

高水温が水稻の葉と冠根の形態におよぼす影響*

佐々木 修

(鹿児島大学農学部)

1991年11月29日受理

要旨 : 水稻の葉および冠根の分化・発育時期に短期間 (1~3葉間期) の高水温処理 (35°C) を行い、成熟時における葉と冠根の量的形質におよぼす影響について検討した。対照区の水温は30°Cとした。

葉身幅と葉身長はいずれも高水温によって抑制されたが、その影響のもっとも大きい時期は両者で異なっており、葉身長については、出葉中の“要素”から数えて1つ高位の“要素”の葉で影響が著しく、葉身幅についてはさらにそれより1つ高位の“要素”の葉で影響がもっとも大きかった。葉鞘長についても高水温の影響は認められたが、その処理時期による差は必ずしも明瞭ではなかった。

冠根数については、高水温の処理時期によって抑制、促進の双方が認められ、冠根の分化期では促進、その前あるいは後の時期ではむしろ抑制された。冠根直径については、その分化期より前の時期では高水温は抑制的に働いた。一方、冠根の分化期以降では必ずしも明瞭ではなかったが、上位根では促進、下位根では抑制される傾向が認められた。

このように、葉および冠根の分化・発育程度の違いによって、これらの形態に対する高水温の影響は著しく異なることが示唆された。

キーワード : 冠根, 形態, 高水温, 水稻, 発育段階, 葉鞘, 葉身。

Effect of High Water-Temperature on the Morphology of Crown Roots and Leaf in Rice Plants :
Osamu SASAKI (*Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan*)

Abstract : This study was undertaken to clarify the variation of the leaf sizes as well as the number and diameters of the crown roots in rice plant, that had been subjected to high water-temperature (35°C) at the different developmental stages of the leaf and crown roots primordia. Control plants were kept continuously at 30°C water-temperature. High water-temperature decreased both the length and the width of leaf blade. In this case, high water-temperature at the stage of emergence of a given leaf decreased exceedingly blade length of the adjacent younger leaf and blade width of the further adjacent younger leaf. High water-temperature did not show any significant variation in the sheath length.

High water-temperature at each stage before the emergence of the crown root decreased the total number of crown roots that emerged, except at the stage of initiation of crown root primordia—which increased in their number. At the stage before the initiation of the crown root primordia, high water-temperature decreased the diameter of both the upper and lower roots that emerged. At the stage from the initiation to the emergence of the crown root primordia, high water-temperature decreased the diameter of the lower root, but increased the diameter of the upper root.

Key words : Crown root, Developmental stage, High water-temperature, Leaf blade, Leaf sheath, Morphology, Rice plant.

南九州稲作における気象条件の特徴の一つは、本田初期から高気温とそれに伴う日中の高水温が長期間続くことである。とくに6月中旬以降においては最高気温30°C以上、平均気温28°C以上の日が数カ月間続き、日中の水温は35°C以上に達することもまれではない。一般に水温に関して、好適水温は30°C前後の範囲にあるといわれているが、南九州のような高気温下での好適水温はやや低温側に移行することが指摘されている¹⁾。したがって夏期高気温で推移する南九州の水稻の生育は高水温による阻害的影響をより受けやすいと考えられる。従来、水稻の生

育に対する水温の影響について多くの研究がなされているが、その多くは好適水温より低い水温の影響に注目したものであり、35°C以上の高水温の影響をみたものは少ない。一般に、このような著しい高水温のもとでは、茎数の増加^{1,9)} や葉齢の進行^{1,2,8)} は促進されるものの草丈^{8,9)} や根重が⁵⁾ 抑制され、結果的に個体乾物重が低下する^{1,8)} 傾向を示すことが知られている。しかし、これら諸器官の形態が発育のいかなる段階にもっとも高水温の影響を受けやすいかということについてはこれまで明らかにされていない。そこで本実験では、葉および根について、発育程度の異なる段階に短期間の高水温処理を行い、その影響について調べた。

* 本研究の一部は文部省科学研究費 (No. 59360002) による。

材料と方法

供試材料として水稻品種ミズホを用いた。直径 10 cm, 深さ 25 cm のステンレス製ポットに鹿児島大学付属農場畑土壌(シラス沖積土)を充填し, 肥料は基肥として硫酸アンモニウム, 過リン酸石灰および塩化カリを 1 ポット当り成分量でそれぞれ 0.15 g 全層に施用し, 追肥は行わなかった。ポットの水温変化は, ガラス室内に 30°C および 35°C に保たれた大型恒温水槽を設置し, 苗を移植したポットを所定的水槽に入れ換えることによって行った。この場合, ポットの土壌表面は水深 3 cm に保たれた。なお, 予備的に各水槽間でポットの入れ換えを行い, 地温の経時的变化をみたところ, ポット中央部で概ね 2 時間で水槽の温度と等しくなった。本研究においては根および葉の発育程度の異なる時期に下記のような 2 種類の高水温処理実験を行った^{*)}。

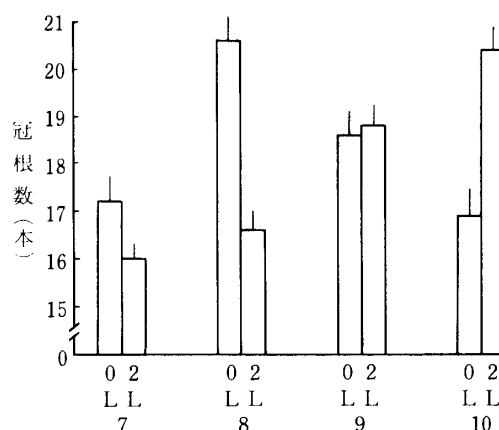
実験 1: 冠根始原体の分化・発育段階における高水温がその後の冠根の形態におよぼす影響についてみることを目的として実験を行った。

葉齢 5.5 の苗を 1986 年 7 月 4 日に 1 株 1 本植でポットに移植し, 水温 30°C のもとで生育させた。第 10 葉出葉開始の時期に葉齢のそろった 10 個体を水温 35°C に移し, 第 12 葉出葉開始までの 2 葉間期の期間生育させた後, 再び水温 30°C に移した。対照区として 10 個体は常時水温 30°C のもとで生育させた。材料の採取は 8 月 3 日第 14 葉出葉時に行った。本実験において冠根始原体の分化・発育段階に高水温の影響を受けると考えられる主茎の第 7 “要素” から第 10 “要素” について, 出根した冠根数(以下, 冠根数と記す), さらに実体顕微鏡下で出根部位における冠根の直径(以下, 冠根直径と記す)を測定した。

実験 2: 冠根の分化する以前の段階における高水温が葉および冠根の形態におよぼす影響をみることを目的として実験を行った。

葉齢 4.0 の苗を 1986 年 7 月 23 日に 1 株 1 本植でポットに移植し, 水温 30°C のもとで生育させた。第 6 葉出葉開始の時期に, それぞれ 6 個体を 1 葉間期, 2 葉間期および 3 葉間期の期間, 水温 35°C のもとで生育させた後, 再び水温 30°C に移した。対照区とし

^{*)} 本実験に先立って予備実験を行い, 第 n “要素” の葉身の出葉期にその “要素” で冠根始原体が分化すること, それより高位の “要素” で発育中の 4 個の幼葉が認められること, さらに第 n-3 “要素” で冠根が出現することを観察した。



第 1 図 “要素” 別の冠根数の推移 (実験 1)。

0 L: 対照区, 2 L: 2 葉間期の期間 35°C 水温処理を行った区。

7-10: “要素” 番号。グラフ上のバーは標準誤差の片側を示す。

以上の記号はすべての図について共通。

て 6 個体は常時水温 30°C のもとで生育させた。材料の採取は 9 月 1 日, 第 14 葉出葉時に行った。冠根が分化する以前の段階に高水温の影響を受けると考えられる主茎の第 7 “要素” から第 10 “要素” について, 葉身長, 葉身幅(最大幅を示す部位), 葉鞘長, 冠根数および冠根直径を測定した。

結 果

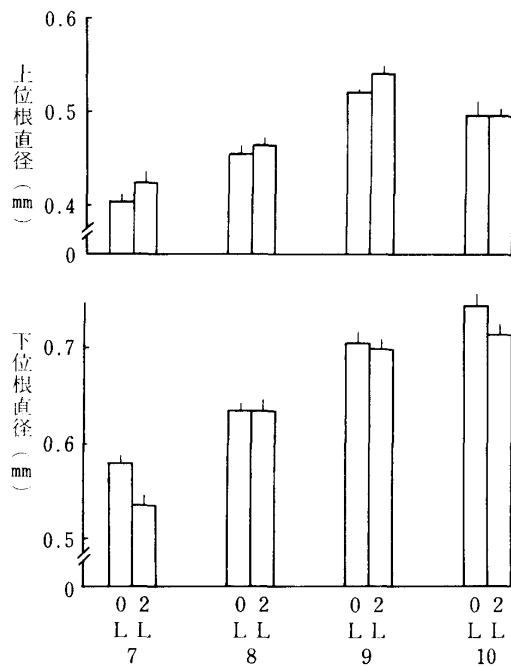
1. ガラス室内・外の気温の推移

実験期間(実験 1, 実験 2)を通じて, 若干の変動はあるものの, 最高気温および最低気温はほぼ一定であったが, ガラス室内・外の最高気温の差は大きく, 室内の気温は平均 37.6°C で室内より約 6°C 高く推移した。これに対して最低気温は, 室内で平均 26.2°C と室外より約 1°C たかいにすぎなかった。その結果, 平均気温は室内で平均 32.0°C となり室外より約 4°C 高く推移した。

2. 実験 1

第 14 葉出葉期における個体当たり平均茎数は対照区で 6.3 本, 35°C 水温区で 5.5 本であり, 高水温区で若干減少する傾向を示した。

冠根数は水温 30°C の場合第 8 “要素” で最大となり, それより高位の “要素” となるにしたがって減少したが, 水温 35°C では高位の “要素” ほど根数は増加し, 第 10 “要素” で最大となった(第 1 図)。また, 両水温について相互に比較すると, 第 9 “要素” より低位の “要素” では水温 30°C の方が冠根数は多く, それより高位の “要素” では水温 35°C の方が冠根数が多い結果となり, 水温による影響が著しく



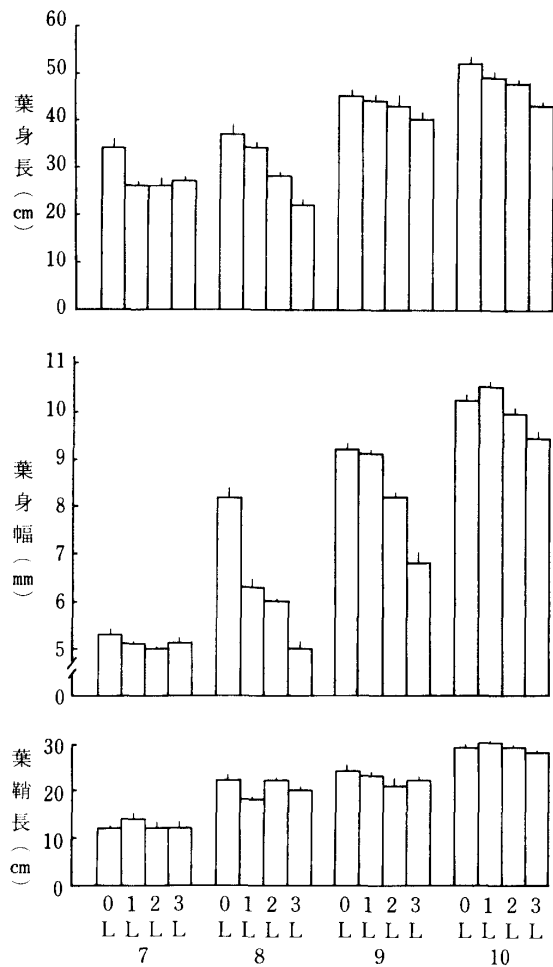
第2図 “要素”別の冠根直径の推移 (実験1)。

現れた。冠根直径についてみると、上位根は両水温とも、“要素”が上がるにつれて直径は増大したが、第10“要素”では再び減少した(第2図, 上)。一方、下位根は高位の“要素”ほど直径は増大する傾向を示した(第2図, 下)。各水温間で比較すると、上位根の直径は水温35°Cで若干まさり、下位根の直径は水温35°Cの方が若干劣っていたが、影響の認められない“要素”もあり、各“要素”間で共通した一定の傾向は認められなかった。

3. 実験2

第14葉出葉期における個体当りの平均茎数は対照区で6.5本、1~3葉間期の期間高水温処理をおこなった区ではそれぞれ、5.7本、5.7本、5.3本であり、処理期間が長いほど茎数は若干減少する傾向を示した。

(1) **葉身長, 葉身幅, 葉鞘長**: 葉身長は高水温によって減少したが、その程度は“要素”あるいは高水温の継続期間によって異なっていた(第3図, 上)。第7“要素”では高水温の継続期間にかかわらず同程度の減少を示し、第8“要素”では高水温の継続期間が長いほど減少の程度は著しく、第9、第10“要素”では減少程度の差は小さくなるが、やはり第8“要素”の場合と同様の傾向を示した。葉身幅は、葉身長と同様、高水温によって著しい減少を示した(第3図, 中)。すなわち、第7“要素”では高水温の継続期間にかかわらず処理の影響は認められなかった

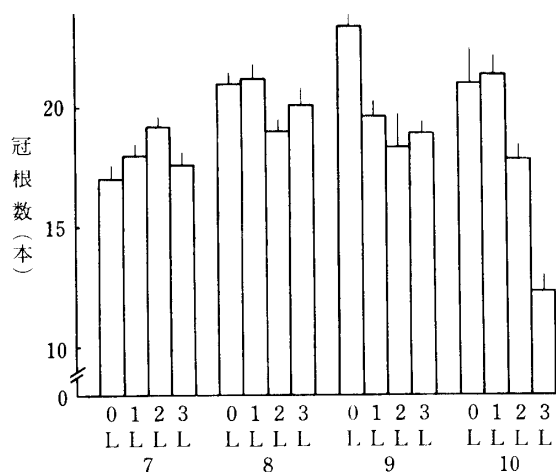


第3図 “要素”別の葉身長, 葉身幅および葉鞘長の推移 (実験2)。

0L: 対照区, 1L-3L: それぞれ1葉間期から3葉間期の期間35°C水温処理を行った区。

が、第8“要素”では高水温による減少がもっとも強くあらわれ、高水温の継続期間が長いほど減少程度は著しかった。第9“要素”から第10“要素”にかけて、高水温による減少程度は徐々に小さくなったが、この場合も、高水温の継続期間が長いほど葉身幅の減少程度は大きい傾向が認められた。葉鞘長については、各“要素”において5cm以内の範囲で変動し、高水温によって若干変動する傾向を示すものの、その継続期間による一定の傾向は認めがたかった(第3図, 下)。

(2) **冠根数および冠根直径**: 冠根数は、各“要素”とも多少の変動があるものの、第7“要素”では高水温によってわずかながら冠根数が増加傾向を示し、第8“要素”より高位の“要素”となるにしたがって、高水温による冠根数の減少が著しくなる傾向が認められた(第4図)。高水温の継続期間と冠根数の関係は明瞭には認めがたいが 第10“要素”におい



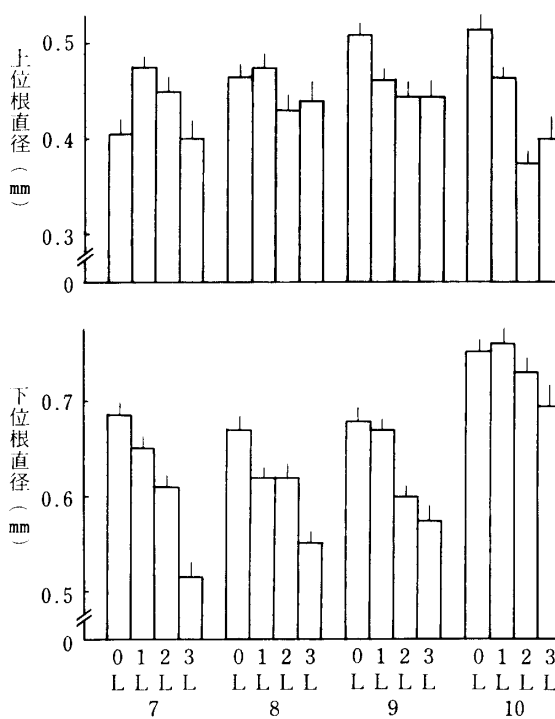
第4図 “要素”別の冠根数の推移 (実験2)。

ては高水温の継続期間が長いほど冠根数の減少は著しかった。冠根直径についてみると、高水温区の上位根直径は第7“要素”で若干まさるが、それより高位の“要素”となるにしたがって、減少が著しくなった(第5図, 上)。また、多少の変動はあるが、高水温の継続期間が長いほど直径の減少程度は著しかった。これに対して、下位根ではいずれの“要素”においても直径は高水温条件で減少し、しかも高水温の継続期間が長いほどその減少程度は著しくなる傾向を示した(第5図, 下)。

考 察

以上、分化・発育中の茎葉および冠根に対して高水温処理を行い、成熟時におけるこれらの諸形態におよぼす影響について調べた結果、高水温に遭遇する時期によって影響の受け方が異なることが示唆された。

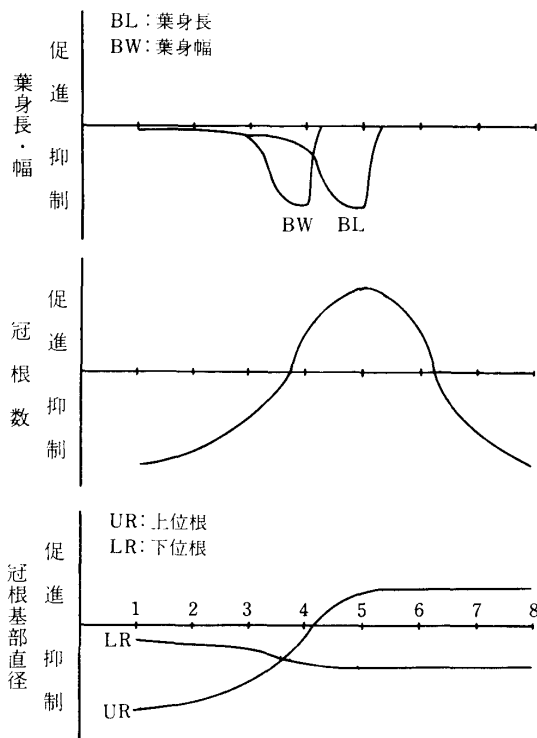
まず、それぞれの高水温の処理開始時期における茎葉および根の発育程度は既報^{3,4,6,11)}によれば以下のようなになる。実験1における第7“要素”から第10“要素”のそれぞれの“要素”の齢は8.0から5.0に相当し、茎の直径は第10“要素”では増大しつつあり、第7“要素”ではほぼ最大値に達している。冠根始原体は第10“要素”では分化段階にあり第7“要素”では出根段階にある。また葉については第10“要素”の葉鞘を除いていずれも生長を完了していると考えられる。これらの段階における高水温の影響は冠根直径に対しては必ずしも大きな差は認められなかったが、上位根ではやや促進的、下位根ではやや抑制的な傾向を示した。一方、冠根数に対する影響は著しく、冠根始原体の分化段階(第10“要



第5図 “要素”別の冠根直径の推移 (実験2)。

素”)における高水温は、冠根数に促進的に働いたのに対して、より発育の進んだ冠根始原体(第7“要素”, 第8“要素”)における高水温は冠根数に抑制的に働いた。ここでは発育停止始原体の測定は行っていないので推測の域をでないが、以下のことが考えられよう。すなわち、冠根始原体の分化に対しては高水温は促進的であるが、その後の発育に対して抑制的に働き、その結果として出根した冠根数が少なくなるのではないかということである。いずれにしてもこの点に関する報告はなく、今後、生育停止始原体を含めた解剖学的追跡が必要であろう。

次に、実験2の高水温処理の開始期における第7“要素”から第10“要素”の葉の発育段階は、それぞれ“要素”の齢は4.0から1.0に相当し、いずれも実験1より前の段階にある。この段階では第7“要素”で葉身幅がほぼ決定する¹²⁾ものの葉身長および葉鞘長はいずれの“要素”についても発育中であり、上位の“要素”ほどその発育程度は低い。また、冠根始原体の分化はまだおこっていない。このような段階において高水温にあうと葉身長および葉身幅が抑制されたが、“要素”によって抑制程度に差が認められたのが特徴的であった。このことは葉の発育程度が異なると高水温に対する感応度もまた異なることを示しているものと考えられる。すなわち、高水温の継続期間を考慮すると、“要素”の齢が4.0以



第6図 葉および冠根の形態に対する高水温の影響を示す模式図。

1-8: 根本・山崎⁶⁾の“要素”の齢の基準を適用した。

降における高水温は葉身長の発育を、また、“要素”の齢が3.0以降における高水温は葉身幅の発育を著しく抑制し、それ以前の発育段階の葉に対して高水温の影響は小さいものと考えられる。換言すれば、葉身長および葉身幅の決定期より一段階若い発育段階の葉に対する高水温の影響が大きいということである。この発育段階では葉の基本分裂組織およびintercalary meristemの働きが活発であると指摘されており¹¹⁾、このような段階の分裂組織に活動に対して高水温が著しく抑制的に働いたものと考えられる。葉鞘長については高水温による抑制が若干認められたが、各要素間で大きな特徴は認められなかった。特に、葉鞘長は“要素”の齢が5.0以降に急激な生長を示すことが知られており、この発育段階に相当する第7“要素”において高水温による抑制が予想されたが、そのような結果は得られなかった。

冠根数に対する高水温の影響は、必ずしもその継続期間の長短に沿った変動を示さないが、全体的にみると、茎の発育初期(第10“要素”)における高水温がもっとも抑制的に働き、茎の発育程度が進むにしたがって高水温による抑制は小さくなり冠根始原体の分化期に相当する第7“要素”ではむしろ冠根

数の増大に促進的に働いていた。この時期は実験1では第10“要素”に相当し、その結果と一致するものであった。冠根直径については、冠根始原体の分化期前後に相当する第7“要素”で上位根が若干促進的であったものの、その他の“要素”については上位根、下位根とも冠根直径は著しく抑制された。とくに、第8“要素”~第10“要素”はいまだ冠根始原体の分化がおこらない段階に高水温処理を受けたにもかかわらず、その後分化発育してくる冠根直径に著しい影響が認められた。

このように“要素”の発育段階が異なる時期に高水温に遭遇すると、冠根数あるいは冠根直径に対して促進、抑制の双方の効果があらわれることがわかったが、いまだ冠根が分化していない段階の茎に対する高水温が、その後分化してくる冠根の形態に、間接的に影響をおよぼしているということが注目される点であった。

以上、実験1と実験2で得られた結果をもとに、“要素”の齢による考え方を基準として、葉および根の諸形態に対する高水温の影響についてとりまとめたものを第6図に示した。

引用文献

1. 長谷川浩 1959. 水稻の出葉速度と土壤温度. 農及園 34: 1795-1798.
2. 星野孝文・松島省三・富田豊雄・菊池年夫 1969. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第88報 苗代期の気温・水温の各種の組み合わせ処理が同一葉齢の水稻苗の諸形質に及ぼす影響. 日作紀 38: 273-277.
3. 川田信一郎・山崎耕宇・石原 邦・芝山秀次郎・頼 光隆 1963. 水稻における根群の形態形成について、とくにその生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 32: 163-180.
4. ———・原田二郎・山崎耕宇 1972. 水稻茎部における冠根始原体の形成について. 日作紀 41: 296-309.
5. 長井 保・松下栄二 1963. 異なる土壤温度における水稻根の生理生態. 1. その生態について. 日作紀 31: 385-388.
6. 根本圭介・山崎耕宇 1986. 水稻主茎における茎の伸長、肥大と1次根の形態との関係. 日作紀 55: 352-358.
7. 佐本啓智・杉本勝男・宇田昌義 1959. 昼夜温および夜温の差異が水稻の生育に及ぼす影響. 農及園 34: 1721-1722.
8. 田中孝幸・松島省三・富田豊雄 1968. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第84報 昼夜水温の変化が水稻苗の生育反応に及ぼす影響. 日作紀 37: 187-194.

-
9. 角田公正・松島省三 1963. —————. LXII
水深を異にした場合の水温の高低が水稻の生育・収
量ならびに収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 31:
19—21.
10. 植木健至 1971. 南九州とくにシラス地帯における水
稻生育に及ぼす灌がい水温の影響. 鹿大農学術報告
第 21 号: 1—41.
11. 山崎耕宇 1963. 水稻の葉の形態形成に関する研究.
1. 葉の発育経過に関する一般的観察. 日作紀 31:
371—378.
12. —————1964. —————. IV. 葉の形態形成
に関する二, 三の実験. 日作紀 32: 237—242.
-