Kōsei TSUNODA, Kennosuke FUJIMURA, Toshimitsu NAKAHORI and Zenzo OYAMADA : STUDIES ON THE TESTING METHOD FOR COOL-TOLERANCE IN RICE PLANTS. I. An improved method by means of short term treatment with cool and deep water. (With English summary, p. 39) Japan. J. Breeding, Vol. 18, No. 1, 1968.

Synopsis. The newly devised method, which was named "An improved method by means of short term treatment with cool and deep water", was presented. This method might be much more effective than the conventional ones so far employed in raising the levels of accuracy as well as the efficiency of the test for the cool-tolerance of rice varieties and lines.

水稻の耐冷性検定方法に関する研究

第1報 短期深水冷水処理法について

角 田 公 正*・藤 村 謙 之 輔**

中 堀 登 示 光**・小 山 田 善 三**

(* 東京大学農学部・** 青森県農業試験場藤坂支場)

従来、冷水を利用した品種および系統の耐冷性(ここでは障害型冷害抵抗性をいう)検定に広く用いられてきた方法は、「長期冷水掛流法」と呼ばれ、活着後から登熟初期に至る長期間冷水を掛流して、その不稔発生程度により品種および系統の強弱を判定する方法であつた(近藤 1949・田中 1951)。しかしこの方法では、検定のためにかなりの面積を要し、また不稔発生に直接関係のない栄養生長期間においても冷水灌漑を行なうため、稲の生育は不良となり、とくに晩生種ほど生育の遅延が著しく、早・中・晩生種を同一水準で比較できない等の欠点があつた。

最近に至り鳥山および蓬原(1961・1964)はこれらの欠点を是正するため、「中期冷水掛流法」と呼ばれる改良法を考案し、精度および能率の向上を図つた。すなわちこの方法は、生殖生長期間のみ冷水灌漑を行なうことによつて生育遅延を少なくし品種の早・中・晩に伴う検定誤差を著しく減少させた。また冷水灌漑を夜間のみに限定し、水口・水尻を適宜交換することによつて処理条件(水温分布)の均一化を図つた結果、単位面積当り検定系統数の増大を可能にした。

しかしこれらの検定方法を通じ、とくに問題とすべきことの1つは、幼穂発育期における幼穂と水面との関係位置、つまり節間伸長に伴う幼穂の水上抽出程度と、その品種間差異についてである。というのは、真の(遺伝的)耐冷性を等しくする品種間でも、この時期における節間の伸長が著しく幼穂の水上抽出度が大きな品種とそ

うでない品種とでは、幼穂の受ける冷水の直接的影響度が異なり、前者で小さく後者で大きい。したがつて前者は後者に比べ不稔被害が軽微で、耐冷性がまさると判断されるおそれが大きいからである。これがまた、いわゆる耐冷性と耐冷水性とが必ずしも完全に一致しない有力な一因かとも考えられる(松島ら 1962・角田 1964)。

そこで、このような推論を実証するとともに、耐冷性検定の実際について、より効果的な改良法を開発する目的をもつて、以下述べるような一連の試験を行なつた。

なお本報告をなすにあたり、助言および校閲を賜つた田中稔博士に感謝の意を表する。

I. 節間伸長程度の品種間差異

水稻の節間伸長に関する調査研究は決して少なくないが、それらの多くは1~2の品種を対象としてなされたものであり、また品種間差異を問題とした2・3の例についても(松島 1957・八柳ら 1960・細田ら 1960等)、いずれも幼穂の分化・形成との関係を明らかにすることを目的としていたため、調査の対象はおのずから節間伸長の初期に限られていた。

本研究に當つてまず明らかにしたかつた点は、節間伸長経過の品種間差異、とくに耐冷性検定の主対象となる穂孕期における節間伸長程度の品種間差異についてであつた。

そこで1965年には予備的に、ユーカー、レイメイ、染分および尾花沢6号の4品種を用い、これらを普通田および冷水田に栽植し、葉令指数(松島 1957)の推移および幼穂の発育に伴う節間の伸長経過を追跡調査した。

Fig. 1. Relation between the total length of internodes and the leaf number index on a main culm. (Normally irrigated field, 1965).

Fig. 2. Relation between the total length of internodes and the length of young panicle on a main culm (Normally irrigated field, 1965).

第1図および第2図に結果の一部が示されているが、いずれの品種も葉令指数80~85(一次枝梗分化期頃)付近で節間の伸長開始が明らかとなり、その後伸長は急速に進む。この際同一幼穂発育段階における節間の伸長度は品種間で異なり、主稈・分げつを通じ、また普通田・冷水田を問わず、長稈種である染分・尾花沢6号で大きく、短稈種であるユーカー・レイメイで小さい傾向が明らかである。とくに問題とすべき減数分裂期(葉令指数で97)では、その差が顕著で、最長品種と最短品種と

Fig. 3. Relation between the length of culm at maturity and the total length of internodes at the stage of reduction division of PMC. (1965).

の乱れも認められるが、一般に両者は比例的な関係にあることが認められる。

1966年には、このような関係についての一般性を検討するため、外国稲および在来種を含む93品種を用い、減数分裂期の全節間長と成熟期の稈長を調査した。全節間長は第4図にみられるように、6~23cmの間に分布し明瞭な品種差異が認められた。また同図に示すように、両者の間には有意な正の相関関係が存在したが、その程度は 0.3373^{***} と予想されたより低く、両者はある程度区別して考えなければならないことが明らかにされた。

なおこの際どのような品種がどの点に位置するかを明らかにするため、全節間長および稈長の総平均値で第4図を4象限に分割し、供試全品種を象限ごとに区分整理した。結果は第1表にみられるように、第1および第4象限に属する品種は長稈型で在来種および外国稲が多く、第2および第3象限に属する品種は短稈型で育成品種が大部分を占めている。ここでとくに注目されるのは、藤坂育成品種の大半が第2象限に属する品種群、つまり成熟期の稈長は短い減数分裂期の全節間長の長い品種群に属している点であり、これは同時に、当初の推定を側面から支持するに足る一つの事実であろうかとも考えられる。というのは、藤坂においては従来から冷水掛流しによつて系統および個体の選抜が行なわれてきているが、このような事実は、減数分裂期の全節間長が長いもののほど耐冷性が強く判定されてきたことを示唆するもの

Fig. 4. Relation between the length of culm at maturity and the total length of internodes at the stage of reduction division of PMC (1966).

Table 1. Classification of varieties based upon the length of culm at maturity and the total length of internodes at the stage of reduction division of PMC (1966)

Group (Quadrant)	Total length of culm		Total length of internodes		Number of varieties				
	Class	Mean (cm)	Class	Mean (cm)	Variety bred up at Fujisaka	Variety bred up at the others	Local variety	Foreign variety	Total
I	Long	98	Long	15	3	2	11	5	21
II	Short	79	Long	14	19	1	4	1	25
III	Short	74	Short	9	8	11	2	6	27
IV	Long	93	Short	10	1	0	9	10	20
Total					31	14	26	22	93

とみられるからである。

要するに、本調査の結果、幼穂発育期とくに減数分裂期の節間伸長程度には明らかな品種間差異が認められるとともに、それらと成熟期の稈長との間にはある程度比例的な関係が存在することが明らかにされた。

II. 水深条件の変化と品種の冷水被害度との関係

次に問題とすべきことは、前述のような減数分裂期における節間伸長程度の品種間差異が冷水被害度とどのような関係にあるか、さらには水深を異にした場合、すなわち幼穂と水面との関係位置を人為的に異にした場合、冷水被害度がどのように変化するかということである。

そこで 1965 および '66 の 2 か年にわたり、前述の調査と併行して次のような実験を行なった。

1. 実験方法

耐冷性および草型を異にするユーカラ、レイメイ、染分および尾花沢 6 号の 4 品種を用い、これらを 1/5,000 アールポットに栽植し、減数分裂期（葉耳間長—5cm 程

度）に 10 日間（1965）あるいは 7 日間（1966）、水深 5cm・10cm および 25cm の 3 段階に調節された水槽内で冷水処理（15～16℃）を行ない、無処理区との比較において不稔被害度を調査した。なお 1966 年には、これらの品種について、減数分裂期に人工気象室内で 20℃ および 26℃ の低温処理を 7 日間行ない、それぞれの温度下における不稔被害度の平均値をもつて品種本来の遺伝的な耐冷性を示すこととした。

2. 実験結果および考察

各品種の遺伝的な耐冷性ととも、処理水深と品種の不稔被害度との関係をみたものが第 5 図である。いずれの品種についても、処理水深の増加に伴って不稔被害の増大がみられるが、被害度およびその増大傾向は品種によつて明らかに異なる。すなわ

ち、ユーカラおよびレイメイでは、浅水条件下における被害が他に比べて著しく、また水深の増加に伴う被害の増大は直線的である。これに対し染分および尾花沢 6 号では、水深 5cm の場合はもちろん、水深 10cm の場合にも被害は比較

的軽微で、水深 25cm に至つてようやく被害が急増する傾向が明らかである。とくに注目されるのは尾花沢 6 号についてであり、同品種はユーカラに次いで遺伝的な耐冷性は弱いとみられるにもかかわらず、各水深条件下を通じて、常に最低の不稔歩合を示している。

このように、

Fig. 5. Effects of the treatment under different water-depths for the degrees of nonfertilized damages of varieties (1965~1966).

Fig. 6. Relationship between the vertical positions of young panicles and the water-surface at the time of treatment with cool water (1965~1966).

冷水被害度についての品種相互間の関係は必ずしも平行的でなく、水深条件によつて明らかに変化するとともに、時には耐冷水性と耐冷性とが全く相反する結果を示す場合さえ認めうる。そしてこのような事実が、主として処理水深に伴う幼穂の水上抽出程度の変化とその品種間差異に帰せられるであろうことは、第6図の結果からみても明らかなように思われる。

なおこれらのことに関連して、蓬原ら(1964)は中期冷水掛流法に関する調査の中で、同一株内においても不稔の発生程度は穂間で異なり、長稈穂で少なく短稈穂で多いことを認め、著者らと類似した結果を得ている。

III. 短期深水冷水処理法とその効果

以上の調査および実験結果から、当初の推定がほぼ実証されたと思われる。そこで、従来の検定法に対し、精度および能率の向上を図るには、減数分裂期だけを対象とした短期間の深水冷水処理が有効であろうとの結論に達し、この改良法を「短期深水冷水処理法」と名付け、その実用的効果を検討した。

1. 改良法による精度の向上

検定法の改善に当つてもつとも留意すべき点は精度の向上にあるかと考えられる。そこで1966年に、寒冷地の新旧21品種を用い、これらを1/5,000アールポットに1本植し、減数分裂期に7日間水深30cmに調節された水槽内で15~16℃の冷水処理をする一方、人工気象室内でも20℃および15℃の段階で低気温処理を行ない、冷水および低気温による不稔被害度を比較調査した。いずれも2ポットを供試し、主稈および一次分げつについて不稔歩合を調査した。

Sterility index ($\sin^{-1}\sqrt{\text{percent. of nonfertilized grains}}$) under the method by means of short term treatment with cool and deep water

Fig. 7. Correlation between the degrees of nonfertilized damages under the method by means of low air temperature treatment (phytotron) and short term treatment with cool and deep water (new method) (1966).

結果は第7図に示すように、深水冷水処理による不稔被害(耐冷水性)と低気温処理による不稔被害(耐冷性)との間には、0.7874** (気温16℃処理の場合)あるいは0.7646** (気温20℃処理の場合)という高い正の相関関係が認められ、ほぼ満足する結果が得られた。なお、この相関程度は、後述の結果{2-(3)}からみて、供試個体数(本実験では1品種当たり2個体)の増加によつてより高まるであろうと推定される。

一方、従来の検定方法である長期冷水掛流法の精度について、別に調査した結果は第8図に示すとおりで、冷水による不稔被害度と低温による不稔被害度との間に有意な相関関係が認められるにしても、その数値は改良法に比べて明らかに低く、0.4227***という値を示したに過ぎなかつた。そしてこのような改良法にみられる明らかな精度の向上は、1つには深水処理によつて幼穂と水面との関係位置の品種間差異によつて生ずる誤差を除きえたことに、他の1つは短期間処理によつて、早・中・晩生種に伴う処理時期までの前歴条件の差を著しく減少させたことに、主因を求めうるものと考えられる。

なお検定精度の向上とともに、本検定方法の能率面に

Sterility index ($\sin^{-1}\sqrt{\text{percent. of nonfertilized grains}}$) under the method by mean of long term treatment with cool water

Fig. 8. Correlation between the degrees of nonfertilized grains damages under the method by means of low air temperature treatment (phytotron) and long term treatment with cool water (conventional method) (1966).

における改良効果としては、次の諸点をあげることができよう。

- (i) 検定は処理水槽によるため必ずしも圃場を必要としないこと。
- (ii) 供試個体数がごく少数ですむこと（後述）。
- (iii) したがって、小面積（処理水槽の大きさ）で同時に多数系統の検定が可能なこと。
- (iv) 短期間処理のため、同一系統について反復検定が容易なこと等。

2. 改良検定法の実際に関する二、三の問題点

改良検定法の実際については、前述したところによつてその概要を理解されうものと思われる。したがつてここでは、とくに問題になるかと思われる諸点について若干の検討を加えてみたい。

(1) 処理水温と処理期間との関係 処理水温と処理期間とは相関連するもので、耐冷性の品種間差異がもつともよく表わされるように組合せられねばならない。すでに田中（1956）はこの点に関し、耐冷性中位の品種が45～75% ぐらいの不稔歩合を示す場合に品種間の違いがもつとも明らかで、不稔歩合が20% 以下あるいは90% 以上の場合には、品種間差異が小さくなり、した

がつて耐冷性に関する判定がきわめて困難になることを指摘している。低（気）温処理の実際について、 $17^{\circ}\text{C} \cdot 8 \sim 10$ 日間というような検定条件が提唱されてきたのも（近藤1948）、このような見地に立つた結果であろうとみられる。

ところで改良検定法においては、幼穂に及ぼす低水温の影響は、低気温処理の場合と同様に直接的である。したがつて、処理水温および処理期間の組合せについては、低気温処理の場合に準じて決められてよいと考えられる。このようにみれば、処理水温 $15 \sim 16^{\circ}\text{C}$ に対して処理期間7日という組合せは不稔発生程度からみても適当であり（第7図）、一つの実例を示したものとといえるであろう。この際、耐冷性についてより程度の低い品種や系統を検定の対象とする場合、あるいは冷水の温度がより低い場合等では、処理期間の短縮が考慮されることは当然である。

(2) 処理水深 処理水深の決定要素は主として減数分裂期における節間の伸長程度である。前述の実験Ⅱにおいて耐冷性弱とみられる尾花沢6号が25cmの深水条件下でもなお最低の不稔歩合を示した原因は、この時期における節間伸長度に対する処理水深の不足にあると考えられる（第5図）。実効効果の検討に当つて（Ⅲ）、処理水深を30cmに増加した理由もここにある。

したがつて、処理水深は浅いよりむしろ深い方が安全と考えられるが、過度に深い場合には冠水害が生じてくるおそれがある。一般には、この時期における品種の節間長は20cm以下にとどまる場合が多いとみられるので（第4図）、幼穂の伸長程度とも考え合わせれば、30cm前後の水深が適当ではないかと考えられる。

(3) 供試個体数の決定 供試個体数を理論的に決定するには、まず不稔被害度と個体間変異の大小との関係を明らかにしておく必要がある。そこで前述Ⅱの実験結果から両者の関係を求め、第9図のような結果を得た。すなわち不稔指数（ $\sin^{-1}\sqrt{\text{不稔歩合}(\%)}$ ）40～50付近で個体間分散値がもつとも大きく、不稔指数がそれより上昇あるいは低下するにしたがい分散値が減少する傾向が認められる。これは、さきに蓬原（1964）が中期冷水掛流法について得た結果と類似する。ただし分散値の大きさについては、本検定法では最低0から最高59（対数値で1.8）、平均で18（対数値で1.3）という値を示し、中期冷水灌漑法に比べ、50% 以下に減少した。これは、圃場条件下で行なわれる中期冷水灌漑法に比べ、小型の処理水槽を用いて行なわれる本検定法の方が、処理条件とくに水温分布についてより均一化が図ら

Fig. 9. Relation between the means and variances of the sterility index among hills. (1966)

れた結果であろうと考えられる。また第10図に示すように、個体内穂間分散も個体間の場合とほぼ同様な推移を示すが、分散値のきわめて大きいことが注目される。

次にこのようにして得られた個体間の分散値をもとにして、次式 (SNEDECOR 1956) により供試個体数を算出し、第2表に示す結果を得た。

Tale. 2. Determination of the sampling number of plants per variety or line to estimate the degrees of nonfertilized damages

Variance among hills	The least difference of sterility index*.			
	5	10	15	20
30	4	3	2	2
	5	4	3	8
50	5	4	3	3
	9	6	5	4
70	6	4	4	3
	13	9	7	6

Notes : * $\sin^{-1}\sqrt{\text{percent. of nonfertilized grains}}$
 Bold numerals show the sample size for a confidence level of 99% and normal numerals indicate the sample size for a confidence level of 95%.

$$L = \frac{2\sigma}{\sqrt{n}} \quad \therefore \quad n = \frac{4\sigma^2}{L^2}$$

ただし、 n は供試個体数、 σ^2 は個体間分散値、 L は判定しようとする最小の不稔指数の差である。本表から、いま一般的な値として、個体間分散値を30~50、判定しようとする最小の不稔指数の差を10とすれば、確率90%のもとでは、わずか3~4個体を供試すればよいことがわかり、従来の検定法に比べ著しく能率化されていることがうかがわれる。

以上のほかに、処理時期すなわち減数分裂期の認定も実際に当って問題になることの一つであるが、この点に

Fig. 10. Relation between the means and variances of the sterility index among panicles in a hill (1966).

については葉耳間長による方法 (松島 1957) がもつとも簡便で精度も高い方法であろうとみられる。

IV. 耐冷性および耐冷水性の立場からみた稈長の意義

稈長は穂数・穂長などともに草型を構成する一要素であり、従来は主として倒伏抵抗性に関連してその長短が重視されてきた。しかし、本研究を通じてとくに強く示唆された点は、耐冷性あるいは耐冷水性の立場からみた場合の稈長のもつ意義についてであった。

例えば遺伝的な耐冷性を等しくする品種間でも、冷害防止のための穂孕期における深水灌漑の効果は (浜 1946, 酒井 1949 田中 1952 等), 短稈種ほど大きいと考えられる。特別な深水 (20 cm 以上) でない限り、同じ水深条件下 (通常 10~12 cm) であれば、稈長とくにこの時期の節間長が短い品種ほど、深水によつて保護される幼穂の数および穎花数の比率が高いとみられるからである。一例として藤坂において育成された新品種レイメイの場合をあげることができる。同品種はわが国における放射線によつて育成された第1号であり、原品種のフジミノリに比べて成熟期の稈長、穂孕期の全節間長ともに著しく短縮されている点に大きな特徴がある。遺伝的な耐冷性はフジミノリと同程度と判断されるが、1964 および '65 の両冷害年における現地試験の結果では、レイメイの方が明らかに不稔被害が軽微であるとみられた (青森農試 1966)。遺伝的な耐冷性に対して、このような耐冷性を圃場における耐冷性ということができよう。

一方冷水害に対しては、長稈型でとくに節間の伸長開

始が早く、その後の伸長も速みやかな品種ほど有利であろうと考えられる。冷害と冷水害とでは気温と水温の高低関係が逆になるためである。現在北部東北では冷水田の水口用品種として早熟耐冷性のオイラセが多く用いられているが、同品種が長稈型であること、つまり冷水害に対し圃場における抵抗性が高いとみられる点から合理的のように思われる。ところがこれらのことは逆に、短稈で耐冷性の強い品種の育成を困難にすることが考えられる。雑種集団から耐冷性強個体を選抜する場として、普通には冷水掛流し圃場が用いられるが、このような場合には、被害の軽微な長稈個体をかたよって選抜するおそれがあるからである。

要するに、品種の稈長あるいは全節間長については、耐冷性あるいは耐冷水性という新しい側面からも検討すべき余地が十分にあることが痛感される。

V. 摘 要

1. 長期冷水掛流法および中期冷水掛流法で代表される冷水利用による耐冷性（障害型冷害抵抗性）検定方法の問題点を明らかにするとともに、これらよりさらに効果的な改良法を開発する目的で本研究を行なった。

2. 冷水処理による検定方法では、幼穂発育期における幼穂と水面との関係位置によつて、不稔被害度にかなり大きい影響を与えるものと予想されたので、耐冷性・草型を異にした4品種を用い、まず幼穂の発育に伴う節間の伸長経過を追跡した。その結果、全節間長の品種間差異はきわめて明瞭で、しかもとくに問題となる減数分裂期ではその差が顕著であつた。また別の材料について減数分裂期の全節間長と成熟期の稈長との関係をみたところ、両者には有意な正の相関関係が認められたが、その程度は予想されたより低く、両者はある程度区別して考えなければならないことが明らかにされた。

3. 以上のような減数分裂期における節間伸長程度の品種間差異が、冷水被害とどのような関係にあるかを検討するため、前記4品種を用い、5cm、10cmおよび25cmの3水深条件下で処理を行なった。その結果各品種の耐冷性程度は水深条件によつて明らかに変動するとともに、時には耐冷性と耐冷水性とが全く相反する結果を示す場合があることを認めた。

4. したがつて、従来の検定法に対し精度および能率の向上を図るには、減数分裂期のみを対象とした短期間の深水冷水処理が有効であろうとの結論に達し、この改

良法を「短期深水冷水処理法」と名付け、その実用的効果を検討した。その結果、同じ材料について人工気象室で行なつた検定結果とほぼ一致し、改良法の精度がきわめて高いことが実証された。

5. 改良法における1品種あるいは1系統当りの供試個体数は、実用的に3~4個体を供試すればよいことが明らかにされた。

6. 改良法の能率面における長所としては、次の諸点をあげることができよう。

- i) 検定は処理水槽によるため必ずしも圃場を必要としないこと。
- ii) 供試個体数がごく少なくてすむこと。
- iii) したがつて、小面積（処理水槽の大きさ）で同時に多数系統の検定が可能なこと。
- iv) 短期間処理のため、同一品種あるいは系統についての反復検定が容易なこと等。

引 用 文 献

- 青森農試 1966. 青森県における昭和40年水稻冷害の実態. 特別報告.
- 浜 浪夫 1946. 冷害年の深水灌漑. 北農 8.
- 蓬原雄三・鳥山国土 1964. 水稻における耐冷性検定方法に関する研究. 育種, 14(3).
- 細田友雄・岩崎文雄 1960. 小麦の幼穂形成と節間伸長との関係および稲麦の形成過程上の差異. 日作紀 29(1).
- 近藤頼己・五十嵐憲蔵 1948. 水稻品種の冷害抵抗性及びその検定方法に関する研究 [Ⅱ] 幼穂発育期の低温障害に関する低温の程度及び期間の関係並びにその品種間差異. 日作紀 17(1).
- 1949. 水稻品種の冷害抵抗性及び其の検定方法に関する研究 [Ⅲ] 水稻品種の冷害抵抗性及び冷害抵抗性品種の育成に就て. 日作紀 18(2, 8, 4).
- 松島省三 1947. 水稻収量成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A 5.
- ・角田公正 1962. 水稻の高・低水温被害の危険期とその機構. 農及園 37(8, 9).
- 酒井寛一 1949. イネの冷害と深水灌漑. 農及園 24(6).
- スネデカー 1956. 統計的方法, 岩波書店 (畑村又好・奥野忠一・津村善郎訳).
- 田中 稔 1951. 東北地方における水稻主要品種並びに系統の耐冷性 (第1報) 耐冷水性と形態的特性との関係. 日作紀 20(1, 2).
- 1952. 水田の水のかけひき, 農及園 27(9).
- 鳥山国土・蓬原雄三 1961. 水稻における耐冷性の遺伝と選抜に関する研究 (第2報) 耐冷性と草型および収量性との関係. 育種 11(3).
- 角田公正 1964. 水温と稲の生育・収量との関係に関する実験的研究. 農技研報 A 11.

Summary

It was presumed from the data already presented by MATSUSHIMA et al, 1962, and TSUNODA, 1964 that the damages caused by cool irrigation water,

in particular the ripening damages, would be slighter in long-culm varieties than in short-culm varieties, and consequently the former would likely

be evaluated higher than the latter in cool-tolerance with the testing methods which have been carried out under an ordinary water-depth, even in the case where there exist no differences among them in genetic cool-tolerance.

Thus, a series of experiments was conducted in order to prove the presumption above mentioned and also to establish a more effective testing method as compared with that has hitherto been employed.

1. In the first place, to make clear the varietal differences in elonging processes of internodes, a preliminary examination was carried out on four varieties with different plant-types in 1965. It was found that a marked varietal difference was recognized in the total length of internodes at an identical stage of the development of young panicles, particularly at the booting stage and that the length of culm at the booting stage was almost proportional to the length of culm at maturity. However, the experimental results of the other test which was conducted with ninety three varieties in 1966, showed that the correlation coefficient between them ($r=0.3373^{***}$) was a little than the expected value.

Regarding the culm length at both growing stages, it seemed to be noteworthy that most varieties bred up at Fujisaka Experiment Station were short in culm at maturity and long in internodes at the stage of reduction division of PMC, which may mainly be ascribed to the method of breeding, particularly to the selection procedure for lines or individuals by means of cool irrigation water.

2. In the next place, to clarify the relationship between the water-depths and the degrees of nonfertilizer-damages of varieties by cool water, another experiments were further conducted in which four varieties differing in cool-tolerance as well as in plant-type were subject to cool irrigation-water ($15\sim16^{\circ}\text{C}$) under various water-depths (5cm. 10cm. 25cm) for ten days (1965) or seven days (1966) at the booting stage.

(1) The nonfertilized damages increased in every variety used with the increase of the depth of the low-temperature irrigated water. However, the increasing rates varied with varieties and in some cases a contradictory relation was found between the resistance to cool-water and to cool-weather.

(2) Investigation of the relation between the vertical positions of the young panicles and the water-surface at the cool-water treatment stage has revealed that the fact aboved mentioned might

be attributable to the vertical differences of the distance between the vertical positions of young panicles and the water-surface, and also to the varietal differences in internode-elongation.

3. From these results it was concluded that the method by means of cool-water irrigation treatment for a short term at the stage of reduction division of PMC with a deep water might be more effective than the conventional methods so far employed in raising the level of accuracy as well as the efficiency of the test on the cool-tolerance of rice varieties. The newly devised method was named as "an improved method by means of short term treatment with cool and deep water".

In 1966 twenty one varieties were treated with cool water ($15\sim16^{\circ}\text{C}$) for even days at the reduction division stage of PMC under a water-depth of 30 cm. The same varieties were also treated with low air temperatures (16°C and 20°C) in the phytotrons. The nonfertilized damages due to cool water and cool air were compared with each other.

As the results, a close correlation ($r=0.7646\sim0.7874^{**}$) being found between the degrees of damages under those two different treatments, the superiority of newly devised method to the conventional method ($r=0.4327^{***}$) was clearly recognized.

In addition to raising of the testing accuracy, the efficiency of the test could also be raised in the following points in the improved method: (a) the paddy field for the test are not always necessary, (b) a few plants per line are quite sufficient to evaluate its cool-tolerance, (c) accordingly, a number of lines can be tested in a small area (such as a water-tank), (d) the test for identical varieties can easily be replicated in a cultivating season of rice plants.

4. The significance of the length of culm of rice varieties, especially that in the period of development of young panicles, was made clear with special regards to their cool-water tolerance. Consequently, the culm length which has hitherto been thought important only in relation to lodging-resistance, should be understood anew from the view point of the tolerance to the damages due to cool weather or cool irrigation water.

K. TSUNODA

Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Tokyo

K. FUJIMURA

T. NAKAHORI

Z. OYAMADA

Fujisaka Branch, Aomori Experiment station, Fujisaka