

水稻生育に及ぼす地温の研究(第1報) 生長調整物質の消長および窒素, 炭水化物 代謝に及ぼす地温の影響(1)

竹島 溥 二・羽根田 栄四郎・佐藤 輝 康
(山形大学農学部作物学育種学研究室)

H. TAKESIMA, E. HANEDA and T. SATO : Studies on the Effects
of Soil Temperatures on Rice Plant Growth.

1. Effects of Soil Temperatures upon Growth Regulating Substances
and the Metabolisms of Carbohydrates and Nitrogen. (1)
(Labor. Crop Sci. Plant Breed., Faculty of Agric. Yamagata Univ.)

地温が水稻の生育・収量に及ぼす影響については吉川⁴⁾, 榎本²⁾, を初め多くの研究者により多方面にわたり研究されているが, 近年松島ら⁶⁾ はそれらの試験研究がすべて恒温下で行なわれていることに對し, 変温下で行なうべきことの必要性を指摘している. 筆者も松島らと同じ見解をもつが, その考えの上に立つて地温が水稻の生理作用に及ぼす影響について検討した. 特にオーキシンの消長並びに窒素, 炭水化物代謝の面から研究を行ない, 二, 三興味ある結果を得たのでここに報告する.

なお, 本報は第127回日本作物学会において報告した.

1. 実験材料および方法

水稻品種は農林41号を用い, 幼苗期より出穂期に至る期間を幼苗期, 成苗期, 分けつ初期, 分けつ盛期, 幼穂分化期, 減数分裂期の6期に分け, 各期それぞれ10日間の30°, 25°, 20°, 15°Cの恒温ならびにそれらの変温の地温処理を行ない, 物質代謝に及ぼす地温の影響を検べた.

生長調整物質の実験についてはそれら処理区の内30°, 15°, 30°・15°C区あるいは30°, 20°, 30°・20°C区についてのみ実験を行ない, 処理区間の比較を行なつた.

試料中の生長調整物質の比較には試料をエーテルで抽出しペーパークロマトグラフィーにより分離アベナ伸長試験で測定する方法を用いた. なお, 測定は酸性物質についてのみ行なつた. 試料は地下部および地上部30gを9時半~10時にとり, ドライアイスを用いて凍結, 乳鉢内で磨砕し過酸化物を含まぬエーテルを加えて0°Cで24時間抽出する. この間エーテルは2回交換し, 総量を180mlとした. エーテル抽出液は50°C以下の湯煎上で約1/3に濃縮しこれに2%重曹溶液30mlを3回に分けて加え振とう, 酸性物質を抽出した. 重曹溶液層を15%酒石酸でpH3.0とした後, 105mlのエーテルで3回に分けて抽出し, それを50°C以下の湯煎上で濃縮してクロマトグラフィーの試料とした.

ペーパー・クロマトグラフィーは東洋濾紙No. 50, 2×40cmを用い, 上昇法で25cm展開した. 展開は暗室内, 室温下で行なつた. 展開溶媒としてはイソプロピルアルコール: 28%アンモニア: 水, 10: 1: 1(V/V)を用いた. 試料を展開して得られたクロマトグラムは風乾して展開溶媒を完全に除去した後, 展開した部分を10等分して切離し, 各汙

紙片を小型シャーレに移しこれにおのおの2% 蔗糖水溶液 2 ml を加えて 0°C で約20時間溶出, 沓紙片を除去した後アベナ伸長試験法で生長調整物質を測定した. 別に試料をつけない沓紙を同時に展開し, 同じ方法でアベナの伸長を測定して対照区とした. また, 合成 IAA 2 γ を同時に展開し, 風乾後 0.05 M FeCl₃ : 5% HClO₄ :: 1 : 50 で発色させその Rf を確認した.

イネの発根に及ぼす IAA の影響の実験については根を切除した苗を供試した. 従来この種の実験においては根の伸長が全く出来ないような高い濃度の IAA 溶液を用いていることが多いが, 筆者はその濃度を一応 0.3, 1.5, 3.0, 15.0, 30 p.p.m. として実験を行なった.

炭水化物及び窒素の定量に対しては材料の関係から分けつ盛期以降についてのみ行ない, それらの分析は前者は Somogyi の比色分別定量法により, 後者は Micro kjeldahl 法によつた.

変温区についてはなお検討を要する点もあるのでここでは 30°・20°C についてのみ取り扱つた.

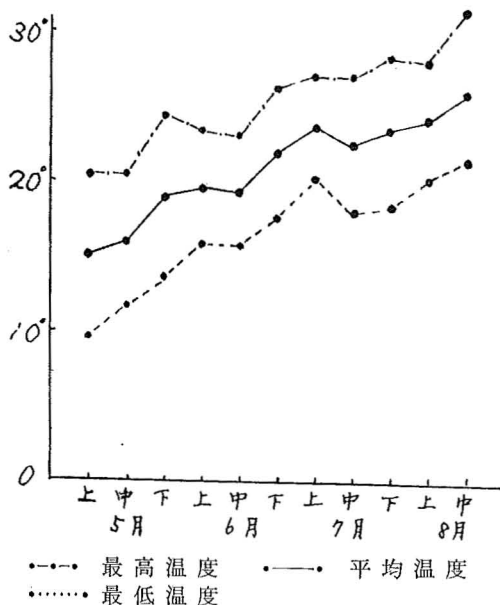
2. 実験結果および考察

1. 生長調整物質に及ぼす地温の影響

水稻の地下部を 30°, 15°, 30°・15°C あるいは 30°, 20°, 30°・20°C の温度処理をした場合, 地下部の生長調整物質がどのような変化をするかを観察した. また, 幼穂形成期以後は幼穂を含んだ葉鞘の部分についても調べた.

なお, 実験期間中の気温については第1図に示せるごとくである.

アベナの測定結果をヒストグラムで表したものが第2図である. この図でいくつかの生長



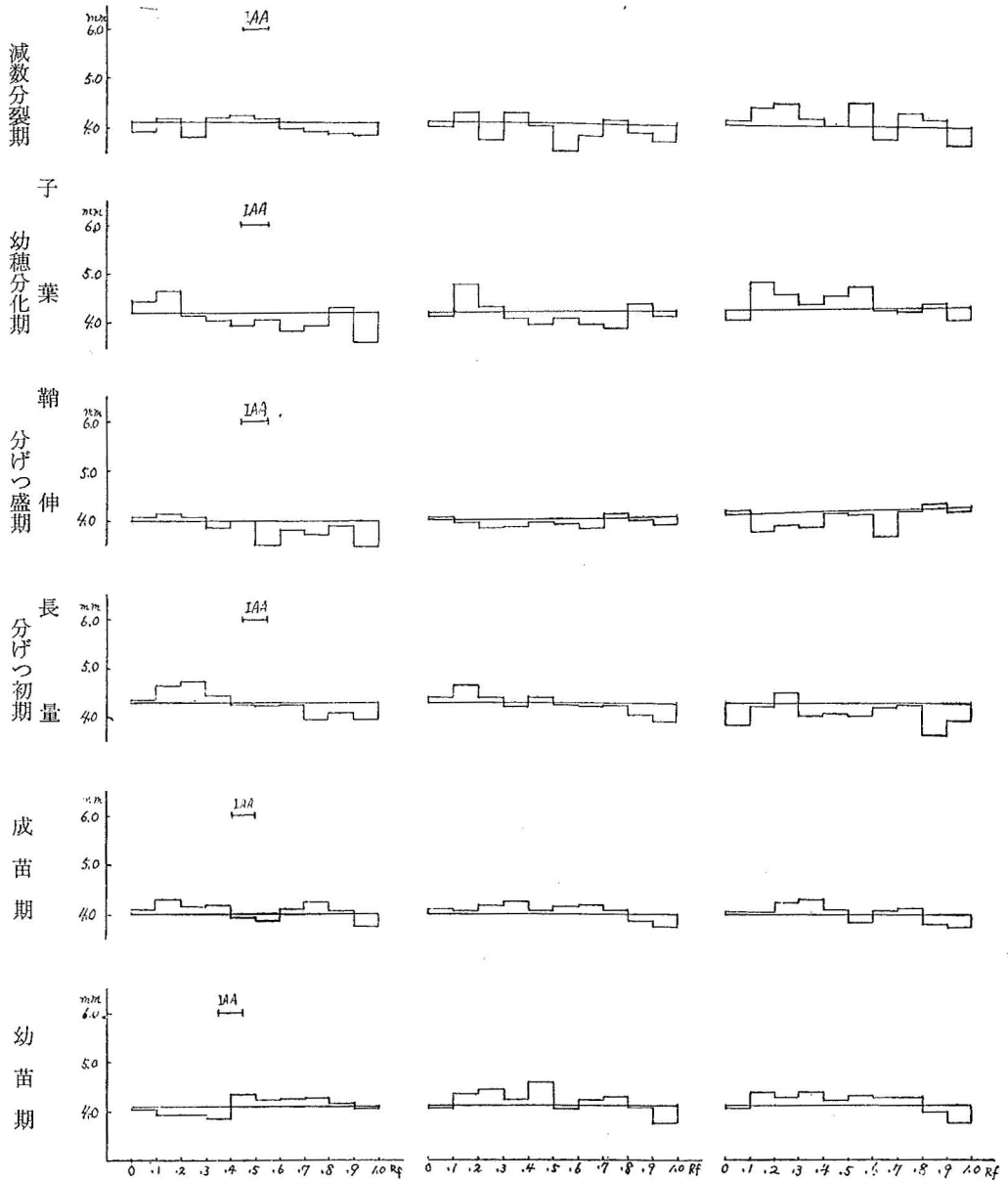
第1図
実験期間中の気温

物質および抑制物質が認められ, 特に Rf 0.1~0.2, 0.4~0.5 の生長物質およびこれに続く抑制物質の存在が顕著である. これら生長物質の中で Rf 0.4~0.5 のものは同時に展開した合成 IAA の Rf 値 0.5 よりやや低い値を示しているが IAA の存在による促進ではないかと考えている. Rf 0.1~0.2 の IAA より低い Rf に現われる生長物質は塚本ら⁷⁾ は KEFFORD⁸⁾ のいう accelerator- α に相当するものであるとういつている. 筆者の実験結果においてもこれと似た物質がみられたがそれに相当するものとおもう.

これらの生長物質が地温処理により, また生育の経過とともにどのように変化するかは第2図に示されている通りである. すなわち, 生長促進物質はがいして高温区よりも低温区に多

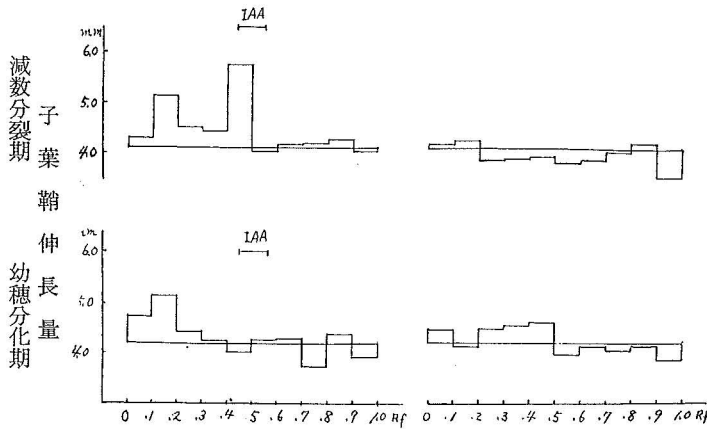
く、且つ 30°・15°C の変温区においてさらに著しい傾向にみられた。

生育時期別には生育の経過とともに減少し最高分げつ期頃にはほとんど消失するが、幼穂分化期頃よりふたたび出現の傾向にみられた。

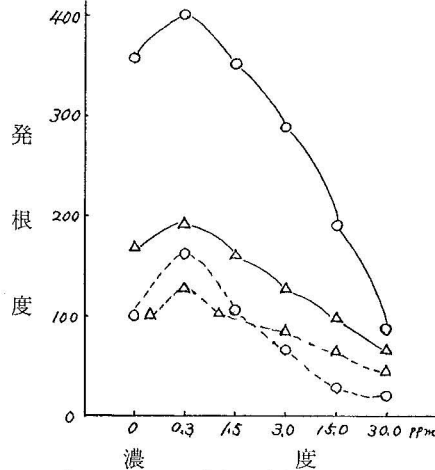


第2図

地下部の生長調整物質に及ぼす地温の影響
 ペーパークロマトグラム切片より2%蔗糖液に抽出した液におけるアベナ子葉鞘の伸長量、
 左：30°C区，中：15°C（分げつ盛期以降は20°C）区，右：30°・15°C（分げつ盛期以降は30°・
 20°C）区，中部の横線は対照区の伸長量， $\overline{\text{IAA}}$ は合成 IAA の Rf 値ならびに 2r の伸長
 量を示す。



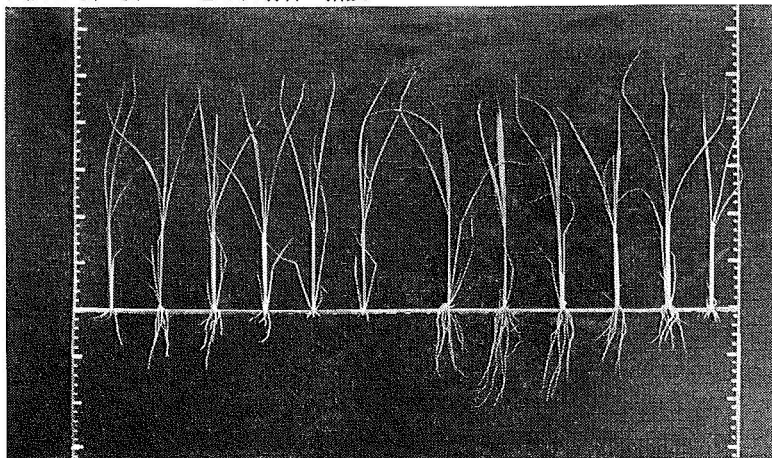
第3図 地上部の生長調整物質に及ぼす地温の影響
左: 30°C区, 右: 20°C区



第4図 IAA 濃度と発根との関係
○: 根長, △: 根数, 実線: 30°C区, 点線: 15°C区, 発根度: 15°Cの根長, 根数をそれぞれ 100 とした場合の指数.

地上部については幼穂分化期以後についてのみ幼穂を含んだ葉鞘について観察を行なつたが、その結果は第3図で明らかなごとく処理区間に著しい差が認められ、特に減数分裂期における差は顕著であつた。この低温区が高温区に較べて著しくオーキシンが減少することは注目すべき現象と考える。すなわち水稻を低地温あるいは低水温下におくと出穂期が遅延するがこのこととオーキシンの減少との間になんらかの関係があるもののように想像され、将来この方面の研究の重要性が考えられる。

生長抑制物質につ

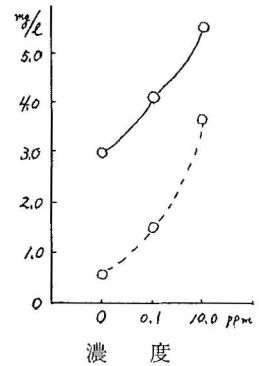


第5図 発根に及ぼす IAA の影響
左(6本): 15°C区, 右(6本): 30°C区, 左より IAA濃度それぞれ 0, 0.3, 1.5, 3.0, 15, 30 p.p.m.

いては特に一定の傾向は認められなかつた。

2. 発根に及ぼす IAA の影響

結果は第4, 5図に示したごとく 15°C 及び 30°C 区ともに 0.3 p.p.m. の濃度において稲の発根もつとも良好でこれより濃度が高くなるにしたがつて発根が抑制された。したがつて水稻の発根に対し外部から与える IAA の濃度は極めて低濃度であることを要し, 高濃度による発根抑制についてはなお不明の点が多いが, 第6図にみられるごとく IAA の濃度の高い程, 酸素消費量の多いことから呼吸作用が高くなることが考えられる。したがつて, IAA 濃度の高くなることによつて生ずる生育抑制は高濃度の IAA の直接的害作用のほか呼吸作用が異常に高まることによつて生ずる呼吸基質の欠乏並びに高濃度の IAA による呼吸酵素活性力の低下などから終局的には呼吸作用の著しき減退も考えられる。

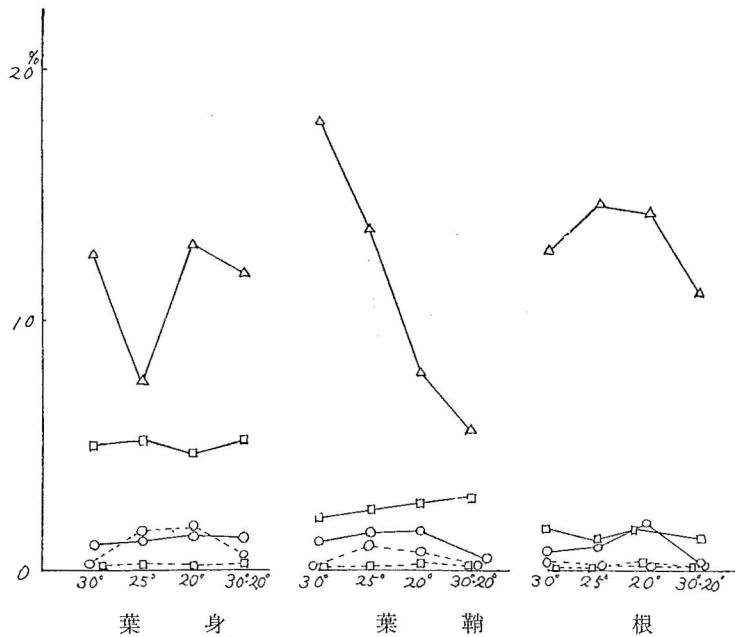


第6図
IAA 濃度と O₂ 消費量
実線：30°C区, 点線：15°C区

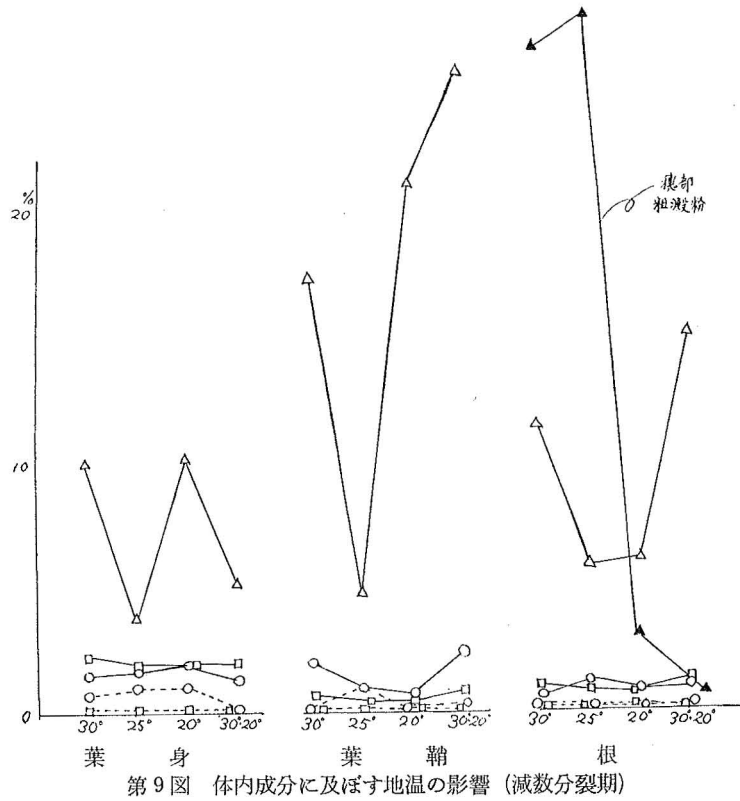
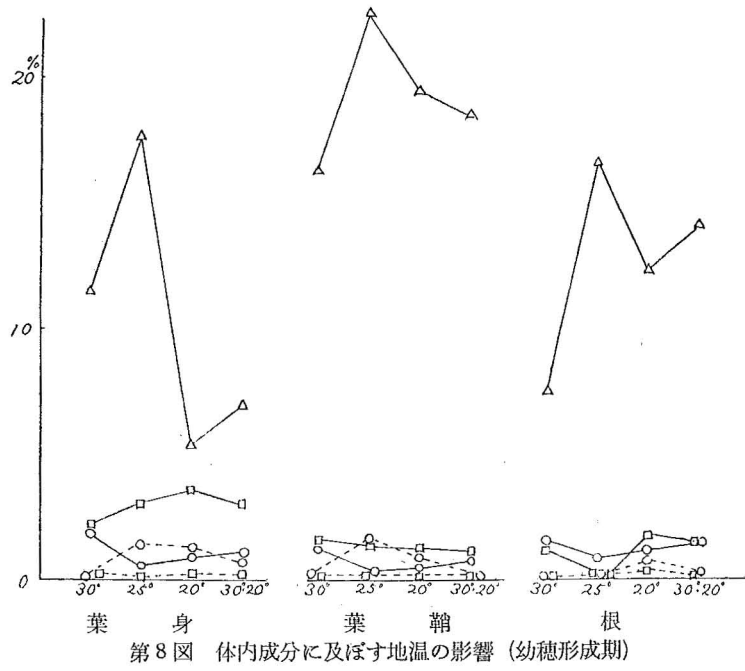
3. 窒素および炭水化物代謝に及ぼす地温の影響

結果は第7, 8, 9図に示すごとくである。すなわち, 体内窒素については蛋白態窒素の含有率は生育各期を通じがいて 25°, 20°C 区殊に 30°・20°C の変温区において高く, 松島ら⁶⁾の結果とほぼ同じ傾向にあつた。このことは従来夜間低温を組合わせた温度較差の大なる変温区において茎数が多くなる原因をなすものと考えられる。

炭水化物については, 従来それらの転流の面から温度 (気温) について検討した研究¹⁵⁾



第7図 体内成分に及ぼす地温の影響 (分けつ盛期)
□—□: 蛋白態窒素, □---□: 可溶態窒素, ○—○: 還元糖, ○---○: 非還元糖,
△—△: 粗澱粉



があり、いずれも 25°C 附近にその適温が認められ、それより遠ざかるにしたがつて阻害されるようであるが、地温においても大体これと同じような傾向が認められた。すなわち、第9図にみられるごとく 25°C 区が他の区に較べ穂の粗澱粉がもつとも多く、このことはいいかえると茎、葉から穂への転流が良好であつたものと考えられる。しかし一方転流のみを考えた場合は 25°C よりも 30°C の高温の方がすぐれるのではないかと想像されるが、また一方呼吸作用は高温ほど高くなるのでその効率の面からは 25°C あたりがもつとも効率の高い温度条件のように考えられる。この低温区の転流の阻害の原因については不明であるが、相見ら¹⁾は炭水化物およびその代謝に關係する酵素作用との關係から低温による酵素作用の不活性を挙げており、筆者もそれに対し同一意見であるが、筆者はさらに第3図にみられる穂部のオーキシン活性と温度との關係から呼吸酵素の活性力もその原因の一つをなすのではないかと考えている。しかし、細部に関しては今後の研究にまたねばならない。

摘 要

本研究はアベナテストにより水稲の体内、主として根の中に存在する生長調整物質を検べ、該物質と地温との關係、また体内窒素、炭水化物代謝と地温との關係から地温が水稲の生理作用に及ぼす影響を考究せんとしたものである。

幼苗期から出穂期までを6期に分け、各期それぞれ10日間の 30°, 25°, 20°, 15°C の恒温ならびに 30°・20°, 30°・15°C の変温の地温処理を行ない物質代謝に及ぼす地温の影響を検べた。

それらの結果を要約すれば次のごとくである。

1) 地下部の生長物質は幼苗期にはがいして高温区よりも低温区に多くみられ、その後成苗期より分げつ盛期まではそれらの間にはほとんど差が認められなくなるが、幼穂分化期頃よりふたたび低温区に多くみられた。

変温区は低温区とがいして相似た傾向のごとく認められたが、幼穂分化期以降ではさらに著しき該物質の存在が認められた。

2) 生育時期別にみると生育とともに減少し最高分げつ期頃にはほとんどみられなくなり、幼穂形成期頃よりふたたび出現の傾向がみられた。

3) 地上部については幼穂分化期以後について幼穂を含んだ葉鞘について観察を行なつたがその結果処理区間に著しい差が認められた。

4) 苗の発根に対し外部から与える IAA の濃度は 0.3 p.p.m. においてもつともすぐれ、これより濃度が高くなるにしたがつて発根は抑制された。

5) 体内窒素については、蛋白態窒素の含有率は生育各期を通じがいして 20°, 25°C 区において高く、殊に 30°・20°C の変温区において高かつた。

6) 糖類および粗澱粉についてはその代謝關係から25°C区がもつともすぐれ、穂への転流の点からも、もつとも効率の高い温度条件とおもわれた。これに反し、20°, 30°・20°C のごとき低温又は低温を組み合わせた変温は穂への転流を著しく阻害した。

引 用 文 献

- 1) 相見ほか (1959) : 日作紀, 28, (1)
- 2) 榎本 (1937) : 農及園, 12; 11. 12
- 3) KEFFORD, N. P. (1955) : Jour. Exp. Bot. 6

- 4) 吉川 (1930) : 農学研究 14
- 5) 松島ほか (1959) : 日作紀 28 ; 1
- 6) 松島ほか (1959) : 農及園 34 ; 5
- 7) 塚本ほか (1958) : 京大食研報告 21

Summary

Growth regulating substances, carbohydrates (sugars and starch), and nitrogenous compounds (proteid nitrogen and soluble nitrogen) were chemically analysed at various growth stages of rice plants, in order to show the relationship between soil temperature and those substances.

Plants of different growth stages were subjected to various soil temperatures such as 30°C, 25°C, 15°C, 30° · 20°C, and 30° · 15°C (the last two in the series of temperature means changes from high to low) for 10 days.

The results were as follows :

1) The contents of the growth-promoting-substances in roots at 15°C or 20°C were much more than those at 30°C. Their largest amounts were, however, found in the plots of alternating temperature.

2) The amount of growth promoting substances in root decreased as the plant grew. They were almost hardly detectable at the highest tillering stage, but they appeared again when the ear primordia began to differentiate.

3) Growth promoting substances were able to be extracted from leaf sheaths including young panicles in 30°C plot, but in 20°C plot they were scarcely recognizable.

4) Rooting of rice seedlings was most active in 0.3 p. p. m. concentration of indole-3-acetic acid (IAA) and it was disturbed as the concentration of IAA increased.

5) Larger amount of proteid nitrogen seemed to be accumulated in 25°C and 20°C plots at each stage of growth than in 30°C and 15°C plots ; especially in 30° · 20°C plot its accumulation was most vigorous.

6) The metabolism and translocation of carbohydrates such as starch and sugars seemed to be most active at 25°C. Low temperatures such as 20°C and 30° · 20°C, on the contrary, disturbed the migration of those substances to ear from culm.