

氏 名 (本籍) 菅 原 之 帆

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 博 第 326 号

学位授与年月日 昭和 60 年 3 月 26 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 1 項該当

研究科専攻 東北大学大学院農学研究科  
(博士課程) 農学専攻

学位論文題目 インド型イネと日本型イネにおける  
高低温度に対する芽生器官の成長反  
応

論文審査委員 (主 査)

教授 高橋 成人 教授 菅 洋

教授 日向 康吉

# 論文内容要旨

東南アジア、インドなど熱帯または亜熱帯で栽培されているインド型イネ品種群と日本、韓国などの温帯で栽培されている日本型イネ品種群との間には、温度に対する成長反応が著しく異なっている。従来知見によれば、両者の間に発芽、幼植物の生育などに関連して温度反応の異なることが報告されている。しかし、これらのインド型イネと日本型イネの間の差異がいかなる機構によるかはいまだに解明されていない。

本研究は、発芽後の芽生器官の温度に対する成長反応の解析を通じて、インド型イネと日本型イネとの間における温度に対する成長反応の差異の要因解明を目標に行なわれたものである。特に、本実験では暗所における芽生器官の成長を中心に検討した。これは、光合成が成長現象に直接、間接に介入することによる現象解析の複雑化を避け、成長のためのエネルギー源を種子の貯蔵養分に限定することによって認められる成長現象に着目するためである。

## I 芽生器官の温度に対する成長反応の品種群間差異

インド型イネ、日本型イネ、ジャバ型イネそしてイタリアのイネから合計76品種を実験に用いた。高温（30℃）および低温（15℃）での芽生器官の成長はインド型イネ品種群と日本型イネ品種群との間で著しく異なっていた。

30℃では地上部の長さおよび乾物重、中茎胚軸の長さ、鞘葉長、第1葉長などは日本型イネに比べてインド型イネの方が大きかった。しかし、種子根の長さおよび乾物重、冠根数および長さでは両品種群間に明瞭な差異は認められなかった。

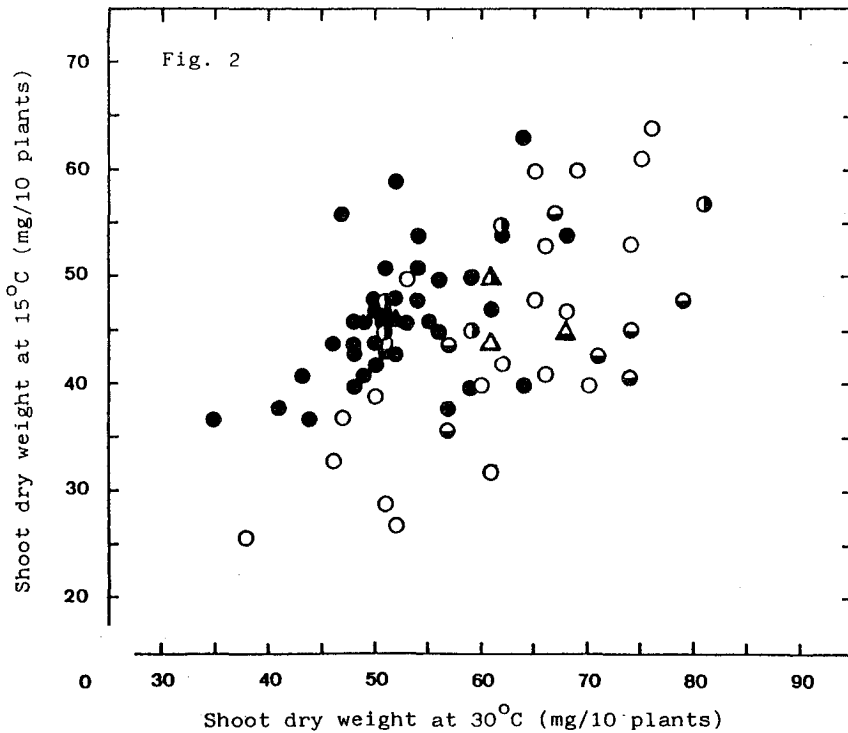
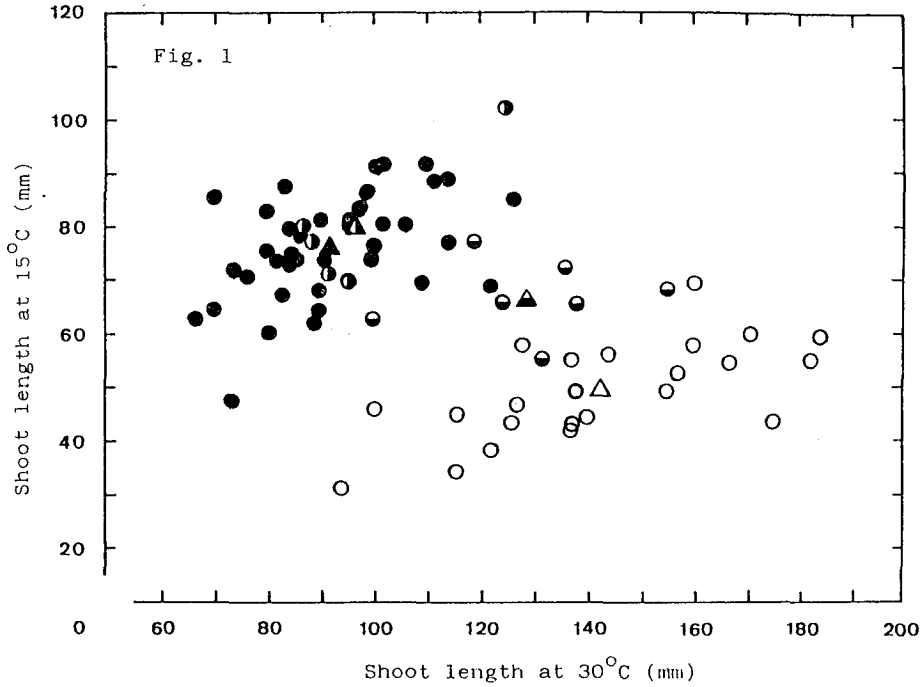
また15℃では地上部の乾物重、中茎胚軸の長さ、第1葉長などには両品種群間に明瞭な差異がなかった。しかし、鞘葉長、種子根の長さおよび乾物重、冠根数および長さはインド型イネに比べて日本型イネの方が大きかった（図1-4）。

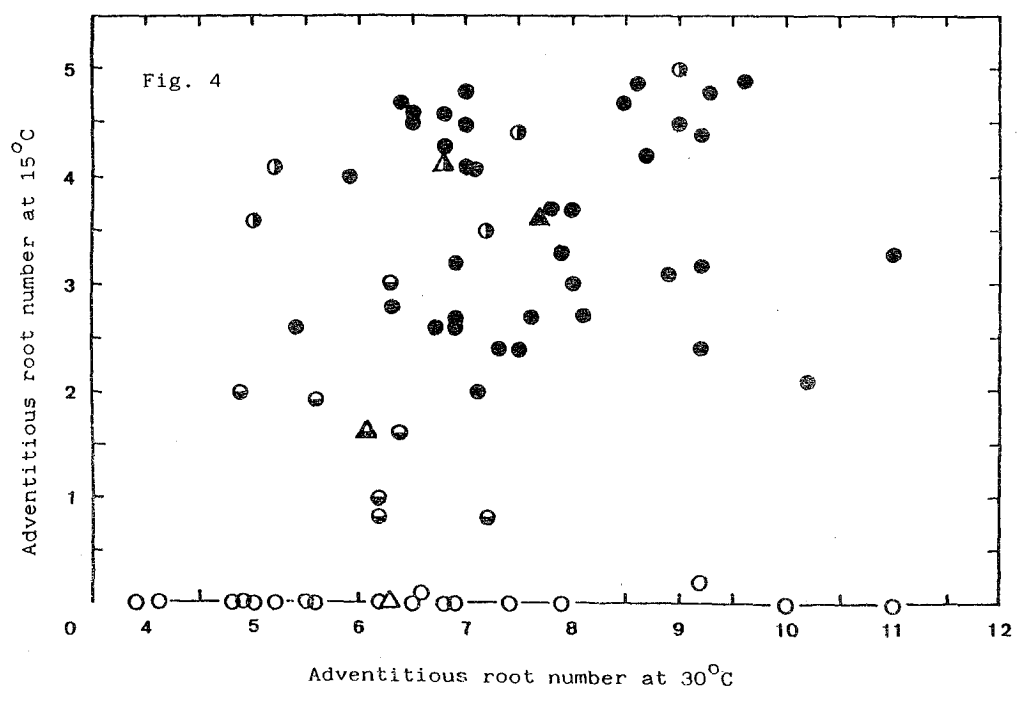
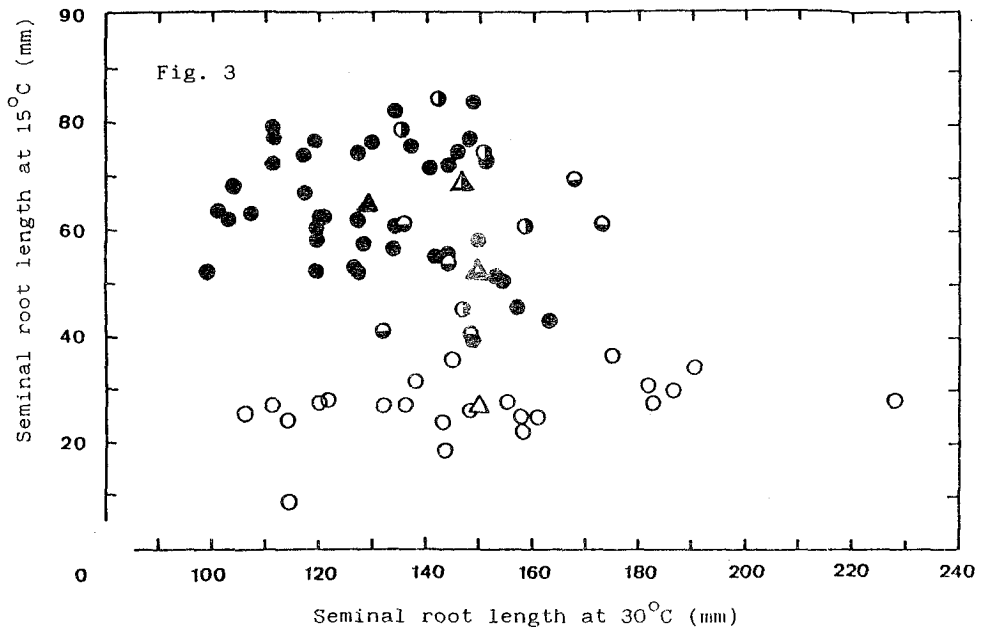
明所での芽生器官の成長をインド型イネ、日本型イネ各2品種の間で比較すると、30℃および15℃のいずれの温度でも暗所での場合と類似した結果が得られた。また、明所、施肥条件下でインド型イネ、日本型イネ計34品種で幼植物の成長を比較した。30℃では日本型イネに比べてインド型イネは地上部の成長が優り、一方15℃では地下部の成長が日本型イネに比べてインド型イネは劣っていた（図5）。これらのことは、芽生器官の成長におけるインド型イネと日本型イネの間の差異が、光合成系の関与の有無に関係なく認められ、また幼植物の成長においても同様の温度反応を示すことを示唆している。

## II 芽生器官の温度に対する成長反応にみられる品種間差異の解析

前章ではインド型イネと日本型イネとの間で30℃および15℃での芽生器官の成長に著しい違いが認められた。本章ではその結果をふまえて、インド型イネの代表として Tera I, 日本型イネ

Fig. 1-4 Variations of the growth of juvenile organs at 30°C and 15°C among rice cultivars in darkness. ○: Indica cultivars. ●: Japonica cultivars. ◐: Javanica cultivars. ◑: Italian cultivars. △, ▲, ▴, and ▾ show means of each cultivar group.





の代表としてキヨニシキを用いて、芽生器官の温度に対する成長反応にみられる品種間差異の解析を行なった。これらの品種は種子重がほぼ同じであるので、種子内貯蔵養分の量的差による芽生器官の成長に差が生じるのを避けることができる。

まず初めに、芽生各器官の温度に対する成長特性を調べた。地上部の長さの成長速度は、各温度の成長曲線から地上部の長さが50, 40, 30そして20mmに成長するまでに要した生育日数を推定し、これらの値でそれぞれの長さを除することによって算出された(図6)。同様に地上部の乾物重も求めた(図7)。地上部の長さの成長速度は30°-17.5℃の温度域では、Tepa Iの方がキヨニシキに比べて大きく、13℃以下の温度域では、Tepa Iに比べてキヨニシキの方が大きかった。地上部の乾物重の成長速度は30°-15℃の温度域では、キヨニシキに比べてTepa Iの方が大きく、11℃ではキヨニシキの方がTepa Iに比べて大きかった。

次に、中茎胚軸、鞘葉、そして第1葉の長さが最大に達した時の値と温度との関係を調べた(図8)。いずれも高温域ではTepa Iに比べてキヨニシキの方が長く、一方11℃ではキヨニシキの方がTepa Iに比べて長かった。特に、15℃での鞘葉長だけは、Tepa Iに比べてキヨニシキの方が長かった。

種子根の長さの成長速度を地上部の場合と同様に求め、温度との関係を検討した(図9)。成長速度は、30°-20℃の温度域では、Tepa Iの方が大きく、17.5℃ではほとんど差異がなかった。また15℃以下の温度域では、キヨニシキの方がTepa Iに比べて大きかった。次いで、各温度条件について種子根の長さが最大に達した時の値を検討した結果、30°-20℃の温度域ではTepa Iの方が長く、17.5℃以下では逆にキヨニシキの方が長かった(図10)。また、Tepa Iはキヨニシキに比べて種子根からの側根の発生量も劣っていた。

鞘葉節からの冠根の数および最も長い冠根の長さとの関係を検討したところ、30°-17.5℃では両品種共に発根が認められた。一方、15℃以下の温度域では、キヨニシキにおいては発根が認められたが、Tepa Iにおいてはほとんど認められなかった。冠根の長さは、30°-20℃の温度域ではTepa Iの方がキヨニシキに比べて大きく、17.5℃以下ではキヨニシキの方がTepa Iに比べて大きかった。特に、15℃以下の温度域ではTepa Iにおいてほとんど冠根の伸長が認められなかった(図11)。

以上の結果から、Tepa Iとキヨニシキの間の芽生器官の成長における大きな差の一つとして、15℃以下ではほとんど冠根がTepa Iにおいて認められないことが確められた。そこで、低温下での発根過程を組織学的に観察したところ、冠根原基の分化はキヨニシキと同様に認められたが、Tepa Iではその後の成長が発育過程で抑制されていることが確認された(図12)。

次に、このような低温によって発育の途中で成長が抑制される冠根原基が、その後的高温へ移行することによって再び成長を開始するかどうかを検討した。その結果7日間処理では高温へ移行後

Fig. 5 Variations of the growth of seedlings at 30°C and 15°C among rice cultivars in light and fertilized conditions. ○: Indica cultivars. ●: Japonica cultivars. ◐: Javanica cultivars.

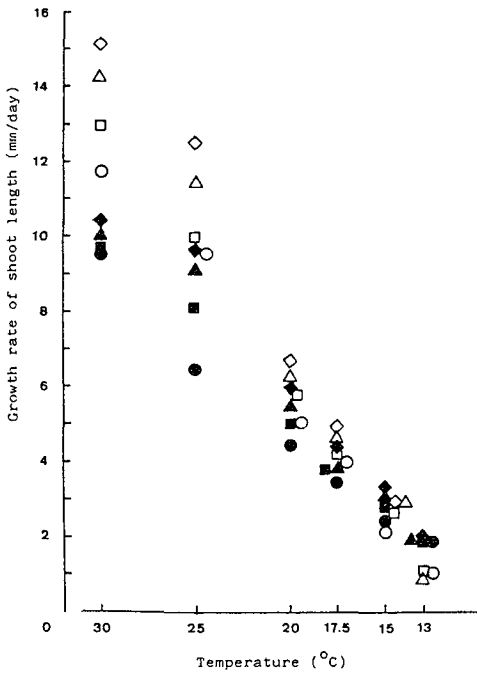
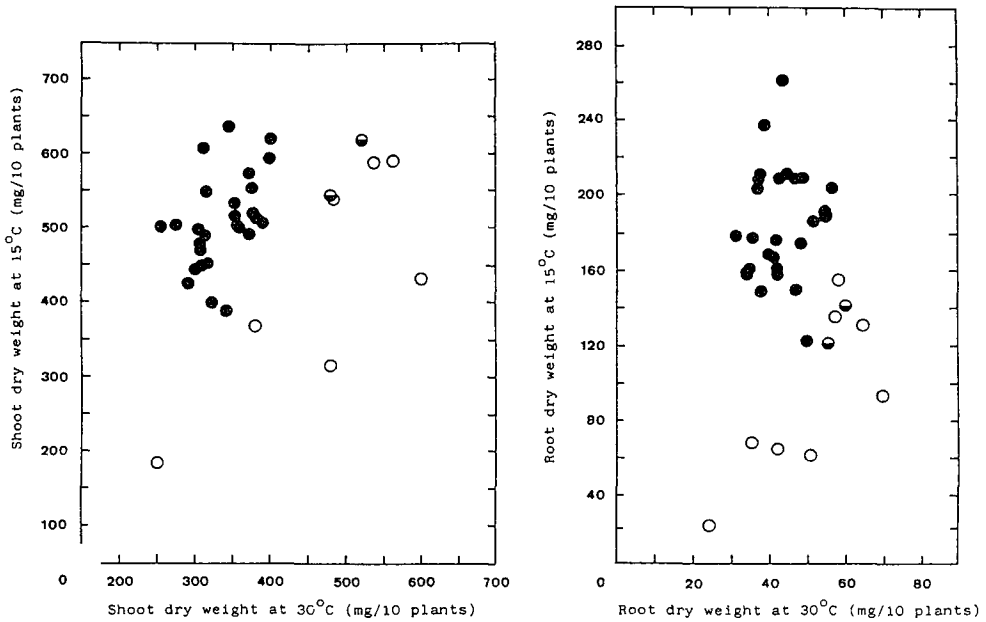


Fig. 6 Relationships between temperature and the growth rate of shoot length in rice cv. Tapa I (white symbols) and Kiyonishiki (black symbols). ◇, △, □, and ○ show the growth rate at 50, 40, 30, and 20 mm length of shoots, respectively.

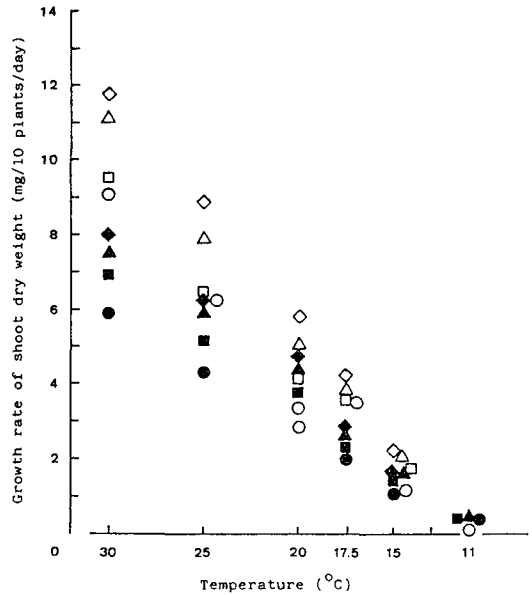


Fig. 7 Relationships between temperature and the growth rate of shoot dry weight in rice cv. Tapa I (white symbols) and Kiyonishiki (black symbols). ◇, △, □, and ○ show the growth rate at 40, 30, 20, and 10 mg dry weight of shoots, respectively.

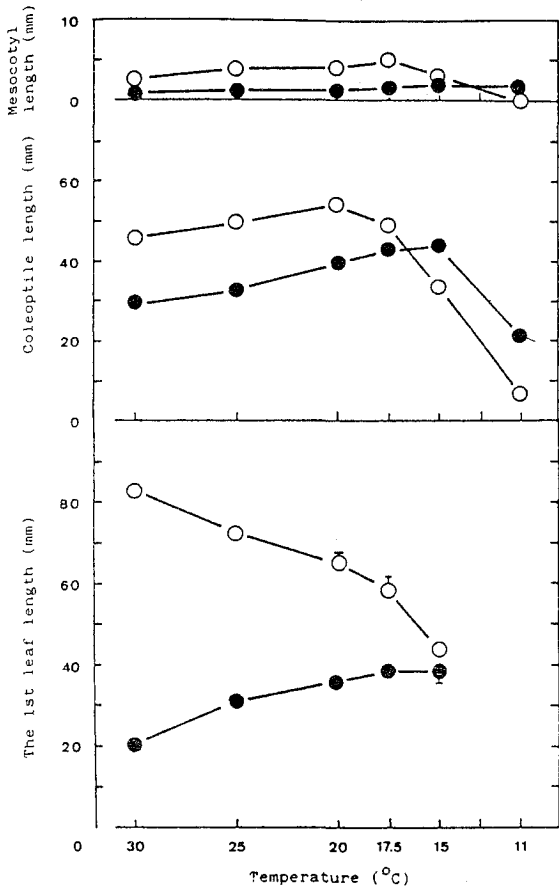


Fig.8 The relationships between temperature and the length of mesocotyls, coleoptiles, and the 1st leaves in rice cv. Tapa I (○) and Kiyonishiki (●).

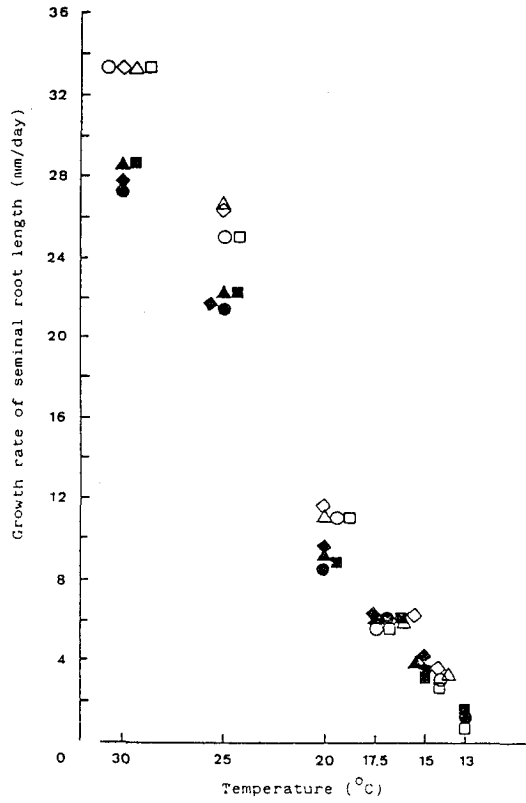


Fig.9 Relationships between temperature and the growth rate of seminal root length in rice cv. Tapa I (white symbols) and Kiyonishiki (black symbols). ◇, △, □, and ○ show the growth rate of 50, 40, 30, and 20 mm length of seminal roots, respectively.

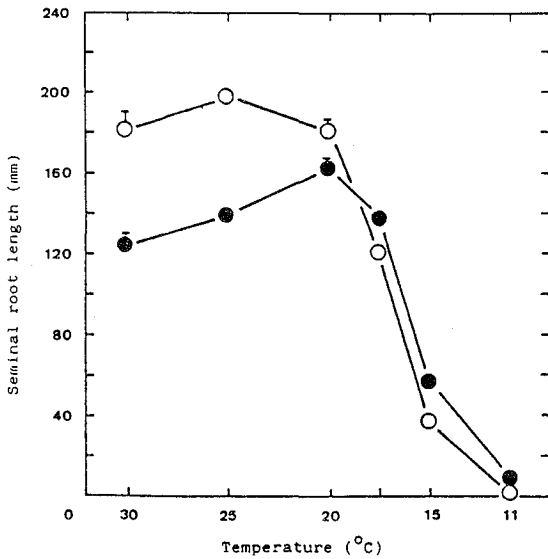


Fig.10 The relationships between temperature and seminal root length in rice cv. Tapa I (○) and Kiyonishiki (●).

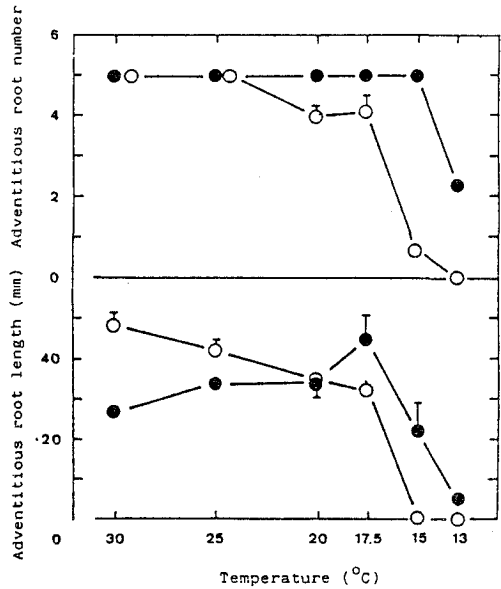


Fig.11 The relationships between temperature and the number or length of adventitious root from coleoptilar node in rice cv. Tapa I (○) and Kiyonishiki (●).

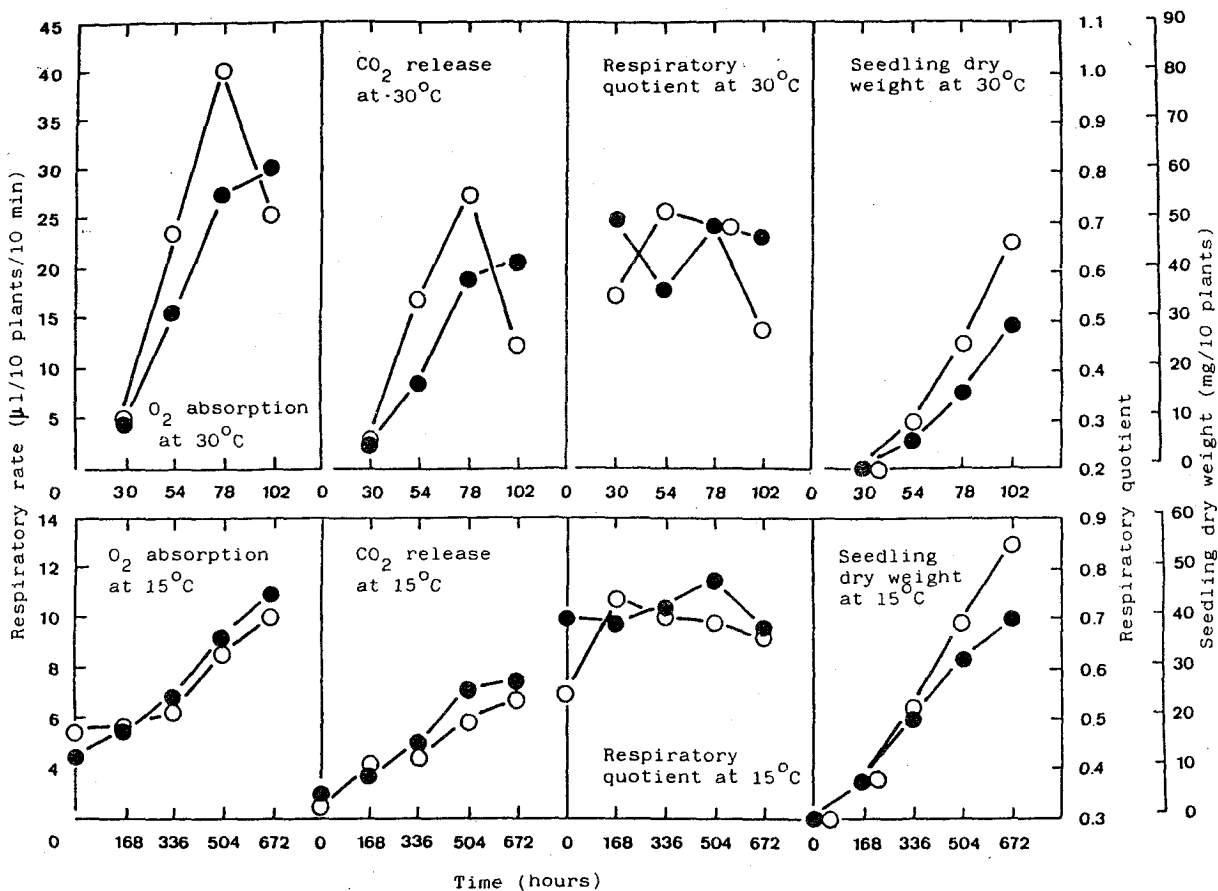


Fig.15 Changes of respiratory rate, respiratory quotient, and seedling dry weight during juvenile growth in rice cv. Tapa I (-○-) and Kiyonishiki (-●-).

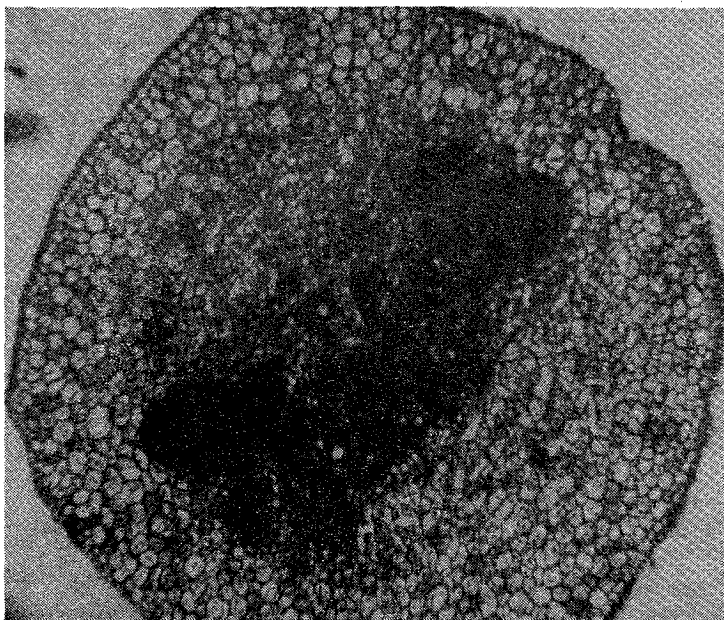
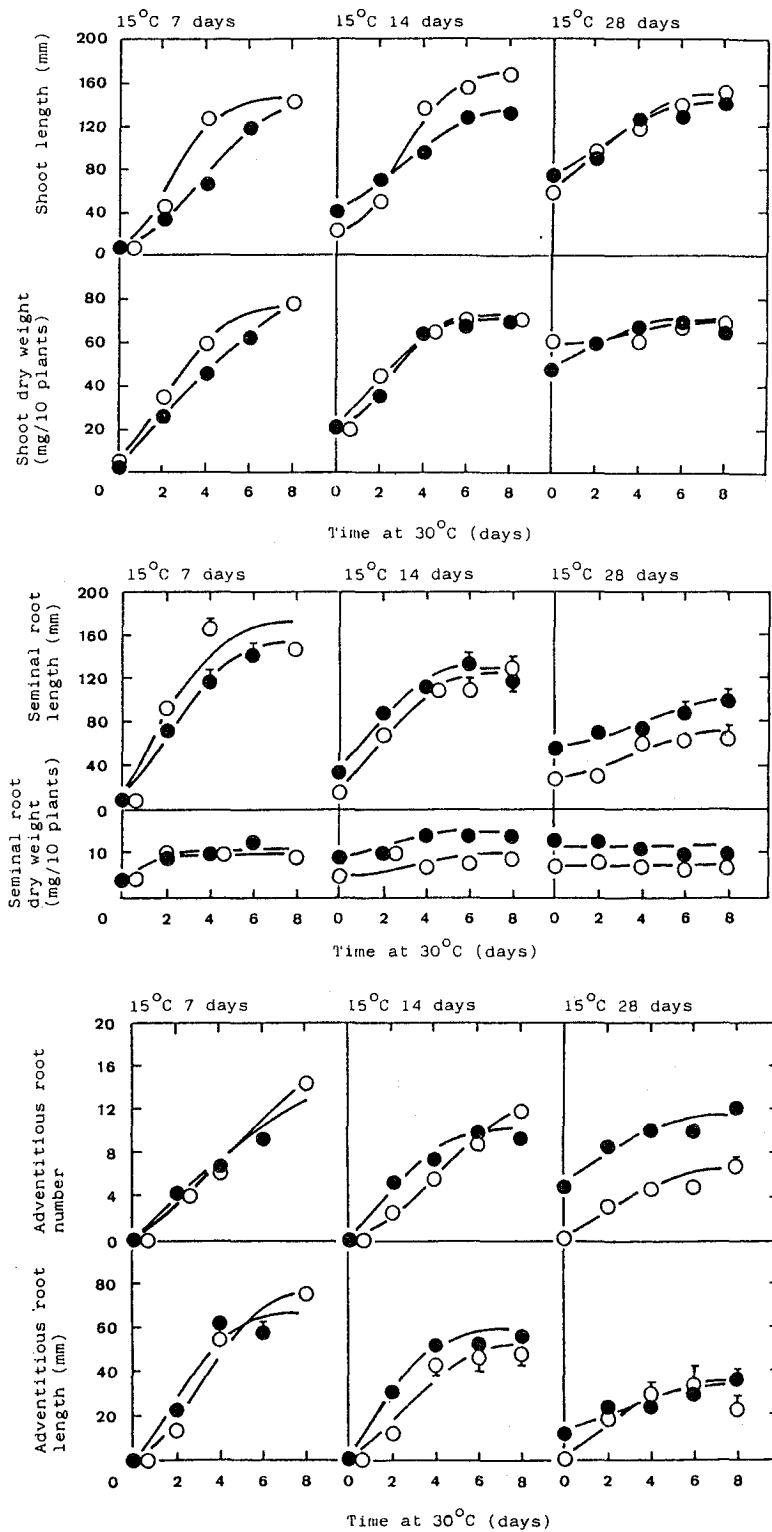


Fig.12 Transverse section of coleoptilar node of juvenile organs grown at 15°C for 21 days (cv. Tapa I).



Fig.13 Effect of 15°C pre-treatment on the growth of juvenile organs at 30°C in rice cv. Tepas I (-○-) and Kiyonishiki (-●-).



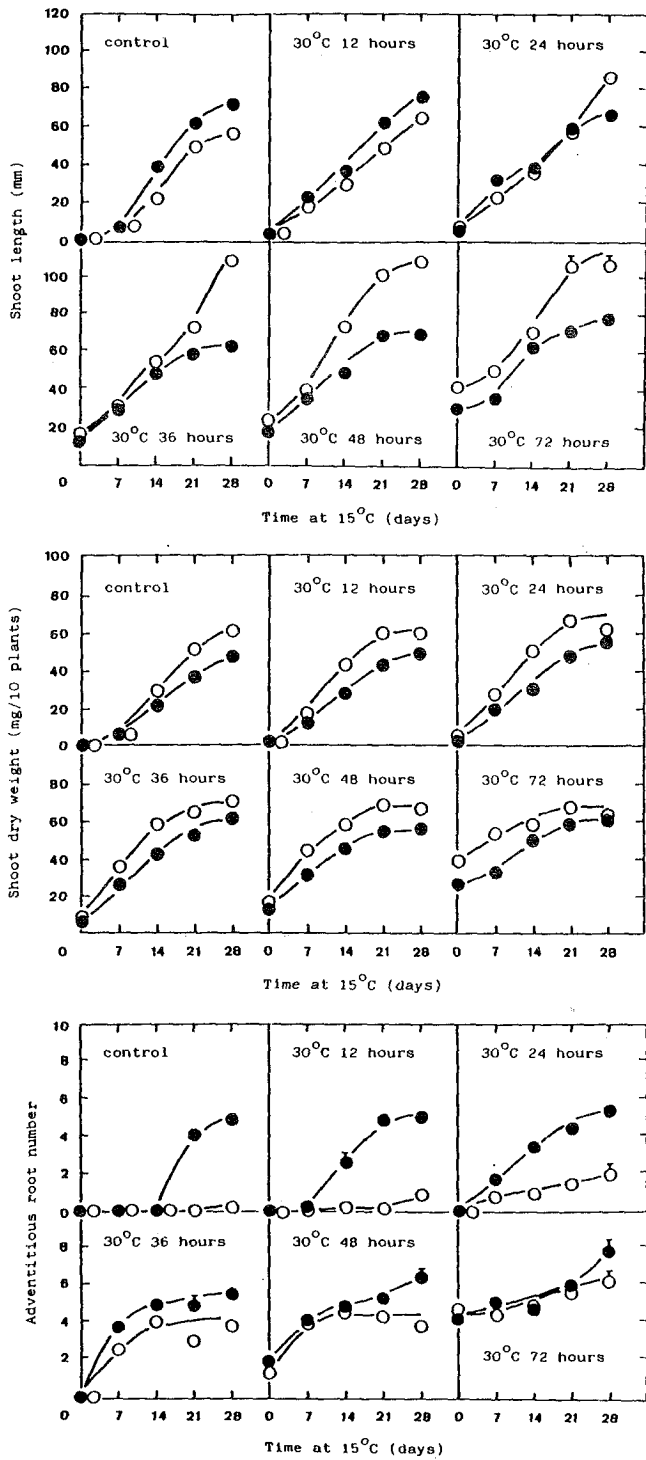


Fig.14 Effect of 30°C pre-treatment on the growth of juvenile organs at 15°C in rice cv. Tapa I (-○-) and Kiyonishiki (-●-).

正常に成長が進行した。一方、28日間処理では高温に移行しても冠根原基は成長を開始しなかった（図13）。

30℃で時間を変えて発芽種子を前処理し、器官の発育程度を変え、その後の15℃での芽生器官の成長を調べた。Tepa I では30℃での前処理の時間が長ければ長いほど、15℃での地上部各器官の長さや地下部の成長量が大きくなった。しかしながら、地上部の乾物重には全く前処理の影響は認められなかった。一方、キヨニシキには高温による前処理の効果が全くみられなかった（図14）。

これまで明らかにしてきた高温および低温での芽生器官の成長における品種間差異が呼吸能といかなる関係にあるかを明らかにするために、Tepa I とササニシキを用いて検討した。30℃では2品種間での呼吸速度の大小と芽生幼植物の乾物重の大小とが平行関係にあった。一方、15℃では呼吸速度に差異はみられなかったが、乾物重はTepa Iの方がササニシキに比べて大きかった（図15）。30℃での芽生器官の成長にみられる品種間差異は呼吸能と何らかの関連をもっているが、15℃での成長の差異は呼吸能の差異とは直接的に結びついていないことが示唆された。

### III 種子貯蔵養分の消費と芽生器官の成長

まず初めに、内外76品種を用いて、これまで明らかにしてきた芽生器官の成長における品種群間の差異と、種子貯蔵養分の消費や種子貯蔵養分が芽生器官の構築のために使われる割合（economic ratio）にみられる差異との関係を明らかにするために実験を行なった。

30℃では粒重当りの芽生幼植物体の乾物重は、インド型イネの方が日本型イネに比べて大きく、一方15℃では両品種群間に明瞭な差異がみられなかった（図16）。粒重当りの種子貯蔵養分消費量は、30℃ではインド型イネの方が日本型イネに比べて大きく、一方15℃では両品種群間にほとんど差異は認められなかった（図17）。Economic ratioは30℃、15℃のいずれの温度でもインド型イネの方が日本型イネに比べて大きい値を示した（図18）。さらに、Tepa I とキヨニシキを用いて、6つの温度条件で種子貯蔵養分の消費量と芽生幼植物体の乾物重を詳細に調べた。15℃よりさらに低温である11℃では、芽生幼植物体の乾物重、種子貯蔵養分の消費量、そしてeconomic ratioなどはいずれもキヨニシキに比べてTepa Iの方が小さかった（図19）。

以上のことから、高温域では芽生器官の成長の品種群間の差異は、種子貯蔵養分消費量やeconomic ratio でみられた品種群間の差異と平行関係にある。一方、15℃では芽生器官の成長の品種群間の差異は地上部の長さや根の発生量にみられるが、種子貯蔵養分消費量には違いはみられなかった。また、economic ratioは日本型イネに比べてインド型イネの方が大きな値であった。さらに15℃よりも低い温度では、芽生器官の成長の品種群間差異と種子貯蔵養分消費量およびeconomic ratioの品種群間差異とは平行関係にあることが示された。

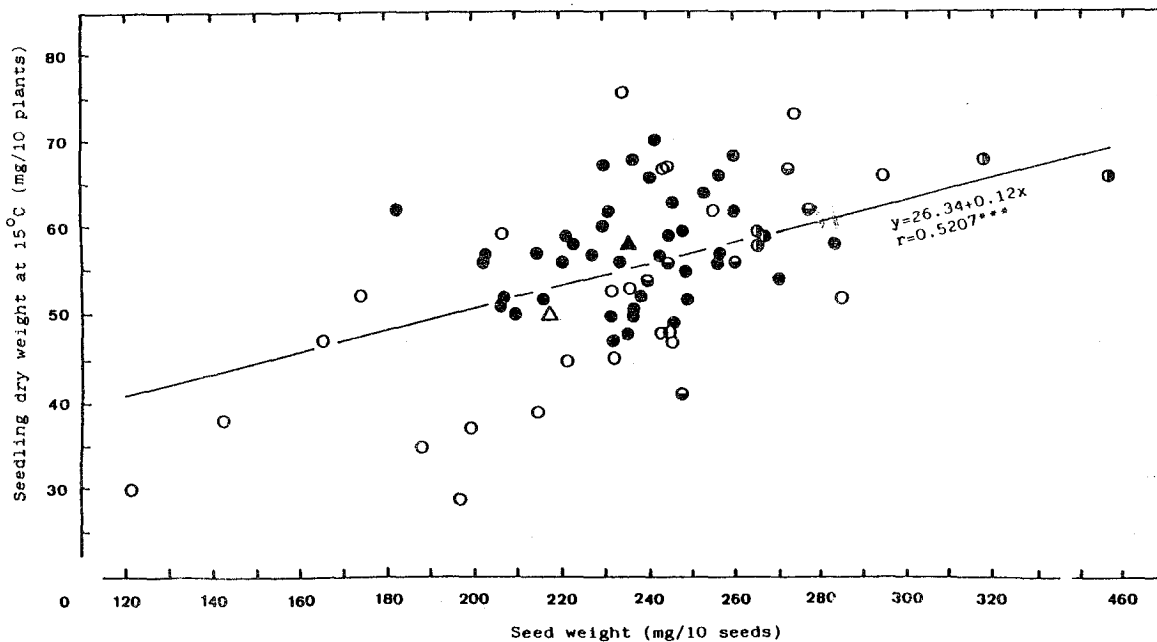
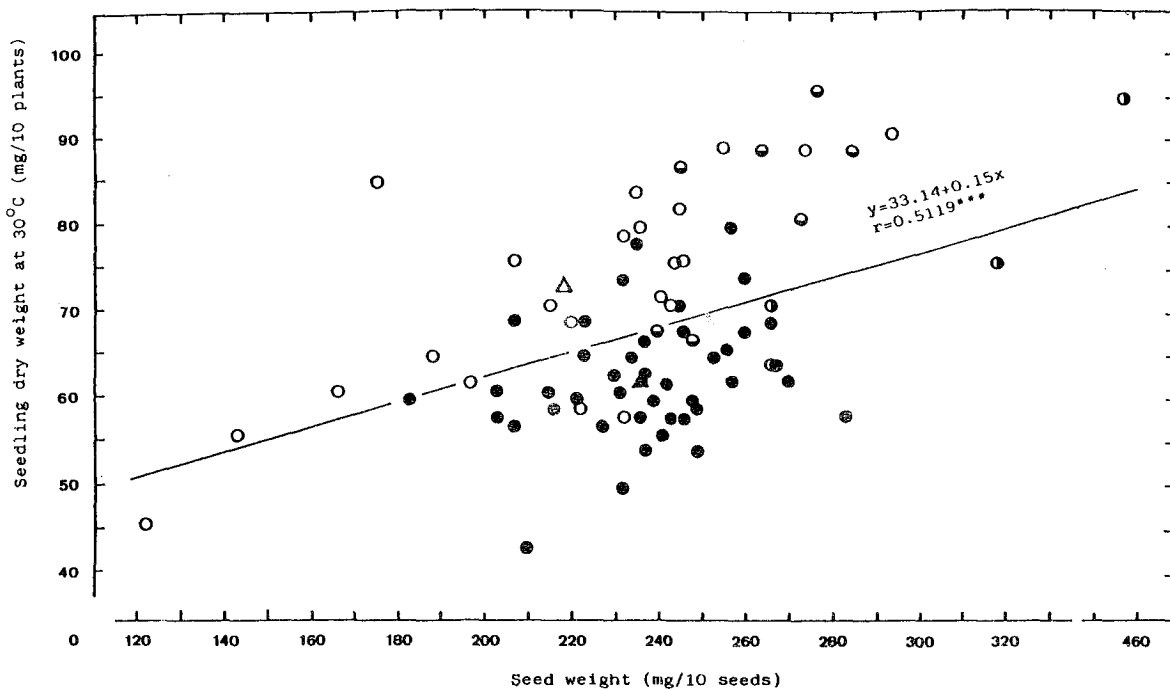


Fig.16 Relationships between seed weight and seedling of dry weight among rice cultivars. ○ : Indica cultivars. ● : Japonica cultivars. ● : Javanica cultivars. ● : Italian cultivars. △ and ▲ show means of indica and japonica cultivars, respectively.

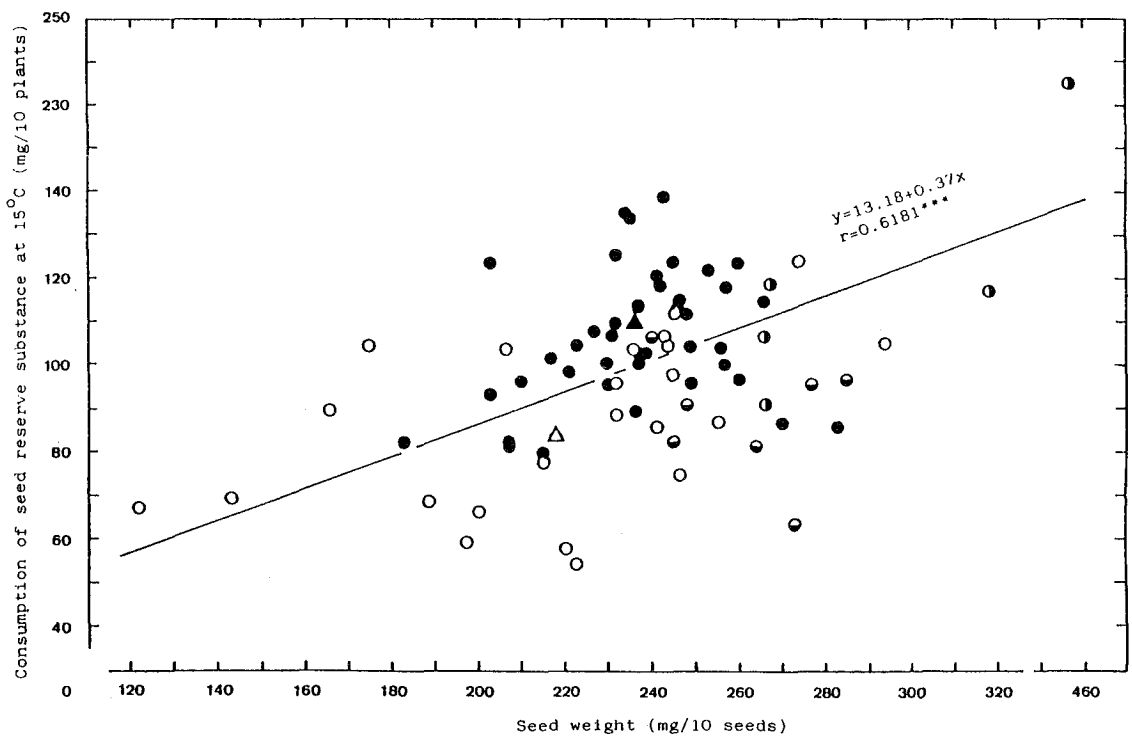
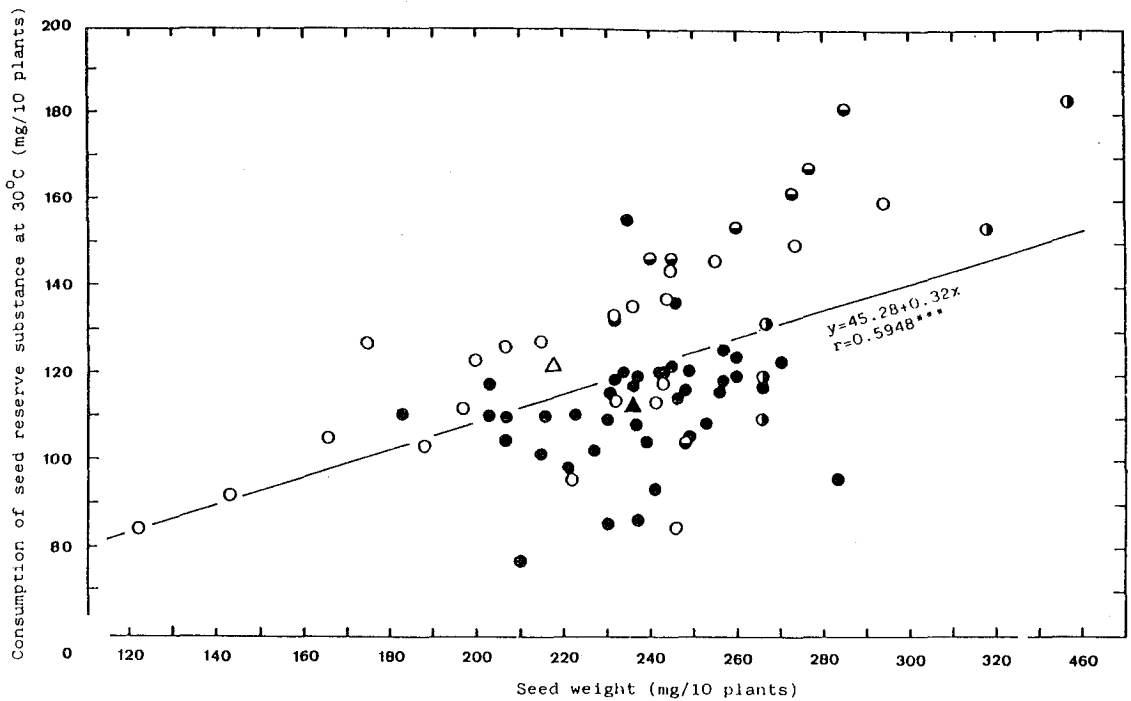


Fig.17 Relationships between seed weight and the consumption of seed reserve substance among rice cultivars.

○: Indica cultivars. ●: Japonica cultivars. ●: Javanica cultivars. ●: Italian cultivars. △, ▲ are means of indica and japonica cultivars, respectively.

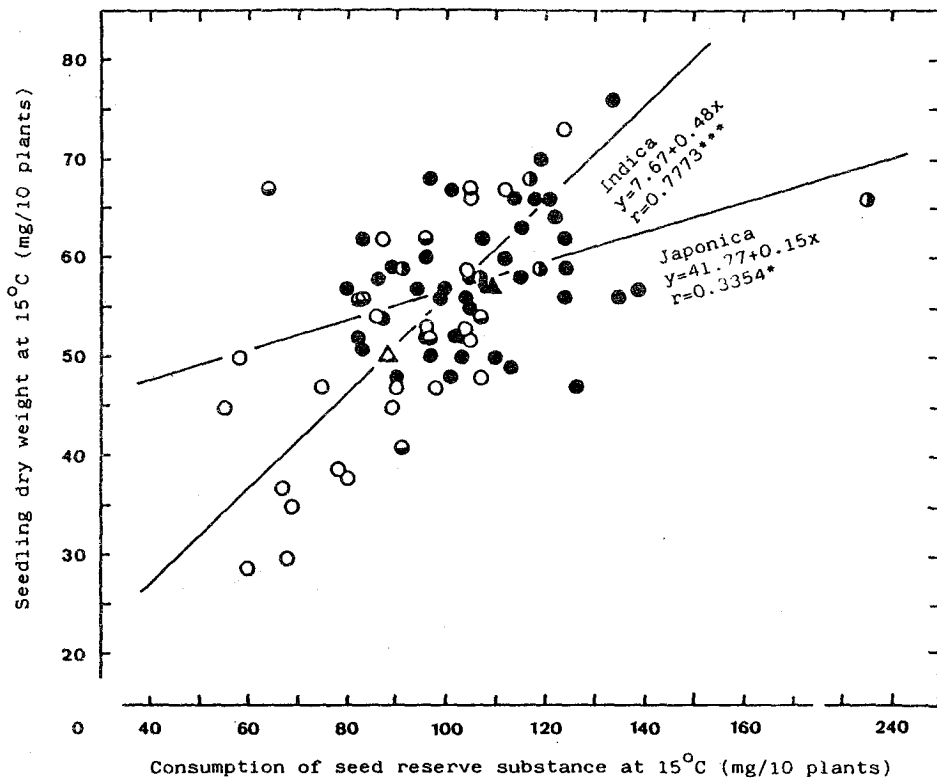
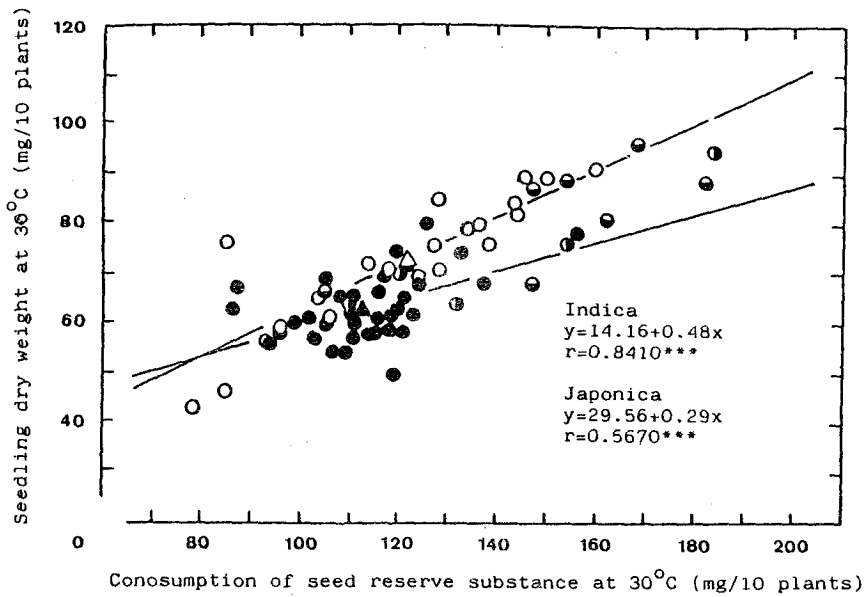


Fig.18 Relationships between seed weight and the consumption of seed reserve substance among rice cultivars.

○: Indica cultivars. ●: Japonica cultivars. ⊙: Javanica cultivars. ⊕: Italian cultivars. △ and ▲ are means of indica and japonica cultivars, respectively.

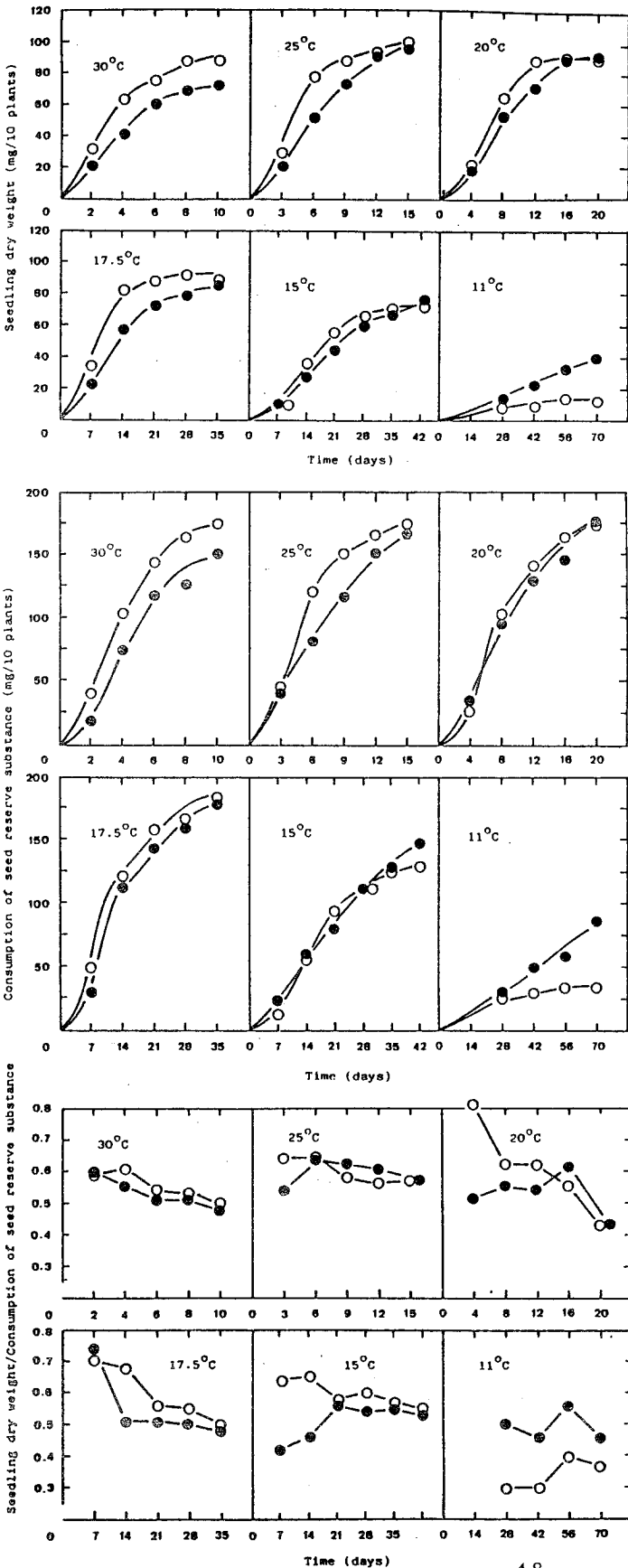


Fig. 19 Effects of temperature on seedling dry weight and the consumption of seed reserve substance in rice cv. Tapa I (-○-) and Kiyonishiki (-●-).

#### IV 総合考察

本研究は、イネ芽生器官の成長を通じて、特にインド型イネと日本型イネ品種群間における温度に対する成長反応の差異の要因解明を目的として行なったものである。

高温域では芽生器官の地上部の成長が、日本型イネに比べてインド型イネの方が優っていた。この品種群間の差異は呼吸や種子貯蔵養分の消費能力の差異あるいはまた、economic ratioの違いにみられるように種子貯蔵養分の利用様式の差異に起因していると考えられた。

低温・15℃では地上部の長さおよび地下部の成長が日本型イネに比べてインド型イネは劣っていたにもかかわらず、地上部の乾物重に関しては日本型イネとほぼ同じかあるいはやや優っていた。インド型イネの冠根は組織学的観察によって、低温下では分化は認められるものの、根の原基の成長が発育過程で停止しているのが確認された。また、その根原基は低温に置かれる期間が長くなればなるほど、冠根原基の成長が阻害される度合が大きくなることが確認された。各器官の発育程度を変えて低温処理した結果、その程度によって低温の効果が異なることが認められた。また、このことから、細胞分裂の低温感受性の違いが、低温・15℃でのインド型イネと日本型イネの間の芽生器官の成長反応の差異の一原因であると推定された。呼吸速度や種子貯蔵養分の消費量にはインド型イネと日本型イネの間に差異が認められないことから、両品種群間の15℃でみられる芽生器官の成長の違いは、15℃での呼吸や種子貯蔵養分の消費能力とは無関係であると考えられる。またeconomic ratioは日本型イネに比べてインド型イネの方が大きな値を示すことから、種子貯蔵養分の利用様式の差異に15℃でみられる芽生器官の成長の品種群間の差異は起因していると考えられる。15℃よりさらに低温では、芽生器官の成長は日本型イネに比べてインド型イネは明らかに劣っていた。品種群間にみられる芽生器官の成長の差異は種子貯蔵養分の消費能力やその利用様式に起因していると考えられる。

以上の結果、インド型イネと日本型イネの間の芽生器官の成長にみられる顕著な差異は、3つの異なる温度域で認められ、これらの原因は呼吸や種子貯蔵養分の消費能力あるいは、種子貯蔵養分の利用様式によって特徴付けられた。



## 審査結果の要旨

本研究は、イネ芽生器官の成長の解析を通じて、インド型と日本型イネ品種群間における温度に対する成長反応の差異の要因解析を目的として行ったものである。その結果、次の知見を得た。

インド型と日本型イネは、高低温度に対する反応に著しい差異があり、高温域では、地上部成長はインド型が日本型より優れる。この原因は両者の呼吸、種子貯蔵養分の消費能力の差、および economic ratio の違いによる。また低温における両品種群の違いは、呼吸や貯蔵養分の消費能力とは無関係であるばかりでなく、economic ratio は、インド型の方が優れるという一般に推定していた認識とは異なる事実を明らかにした。

更にインド型イネ品種群の低温感受性の特徴は、根の成長とくに、冠根の成長の温度感受性が高いことを指摘した。またインド型イネと日本型イネの芽生器官の成長にみられる顕著な点は、3つの異なる温度域に認められ、これらの原因は呼吸や種子貯蔵養分の消費能力、あるいは種子貯蔵養分の利用様式の違によることを示唆した。

これらの結果は、従来解析的な研究の不足していた芽生器官の成長の温度反応性に新しい知見を提起したものである。

本研究は今後の寒冷地稲作の冷温下における苗の素質に関し、重要な問題点を指摘したばかりではなく、植物生理学上の新しい知見を提起したものとして注目されよう。

よって、本研究は農学博士の称号を授与するに価するものと考えらる。