高度化成肥料 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 各 14% 含有) 30 g, 20.0 熔成磷肥 20 g および樹皮堆肥 200 g を施した。4 月 29 日に 1 ポット当たり 18 粒播種し、硬化ビニールハウス内で土壤水分を最大容水量の 60% に維持しつつ生育させ、間引を行ってポット当たり均一な 4 個体を残した。5 月 17 日以降、平均的な個体を逐次採取し、解剖顕微鏡下で側芽が分化した節位を観察した。土壤水分に關し最大容水量に対して 90%, 60% および 40% の 3 処理区を設定し、側芽の分化の終了を確認した 5 月 27 日に土壤水分処理を開始した。但し、40% 区では土壤水分処理開始日からポットへの灌水を止めた結果、徐々に土壤水分が低下して、灌水直前の土壤水分が 40% になったのは処理開始後 7 日目の 6 月 3 日であった。

側芽分化の観察に供したポットを除外して、1 区当たり 20 ポットを供試した。午前 10 時および午後 3 時に各区毎に 5 ポットの重量を測定し、設定した土壤水分量になるように灌水した。他のポットにはこの 5 ポットの平均灌水量を灌水した。更に、1 週間毎に全ポットの重量を測定して土壤水分量の補正を行うと共に、10 日毎に平均的な植物体の生体重を測定して灌水量の補正を行った。

開花日は、各区 15 ポット、60 個体について調査した。開花終末期に 1 区当たり 10 個体を採取して、主茎並びに側枝の葉面積および苞 (頭花の外側に着生する緑色の葉状器官、第 1 図) の面積を LI-COR 社製携帯面積計 (LI-3000) を用いて測定した。頭果が完熟した 8 月下旬に、各区 20 個体の主茎および側枝について茎長、葉および苞の数、頭果の種子数、葉、茎、頭果、種子の乾物重を測定し、また、個体の根の乾物重を測定した。

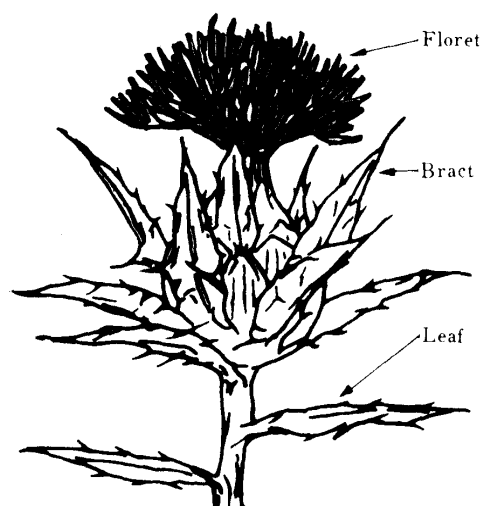


Fig. 1. Diagram of head of safflower plant at full bloom.

Table 1. Stem length, number of productive branches and nodal position at which the uppermost productive branch originated, as affected by water content of soil.

Soil water content (%) <sup>1)</sup>	Stem length (cm)	Number of productive branches	Nodal position <sup>2)</sup> of uppermost branch
90	64.5 <sup>a</sup>	4.30 <sup>a</sup>	16.2
60	61.5 <sup>b</sup>	2.65 <sup>b</sup>	17.0
40	47.0 <sup>c</sup>	0.75 <sup>c</sup>	16.5

Notes:

- 1) Percentage of maximum water-holding capacity of soil.
- 2) Nodal number in ascending order from the base of the main stem (See Fig. 2).
- 3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test. Values without a letter are not significantly different among soil water conditions, according to analysis of variance.

なお、節位番号は対生葉節の直上の節を第1節とし、上方に向けて数えた(第2図)。

## 結 果

### 1. 土壌水分の状態

灌水直前の平均土壌水分は90%区で最大容水量の84.9%, 60%区56.9%, 40%区38.9%であり、この時の土壌pF値は90%区で1.05, 60%区で1.83で、40%区ではテンションメーターの測定可能限界である2.6を越えていた。

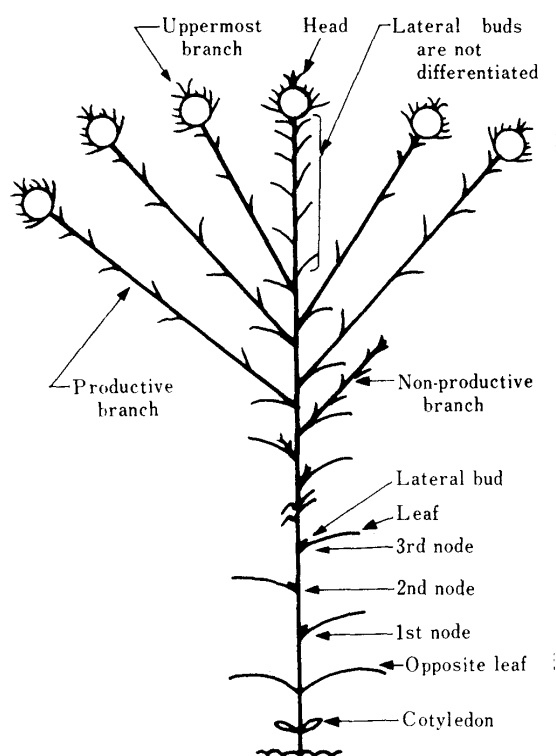


Fig. 2. Diagram of safflower plant. Nodal number of leaves and lateral buds (or branches), which are numbered in ascending order. The leaf immediately above the opposite leaf (primary leaf) is referred to as leaf 1.

### 2. 土壌水分処理開始時のペニバナの発育状態

土壌水分処理を開始した5月27日の主茎の平均茎長は13.8cm, 平均して35.3枚の葉(将来、苞となるものを含む)が既に分化していた。主茎頂端は、ドーム状になってはいたが未だ小花は分化しておらず、葉(または苞)を分化している段階であった。最上位にある側芽の節位は平均 $16.0 \pm 0.65$  (s.e.)であった。いずれの側芽も頂端には花芽が分化しておらず、葉の分化が進行中であり、最上位節側芽では6枚程度の葉が分化していた。

### 3. 土壌水分欠乏の影響

(1) 主茎茎長および有効側枝<sup>注2)</sup>の数(第1表) 土壌水分の欠乏は主茎茎長および有効側枝数を著しく減少させた。最上位節側枝が着生した節位は、いずれの区においても第16~17節で、処理開始時の最上位節側芽の節位との間に差がなかった。このことから、処理開始時には主茎上の側芽の分化が完了してい

注 2) 頭果を着生した側枝を有効側枝という。実験結果に示す側枝はすべて有効側枝のみを対象とする。

Table 2. Number of leaves and bracts on a main stem, per branch and per plant as affected by water content of soil.

Soil water content <sup>1)</sup> (%)	on a main stem			per branch <sup>2)</sup>			per plant		
	leaves	bracts	total	leaves	bracts	total	leaves	bracts	total
90	23.3	18.9	42.2	5.6	14.3 <sup>b</sup>	19.9	55.7 <sup>a</sup>	81.2 <sup>a</sup>	136.9 <sup>a</sup>
60	23.9	19.2	43.1	5.5	14.8 <sup>b</sup>	20.3	41.8 <sup>b</sup>	57.4 <sup>b</sup>	99.2 <sup>b</sup>
40	23.0	20.1	43.1	4.9	16.6 <sup>a</sup>	21.5	26.8 <sup>c</sup>	32.3 <sup>c</sup>	59.1 <sup>c</sup>

Notes: 1) See note 1) in Table 1.

2) Number of leaves or bracts on the uppermost branch.

3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test. Values without a letter are not significantly different among soil water conditions, according to analysis of variance.

Table 3. Total area of leaves and bracts, and mean area of single leaf and bract on a main stem, per branch and per plant as affected by water content of soil.

Soil water content <sup>1)</sup> (%)	Total area (cm <sup>2</sup> ) of			Mean area (cm <sup>2</sup> ) of	
	leaves	bracts	sum	a leaf	a bract
<i>on a main stem</i>					
90	155.48 <sup>a</sup> (100)	14.35 <sup>a</sup> (100)	169.84 <sup>a</sup> (100)	6.54 <sup>a</sup> (100)	0.77 <sup>a</sup> (100)
60	108.69 <sup>b</sup> (70)	12.10 <sup>a</sup> (84)	120.79 <sup>b</sup> (71)	4.57 <sup>b</sup> (70)	0.59 <sup>b</sup> (77)
40	40.69 <sup>c</sup> (26)	3.53 <sup>b</sup> (25)	44.21 <sup>c</sup> (26)	1.77 <sup>c</sup> (27)	0.18 <sup>c</sup> (23)
<i>per branch</i>					
90	16.25 <sup>a</sup> (100)	10.07 <sup>a</sup> (100)	26.31 <sup>a</sup> (100)	2.25 <sup>a</sup> (100)	0.67 <sup>a</sup> (100)
60	8.47 <sup>b</sup> (52)	7.92 <sup>b</sup> (79)	16.39 <sup>b</sup> (62)	1.28 <sup>b</sup> (57)	0.52 <sup>b</sup> (78)
40	1.26 <sup>c</sup> (8)	1.93 <sup>c</sup> (19)	3.18 <sup>c</sup> (12)	0.23 <sup>c</sup> (10)	0.12 <sup>c</sup> (18)
<i>per plant</i>					
90	212.35 <sup>a</sup> (100)	49.58 <sup>a</sup> (100)	261.93 <sup>a</sup> (100)	4.27 <sup>a</sup> (100)	0.69 <sup>a</sup> (100)
60	129.87 <sup>b</sup> (61)	31.90 <sup>b</sup> (64)	161.78 <sup>b</sup> (62)	3.23 <sup>b</sup> (76)	0.53 <sup>b</sup> (77)
40	41.31 <sup>c</sup> (19)	4.49 <sup>c</sup> (9)	45.81 <sup>c</sup> (17)	1.59 <sup>c</sup> (37)	0.16 <sup>c</sup> (23)

Notes: 1) See note 1) in Table 1.

2) Values in the parentheses indicate percentage to 90% plot.

3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test.

たことが確認された。また、この最上位節側枝はすべて有効側枝であった。

## (2) 葉数および苞数 (第2表)

主茎では、葉数、苞数およびその合計数のいずれにも土壌水分の違いによる差がみられなかった。側枝の葉数に関しては、下位節側枝は上位節側枝より葉数が多いことを観察している<sup>5)</sup>ので、全側枝の平均を以て側枝1本当たりの平均葉数を比較すると、葉数の多い下位節側枝の有無が大きく関与することとなり、側枝の葉数に対する土壌水分欠乏の影響を正しく把握することができない。そこで、いずれの区にも共通して生育した最上位節側枝について比較を行った。その結果、葉と苞の合計数は土壌水分に影響されなかったが、苞数は40%区で有意に増加し、葉数は40%区で減少する傾

向を示した。個体当たりで比較すると、側枝数が少なかった土壌水分の低い区で葉数、苞数ともに少なかった。

## (3) 葉面積および苞面積 (第3表)

主茎、側枝1本当たりおよび個体当たりでみた葉面積、苞面積および葉と苞の合計面積は、いずれも土壌水分の欠乏により著しく減少した。また、葉および苞1枚当たりの平均面積も同様に顕著に減少し、特に主茎に比して発育初期から土壌水分処理を受けた側枝で減少が著しかった。側枝の葉または苞1枚当たりの面積に及ぼす土壌水分欠乏の影響は、苞に比べ葉で強かった。

## (4) 開花始期 (第4表)

すべての処理区において主茎頭花の開花が最も早く、平均して播種後62日目ころであり、次いで最上位節

側枝の頭花が開花した。土壤水分欠乏の影響として、最上位節側枝の頭花で 40% 区が他の 2 区に比べ約 1 日開花が遅れたが、主茎の頭花では土壤水分による開花始期の差がみられなかった。

#### (5) 乾物重 (第 5 表)

主茎頭果重には土壤水分による有意な差がみられなかったが、側枝頭果重には処理区間の差異がみられ、60% 区で最大値を、40% 区で最小値を示した。主茎の葉重は 40% 区のみが他の 2 区に比べて有意に小さい値を示し、側枝 1 本当たりの葉重は土壤水分が少ない区ほど小さかった。茎重は主茎、側枝のいずれも、側枝の葉重と同様、土壤水分の少ない区ほど小さかった。土壤水分欠乏による葉重および茎重の低下の割合は、主茎に比べ側枝で著しかった。また、土壤水分欠乏による乾物重低下の程度は主茎、側枝ともに頭果重より茎葉重で著しかった。

個体当たりで比較した時、頭果、葉および茎の乾物重が土壤水分の欠乏により顕著に低下した。根の乾物重は、40% 区で著しく小さい値であったが、60% 区と 90% 区との間には有意な差が認められなかった。

#### (6) 種子収量

種子収量にかかわる形質として、頭果数、小花数、登熟歩合、種子数、種子重および種子の百粒重について、個体当たりの値および主茎と側枝を包括した全頭果の平均値を求め、第 6 表に示した。

1 頭果当たりでみた小花数、種子数、種子重および個体当たりでみた登熟歩合 (種子数/小花数×100) にはいずれも土壤水分処理による差がなかった。しかし、個体当たりの小花数、種子数、種子重は土壤水分の低下に伴って減少し、特に 40% 区では著しく小さかった。頭果当たりの小花数、種子数および種子重に差が認められなかったことから、土壤水分の低下による個体当たり種子収量の低下は頭果数の多少に起因し

Table 4. Number of days from sowing to flowering of the heads on the main stem and branches as affected by water content of soil.

Soil water content <sup>1)</sup> (%)	Main stem	Uppermost branch <sup>2)</sup>
90	62.8	64.7 <sup>b</sup>
60	62.3	64.7 <sup>b</sup>
40	62.8	66.0 <sup>a</sup>

Notes:

- 1) See note 1) in Table 1.
- 2) See Fig. 2.
- 3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test. Values without a letter are not significantly different among soil water conditions according to analysis of variance.

Table 5. Dry weight of head(s), leaves, stem part(s) and roots of main stem, per branch and per plant as affected by water content of soil.

Soil water content <sup>1)</sup> (%)	Dry weight (g) of			
	head(s)	leaves	stem(s)	roots
<i>on a main stem</i>				
90	1.18 (100)	1.02 <sup>a</sup> (100)	1.72 <sup>a</sup> (100) <sup>2)</sup>	—
60	1.13 (96)	0.93 <sup>a</sup> (91)	1.43 <sup>b</sup> (83)	—
40	1.07 (91)	0.44 <sup>b</sup> (43)	0.56 <sup>c</sup> (33)	—
<i>per branch</i>				
90	0.96 <sup>b</sup> (100)	0.11 <sup>a</sup> (100)	0.12 <sup>a</sup> (100)	—
60	1.19 <sup>a</sup> (124)	0.07 <sup>b</sup> (64)	0.08 <sup>b</sup> (67)	—
40	0.77 <sup>c</sup> (80)	0.01 <sup>c</sup> (9)	0.01 <sup>c</sup> (8)	—
<i>per plant</i>				
90	5.31 <sup>a</sup> (100)	1.51 <sup>a</sup> (100)	2.24 <sup>a</sup> (100)	0.26 <sup>a</sup> (100)
60	4.27 <sup>b</sup> (80)	1.12 <sup>b</sup> (74)	1.65 <sup>b</sup> (74)	0.22 <sup>a</sup> (85)
40	1.65 <sup>c</sup> (31)	0.45 <sup>c</sup> (30)	0.57 <sup>c</sup> (25)	0.08 <sup>b</sup> (31)

Notes: 1) See note 1) in Table 1.

2) See note 2) in Table 3.

3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test. Values without a letter are not significantly different among soil water conditions, according to analysis of variance.

Table 6. Number of heads, florets and seeds and dry weight of seeds per plant, percentage of ripened seeds and 100-seed-weight of safflower plants, as affected by water content of soil.

Soil water content <sup>1)</sup> (%)	Number of			Percentage of ripened seeds (%)	Seed dry weight (g)	100-seed-weight (g)
	heads	florets	seeds			
90	5.30 <sup>a</sup>	278.4 <sup>a</sup> (52.5)	76.8 <sup>a</sup> (14.5)	28.2	2.69 <sup>a</sup> (0.51) <sup>2)</sup>	3.60 <sup>b</sup>
60	3.65 <sup>b</sup>	191.7 <sup>b</sup> (52.5)	47.0 <sup>b</sup> (12.9)	23.6	2.07 <sup>b</sup> (0.57)	4.38 <sup>a</sup>
40	1.75 <sup>c</sup>	91.1 <sup>c</sup> (52.1)	23.0 <sup>c</sup> (13.1)	25.5	0.87 <sup>c</sup> (0.50)	3.88 <sup>b</sup>

Notes: 1) See note 1) in Table 1.

2) Values in the parentheses indicate the mean value per head.

3) Values with the same letter are not significantly different at 5% level among soil water conditions, according to Duncan's multiple range test. Values without a letter are not significantly different among soil water conditions, according to analysis of variance.

ていることが明らかであった。種子の百粒重は、60%区が他の2区に比し高い値を示した。

### 考 察

土壤水分の欠乏が主茎の茎長を著しく低下させた。このとき、主茎の葉数すなわち節数には土壤水分による差がみられなかったことから、土壤水分の欠乏が節間伸長を抑制したことが明らかであり、これは、細胞の生長が水分欠乏によって抑制されやすいこと<sup>7)</sup>を示唆するものと考えられる。

発育した最上位節側枝の節位はいずれの区においても第16~17節であり、すべて有効側枝であった。この節位は処理開始時の側芽の最高節位と全く一致したことから、最上位節の側芽はいずれの区においても発育して有効側枝となったこと、土壤水分欠乏による側枝数の減少が下位節側芽の生長の抑制によって起こったことが明らかである。

葉面積は葉の絶対水分含量と高い正の相関を持つことがタバコについて報告され<sup>4)</sup>、また、軽度の水分欠乏も葉面生長を抑制することが広く知られている<sup>2,7)</sup>。ペニバナにおいて、蒸発散量の70%相当量を灌水した処理が葉面積の減少を引き起こした事例が報告されている<sup>15)</sup>が、本実験においても土壤水分欠乏が葉および苞の1枚当たりの面積を著しく減少させ、ひいては個体当たりの全葉面積および全苞面積を顕著に低下させ、これらの知見と一致した結果を示した。

土壤水分処理開始時に観察した分化葉数(苞を含む)の平均は、主茎で35.3、最上位節側枝で6.1であり、最終的に確認した、苞を除外した葉数は主茎で23.0~23.9、最上位節側枝で4.9~5.6であったことから、主茎、最上位節側枝とも処理開始時に分化中であったのは苞であったことが明らかである。主茎では有意差が認められなかったが、最上位節側枝において、40%

区が他の2区に比し苞数が増加し、開花に若干の遅れがみられた。水分欠乏が花成に及ぼす影響に関し、モロコシで、生育初期の早ばつは葉数を減少させて花成を促進したが、栄養生長が進んだ段階では、早ばつが花成を抑制し、灌水により葉の分化が終了して花成がみられたこと<sup>4)</sup>、アブラナ科の *Teesdalia nuclicaulis* では水分欠乏が花成を遅らせたこと<sup>4)</sup>が報告されている。本実験の40%区における最上位節側枝頭花の開花の遅れは、葉と苞の合計数には土壤水分の影響がなかったことおよび処理開始時の側枝は苞が分化中であったことから、主として苞の分化速度あるいは花芽の発育速度が影響を受けたものと推察される。

水分欠乏が収量を低下させることもまた多くの作物で認められている<sup>4,6)</sup>が、この収量の低下は、光合成速度の低下<sup>11)</sup>、側枝および葉の生長の抑制あるいは穂などのシンクの大きさの減少を介して生じている<sup>1)</sup>。本実験においても、土壤水分欠乏が側枝の生長抑制を介してシンクである頭果の数を減少させ、更に、光合成の場である葉並びに苞の1枚当たりの面積および個体当たりの面積を著しく低下させ、個体当たりの種子収量を著しく減少させた。しかしながら、土壤水分欠乏による乾物重の低下の程度は器官によって異なり、主茎、側枝の両者において、頭果は根、茎、葉の栄養体に比べて土壤水分の減少による乾物重の低下の度合が小さく、1頭果当たり種子重は土壤水分欠乏による低下が全くみられなかった。WARDLAW<sup>16)</sup>は、小麦において、土壤水分欠乏が葉の光合成速度を低下させた。同化産物が下部の器官から穂に移行し、子実の登熟は影響されなかったことを報告している。また、種子用のアマ品種では、灌水量の減少によって種子収量は低下したが、千粒重はほとんど影響を受けず、種子に比して種子以外の花序部位の乾物重の低下が大きかったことから、両部位の間で光合成産物の競合が生じ

たことが推測された<sup>4)</sup>。ヒマにおいても、土壤水分欠乏は果房の登熟よりも側枝の生長に対して抑制が強かったことが報告されている<sup>10)</sup>。これらの諸例と同様に、本実験においても頭果の登熟に比べて栄養器官の発育に土壤水分欠乏の影響が大きいことが観察され、土壤水分欠乏下では、栄養器官と生殖器官との間の水分、同化産物等の競合において、種子に水分や同化産物が優先的に供給されたものと推測された。

個体当たりの種子収量に影響している形質として、RAMACHANDRAM and GOUD<sup>18)</sup>は、遺伝的背景の異なる多数のベニバナについて径路分析を行った結果、頭果数、頭果当たり種子収量および頭果の直径を直接因子としてあげ、頭果当たり種子収量の主な構成因子が種子数であることを示した。KHIDIR<sup>9)</sup>およびRAOら<sup>14)</sup>は、多くの系統について径路分析を行った結果、頭果数、頭果当たりの種子数および種子重が個体当たり種子収量の直接因子であるとした。本実験において土壤水分欠乏の影響を観察した結果、土壤水分欠乏が登熟歩合、1頭果当たりの種子数および種子重には影響を与えず、個体当たりの頭果数に影響したことから、環境要因の一つである土壤水分が制限されると収量構成要素の中で1頭果当たり種子収量は影響を受け難いが、頭果数が減少して個体当たり種子収量を低下させることが明らかとなった。このことから、乾燥地におけるベニバナ栽培の灌漑時期の一つとして、頭果数の決定につながる側枝の発育時期が重要であると推察された。

### 摘 要

ベニバナにおける側枝の発育および種子収量に及ぼす土壤水分欠乏の影響を調べる目的で、全側芽の分化終了後、土壤水分を最大容水量の90%、60%および40%とする3処理区を設けて実験を行った。

1. 土壤水分欠乏が節間生長を抑制し、莖長を著しく短くすると共に、側枝数を減少させた。水分欠乏による側枝数の減少は、下位節側芽の生長抑制によるものであった。

2. 主莖では、葉数、苞数、その合計数のいずれも土壤水分欠乏による影響がみられなかった。最上位節側枝で比較した時、苞と葉の合計数には土壤水分による影響が認められなかったが、苞数は40%区で有意に増加した。

3. 土壤水分欠乏が葉および苞1枚当たりの平均面積を著しく減少させ、個体の葉面積および苞面積を顕著に低下させた。

4. 主莖頭花の開花には土壤水分欠乏の影響がみられなかったが、側枝頭花で40%区に開花の遅延がみられた。

5. 個体当たりの種子数および種子重が土壤水分の欠乏によって著しく減少した。このとき、頭果当たりの小花数、登熟歩合、種子数および種子重は土壤水分欠乏による影響を受けず、個体当たりの種子収量の低下は、土壤水分欠乏による側枝数の減少に基づく頭果数の減少に起因していた。土壤水分欠乏による乾物重の減少は主莖よりも側枝で大きかったが、頭果の登熟抑制は側枝の生長抑制に比して軽度であった。

謝辞：供試した種子は山形県立農業試験場より分譲していただいた。ここに深く感謝の意を表します。

### 引用文献

1. 秋田重誠 1980. 陸上植物の光合成と生産力. 環境要因と光合成. 宮地重遠・村田吉男編, 光合成と物質生産. 理工学社, 東京. 416—428.
2. BOYER, J. S. and H. G. McPHERSON 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. *Adv. Agron.* **27**: 1—23.
3. FAO 1983. Production yearbook. **36**: 146.
4. GATES, C. T. 1968. Water deficits and growth of herbaceous plants. In *Water Deficits and Plant Growth II* (Ed.) T. T. Kozlowski, Academic Press, New York. 135—190.
5. 花田毅一・林久喜・結城勇助・鈴木武 1982. ベニバナにおける節位別にみた側枝の発育及び種子収量について. *日作紀* **51**(別1): 139—140.
6. ————— 1982. ベニバナにおける側芽の分化発育の経過, 特に花芽分化期との関係. *日作紀* **51**(別2): 175—176.
7. HSIAO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **24**: 519—570.
8. KAUFMANN, M. R. 1972. Water deficits and reproductive growth. In *Water Deficits and Plant Growth III* (Ed.) T. T. Kozlowski, Academic Press, New York. 91—124.
9. KHIDIR, M. O. 1974. Genetic variability and inter-relationships of some quantitative characters in safflower. *J. Agric. Sci.* **83**: 197—202.
10. 道山弘康・花田毅一 1984. ヒマ (*Ricinus communis* L.) における土壤水分欠乏が側枝の発育及び果房の登熟に及ぼす影響. *熱帯農業* **28**: 160—165.
11. MURATA, Y., J. IYAMA and T. HONMA 1966. Studies on the photosynthesis of forage crops. V. The influence of soil moisture content on the photosynthesis and respiration of seedlings in various forage crops. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **34**: 385—390.

12. PURSEGLOVE, J.W. 1968. Tropical crops. Dicotyledons 1. Longmans, London. 54—56.
13. RAMACHANDRAM, M. and J.V. GOUD 1982. Components of seed yield in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Genet. Agr. **36**: 211—222.
14. RAO, V.R., V. ARUNACHALAM and M. RAMACHANDRAM 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Theor. Appl. Genet. **50**: 185—191.
15. SANZ, J.M.G. and J.L.M. FERNANDEZ 1982. Effect of water stress on leaf growth in safflower plants. An INIA Ser. Agric. **21**: 143—154.
16. WARDLAW, I.F. 1967. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth. I. Effect during grain development in wheat. Aust. J. Biol. Sci. **20**: 25—39.
17. WEISS, E.A. 1971. Castor, sesame and safflower. Leonard Hill, London. 624—625.
18. ————— 1983. Oilseed crops. Longmans, New York. 260—261.

## Effects of Soil Water Deficit on Seed Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Plants

Hisayoshi HAYASHI and Kiichi HANADA

(Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba,  
Sakura, Niihari, Ibaraki 305)

### Summary

This study was conducted to determine the effects of soil water deficit on the seed yield and the yield components of safflower plants. Four plants were grown in a 1/2000 *a* Wagner pot containing soil, chemical fertilizer and compost. Ample amount of water was supplied before the completion of differentiation of all lateral buds (May 27). After this stage, water was supplied to reach a level of 90%, 60% or 40% of the maximum water-holding capacity of the soil, twice a day. The results obtained were as follows.

1. Water deficit treatments inhibited the internode elongation of the main stem, resulting in a short main stem, and inhibited strongly the growth of lateral buds at the lower nodes (Table 1).

2. The number of leaves, number of bracts and total number of leaves and bracts in the main stem were not affected by soil water deficit. In the uppermost branch, reduction in the soil water content did not affect the total number of leaves and bracts, but the number of leaves decreased, though not significantly, and the number of bracts increased in the 40% plot (Table 2).

3. Soil water deficit decreased significantly the mean area of leaf and bract and the total area of leaves and bracts of the plant (Table 3).

4. Soil water deficit at a level of 40% of the maximum water-holding capacity of the soil delayed the flowering of the heads of the uppermost branches, while no effects were observed on the flowering of the head of the main stem (Table 4).

5. The number of seeds and seed yield (dry weight) per plant were considerably decreased by soil water deficit, whereas the number of florets, percentage of ripened seeds, number of seeds and seed dry weight per head were not affected (Table 6). It was evident that the decrease in seed yield per plant was caused by the decrease in the number of heads per plant, which resulted from the decrease in the number of branches. It was also shown that water deficit inhibited more strongly the development of branches, leaves and bracts than the ripening of the seeds (Table 5).