

## ヒマワリの4月出し栽培における奇形花発生と低温遭遇

黒柳直彦・國武利浩・坂井康弘・谷川孝弘<sup>1)</sup>

(園芸研究所)

福岡県のヒマワリの4月出し無加温栽培において、茎先端に複数の花が着く「複数花」、あるいは頂花と側花が癒着する「癒着花」等の奇形花が発生し問題となっている。

品種「サンリッチオレンジ」を用いて、この奇形花発生と、窒素施用量および土壌水分ならびに花芽発達段階の低温遭遇の関係について検討した。その結果、生育中の窒素施用量と土壌水分の影響は認められなかったが、花芽発達時に氷点下低温に遭遇した12月播種で、すべて奇形花となり、花芽分化後、低温に遭遇しなかった1月播種で、奇形花が発生しなかった。このことから、花芽発達期間中の氷点下の低温遭遇が、奇形花発生の要因として推定された。

そこで、人為的に低温遭遇(−3℃)させた結果、花芽未分化時では奇形花は発生せず、生長点膨大期以降では奇形花が発生し、その発生率は、低温遭遇時間が長く、遭遇日数が多いほど高くなる傾向が認められた。

[キーワード: ヒマワリ, 奇形花, 低温遭遇, 花芽発達期]

Generation of Malformed Flowers and Low-temperature Exposure in Cropping Type Sunflowers Harvested in April. KUROYANAGI Naohiko, Toshihiro KUNITAKE, Yasuhiro SAKAI and Takahiro TANIGAWA. Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Cent.* 22: 85-89 (2003)

In unheated cultivation sunflowers of Fukuoka Prefecture harvested in April, malformed flowers have developed causing problems in cultivation. Two of the major malformations were "multiple flower", where more than one flower bloomed at the stem tip, and "stack flowers", where the terminal flower and side flowers adhered to each other.

Using the 'Sunrich orange' variety, the relation between this malformed flower generation and the rate of nitrogen fertilizer application, level of soil moisture, and low-temperature exposure at the developmental stage of flower buds was examined.

As a result of the examination, the rate of nitrogen fertilizer application and the level of soil moisture were found not to contribute to the generation of malformed flowers. However, all flowers became malformed when seeded in December, having been exposed to low temperature below the freezing point in the developmental stage of flower buds. Also, none of the flowers became malformed when seeded in January having not been exposed to low temperatures after flower-bud initiation. This fact suggests that low temperature exposure below the freezing point during the developmental stage of flower bud was the main factor inducing generation of malformed flowers.

When low-temperature exposure (−3℃) was artificially staged, malformed flowers did not develop in the vegetative stage, while they developed after the growing point enlarged stage. The generation of malformed flowers tended to increase as the low-temperature exposure hours increased, and as the number of exposure days increased.

[Keyword: Sunflower, malformed flower, low-temperature exposure, The development stage of flower bud]

### 緒 言

ヒマワリ (*Helianthus annuus* L.) は、北アメリカ原産キク科の一年草である。従来は露地での6～9月出し栽培が中心であったが、短日開花性品種<sup>1)2)</sup>やF<sub>1</sub>品種<sup>1)</sup>が多数育成され、需要も拡大してきたことから、パイプハウス等を利用して、周年的に栽培されるようになってきた。

ところが、近年、低温期の1月に播種を行う4月出し無加温栽培において、奇形花の発生が問題となっている。

本来、切り花用ヒマワリは、先端部に頂花を1つだけ着生させ、側花は着けないか、着けても小さいまま開花しない特性がある。しかし、4月出し栽培で発生する奇形花の形態は、先端部に複数の花が着いたり(第1図、

以下、「複数花」とする)、あるいは頂花と側花が癒着するものであった(第2図、以下、「癒着花」とする)。

これまで、キク科作物の奇形花については、秋ギク「秀芳の力」の12月～3月出し電照栽培で、発蕾後の花首が一方に曲がったり、頂芽の花首と摘蕾後の腋芽の花首が癒着する障害が発生し<sup>4)</sup>、電照打ち切り後の栽培温度が低く、施肥量が多く、定植後の電照期間が短いほど発生が増加すること<sup>5)</sup>、また、GA<sub>3</sub>処理により花首曲がり角度が増大し<sup>6)</sup>、系統間で差が認められること<sup>7)</sup>が報告されている。しかし、ヒマワリの奇形花についての報告はない。

そこで、この奇形花発生に及ぼす窒素施用量、土壌水分、生育中の低温遭遇の影響について検討したので、その結果を報告する。

1) 現福岡県農政部農業技術課



第1図 複数花 (2000年4月21日撮影, 1月19日播種,  
品種: サンリッチオレンジ)



第2図 癒着花 (2000年4月21日撮影, 1月19日播種,  
品種: サンリッチオレンジ)

### 試験方法

供試品種は、いずれの試験においても「サンリッチオレンジ」を用いた。

#### 試験Ⅰ 窒素施用量および土壌水分の影響

キクの花首曲がり症は、施肥量が多いと発生が多くなること<sup>7)</sup>、また、奇形花が発生したヒマワリ栽培ほ場では、子葉展開以降はかん水を行わず、土壌を乾燥状態で管理していることから、奇形花発生に及ぼす窒素施用量および土壌水分の影響を検討した。

窒素施用量は0 kg, 5 kg, 10 kg/10 a (リン酸, 加里は10 kg/10 a) の3水準とし、土壌水分はp F 1.5~2.0, p F 2.3~2.7の2水準とした。播種は、無加温ビニルハウスにおいて、2000年12月10日および2001年1月10日の2時期に行い、うね幅は80 cm, 6条播きとし、播種前日に、硫安, ようりん, 硫酸加里を所定量, 表層施用した。播種後、子葉が展開するまで、かん水を十分に行い、その後、p F 水分センサを用いて、所定のp F値となるよう管理した。試験規模は1区30株で2反復とした。土壌は中粗粒灰色低地土である。



第4図 腕状花 (2002年3月20日撮影, 11月15日播種,  
品種: サンリッチオレンジ)

#### 試験Ⅱ 花芽未分化時における低温遭遇の影響

生育期間中の低温遭遇が、奇形花の発生に関与していると考えられたため、花芽未分化時の低温遭遇が奇形花発生に及ぼす影響を検討した。

2001年12月21日にプランタに播種し、無加温ガラスハウスで育成したヒマワリを、花芽分化開始前の2002年2月4日から、冷凍庫に搬入し、暗黒条件下で氷点下3℃の低温に遭遇させた。1日の低温遭遇時間は6時間とし、遭遇日数を1日, 2日, 3日, 4日, 5日, 6日の6水準とした。

プランタの容量は23 L (縦64 cm×横24 cm×深さ15 cm) で、栽植密度を10 cm×10 cm (5株2列) の合計

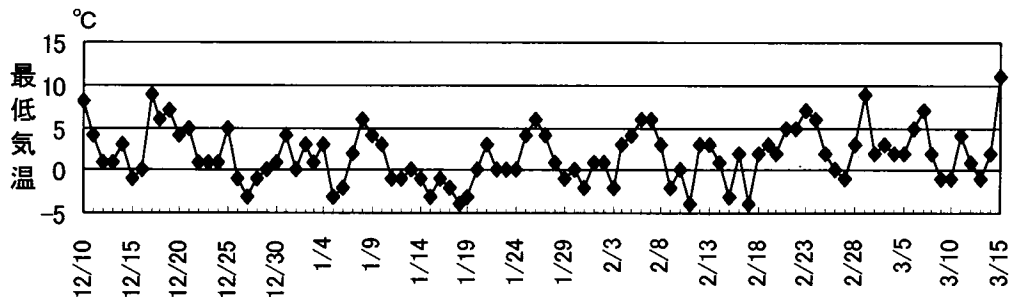


第5図 側枝発生花 (2002年3月20日撮影, 11月15日播種,  
品種: サンリッチオレンジ)

第1表 播種期、窒素施用量および土壌水分と奇形花発生率

| 窒素<br>施用量 | 2000年12月10日播種 |            |        |            | 2001年1月10日播種 |            |        |            |
|-----------|---------------|------------|--------|------------|--------------|------------|--------|------------|
|           | 土壌湿潤条件        |            | 土壌乾燥条件 |            | 土壌湿潤条件       |            | 土壌乾燥条件 |            |
|           | 茎長            | 奇形花<br>発生率 | 茎長     | 奇形花<br>発生率 | 茎長           | 奇形花<br>発生率 | 茎長     | 奇形花<br>発生率 |
|           | cm            | %          | cm     | %          | cm           | %          | cm     | %          |
| 0kg       | 70.1          | 100        | 65.7   | 100        | 70.1         | 0          | 66.0   | 0          |
| 5kg       | 74.6          | 100        | 66.8   | 100        | 84.6         | 0          | 63.8   | 0          |
| 10kg      | 78.4          | 100        | 68.2   | 100        | 98.4         | 0          | 76.8   | 0          |

1) 12月10日播種の開花日は4月10～14日。1月10日播種の開花日は4月25～30日。



第3図 無加温ビニルハウス内の最低気温の推移

第2表 花芽未分化時の-3℃の低温遭遇と奇形花発生率

| 低温遭遇 |       | 奇形花<br>発生率 |
|------|-------|------------|
| 日数   | 期 間   |            |
|      |       | %          |
| 1日   | 2/4   | 0          |
| 2日   | 2/4～5 | 0          |
| 3日   | 2/4～6 | 0          |
| 4日   | 2/4～7 | 0          |
| 5日   | 2/4～8 | 0          |
| 6日   | 2/4～9 | 0          |

1) 2001年12月21日播種。

2) -3℃の低温遭遇時間は6時間(9:00～15:00)。

10株とし、試験規模は3反復とした。土壌は中粗粒灰色低地土を用い、基肥は無施用とし、発芽後、窒素100ppm液(大塚ハウス1号 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:8:27)を、1週間間隔で3回、1プランタ当たり約2L施用した。試験の都合上、冷凍庫へのプランタ搬入は、昼間に行うこととし、処理日数が2日以上の場合は、冷凍庫に搬入する時間と、その前後数時間を遮光して夜間とし、逆に夜は冷凍庫のある建物の中で電照処理を行って昼間とする、昼夜逆転処理を行った。日長時間は日の出前および日の入り後の薄明時間を考慮して11時間半とし、自然条件とほぼ同じになるようにした。ただし、処理日数が1日の場合は、ガラスハウスから冷凍庫に搬入し、低温遭遇させた後、すぐにガラスハウスに戻した。

### 試験Ⅲ 花芽発達時における氷点下の低温遭遇の影響

生長点膨大期以降の低温遭遇が奇形花発生に及ぼす影響を検討した。

2001年11月15日にプランタに播種し、無加温ガラスハウスで育成したヒマワリを、生長点膨大期の12月3日と、総苞形成期～小花形成期の12月10日からの2時期、氷点下3℃の低温に遭遇させた。1日の低温遭遇時間は4時間(9:00～13:00)と8時間(9:00～17:00)の2水準とし、遭遇日数を3日、5日、7日の3水準とした。

また、2002年1月10日にプランタに播種し、無加温ガラスハウスで育成したヒマワリを、生長点膨大期の3月5日と、総苞形成期～小花形成期の3月12日からの2時期、氷点下3℃の低温に遭遇させた。1日の低温遭遇時間は6時間(9:00～15:00)とし、遭遇日数を1日、2日、3日の3水準とした。

プランタ栽植密度等の栽培方法、冷凍庫搬入方法は、すべて試験Ⅱの方法に準じ、12月および3月の日長時間はそれぞれ11時間、12時間とした。いずれの試験も、生長点の検鏡を適時行い、花芽分化・発達ステージを確認した。

### 結果および考察

奇形花発生に及ぼす窒素施用量、土壌水分の影響について検討した試験Ⅰの結果を第1表に示した。

奇形花の発生には、窒素施用量および土壌水分の影響は認められず、12月10日播種では、すべて著しい奇形花となり、1月10日播種では、奇形花はまったく発生しなかった。

第3図に、2000年12月10日から2001年3月15日までの最低気温の推移を示した。この間に、氷点下となった日

第3表 生長点膨大期以降の $-3^{\circ}\text{C}$ の低温遭遇と  
舌状花数および奇形花発生率

| 低温遭遇 |    |          | 舌状花数 | 奇形花発生率 |     |      |     |
|------|----|----------|------|--------|-----|------|-----|
| 時間   | 日数 | 期間       |      | 複数     | 碗状  | 側枝発生 | 計   |
|      |    |          | 枚    | %      | %   | %    | %   |
| 4時間  | 3日 | 12/3~5   | 2.1  | —      | 100 | —    | 100 |
| 4時間  | 5日 | 12/3~7   | 2.0  | 16     | 84  | —    | 100 |
| 4時間  | 7日 | 12/3~9   | 0.0  | 19     | 56  | 25   | 100 |
| 8時間  | 3日 | 12/3~5   | 3.2  | 25     | 75  | —    | 100 |
| 8時間  | 5日 | 12/3~7   | 2.3  | 17     | 75  | —    | 92  |
| 8時間  | 7日 | 12/3~9   | 1.3  | 24     | 76  | —    | 100 |
| 4時間  | 3日 | 12/10~12 | 2.8  | —      | 96  | —    | 96  |
| 4時間  | 5日 | 12/10~14 | 3.2  | 17     | 75  | —    | 92  |
| 4時間  | 7日 | 12/10~16 | 1.8  | 54     | 38  | 4    | 96  |
| 8時間  | 3日 | 12/10~12 | 2.4  | 58     | 29  | 4    | 91  |
| 8時間  | 5日 | 12/10~14 | 1.4  | 42     | 38  | 16   | 96  |
| 8時間  | 7日 | 12/10~16 | 5.1  | 52     | 33  | 15   | 100 |

1) 2001年11月15日播種。

2) 12月3日は生長点膨大期。12月10日は総苞形成期～小花形成期。

3) 舌状花数は頂花の値。

数は25日で、とくに12月27日、1月5、15、18、19日、2月11、15、17日は最低気温が $-3^{\circ}\text{C}$ 以下となった。子葉展開時以降に、 $-3^{\circ}\text{C}$ 以下の低温に遭遇した日数は、12月10日播種では8日、1月10日播種では3日であった。奇形花の発生率が100%となった12月10日播種では、生長点膨大期の1月11日から19日までの9日間、寒波の襲来を受け、最低気温が氷点下(13日は $0^{\circ}\text{C}$ )となった。一方、奇形花が発生しなかった1月10日播種では、生長点膨大期の3月上旬は、最低気温は $5^{\circ}\text{C}$ 前後であった。

以上のことより、奇形花の発生に及ぼす窒素施用量および土壌水分の影響は小さく、生育期間中の氷点下の低温遭遇が大きく影響していると考えられた。

花芽未分化時における低温遭遇の影響を検討した試験Ⅱの結果を第2表に示した。

遭遇日数1日から6日までの各水準ともに、奇形花はまったく発生しなかった。したがって、花芽未分化時の氷点下の低温遭遇は、奇形花の発生に影響せず、生長点

膨大期以降の花芽発達期に、氷点下の低温に遭遇することにより、奇形花が発生すると推察された。

花芽発達時における氷点下の低温遭遇の影響について検討した試験Ⅲの結果を第3表および第4表に示した。

第3表は氷点下の低温遭遇日数が3～7日の場合である。低温遭遇時間4時間、8時間ともに、奇形花発生率は高く、「複数花」、「癒着花」の他に、総苞が花を包み込み、お碗のように見えるもの(第4図、以下「碗状花」とする)、頂花が著しく萎縮して、複数の側枝が伸びたもの(第5図、以下「側枝発生花」とする)も発生した。また、いずれの奇形花の頂花も、舌状花がほとんどなかった。「複数花」は、2時期ともに4時間3日間の低温遭遇では発生がなく、それ以外の処理では16～58%程度発生した。「複数花」の形状は、3～5個の同程度の大きさの小さな花が着生し、頂花の判別が難しい(中心のものを頂花と判別)ものの、癒着は認められなかったことから、「複数花」と分類した。しかし、花の大きさ、舌状花数の少なさなどは、第2図の「癒着花」と同程度であった。

第4表は、氷点下の低温遭遇日数が1～3日の場合である。西南暖地である福岡県でも、冬季には3～4回程度、氷点下となる寒波が襲来する。寒波の期間は概ね2～3日で、夜半から朝方まで6時間程度は氷点下となる場合が多い。したがって、1日の氷点下の低温遭遇時間が6時間、遭遇日数が3日以内という条件が、一般的な寒波襲来時の低温遭遇条件である。生長点膨大期の3月5日からの低温遭遇では、遭遇日数が多くなるほど、奇形花発生率は高くなった。奇形花の形状は、すべて「複数花」であった。1週間後の総苞形成期の3月12日からの低温遭遇でも、遭遇日数が多くなるほど奇形花発生率が高くなったが、同じ低温遭遇日数で比較すると、生長点膨大期からの低温遭遇に比べて8～10%程度低かった。「複数花」の形状は、頂花のはっきり判別でき、無処理に比べてやや小さく、舌状花数が1～3枚少ないものの、頂花の直下に1～2個の側花が着生していなければ、十分商品性のある切り花となる第1図の「複数花」に近いものであった。

第4表 生長点膨大期以降の $-3^{\circ}\text{C}$ の低温遭遇と開花時の形質および奇形花発生率

| 低温遭遇 |         | 開花日   | 切花重  | 茎長   | 茎径  | 葉数   | 花径  | 舌状花数 | 奇形花発生率 |
|------|---------|-------|------|------|-----|------|-----|------|--------|
| 日数   | 期 間     |       |      |      |     |      |     |      |        |
|      |         |       | g    | cm   | mm  | 枚    | mm  | 枚    | %      |
| 無処理  |         | 4月19日 | 59.6 | 59.4 | 8.3 | 14.1 | 124 | 23.7 | 0      |
| 1日   | 3/5     | 4月20日 | 50.6 | 58.8 | 7.8 | 13.9 | 105 | 22.1 | 29     |
| 2日   | 3/5~6   | 4月21日 | 45.6 | 56.8 | 7.4 | 13.7 | 103 | 21.0 | 39     |
| 3日   | 3/5~7   | 4月20日 | 54.4 | 52.1 | 8.0 | 14.9 | 105 | 22.9 | 43     |
| 1日   | 3/12    | 4月21日 | 57.9 | 59.9 | 8.0 | 14.4 | 116 | 22.7 | 20     |
| 2日   | 3/12~13 | 4月22日 | 55.2 | 60.3 | 7.7 | 13.9 | 111 | 22.2 | 31     |
| 3日   | 3/12~14 | 4月20日 | 52.6 | 61.3 | 8.0 | 14.3 | 115 | 22.4 | 33     |

1) 2002年1月10日播種。

2) 3月5日は生長点膨大期。3月12日は総苞形成期～小花形成期。

3)  $-3^{\circ}\text{C}$ の低温遭遇時間は6時間(9:00～15:00)。

4) 無処理区の最低気温、3月5日 $8^{\circ}\text{C}$ 、6日 $7^{\circ}\text{C}$ 、7日 $4^{\circ}\text{C}$ 、12日 $5^{\circ}\text{C}$ 、13日 $6^{\circ}\text{C}$ 、14日 $9^{\circ}\text{C}$ 。

5) 花径および舌状花数は頂花を調査。

植物が氷点下に冷却されると、植物体表面や細胞間隙で凍結（細胞外凍結）が起きる。細胞外凍結では、細胞内の水分が細胞内外のポテンシャル差によって細胞外へ移動し、結果として細胞は脱水ストレスを受ける。こうした脱水ストレスが、細胞の収縮、生体膜の異常接近を引き起こし、膜脂質や膜タンパク質の変成、細胞内の塩濃度・pH変化によるタンパク質変成、生体内高分子構造の周囲にあって相互作用を及ぼす水分子の損失などとともに細胞膜の構造・機能的損傷へとつながると考えられている<sup>3)</sup>。細胞外凍結から、ゆっくりと融解すると、葉の一部あるいは全面に油浸状の黒緑色の斑点を生じたり、著しいしおれがみられたりする。場合によっては、融解後ただちに組織が黒褐色に変色する<sup>9)</sup>。

氷点下の低温に遭遇させたヒマワリは、本葉の表面が凍りつき、葉が若干しおれ、葉色がやや濃くなったように観察された。しかし、冷凍庫から搬出すると、やがて元の状態に戻り、前述のような障害はまったく観察されず、結局、開花に到るまで枯死することもなかった。

様々な奇形花が発生する要因として、細胞外凍結による脱水ストレスが関与しているものと考えられた。また、低温が直接的に頂花の発達に障害を与え、頂花と側花の発達速度にアンバランスを生じさせたとも考えられた。

「複数花」は、分化開始直後の頂花の発達が遅れ、本来、発達しない側花が発達したため、頂花と側花が同時期に同程度の大きさで開花したものと考えられた。第3表の4時間3日では「複数花」は発生せず、5日、7日で発生し、8時間ではすべての日数で発生した。一方、第4表では、6時間1日でも「複数花」が発生し、2日、3日と遭遇日数が増加するに伴って発生率が増加した。この2つの試験は、栽培期間が異なり、低温遭遇時間と日数も異なるため、単純な比較はできないが、低温遭遇日数が長いほど、あるいは遭遇時間が長いほど発生率が高まるものと考えられた。

「癒着花」は、本報の低温遭遇試験では発生しなかったものの、現地の奇形花発生ほ場では、「複数花」と混在することから、「複数花」と同様に、低温遭遇による頂花の発達の遅れから発生するものと考えられた。「複数花」との形状の差は、低温遭遇の程度の違いではなく、低温に遭遇した花芽発達段階のわずかな早晚の差によるものではないかと考えられた。

第3表の「側枝発生花」は、生長点膨大期からの4時間7日間で25%程度発生し、また、生長点膨大期の8時間では発生しなかったものの、1週間後の8時間5日、7日で15%程度発生するなど、比較的厳しい低温遭遇条件で発生しており、頂花と、頂花に近い側花の発達が著しく阻害され、摘心と同様の状態となったため、二次的に側枝が発生したものと考えられた。

また、「椀状花」は、4時間3日の比較的軽い低温遭

遇条件で96~100%近く発生していたものが、低温遭遇条件が厳しくなり、「複数花」や「側枝発生花」が増加するにつれて減少することから、「複数花」や「側枝発生花」に比べ、低温遭遇の影響が小さい場合の奇形と考えられた。

同一の条件下で「複数花」、「側枝発生花」、「椀状花」などの形状の異なる奇形花が発生したことは、花芽発達段階の早晚の差だけではなく、個体差も関与するものと推察されるが、本試験の範囲内では、様々な奇形の発生メカニズムは推定に止まざるを得ない。

以上、ヒマワリの4月出し無加温栽培では、生長点膨大期以降に、氷点下の低温に遭遇すると、奇形花が発生し、その発生率は、1日の低温遭遇時間および低温遭遇日数が多くなるほど高くなると考えられた。したがって、ヒマワリの4月出し無加温栽培において、奇形花の発生を防止するには、生長点膨大期（本葉展開枚数4枚、12月播種では2枚の場合もある）以降、氷点下にならないよう、保温や加温を行う必要があると考えられた。

今後は、氷点下低温が生長点膨大期以降、どのステージまで影響を与えるのか、また、奇形花発生のメカニズムおよび奇形花発生に及ぼす昼夜温度較差や日射量の影響について、さらに検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 淡野一郎 (2000) 農業技術体系花卉編. 8. 農文協, p292の2-24.
- 2) 林角郎 (1979) 切り花用一年草および宿根草の開花調節に関する研究 (第一報) ヒマワリ太陽の開花特性. 千葉暖地園試研報10: 19-26
- 3) 佐々木英和 (2000) ストレス耐性と栄養生理 耐凍性. 農業技術体系土壌施肥編. 2. 農文協, p41-45
- 4) 谷川孝弘・小林泰生・松井洋 (1995) キクの花首曲がり発生要因の解明 (第1報) 花首曲がりの形態的観察および「秀芳の力」における系統間差. 園学雑64別1: 482-483
- 5) 谷川孝弘・小林泰生・松井洋 (1996) キクの花首曲がり発生要因の解明 (第2報) 植物生長調節剤処理の影響. 園学雑65別2: 566-567
- 6) 谷川孝弘・小林泰生・松井洋 (1998) キクの花首曲がり発生要因の解明 (第3報) 温度、施肥量および定植後の電照期間の影響. 園学雑67別2: 369
- 7) 谷川孝弘・小林泰生・松井洋・松田由理子 (1999) キク花首曲がりの組織構造と「秀芳の力」におけるその発生率の系統間差. 園学雑68: 655-660.
- 8) 吉田静夫 (1995) 凍霜害発生のメカニズム. 農業技術体系花卉編. 3. 農文協, p371-375
- 9) 吉原哲郎 (1970) ヒマワリ「太陽」の特性と栽培. 農耕と園芸(8). P117