

## 夜温処理がソルガム(Sorghum bicolor Moench)品種 932233Bの幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	魚住, 順 黒川, 俊二 吉村, 義則
巻/号	47巻2号
掲載ページ	p. 145-150
発行年月	2001年6月

## 夜温処理がソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) 品種 932233B の 幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響

魚住 順\*・黒川俊二・吉村義則

草地試験場 (329-2793 栃木県那須郡西那須野町千本松 768)

\*現在 : 東北農業試験場 (020-0198 岩手県盛岡市下厨川赤平 4)

National Grassland Research Institute, 768 Senbonmatsu, Nishinasuno, Tochigi 329-2793, Japan

\* Present address : Tohoku National Agricultural Experiment Station, 4 Akahira,  
Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0198, Japan

受付日 : 2000 年 7 月 17 日 / 受理日 : 2000 年 12 月 6 日

### Synopsis

Sunao UOZUMI, Shunji KUROKAWA and Yoshinori YOSHIMURA (2001): Effects of Night Temperature Treatments on the Panicle Initiation and the Final Leaf Number of Sorghum (*Sorghum bicolor* Moench) Inbred Strain 932233B. *Grassland Science* 47, 145-150.

As part of a study on the heading characteristics of sorghum, the effects of time and duration of the night temperature treatments on the time to panicle initiation and the final leaf number were examined. Thermo-sensitive inbred strain 932233B were grown in pots under controlled climatic conditions both in low night temperature (LT: 15°C) and high night temperature (HT: 30°C). Plants were transferred from LT to HT or from HT to LT with several combinations of the time and duration of treatment.

LT induced panicle initiation and reduced final leaf number and HT restrained panicle initiation and increased final leaf number. However, the degree of the response varied substantially among different treatments. It was suggested that the sensitivity to low temperature was acquired immediately after sowing and the sensitivity to high temperature was acquired at 3-4 leaves stage by the analysis of the above-mentioned response.

The minimum LT duration required to induce the panicle differentiation (MLT) decreased with growth until 8 leaves stage, and MLT in number of emerged leaves was negatively correlated with the growth stage in leaf number at the onset of the low night temperature treatment. There were, however, no relationship between MLT and growth stage after 8 leaves stage.

**Key words :** Heading, Leaf on main stem, Night temperature, Panicle, Sorghum.

### 緒 言

ソルガム類は、温度と日長に感応して出穂時期を複雑に変動させ、また、その変動の様相は品種により異なるが<sup>1,2,4,5)</sup>、

このような品種間の出穂特性の違いは、その遺伝的背景を含め十分には解明・整理されていない<sup>3)</sup>。このため、輸入品種はもとより、来歴の明らかな国内育成品種でさえ、温度や日長に対する感受性の違いが具体的に記載されないまま流通しており、このことが、栽培現場に大きな混乱をもたらしている。

著者らは、我が国の気象条件においては、出穂特性のうち、まず、温度に対する感応特性を解明することが栽培上特に重要であると考え、これに関連する一連の研究<sup>6-10)</sup>を継続中である。すでに、温度の変化に伴う最終主稈葉数の変動は、主として幼穂形成期が変動するために引き起こされること<sup>7)</sup>、このような幼穂形成期の変動は、低温によって幼穂形成が早期に誘起されるか、または高温によって幼穂形成が抑制されるために生じること<sup>7,10)</sup>、温度条件が幼穂形成の誘起あるいは抑制作用を示すようになる時期と、幼穂形成が誘起されるのに必要な低温の継続期間は品種によって顕著に異なること<sup>10)</sup>等を認めている。しかしながら、各品種が、どの時期にどれくらいの期間、どのような夜温変化に遭遇すれば幼穂形成が誘起あるいは抑制されるのかについて、定量的なデータを十分提示するには至っていない。そこで本試験では、典型的な温度感応性を示す純系品種である 932233B を供試し、広範な温度設定のもとで夜温感応性の獲得時期および感応に要する期間の特定を試みた。

### 材 料 と 方 法

#### 1. 供試品種および栽培概要

供試品種は、上述のとおり 932233B とした。1/5,000 a ポットを使用し、温度制御が可能なガラス室において後述の低夜温処理 (試験 I) および高夜温処理 (試験 II) を加えた。播種は 1998 年 5 月 20 日に行ったが、日長は補助光を使用して全期間 15 時間 20 分を保った。なお、補助光の照度は、播種 20 日後の植物先端部で約 500 lux であった。栽植本数は 3 本/ポットとし、播種後 2 週目に間引きにより調整した。

#### 2. 処理方法

##### (1) 試験 I

本報告の一部は、第 54 回発表会 (1999 年 4 月) において発表した。

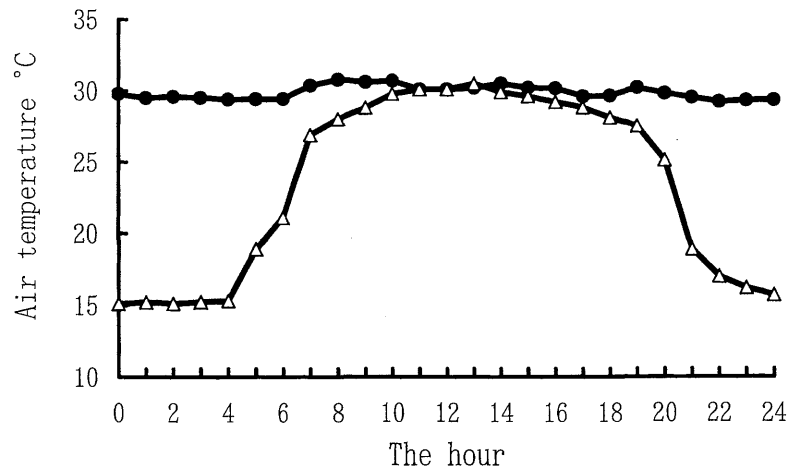


Fig. 1. Daily changes in air temperature.  
 $\triangle$ : Low night temperature,  $\bullet$ : High night temperature.

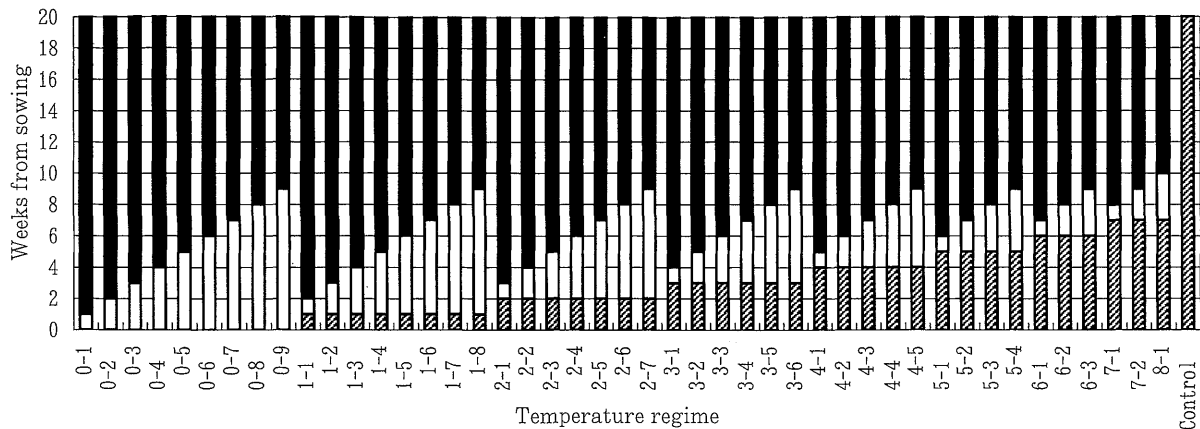


Fig. 2. Time and duration of the low temperature treatments in the experiment on the sensitivity to low night temperature (the experiment I).

■: Weeks after treatments (duration of high night temperature), □: Weeks during treatments (duration of low night temperature), ▨: Weeks before treatments (duration of high night temperature).

Temperature regime: The first number shows the weeks from the sowing to the onset of treatment and the second one shows the weeks of the duration of treatment.

昼夜とも 30°C の高夜温ガラス室および昼温 30°C、夜温 15°C の低夜温ガラス室を設定し、ポットを前者から後者へ一時的に移動させることにより、一定期間低夜温に遭遇させた。両ガラス室における気温の日変動は図 1 に示すとおりで、低夜温処理の時期と期間の組合せは図 2 に示す 46 種とした。以下、処理区の呼称は図 2 に示す略称を用いることにする。なお、略称の最初の数値は播種から処理開始までの経過期間（週数）を、次の数値は処理を行った期間（週数）を示す。

## (2) 試験 II

試験 I と同一のガラス室を用い、ポットを低夜温ガラス室から高夜温ガラス室へ一時的に移動させることにより、図 3 に示す 36 種の高夜温処理を加えた。以下、処理区の呼称は同図に示した略称を用いることにする。なお、略称は試験 I と同じ基準により命名した。

## 3. 調査方法

### (1) 試験 I

出葉数は、播種後 2 週目から止葉抽出期まで 2 日おきに調査した。出葉数調査用個体の数は、1 区につき 3 ポット 9 個体とし、その平均値を各調査日における出葉数とした。また、これとは別に、処理開始時期 9 水準のそれぞれにおいて最も処理期間の長い区 (0-9, 1-8, 2-7, 3-6, 4-5, 5-4, 6-3, 7-2 および 8-1, 以下これらの区を最長処理区と総称する) および対照区については、それぞれ 24 ポットを準備し、幼穂形成が予想される時期に合わせて 2 日おきに 2 ポット 6 個体を破壊し、幼穂形成期の特定を行った。調査個体の幼穂形成日は、幼穂の直径が概ね 0.5 mm に達した時点とし、6 本の調査個体のうち 4 本において幼穂が形成された日をその区の幼穂形成期とした。

### (2) 試験 II

出葉数は、試験 I と同様の手法により調査した。また、これとは別に、各区ごとに 24 ポットを準備し、試験 I と同様の

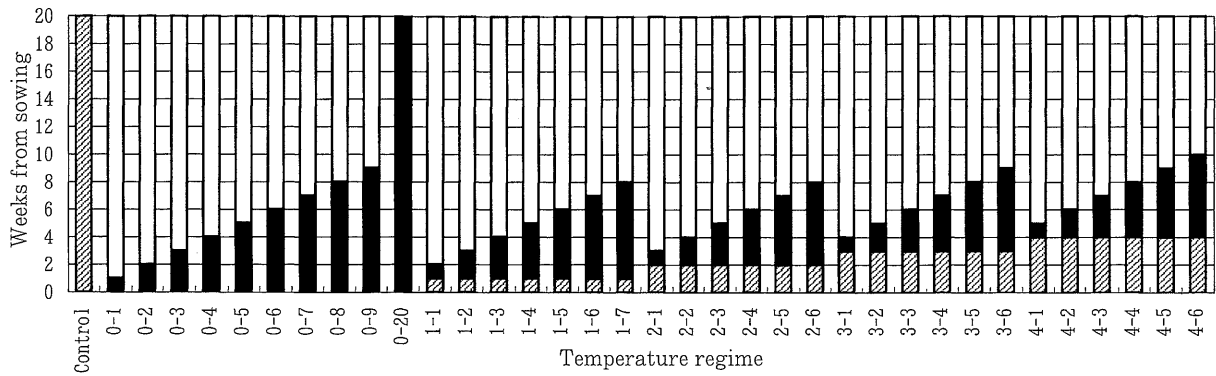


Fig. 3. Time and duration of the high temperature treatments in the experiment on the sensitivity to high night temperature (the experiment II).  
 □ : Weeks after treatments (duration of low night temperature), ■ : Weeks during treatments (duration of high night temperature), ▨ : Weeks before treatments (duration of low night temperature).  
 Temperature regime : See Fig. 2.

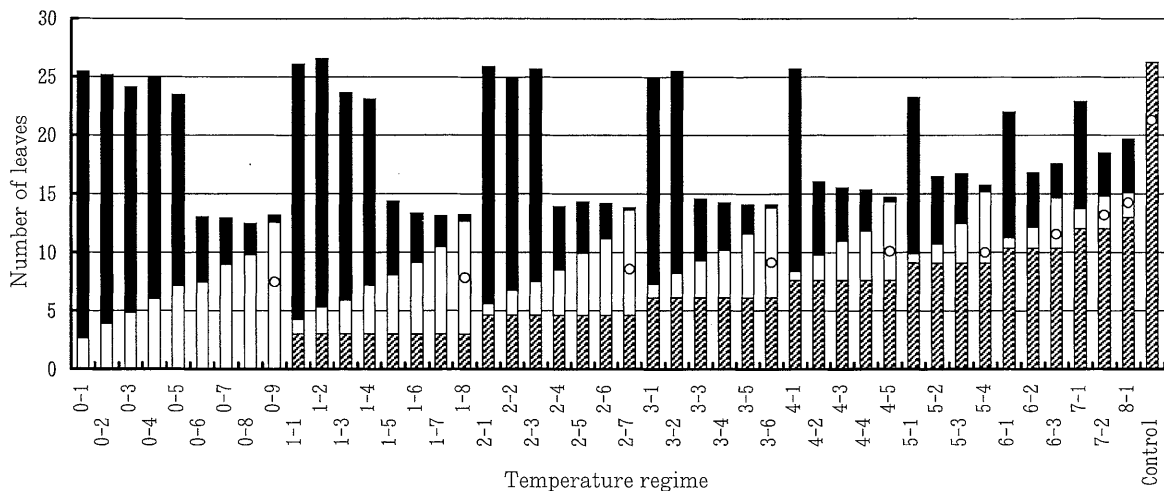


Fig. 4. Final leaf number on main stem in the experiment I.  
 ■ : Number of leaves emerged after the low temperature treatments,  
 □ : Number of leaves emerged during the low temperature treatments,  
 ▨ : Number of emerged leaves at the onset of low temperature treatments.  
 ○ : Panicle initiation.  
 Temperature regime : See Fig. 2.

手法により幼穂形成期の特定を行った。

## 結 果

### 1. 試験 I

図 4 には、最終主稈葉数を、処理前（高夜温）、処理中（低夜温）および処理後（高夜温）の出葉数に分けて示した。また、同図には、最長処理区における幼穂形成期を葉齢で併記した。

最終主稈葉数は、低夜温処理の開始時期にかかわらず、処理が一定の期間に達すると大きく減少し、一旦減少した最終主稈葉数は、それ以上長い処理を行っても変化することはない（以下、このような大きな葉数減少をもらった最短の処理期間を最短反応期間と総称し、最短反応期間をもつ区を最短反応区と総称する）。また、最短反応区の最終主稈葉数は、処理開始時期が遅くなるほど増加する傾向がみられた。

最短反応区よりも処理期間が短い場合は、最終主稈葉数の反応には大きな処理区間差がみられなかったが、0-3、0-5、1-3、1-4、5-1、6-1 および 6-3 の 7 区の最終主稈葉数については、全期間高夜温の対照区よりも有意に少なくなった。

最長処理区における幼穂形成時の葉齢は、処理開始時期が遅くなるほど増加したが、処理開始から幼穂形成までの出葉数は、逆に処理開始時期が遅くなるほど減少した。

### 2. 試験 II

図 5 には、最終主稈葉数を、処理前（低夜温）、処理中（高夜温）および処理後（低夜温）の出葉数に分けて示した。また、同図には、幼穂形成期を葉齢で併記した。

最終主稈葉数および幼穂形成時の葉齢は、高夜温処理の開始時期が同じであれば、処理期間が長くなるほど増加した。幼穂の形成は、0-20 区を除き処理期間中には行われず、処理後の低夜温期間中に行われた。処理終了～幼穂形成期の出葉

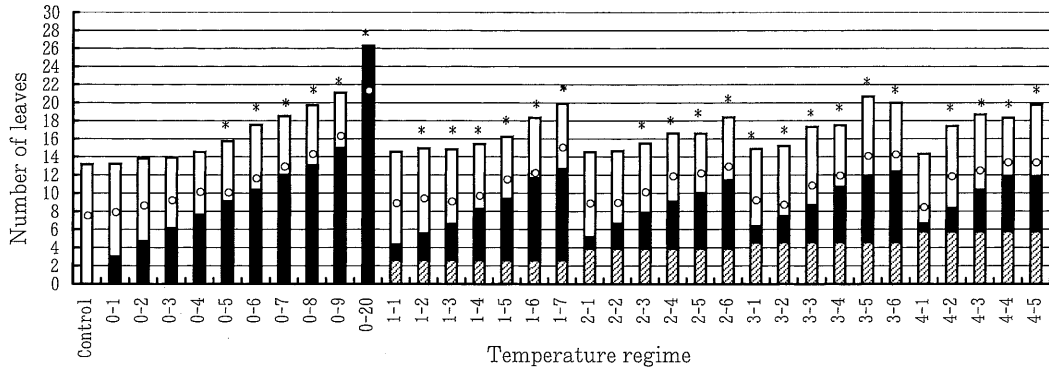


Fig. 5. Final leaf number on main stem in the experiment II.  
 □ : Number of leaves emerged after the high temperature treatments,  
 ■ : Number of leaves emerged during the high temperature treatments,  
 ▨ : Number of emerged leaves at the onset of high temperature treatments.  
 ○ : Panicle initiation.  
 Temperature regime : See Fig. 3.  
 \* : Significantly different from control at  $p < 0.05$ .

数は、処理終了時期が遅くなるほど少なくなる傾向がみられた。

考 察

1. 試験 I

(1) 低夜温感応性の獲得時期

処理期間が最短反応期間に達すると、最終主稈葉数が著しく減少し、また、一旦減少した最終主稈葉数が、それ以上の処理期間の延長に対して全く反応しなかったことから、最短反応期間は、幼穂形成を誘起するのに必要な低夜温の継続期間を満たした最短の処理期間であること、および幼穂形成の誘起作用のみについてみれば、最短反応区より処理期間の長い区は、すべて最短反応区と同じ効果をもったことが判断できる。このような観点から、以下、最長処理区で実測した幼穂形成期を、最短反応区の幼穂形成期にそのまま適用して解析を進めることにする。

図6には、図4から最短反応区のみを抜粋して示した。図に示すように、6葉期以降に処理を開始した3-3区~8-1区の最終主稈葉数は0-6区よりも有意に多くなった。したがって、低夜温感応性が6葉期よりも前に獲得されていたことは明らかである。さらに、処理区全般を通じた反応の様相を見ると、最終主稈葉数および幼穂形成期の葉齢とともに、処理開始時期が早くなるほど一貫して減少している。特に、後者の形質については、0-6区~3-3区だけを抜粋してみても、処理開始時葉齢との間に有意な正の相関関係 ( $r = 0.99^{**}$ ) が認められた。これらの結果を併せみると、低夜温感応性は、播種直後のきわめて早い時期に獲得されることが強く示唆される。

(2) 幼穂形成の誘起に必要な低夜温の継続期間

幼穂形成の誘起に必要な低夜温の継続期間（以下低夜温必要期間と記す）の指標としては、最短反応期間および最短反応区における処理開始~幼穂形成期の所要期間（以下幼穂形成所要期間と記す）の2つの形質があげられる。図7は、x

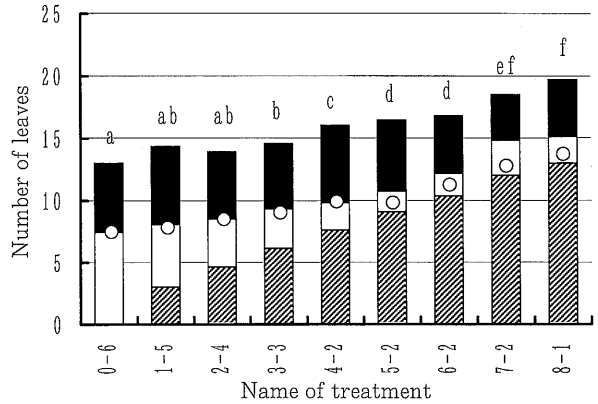


Fig. 6. The final leaf number in the temperature regime with the shortest treatment duration in the regimes induced panicle initiation (the excerpted data from Fig. 4).  
 ○ : Panicle initiation.

軸に処理開始時の葉齢を、y軸に上記2期間を出葉数で示した値をとったものである。

最短反応期間と幼穂形成所要期間は、ともに低夜温必要期間よりも大きな値であるため、y軸にとった値のうち小さな方が、より低夜温必要期間に近似するものと考えられる。このような観点から図をみると、低夜温必要期間の指標値としては値の小さい後の方がすぐれることが判断できる。以下、この形質の反応に着目して考察を進めることにする。

8葉期までのデータに限り、処理開始時の葉齢と幼穂形成所要期間中の出葉数との間で回帰分析を行うと、両者には有意な負の相関関係 ( $r^2 = 0.99^{**}$ ) が認められ、幼穂形成所要期間は、処理開始時期を説明変数とした回帰式  $y = -0.69x + 7.3$  により表すことができた。また、8葉期より後は、生育ステージにかかわらず幼穂形成所要期間は出葉数で1葉程度となった。

以上の結果より、低夜温必要期間は、8葉期頃までは生育

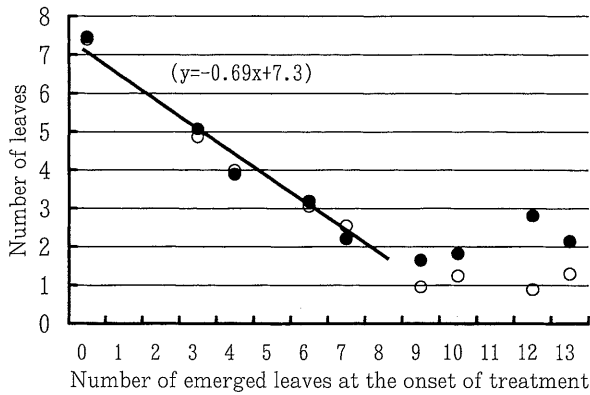


Fig. 7. Relationship between the time at the onset of low temperature treatment and the minimum duration of low temperature period required to induce panicle initiation.

● : The number of leaves emerged during the treatment (0-6, 1-5, 2-4, 3-3, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-1), ○ : The number of leaves emerged from the onset of the treatment to the panicle initiation (0-6, 1-5, 2-4, 3-3, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-1).

ステージが進むほど減少し、上記回帰式により求められる幼穂形成所要期間により近似されるものと考えられる。また、それ以降は生育ステージにかかわらず出葉数で1葉程度の低夜温の継続により幼穂形成が誘起されるものと考えられる。

### (3) 幼穂形成誘起作用の発現の有無では説明できない主稈葉数の反応

最短反応区よりも処理期間の短い区のうちいくつかは、対照区よりも最終主稈葉数が有意に少なかった(図4)。この反応は、低夜温の継続期間が一定期間に達したときのみ幼穂形成誘起作用が発現するという上述の考えでは説明できない。同様の反応は既報<sup>10)</sup>においても認められているが、著者らはこれを明確に説明する知見をまだ得ていない。出穂と温度との関係を整理するうえでは、この様な反応の発現機作についても今後検討する必要があると考えられる。

## 2. 試験 II

### (1) 高夜温感応性の獲得時期

高夜温による最終主稈葉数の増加は、高温が幼穂形成を抑制することにより生じる現象である<sup>7,10)</sup>。したがって、高夜温感応性は対照区の幼穂形成期に先行して獲得されるものと判断される。図8は対照区の幼穂形成期である7.5葉期までに処理を終えた11区を図5から抜粋したものである。

播種直後から3葉期までの処理を行った0-1区の最終主稈葉数は、対照区と全く差がなかった。この結果から、高夜温感応性は3葉期までには獲得されなかったことが推定される。

一方、2.7葉期から処理を開始した1-1~4-1の7区のうち、4-1区を除く6区においては最終主稈葉数が対照区よりも有意に多くなった。また、有意差のなかった4-1区についても他の6区との最終主稈葉数の差はきわめて小さかった。これらの結果から、高夜温感応性は2.7葉期以降に獲得され

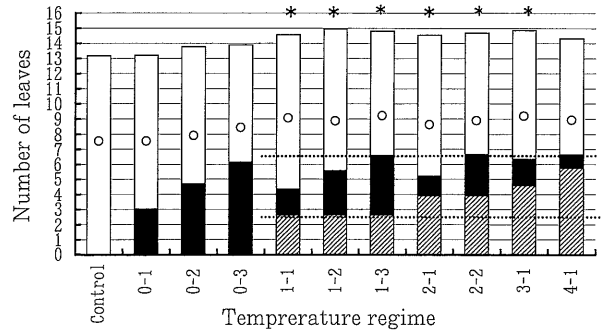


Fig. 8. Final leaf number in the experiment II (the excerpted data from Fig. 5).

□ : Number of leaves emerged after the high temperature treatments,

■ : Number of leaves emerged during the high temperature treatments,

▨ : Number of emerged leaves at the onset of high temperature treatments.

\* : Significantly different from control at  $p < 0.05$ .

○ : Panicle initiation.

たことが推定される。

対照区との間に有意差の認められた上記6区のうち、最も処理開始時期が早く、かつ処理期間が短かったのは、2.7-4.3葉期に処理を行った1-1区である。このことと上記の結果とを併せみると、高夜温感応性の獲得時期は概ね3-4葉期頃にあるものと推定される。0-2区および0-3区は、3-4葉期を含む期間の処理を行ったにもかかわらず、その最終主稈葉数は対照区のそれと有意な差がなかった。上記の推定に基づくこの反応を説明することはできないが、両区とも有意ではないが処理により最終主稈葉数が増加する傾向が認められたこと、および両区と1-1区との差は有意ではないことから、この結果と上記の推定とは必ずしも矛盾するものではないと考えられる。

### (2) 高夜温処理終了から幼穂形成期までの所要期間

全期間高夜温で経過させた0-20区を除き、幼穂形成は処理後の低夜温期間中に行われたことから(図5)、各区の幼穂形成には、試験Iと同様に低夜温による誘起作用が関与したものと考えられる。

図9に高夜温処理の終了時期と処理終了~幼穂形成期の所要期間(以下幼穂形成所要期間と記す)との関係を出葉数で示した。8葉期までに処理を終了した区では、試験Iと同様に処理終了時(低夜温遭遇開始時)の葉齢と幼穂形成所要期間中の出葉数との間に有意な負の相関関係( $r^2=0.82^{**}$ )が認められ、幼穂形成所要期間は、処理開始時期を説明変数とした回帰式  $y = -0.70x + 7.2$  により表すことができた。この回帰式は、試験Iにおいて、幼穂形成所要期間(出葉数,  $y$ )と低夜温処理の開始時期(葉齢,  $x$ )との間で得られた回帰式  $y = -0.69X + 7.3$  ときわめて類似したものとなった。このことから、幼穂形成の誘起に必要な低夜温の継続期間が、低夜温への遭遇時期の遅延に伴い一定割合で減少するという特性は、少なくとも8葉期までは、安定したものであると考えら

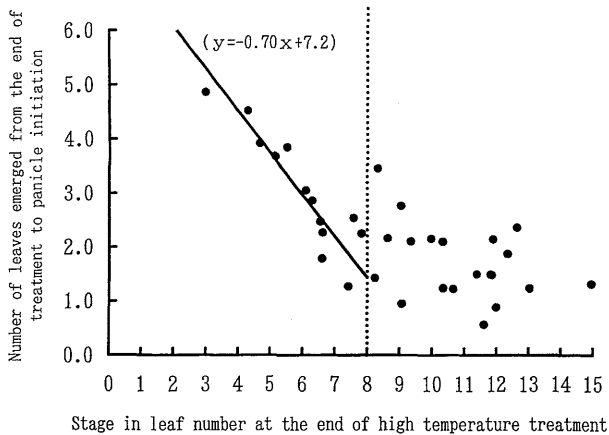


Fig. 9. Relationship between the number of leaves emerged from the end of treatment to the panicle initiation and the stage when the high temperature treatment was complete.

れる。

一方、8葉期以降に処理を終了した区の幼穂形成所要期間は、図に示される様に変動が大きく、試験Ⅰで示された1葉程度という値とは一致しなかった。試験Ⅰでは低夜温期間の前歴が全期間高夜温であるのに対し、試験Ⅱでは多くの区において、この間、一時的な低夜温期を経過している。上記の結果の違いはこのような前歴の違いによりもたらされたのは明らかであるが、本試験で得られたデータからは前歴としての低夜温の時期および期間と幼穂形成所要期間との関係を明らかにすることはできなかった。

### 3. 総合考察

本試験では、限られた品種および極端な夜温設定のもとではあるが、温度感応性の獲得時期をほぼ特定し、さらに、幼穂形成の誘起に必要な低夜温の継続期間についても、その変動の様相を明確に示すことができた。

温度感応性がどの時期に獲得され、また、どのような温度条件のもとでそれが発現するのかを解明することは、温度感応性品種の出穂期予測技術を構築するうえで重要である。本試験の結果は、この特性を端的に示す知見としてきわめて有用と考えられる。供試した932233Bは純系品種であるため、得られた知見がただちに技術の構築に結びつく訳ではないが、同品種が風立、天高、ナツイブキ等多くの国内育成品種の母本となっており、また、これらの品種がすべて強い温度感応性を示していること<sup>3,6)</sup>を併せみると、ソルガム全般の出穂特性を把握するうえでの意義は大きいものと考えられる。

著者らは932233Bをはじめとする数品種の最終主稈葉数が、設定夜温の上昇に伴い徐々に増加することを確認している<sup>7,8)</sup>。このことは、幼穂形成の誘起に必要な低夜温の継続期間が、生育ステージの進行によってだけでなく、夜温の上昇によっても増加することを示唆するものである。また、温度感応性の獲得時期が温度の高さにより変動する可能性も否定できない。ソルガムの温度感応性の全体像を解明するため

には、これらの点についても検討を加える必要があると考えられる。

### 引用文献

- 1) CADEL, J.L. and D.E. WEIBEL (1971) Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. *Agron. J.* **63**, 799-803.
- 2) CADEL, J.L. and D.E. WEIBEL (1972) Photoperiodism in Sorghum. *Agron. J.* **64**, 473-476.
- 3) 白山竜次・南 公宋・田中正一・春日重光・内海裕一・樽本勲・新瀬 寛 (1997) 幼穂形成制御新遺伝子の発見に伴うソルガムの出穂調査法. *日草誌* **43**, 86-87.
- 4) HAMMER, G.L., R.L. VANDERLIP, G. GIBSON, L.J. WADE, R.G. HENZELL, D. R. YOUNGER, J. WARREN and A.B. DALE (1989) Genotype-by-environment interaction in grain sorghum. II. Effects of temperature and photoperiod on ontogeny. *Crop Sci.* **29**, 376-384.
- 5) MILLER, F.R., D.K. BARNES and H.J. CRUZADO (1968) Effect of tropical photoperiods on the growth of sorghum when grown in 12 monthly plantings. *Crop Sci.* **8**, 499-502.
- 6) 魚住 順 (1993) 地域連絡試験報告 近畿中国におけるソルガム類の栽培利用特性. 出穂反応の品種間差異. *日本草地学会近畿中国支部会報* **22** (別), 41-45.
- 7) 魚住 順・吉村義則・黒川俊二 (1997) 温度条件の違いがソルガムの葉原基および幼穂の形成に及ぼす影響. *日草誌* **43** (別), 58-59.
- 8) 魚住 順・吉村義則・黒川俊二 (1998) 夜温および日長の違いがソルガムの出穂関連諸形質に及ぼす影響. *日草誌* **44** (別), 84-85.
- 9) 魚住 順・清水矩宏・黒川俊二 (2000) 播種期および栽培年次の違いがソルガム類の主稈葉数および展葉速度に及ぼす影響. *日草誌* **45**, 367-373.
- 10) 魚住 順・吉村義則・黒川俊二 (2001) 夜温処理が数種ソルガム品種の幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響. *日草誌* **47**, 139-144.

### 要 旨

魚住 順・黒川俊二・吉村義則 (2001) : 夜温処理がソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) 品種 932233B の幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響. *日草誌* **47**, 145-150.

ソルガムの温度感応特性を解明するため、純系品種 932233B を供試し、夜温処理の時期と期間の違いが幼穂形成期および最終主稈葉数に及ぼす影響を検討した。

低夜温は、幼穂形成を誘起して、最終主稈葉数を減少させ、高夜温は、幼穂形成を抑制して、最終主稈葉数を増加させたが、反応の様相は夜温処理の時期と期間の違いにより様々に異なった。この反応を解析することにより、低夜温への感応性の獲得時期は播種直後、高夜温への感応性の獲得時期は3-4葉期頃にあることが推定された。

幼穂形成を誘起するのに必要な低夜温の継続期間（低夜温必要期間）は、8葉期までは生育が進むほど短くなり、展葉数で表した低夜温必要期間と、低夜温処理開始時の葉齢との間には有意な負の相関関係が認められた。8葉期以降は、必要期間と生育ステージとの関係は明確ではなかった。

キーワード：主稈葉，出穂，ソルガム，夜温，幼穂。