

## 麦類の出穂生理とその遺伝

### 第9報 オオムギの出穂の早晩に及ぼす 暗期低温の影響

安田 昭三・沖 永康 男

我が国中南部の暖地で、秋播栽培したオオムギやコムギ品種の出穂期の早晩は、それらの品種を予じめ春化した後高温短日下で育てたときの出穂の早晩（光周反応）と高い正の相関を示すことが知られている（Takahashi and Yasuda 1956, Konishi and Sugishima 1964, Yasuda and Shimoyama 1965）。しかしながら、人為的に規制された高温短日下での出穂期は、日長はほぼ同じであっても、戸外の出穂期にくらべて品種間差が大きい。たとえば、高橋・安田（1960）によると、典型的な長日型の品種メンシュアリーCは、戸外では晩生であり、中生品種夏大根麦より約12日遅い。一方、人為的に規制した高温短日下では、戸外とほぼ同じ13～14時間日長であるにも拘らず両品種の差は24日以上となった。このような違いは、戸外の秋播栽培の出穂期の早晩に関与する内的要因、特にその中の光周反応性と生育期間中の温度や日長との交互作用によるものであろう。交互作用のすべてを実験的に説明することはむずかしいが、その原因となる環境条件を部分的に解析することは可能である。

本研究はその緒として、短日下における明暗期の温度変化が、オオムギ品種の出穂の早晩にどのような影響を与えるかを調べたものである。その結果、明暗期の温度の高低によって短日による出穂抑制の程度が変わり、その変化の様相は品種の間で著しく異なった。このことは、オオムギやコムギの戸外出穂期を実験的に解析する場合、自然と人為環境下における結果の違いを説明する手掛りを与えるものと思われる。実験的に不十分な点はあるが、今までに得られた結果の概要を以下に述べる。

本稿のとりまとめに御助言を賜った高橋隆平教授に深謝する。

### 材 料 と 方 法

用いた材料は、実験によって一部異なったが、それらをまとめて第1表に示す。供試品種はいずれも高度春播性（程度I）である。実験は3種行なったが、以下記述の順に従って第1、第2、第3実験とよぶ。

第1実験は、晩秋から早春までの戸外の自然温度 および15°C以上に保った温室を利用した。第2実験は、温度及び日長を制御できるコイトロン（KG型；陽光ランプと蛍光灯で明るさは約18,000ルクス）を用いた。第3実験は、温度と湿度を制御できるファイトロンで行った。実験には径18cmと24cmの素焼鉢を用い、種子を1か所2粒

第1表 実験材料とその戸外秋播出穂期および主稈葉数

| 品 種 名 | 出 穂 期*                         | 主稈葉数             | 品 種 名           | 出 穂 期*                        | 主稈葉数              |
|-------|--------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| 畿内5号  | 4月 <sup>II</sup> <sub>26</sub> | 9.0 <sup>枚</sup> | ゼクサンデル          | 5月 <sup>II</sup> <sub>9</sub> | 13.0 <sup>枚</sup> |
| Tammi | 4. 25                          | 7.4              | メンシュアリーC        | 5. 12                         | 15.6              |
| 印度大麦  | 4. 25                          | 9.6              | Mari            | 4. 28                         | 9.3               |
| 鐘狗尾麦  | 5. 1                           | 13.4             | Sh <sub>a</sub> | 4. 23                         | 7.4               |
| 夏大根麦  | 5. 9                           | 13.7             |                 |                               |                   |

\* 1974年11月15日播種

宛、前者では2か所、後者では3か所に播き、発芽後間引いて生育旺盛な個体をそれぞれ2本立、3本立とした。調査は個体単位で行い、主稈の止葉展開日および葉数を調べた。なお、第3実験では、実験打ち切り時に止葉展開に至らなかった品種について幼穂分化程度を調べた。幼穂の調査基準は、稲村、野中(1955)の「麦類の幼穂分化過程の調査基準」によった。その他実験方法の詳細はその都度記述する。

## 実 験 結 果

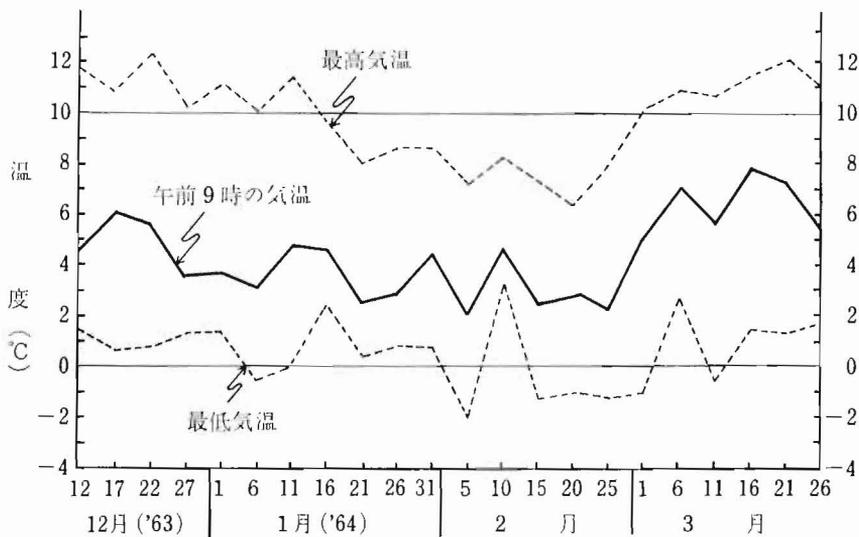
### 1. 明暗期の間の不連続的な温度変化

冬季の自然の低温を利用した第1実験の結果を最初に述べる。材料は、畿内5号、印度大麦、鐘狗尾麦、夏大根麦、ゼクサンデルおよびメンシュアリーCの6品種で、12月14日(1963)に播種、温室内の高温(15°C以上23°C以下)と戸外の低温(第1図)を利用して、下表の処理区を設けた。

日長12時間の処理区は、午前8時30分から自然浴光させ、日没前から午後8時30分まで白熱電灯で補助照明を行い、その後翌朝までは黒ビニール幕で遮光した。なお、戸外で夜間照明を行う場合は透明ビニール幕でおおい、暗黒区との差をなくした。実験期間中の戸外の温度は第1図にみられるとおりで、温室内外の温度差は昼間10°C以上、夜間は15°C以上であった。供試個体数は1品種9個体である。はじめに各品種の止葉展開まで日数と葉数の平均値を第2表に示す。

| 日 長   | 温 度 |     | 処理の略称 |
|-------|-----|-----|-------|
|       | 明 期 | 暗 期 |       |
| 12 時間 | 高 温 | 高 温 | HH    |
| 12 時間 | 高 温 | 低 温 | HL    |
| 12 時間 | 低 温 | 高 温 | LH    |
| 12 時間 | 低 温 | 低 温 | LL    |
| 自然日長  | 自 然 | 自 然 | N     |
| 24 時間 | 高 温 |     | 24 H  |

第2表によりまず6品種の反応の概略をみると、高温長日下(24 H)ではどの品種も30~40日で止葉を展開し品種間差はごく小さい。しかし、短日になると、温度が高くては低くても品種間差が著しく増大する。とくに HH 区では、畿内5号は24 H 区と同様に極めて速やかに止葉を展開したのに反し、メンシュアリーCは播種後140日間の実験期間中には止葉が展開せず、両品種の間の差はこの区がもっとも大きかった。各品種とも、主稈葉数は止葉展開まで日数とほぼ平行的な増減を示したが、品種間あるいは処理間の差は止



第1図 実験期間中の戶外温度(5日平均)

第2表 日長を12時間とし、明暗期を恒温および変温とした環境下で育てた春播性大麦6品種の止葉展開まで日数と主稈葉数

| 温度*   | 印度大麦       | 夏大根麦        | 鐘狗尾麦        | 畿内5号           | ゼクサンデル      | メンシュアリーC    |
|-------|------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 明期:暗期 | 日数 葉数      | 日数 葉数       | 日数 葉数       | 日数 葉数          | 日数 葉数       | 日数 葉数       |
| H:H   | 46.1(7.9)  | 73.8(10.6)  | 51.9(9.0)   | 38.9(6.9)      | 76.3(10.0)  | 座止**        |
| H:L   | 52.1(7.5)  | 99.3(11.3)  | 48.4(7.4)   | 53.4(7.0)      | 109.7(11.0) | 111.3(12.0) |
| L:H   | 59.5(8.5)  | 90.6(12.9)  | 87.0(12.4)  | 104.3(12.0)*** | 91.9(11.1)  | 117.5(16.5) |
| L:L   | 104.1(8.5) | 121.1(13.1) | 116.9(11.0) | 109.0(8.0)     | 127.7(11.4) | 136.4(15.6) |
| N     | 108.5(9.6) | 122.1(14.4) | 122.3(12.9) | 111.0(9.0)     | 121.8(12.0) | 128.6(15.5) |
| 24H   | 34.4(7.0)  | 36.1(7.0)   | 29.3(6.6)   | 41.7(7.0)      | 37.9(7.9)   | 33.6(7.0)   |

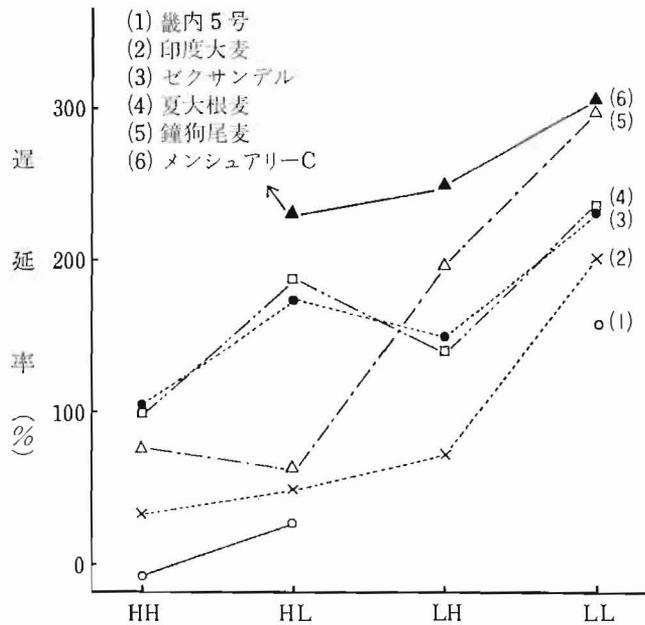
\* H:高温, L:低温, N:自然区, 24H:高温24時間照明区. \*\* 播種後150日で止葉展開せず.

\*\*\* 黄化し生育遅延. LSD:日数5.6(5%), 7.4(1%); 葉数1.1(5%), 1.5(1%).

葉展開まで日数の場合ほど顕著ではない。なお、LH区の畿内5号は、莖葉が黄化し生活力が衰えたが、この現象については既に報告した(安田ら1965, Takahashi and Yasuda 1970)。

明暗期変温の影響についての品種間差をさらに明らかにするため、各品種の行動を遅延率で表し第2図に示す。この表示方法は次のような考えに基づくものである。すなわち、長日植物のオオムギは、秋播性を消去すると高温長日下でもっとも早く出穂する。この性質を高橋・安田(1957)は狭義の早晩性とよんだ。ここでは、短日による出穂抑制が、明暗期の温度の高低によってどのように変化するかを、出穂抑制のない高温長日下の出穂期を基準にして比較しようとした。

第2図をみると、これらの品種は少なくとも3群に分けられる。第一は、短日の影響の



第2図 12時間日長下で明期暗期の温度を異にした場合分、6品種における  
 止葉展開まで日数の遅延率〔(短日処理区—高温24時間照明区)+  
 高温24時間照明区〕×100

常にもっとも顕著なもので、メンシュアリーCがこれにあたる。この品種は典型的な長日型であって、本実験でも高温下で短日による出穂抑制がもっとも強く表われた。しかしながら、一日のうちの一部分あるいは全部が低温になることによって出穂が早くなり、明期が高温で暗期が低温のとき(HL区)とくに顕著である。これと対照的な出穂反応を示したのは、第2群の光周期的に中性の畿内5号とほぼこれに近い印度大麦で、これらは高温ほど出穂が早く、低温下では遅れる傾向を示す。なお、鐘狗尾麦は、明期が低温の時(LH区とLL区)遅延率が著しく増大するが、明期が高温の場合は畿内5号や印度大麦と類似の出穂反応を示し、この品種は次に述べる第3群の品種とは異なり、むしろ第2群に属するものとみなされる。残りの2品種、夏大根麦とゼクサンデルは、4処理のどの区についても第1群と第2群の品種のほぼ中間の遅延率を示し、第3群とする。これら2品種は、変温の場合HLの状態よりLHの場合に出穂が早まる傾向を示す。なお、LHは自然にはない条件であり、この条件下における各品種の反応は、普通に遭遇する環境下ではみられないものもあると思われる。その典型的な例は畿内5号の黄化現象である。

以上各品種の出穂反応の特徴を述べたが、これらの品種は、戸外の秋播栽培下で第1群は晩生、第2群は極早生ないし早生、第3群は中生の品種である(第1表)。前にも述べたように、光周反応と戸外の秋播出穂期とは相関が高い。したがってここで得た結果は、それぞれ品種の持つ光周反応性あるいは戸外の早晩性によって短日下の変温に対する反応を異にするということができる。そして、従来行われてきた光周反応性を調べるときの環境条件HHと、春先の自然環境に近い夜温が著しく低下する環境(HL)下での出穂反応との違いは、第1群の品種がもっとも大きく、第3群の品種がもっとも小さい。つまり、光

周反応性と低温との働き合いは、典型的な長日性品種がもっとも大きく、光周期的に中性の品種がもっとも小さいということである。

上に述べた第1実験は、自然の低温を利用したもので毎日の温度に変化があり、また晩冬から早春にかけてに温度が上昇していく点が実験的に不十分であった。そこでつぎに、温度と日長を規制した人工気象装置（コイトロン）を用い、HHとHLの両処理区を設け、暗期低温の出穂早晚に及ぼす影響を追試した。供試品種は、第1実験で第1群としたメンシュアリーCと、第2群の畿内5号および印度大麦と、さらに参考用に極早生系統Sh<sub>3</sub>を加えた。処理区は2区で、いずれも日長12時間とし、明暗期とも22°Cに保った恒温区と、明期22°C、暗期は12°Cとした変温区である。供試個体数は1品種1処理当たり9個体とした。止葉展開まで日数と葉数の平均値と、両処理区間の差を第3表に示す。

第3表 日長12時間の人工照明下における明暗期高温区(HH)と明期高温暗期低温区(HL)との間の止葉展開まで日数および主稈葉数の比較

| 品 種             | H H          |    | H L         |    | 差              |    |
|-----------------|--------------|----|-------------|----|----------------|----|
|                 | 日数           | 葉数 | 日数          | 葉数 | 日数             | 葉数 |
| 印 度 大 麦         | 38.6 ( 8.4)  |    | 46.0 ( 9.0) |    | - 7.4**(-0.6)  |    |
| Sh <sub>3</sub> | 33.8 ( 6.0)  |    | 39.8 ( 6.7) |    | - 6.0**(-0.7)  |    |
| 畿 内 5 号         | 35.4 ( 8.0)  |    | 35.6 ( 7.0) |    | - 0.2 ( 1.0*)  |    |
| メンシュアリーC        | 115.8 (16.5) |    | 80.0 (15.0) |    | 35.8** ( 1.5*) |    |

\* 5%, \*\* 1%水準で有意

第3表によると、畿内5号は暗期の温度が低下しても止葉展開まで日数はほとんど変わらなかったが、印度大麦とSh<sub>3</sub>は6~7日遅れた。しかしながらメンシュアリーCは、これらとは反対に、夜温が低下することによって止葉展開が約36日早くなった。この結果は、第1実験の戸外の低温利用の場合とまったく同じ傾向である。なお、畿内5号では恒温区と変温区の差が小さかったのは、暗期の温度が第1実験の戸外温度にくらべて比較的高温であったからと思われる。この問題については実験中で、別に報告する予定である。

## 2. 明暗期間の連続的な温度変化

上の実験は、変温区における明期と暗期の温度変化がいずれも不連続であり、自然における連続的な昼夜の温度の変化とは厳密には様相が異なるものであった。そこでつぎに、人工気象装置（ファイトロン）を用いて明暗期の温度を連続的に変化させ、自然の温度変化に近い状態で、1日の平均気温と品種の出穂早晚との関係を調べた。材料には、畿内5号、鐘狗尾麦、夏大根麦、ゼクサンデル、メンシュアリーC、Tammi および Mari を用いた。これらのうち、はじめの5品種は第1実験の材料と同じ品種であり、また、Mariは畿内5号と同じ極早生遺伝子(*eark*)を持つことが知られている。日長はとくに規制せず、9月上旬から11月中旬に至る12.5~10.5時間（薄明、薄暮を含まず）の自然の短日を利用した。温度については、昼夜の温度変化が連続的なサインカーブを示すように設定した。そして1日の平均気温を、15°、20°および25°Cとし、それぞれの最高（昼間）および最低（夜間）気温は平均気温からいずれも5°C上昇および下降した温度とした。供

試個体数は1品種当り1処理10個体である。

この実験は播種後80日で打切ったため、メンシュアリーCは止葉展開に至らず、また夏大根麦の25°C区も止葉展開期に達しなかった。第4表には止葉展開まで日数と葉数の平均値を示したが、止葉が未展開の品種については幼穂分化度を掲げた。

第4表 短日下で1日の平均気温が異なる3種の環境下で育てたオオムギ品種の止葉展開まで日数と主稈葉数。未出穂品種は幼穂分化程度で示す

| 平均気温<br>項目 | 15°C         | 20°C        | 25°C        |
|------------|--------------|-------------|-------------|
|            | 日数(葉数)       | 日数(葉数)      | 日数(葉数)      |
| 品種名        |              |             |             |
| Mari       | 36.0 (6.3)   | 28.3 (6.3)  | 29.0 (7.0)  |
| 畿内5号       | 40.0 (7.0)   | 33.7 (7.0)  | 32.3 (7.0)  |
| Tammi      | 43.3 (7.0)   | 38.3 (7.0)  | 41.0 (7.3)  |
| 鐘狗尾麦       | 52.7 (9.0)   | 50.3 (10.0) | 60.7 (10.3) |
| ゼクサンデル     | 74.0 (11.0)  | 60.3 (11.3) | 51.3 (10.7) |
| 夏大根麦       | 76.0 (11.0)  | 75.0 (13.0) | -**         |
| メンシュアリーC   | VIII (15.0)* | VII (17.0)* | V (16.0)*   |

\* ローマ数字は幼穂分化程度、括弧内は形成された葉数。 \*\* 生育異常のため除外。

LSD { 5% : 日数 6.2, 葉数 1.3  
1% : 日数 8.4, 葉数 1.7

第4表によると、実験期間中に止葉展開期に達した6品種と、止葉展開に至らなかったメンシュアリーCとの間に、温度の影響について明らかに差異がみられる。止葉が展開した品種は、一日の平均気温が15°Cから20°Cに上昇するといずれも止葉の展開が早くなった。そして、ゼクサンデルのように、25°Cになるとさらに早まる品種があった。これに反して止葉展開に至らなかったメンシュアリーCは、平均気温が低いほど幼穂分化程度が進んだ。前述の実験でも明らかのように、メンシュアリーCは15°C以上の恒温短日下では、短日による出穂抑制が著しい。本実験では恒温区を設けてないが、この品種に関する限り、夜間低温によるしかも昼夜の連続的な変温による出穂促進効果は明らかである。そして、出穂促進を示す生育温度の上下限は、この実験では明らかでないが、少なくとも20~10°Cの範囲内での変温がこれより高い温度範囲内での変温より、促進効果が高いといえる。

なお、メンシュアリーC以外の品種は、光周期的に中性もしくは中間型の品種である。これらの品種は、いずれも平均気温15°Cより20°Cの時出穂が早まったが、さらに変温の25°Cになると、ゼクサンデルを除いて他は促進を停止したり、あるいは20°C区よりかえって遅れた。これは、大麦の出穂をもっとも早める適温が約20°Cということを示すものと思われる。

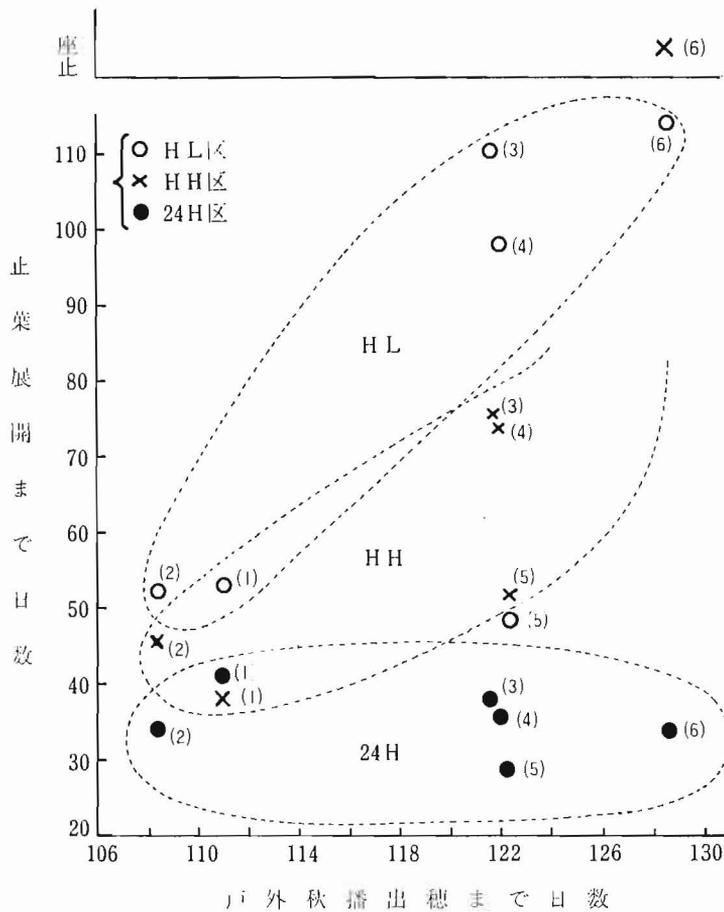
## 考 察

春播性あるいは予め春化したオオムギやコムギを長日下で育てると、いわゆる生活温度の範囲内では、温度上昇にしたがってどの品種も一樣に出穂が早まる。しかし、短日下で

はこの様相は一変し、温度上昇によって短日による出穂抑制が現われ、これは品種間に大きな差をもたらす。すなわち、光周的に中性の品種は、高温短日下で出穂抑制をほとんど示さないが、典型的な長日性の品種では出穂が著しく抑制される（高橋・安田 1960, Yasuda and Shimoyama 1965）。高温短日下におけるこのような品種間差異は、本実験の結果によると明暗期の温度によって異なった。すなわち、光周的に中性の品種は明暗期のいずれかが低温になると出穂が遅れるのに反し、典型的な長日型の品種は、明暗期の変温とくに暗期を低温にした場合に短日による出穂抑制が軽減され、高温下より出穂が著しく早められた。換言すると、光周的に中性の品種では日長と温度との交互作用はごく少ないが、長日型の品種では交互作用が大きいことを示す。このように品種の持つ光周反応特性によって、変温とくに暗期低温の効果が異なったことは、我々が常時経験する夜間低温の影響を、一律に推測することの危険性を示唆するものである。

ところで、Takahashi and Yasuda (1957) は、秋播栽培したオオムギの出穂期の早晩は、主として春化後高温短日下での出穂期で明瞭に表される光周反応性によって支配されることを指摘した。これは、冬季の低温と短日によって春化され、しかも生育が抑えられていたオオムギの中で光周的に中性のものは、春先の温度の上昇に伴い、日長はまだそれほど長くないにも拘らず出穂し、一方、典型的な長日性の品種は、日長が十分長くなってから出穂に至ることを意味する。しかしながら、日長の規則的な変化に較べて温度の変動は不規則であり、しかも春先における昼間と夜間の温度較差は大きい。このような自然環境は、本研究の結果からみると、品種の持つ光周反応特性によって特異的に出穂を早めたり遅らせたりして光周効果の変更の原因となるものである。出穂の早晩に関して、恒温条件下で行った実験結果と、自然環境下の結果との違いの原因の一部は、おそらくこのようなことに起因するのであろう。この点をさらに明らかにするため、つぎに第2表の結果から、自然区における出穂期と、HH区、HL区および24H区の止葉展開期との関係を図で示した（第3図）。これによると、24H区すなわち純粋早晩性は、明らかに戸外秋播出穂期と無関係であるが、HH区およびHL区についてはいずれも戸外出穂期と正の相関関係がみられる。このうち、HH区の場合にはメンシュアリーCは座止して図上には表わせないくらい出穂が遅れたが、HL区でのメンシュアリーCは、他の品種の止葉展開期を結ぶ線上にほぼ位置し、戸外出穂期との関係からみてほぼ正当な出穂行動を示した。したがって、メンシュアリーCのような光周性を持つ品種では、おそらく短日で夜温が低下するような暗期低温条件がより自然の出穂期の推定条件として適切であるということができよう。なお、HL区の鐘狗尾麦は、明らかに他の品種と行動を異にしている。この品種はHH条件の時他品種との差が少なく、この場合には戸外出穂期の推定を可能にする。

Garner and Allard (1930) は、毎年一定の時期に播かれたダイズの開花期の年次変動の原因を、日長ではなく温度の変動に帰したが、温度の変動は一般的生長に影響すると同時に、花成に関しては光周反応性の変更にあずかるものといえよう。本研究の場合、遺伝的には、長日性を強く発現する遺伝子（遺伝子群）が、低温によって不活性化したと解釈できるかもしれない。これに反して、光周的に中性の働きを示す遺伝子（遺伝子群）は、本来日長変化に鈍感で日長との働き合いは少なく、結果的には温度の高低に直接左右されるといえる。



第3図 戶外秋播出穂期と、短日明暗期高温(HH)、短日明暗期高温暗期低温(HL)、および長日高温(24H)条件下の止葉展開期との関係。  
 (1) 畿内5号, (2) 印度大麦, (3) ゼクサンデル, (4) 夏大根麦, (5) 鐘狗尾麦, (6) メンシェアリーC.

花成に対する限界日長あるいは光周反応性が温度によって変化することは、オナモミ、タバコやヤグルマギクなどで知られている。(Long 1939, Roberts and Struckmeyer 1939, Salisbury 1963). これらの場合は日周期の変温ではなく連続的な恒温下のことである。それ故、本研究にその結果をそのままあてはめることは必ずしも適当とはいえないが、植物の種類によっては光周反応性が温度により変更されやすいことを示すものといえる。毎日周期的に変化する昼夜温の出穂、開花に及ぼす影響についても多くの植物で調べられている。本研究で得られた結果と同様に、短日下で暗期の温度を或程度以上低くした時に、暗期温度が比較的高い場合と異なって、特定の品種だけが花成を促進したという例は、インゲンマメ(Coyne 1970)やモロコシ(Caddel and Weibel 1971)で報告されている。また、トウジンビエのある系統は、短日下で僅かの夜温低下(明期32°C, 暗期29°C)によって開花が早められたという(Hellmers and Burton 1972).

これらのほかダイズ (Parker and Borthwick 1939), ソラマメ (植木 1955), ムギ類 (中山 1950) などで夜温の影響が調べられているが, いずれも戸外自然区にくらべて夜温を高温にした場合に, 開花, 出穂が早まった. 本研究でも第1実験で調べたが, 自然区 (N区: 明暗期低温) にくらべて暗期を高温にしたとき (LH区), 各品種とも出穂が促進された. これらの結果は暗期低温 (HL) による出穂促進効果と矛盾するようである. しかし, 今まで述べてきたところは, 明暗期高温 (HH) に対する暗期低温 (HL) の効果であり, ここで述べているのは明暗期低温 (LL) に対しての暗期高温 (LH) の効果である. したがって, それぞれ比較の対象が違うので結果についての矛盾はない.

## 摘 要

オオムギ品種では, 春化後高温短日下の出穂の早晩が, 我が国中南部地域で秋播栽培した場合の出穂期の早晩と高い相関を示すことが知られているが, この内的要因による戸外秋播出穂期の推定は, 時としてくい違ふことがある. 本研究は, その原因を明らかにするために, 短日下の変温とくに暗期低温の出穂早晩に及ぼす影響を調べた. 材料には総計9品種の高度春播性オオムギを用い, 日長を12時間とし, 冬季の戸外の低温および人為的に規制した環境を利用して, 明期と暗期の温度を平均25~5°Cの範囲内で変化させた3種の実験を行った. 結果は次のように要約される.

春播性あるいは春化したオオムギは短日によって出穂が抑制され, その抑制効果は高温ほど顕著であるが, 明期を高温 (20°C 前後) とし, 暗期を低温 (12°C 以下) にすると, 典型的な長日性品種は短日による出穂抑制が軽減され, 高温下より出穂が早まった. 一方, 光周的に中性や中間型の品種は, 高温下にくらべて出穂が遅れた. このことは, 秋播栽培オオムギが常時遭遇する春先の夜温の低下が, 品種の持つ光周反応特性によって特異的な花成促進効果をもたらすことを暗示する. 典型的な長日性品種に対する暗期低温の花成促進効果は, 明期から暗期へかけての急激な不連続的温度変化だけでなく, ゆるやかな連続的温度変化の場合にもあらわれた. そして, 典型的な長日型品種については, 高温短日下の止葉展開期より, 短日で明期が高温暗期が低温下の止葉展開期の方が, 戸外秋播の出穂期の早晩を適確に表わした.

## 引 用 文 献

- Caddel, J. L. and Weibel, D. E. 1971. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. *Agron. J.* 63: 799—803.
- Coyne, D. P. 1970. Genetic control of a photoperiod-temperature response for time of flowering in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Sci.* 10: 246—248.
- Garner, W. W. and Allard, H. A. 1930. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. *Jour. Agr. Res.* 41: 719—735.
- Hellmers, H. and Burton, G. W. 1972. Photoperiod and temperature manipulation induces early anthesis in pearl millet. *Crop Sci.* 12: 198—200.
- 稲村 宏・野中舜二. 1955. 麦類の幼穂分化過程の調査基準. 農業改良技術資料 第62号. pp. 16. 農林省農業改良局研究部.

- Konishi, T. and Sugishima, H. 1964. The nature of regional differences of barley varieties responsible for heading time. *Bull. Kyushu Agr. Exp. Sta.* 10: 1—10.
- Long, E. M. 1939. Photoperiodic induction as influenced by environmental factors. *Bot. Gaz.* 101: 168—188.
- 中山治彦. 1950. 数種の作物の発育に及ぼす夜温の影響 (予報). *日作紀.* 20: 59—62.
- Parker, M. W. and Borthwick, H. A. 1939. Effect of variation in temperature during photoperiodic induction upon initiation of flower primordia in biloxi soybean. *Bot. Gaz.* 101: 145—167.
- Roberts, R. H. and Struckmeyer, B. E. 1939. Further studies of the effects of temperature and other environmental factors upon the photoperiodic response of plants. *J. Agr. Res.* 59: 699—709.
- Salisbury, F. B. 1963. *The flowering process.* Pergamon Press, Oxford, pp. 234.
- Takahashi, R. and Yasuda, S. 1957. Genetic studies of time of heading in barley. *Proc. Intern. Genetic Symp.* 1956, Suppl. Vol. *Cytologia*, 498—501.
- Takahashi, R. and Yasuda, S. 1970. Genetics of earliness and growth habit in barley. *Barley Genetics II*, 388—408.
- 高橋隆平・安田昭三. 1960. 麦類の出穂生理とその遺伝. 第5報 大麦品種の光周性と温度との関係. *農学研究* 47: 213—228.
- 安田昭三・小西猛朗. 下山 博 (1965). 温度と日長との特定組合せ条件下における大麦の退色反応の品種間差異とその遺伝. *農学研究* 51: 53—65.
- Yasuda, S. and Shimoyama, H. 1965. Analysis of internal factors influencing the heading time of wheat varieties. *Ber. Ohara Inst. landw. Biol. Okayama Univ.* 8: 23—38.
- 植木邦和. 1955. 夜温処理に対する蚕豆の開花結実反応の品種間差異 I. 夜温に対する二、三の早晩性品種の感応度の差異について. *香川農大 学術報告.* 7: 1—5.