水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究

XXXIX. 水稻の登熟機構の研究(5). 生育各期の気温の高低・日射の強弱並びにその複合条件が水稻の登熟に及ぼす影響

松島省三・真中多喜夫(農林省農業技術研究所)

XL. 水稻の登熟機構の研究(6). 生育各期の気温較差が水稻の登熟に及ぼす影響

松島省三・角田公正(農林省農業技術研究所)

1. 気温の高低・日射の強弱並びにその複合条件が登熟に及ぼす影響

実験方法と経過の概要： 1955年は農研(西ヶ原)の冷害実験室を用いて、穂揃後10日間づつ3期に、温度条件を17°C, 21°C, 25°C, 29°C及び戸外区の5段階、日射条件を無遮光、約30%, 約70%及び約90%遮光の4段階とし、これを組合せて20区の異なつた処理区を設け、5万分1反ポットを用い、農林25号を供試して実験を行つた。温度の調節はほぼ良好であつたが、17°C区が平均して18°Cに傾き、25°C区が24°Cに傾いた。

1956年は鴻巣分室に新設された人工気象箱により、移植後成熟期に至る期間を10日間づつに区分し、温度条件を各時期の年平均気温を基準として、+10°C, +5°C, -5°C, -10°C及び戸外区とした外は、遮光条件等前年と同じである。この試験では最高温区(+10°C)が所定の温度より高まることが多かつた。(このため枯死する区が少なくなかつた。)開花期に停電のため温度が上昇したので、低温区は開花が一齊に促進され、その後の低温によつて授精が妨げられたものが多いと見られた。以上の諸点の外は実験は順調に行われた。

実験成績： 1955年の成績の一部を示したものが第1図である。この図では籾の比重1.10及び1.06以上のものを登熟粒とみなし、それぞれ登熟歩合を算出し、またそれぞれの千粒重を測定し、登熟歩合と千粒重の積を求め、これを登熟度と名づけて、気温並びに日射との関係を示したものである。この図によれば、遮光度が強まり、温度が高まるにつれて、登熟は不良となり、とくに強遮光と高温とが組合された場合に、もつとも登熟の阻害されることが認められる。なお、いずれの場合も、影響が明瞭に認められるのは、前期及び中期であつて、後期においては気温の影響も日射の影響も現われ難いことが見られる。特に注目すべき点は25°Cですでに高温による登熟障害が前期または中期に必ず現われること、遮光による悪影響が高温下ほど著しいことの2点である。

1956年の成績の一部が第2図に見られる。この図によれば、登熟歩合に有意と見られる影響の現われる生育時期は低温(-10°C)では8月6日(穎花分化始期)から開花期までであり、遮

Fig. 1 Relation between the product of the percentage of ripened grains by 1,000 grain weight and temperature as influenced by the different light intensities.

* 昭和32年2月9日 第114回講演会に於て発表

日本作物学会紀事 第25巻 第4号(昭和32年7月)

光の影響は出穂後特に登熟盛期(乳熟期)に現われる。これらの点は従来認められていた通りである。ところで、日射条件を組合して、90%遮光の場合と無遮光区の場合とを比較すると、 -10°C 区では両曲線がほとんど平行的であるのに対し、高温区では両曲線は平行せずして、特に乳熟期頃にその傾向が著しい。このことは、遮光の影響は低温では現われ難く、高温でその影響が深刻となり、特に乳熟期に影響の最も著しいことを意味する。この関係は第1図の出穂後に行つた試験結果と全く符合し、乳熟期の日射不足の被害は高温ほど顕著に現われる事実を再確認するものである。(また、1956年の出穂後については、第1図と全く類似な関係が得られた。)

なお、1956年の実験で注目し値すると認められた現象は、出穂前の高温区に不授精粒の多いと見られた点であり、高温が低温と同様に性細胞及び花器に障害を与えるものではなからうかと思われる。(松島 1935, SAKAMURA 1926, JONES 1941)

また、昼夜一定温の場合は無遮光区の適温が前年度は 21°C 附近にあると見られたが、試験設計の関係から、今年度は $16\sim 26^{\circ}\text{C}$ の間にあると推定されたに過ぎなかつた。そこで、登熟適温を知る一助として、水稻農林 18 号を用い、穂揃後 28 日間 18°C , 22°C , 26°C , 30°C の 4 階級の処理を行つた。この結果、 22°C が最も登熟を促進することが明らかにされた。

実験結果の考察： まず、注目すべ

きは高温による登熟障害の点である。この点は盛永ら(1948, '48, '50)・三原(1947)等の業績を初め、鈴田(1928)・嵐(1952)・塘(1952)等からも推知されることである。この原因について、山本(1954)は呼吸による消耗であることを明らかにした。しかし、本実験で見られたように、乳熟期には $25\sim 26^{\circ}\text{C}$ ですでに登熟を阻害する事実は未だ認められていない。 25°C で登熟を阻害することは低きにすぎる感があるが、これは本試験が昼夜一定温であつて較差のなかつたためであり、登熟障害の原因は主に、夜高温であることが次の実験から明らかにされた。登熟期の低温が単に登熟を遅延せしめるのみであつて、登熟を阻害しないことは、佐々木(1918'35)・榎本(1933)・寺尾ら(1940)等から見ても明らかである。しかし、他面田中(1949, '50)の強調するように、寒冷地方の冷害は連続的な低温が登熟作用を抑制しつつある間に秋冷となつて、登熟を完了する時間的余裕がない結果であろう。また、遮光の悪影響が低温において比較的少ない理由については、同程度の遮光処理でも、低温下のものと高温下のものとを比較すれば時間的には同一期間でも、登熟現象は高温のものは低温のものに比して著しく進行するから、その悪影響は高温ほど激甚であるべきことは容易に想像される。西南暖地あるいは平坦地の稲の登熟が一般に不良で、低温障害の起らない限り、寒冷地あるいは山地の稲の登熟が一般に良好なる事実の背後には、高温による登熟障害が関与していると考えるのは、あながち無理ではなからう。

2. 生育各期の気温較差が水稻の登熟に及ぼす影響

Fig. 2 Effects of temperatures and light intensities on the percentage of fully ripened grains.

実験方法と経過の概要： 1956年に新設された人工気象箱を用い、活着より成熟期にわたる期間を 10 日間づつに区分し、各旬の平年平均気温より 10°C 低い区、5°C 低い区、5°C 高い区及び 10°C 高い区を設け、朝夕ポットを相互に交換し各種の温度較差の区をつくり、登熟にいかなる影響が現われるかを試験した。実験経過については前項と同じである。

実験成績： 登熟歩合に影響の現われるのは、第 4 期穎花分化期から第 9 期糊熟期までであり、この中でも第 5 期減数分裂期、第 7 期開花期及び第 8 期登熟期（乳熟期）に最も敏感であると見られた。今、横軸に較差をとり、昼温の高低と較差の大小によつて登熟歩合がいかに変化するかを図示するに（図省略）それでは登熟の最も良好となる較差は昼温の高低によつて異なり、10°C または 15°C 区が良好の場合が多いが、一定の関係が見られない。そこで、横軸に夜温をとつて、夜温と登熟歩合との関係を見たものが第 3 図である。この図によれば、登熟歩合に影響の明らかになり始める第 5 期減数分裂期以降からは、夜温の影響がきわめて明瞭であり、各時期にそれぞれ最適夜温が明瞭に認められ、昼温の如何を問わず、第 5 期は 21°C、第 6 期は 20°C、第 8 期は 16°C 第 9 期は 14°C がそれぞれ最適夜温であることが認められ、整然とした関係が認められる。特に、乳熟期以降においては夜温が 16°C 以下に適温があると見られる点が注目し、かなり低温が登熟を良好にする点に関心を寄せる必要がある。さらに、第 3 図と同様に整理した結果、昼温は夜温ほど登熟に強い影響を与えるものでないことが認められた。すなわち、第 5 期減数分裂期以外の時期においては、適昼温は明らかでなく、例えば、第 8 期の登熟盛期においては、昼温が 11°C から 26°C まで変化しても登熟歩合にはほとんど影響が現われない。換言すれば、適夜温の幅は狭いが、適昼温の幅は著しく広いと言ふことができよう。但し、注目すべき点は第 5 期減数分裂期であり、この時期のみには最適昼温が明らかに認められ、各種の夜温に対してもほぼ 31°C であると見られる。したがつて、減数分裂期には最適温度は昼温 31°C、夜温 21°C であると言えよう。この他の時期については、昼温は特に高過ぎない限り問題はなく、もつぱら夜温に注意すればよいことが明らかとなつたと見られる点は注目されよう。（開花期までの登熟歩合の低下はもつぱら不授精粒の増加に基因し、開花後は發育停止粒の増加による。）

実験結果の考察： 気温較差が稲の登熟に好影響を与えることは、三原・嵐・佐藤（1951）・朝隈（1952）・渋谷（1953）山本等に示唆され、近年ようやく注目されて来たのであるが、これまでの試験及び調査は定性的の域を脱しない憾があつた。本実験ではある程度定量的な実験を行つたのであるが、登熟に及ぼす影響は較差の大小よりむしろ夜温の高低に強く支配されると見るのが妥当であると考えられる結果が得られた。植物の生育上最適夜温のあることは、古く LUNDEGÅRDH（1924）が指摘し、盛永ら・WENT（1943～'49）も実証したところであるが、最適夜温の存在する理由については、一面高夜温が呼吸を増大して炭水化物を消耗する点と、他面低夜温が炭水化物の転流を阻害する結果であろうと見られる。すなわち、呼吸による消耗を減少させるためには、冷害を起さない限り低温ほど有利であるが、他面低温は転流を阻害するので、この両者の均衡から最適夜温が生れるものと考えられる。山本は高夜温が呼吸量を増大して登熟を阻害することを、CURTIS（1936）及び HEWITT ら（1948）は低温が転流を阻害することを実証した。

Fig. 3 Effects of the ranges of daily temperatures in different stages in growth upon the ripening of rice plant.

Note: Numerals in the figure show day temperatures (°C).
⊗...Outdoors (day and night).

なお、本実験から昼温に無関係に生育各期に最適夜温のあることが明らかにされた点は注目に値すると思われるが、この点はさらに WENT (1945) がトマト品種で最適夜温が異なることを報告した事例に鑑み、水稻品種においても最適夜温が異なるのではなかろうかと考えられる。もしこの想定が正しければ、水稻品種の育種上に、あるいはその分布及び普及上に、重要な意義をもつものと考えられる。

また、適昼温の幅が広く、減数分裂以外は昼温の高低は登熟上に強い影響を与えない理由の一つは、17~36°C の範囲内では、水稻の見かけの同化量がほとんど差が見られないことによるものと思われる。この昼温に注意すべき時期が開花期を除けば、減数分裂期のみであることは、作況予察上にも留意すべき点であろう。そして、従来作況判定に参考とされた気温は最高最低平均気温または午前9時気温であるが、今後は昼温と夜温を区別して考察し、特に夜温を重視すべきことを本実験は示唆するものと言えよう。(引用文献省略)

Analysis of Developmental Factors Determining Yield and Yield Prediction in Lowland Rice.

- XXXIX. On the mechanism of ripening (5). Effects of temperatures and light intensities and their compound conditions in different stages in growth upon the ripening of rice plants.

Seizo MATSUSHIMA and Takio MANAKA

- XL. On the mechanism of ripening (6). Effects of the range of daily temperature in different stages in growth upon the ripening of rice plants.

Seizo MATSUSHIMA and Kosei TSUNODA

(National Institute of Agricultural Sciences)

Summary

I. Effects of temperatures and light intensities.

In 1955 and 1956, rice plants were subjected to 20 conditions differently controlled by temperatures and light intensities in different 10-day periods in growth, and the compound effects of temperature and light intensity on the ripening of rice grains were examined.

1) Under compound conditions of high temperatures and reduced light intensities, most unfavourable effects on ripening were brought about, and the effects of reduced light intensities were the more intensive under the higher temperatures, especially on the milk-ripe stage. (cf. Figs. 1 and 2.)

2) It was considered to be worthy of attention that a high constant temperature (31—32°C) as well as a low temperature (21—20°C) in reduction division stage seemed to reduce the percentage of fertilized grains to a considerable extent.

3) An optimum temperature for ripening on the ripening stage seemed to be 22°C, approximately, when the temperatures were kept constant during the day and the night, and higher temperatures than 25°C showed unfavourable effects on ripening of rice grains. And it was made clear from the following experiment that high temperatures in nighttime are much more harmful on ripening of rice grains than those in daytime.

II. Effects of the range of daily temperature.

In 1956, rice plants were subjected to different ranges of daily temperature in different 10-day periods of their growth, to examine the effects of temperature ranges on the ripening of rice grains.

1) Marked effects on ripening were found in the periods from reduction division stage to yellow-ripe stage, and, in most cases, favourable effects were brought about by the ranges of 10°C or 15°C, but the optimum ranges for ripening varied with day temperatures and growth stages.

2) An important fact was found that there exists an optimum night temperature for ripening on each stage of growth independently of day temperatures, as seen in Fig. 3. It was considered worthy of notice that optimum night temperatures on the ripening stages seem to be considerably low.

3) On the other hand, an optimum day temperature for ripening on each growth stage could hardly be seen, except for reduction division stage. (An optimum day temperature on reduction division stage seemed to be about 31°C.)