

# 水稻苗の発根と分けつ芽の發育におよぼす

## 重力の影響 I

石 井 滋 規

(奈良学芸大学栽培学教室)

昭和38年10月7日受理

### Effects of Gravity upon Rooting and Development of Tillering Buds in Rice Plant

Shigeki ISHII

(Laboratory of Plant Cultural Science, Nara Gakugei University, Nara, Japan)

Received October 7, 1963

As one of georeactions shown by *Gramineae*, phenomena of rooting and development of tillering buds in rice seedlings were examined.

For the morphological observations the seedlings in which the 8th leaves or the 9th leaves were unfolded respectively, but in which tillers were not yet emerged, were fixed in a horizontal position with their main axes for 6 days.

The roots newly formed were apparently more numerous in the horizontal plots than in the vertical. This is chiefly due to the larger number of new roots on the uppermost rooting node of the seedlings in the horizontal plots.

There was no significant difference in the total length of new roots per plant between both plots.

Tillering buds in the horizontal plots, when macroscopically observed, were generally more elongated in comparison with those in the vertical, especially on the 4th node of the seedling with the 8th leaf expanded and on the 4th to 7th nodes of the seedling with the 9th leaf expanded.

According to the histological observations which were made of the seedlings with 6 expanded leaves, growth of tillering buds and rooting primordia were markedly accelerated on the 5th node in the seedling kept horizontally in the dark for 2 days as compared with the seedling kept vertically, though little difference could be found in the initiation and development of tillering primordia and rooting primordia on the upper nodes than the 5th one in both plots.

## 緒 論

水稻の移植に際して苗は地面に直角に植え付けられるのが普通であるが、一部には苗が斜めま

たは横にして植えられる場合もある。長野県その他の一部に行なわれている横臥栽培を始め、最近試験的に行なわれている植苗紙利用の移植法<sup>(1,2)</sup>や苗播き法<sup>(3,4)</sup>もまた一種の横植え栽培法と見ることができる。これらの栽培法においてはほぼ共通して、普通栽培に比し茎数および穂数が増加し、玄米収量もまた多くなる傾向があるという。石井および佐藤は枠試験によって、水稻の横植えが直立植えに比し茎数とくに低節位分けつ数の増加を促すことを確かめ<sup>(5)</sup>、また発根試験によって、苗の水平挿しは発根数と発根長を増加せしめることを認めた<sup>(6)</sup>。

水稻の横植えが発根および分けつ能力を高める原因について、室賀および松田<sup>(7)</sup>は横植えは必然的に浅植えとなって、根部への通気および熱伝達の効果が高められるためであろうとしたが、佐藤<sup>(8)</sup>は以上の原因の他に、苗軸の側面に与えられる重力の刺激の効果が考えられると提唱した。

植物の重力反応の問題は古くから多数の研究者によってとり上げられたが、重力の成形作用については、EWARTおよびMASON-JONES<sup>(9)</sup>、尾中<sup>(10,11)</sup>、SATO<sup>(12,13)</sup>らによって主軸の横断面に働く重力の直接的刺激効果によるものとされた。しかしこれらの研究は専ら双子葉植物の形態・組織的变化とその生理的機作を対象として行なわれたもので、単子葉類についてこれらの点を明らかにしたものは未だこれを見ない。単子葉類は茎の構造において双子葉類のそれとは著しく異なった点を有し、重力反応についても後者に見出される現象がそのまま認められるか否か検討を要する。著者はかかる観点に立って、先ず苗軸の水平保持が水稻の発根と分けつ芽の生長におよぼす影響を調査観察して、禾本科作物の発育に対する重力の刺激的效果を検討するためにこの実験を行なった。

本実験は京都大学農学部長谷川教授と本学生物学教室佐藤教授の御指導を受けて行なったものである。また本学栽培学教室中森・中田両助教授からは種々の御援助を賜わった。共に、ここに篤く御礼を申し上げる。

## 実験方法

実験は次の2部に分けて行なった。

### 1. 外部形態の観察

一定間隔で1列に10個の円孔をあけた内径4cm、長さ55cmの硬質ビニールパイプを5本並列に連結して、その円孔に苗を固定した後、パイプの回転によって直立区 (Vertical) および水平区 (Horizontal) の2区を設け、各管内にはゆるやかに一定流速で水道水を通じた (Fig. 1)。中央

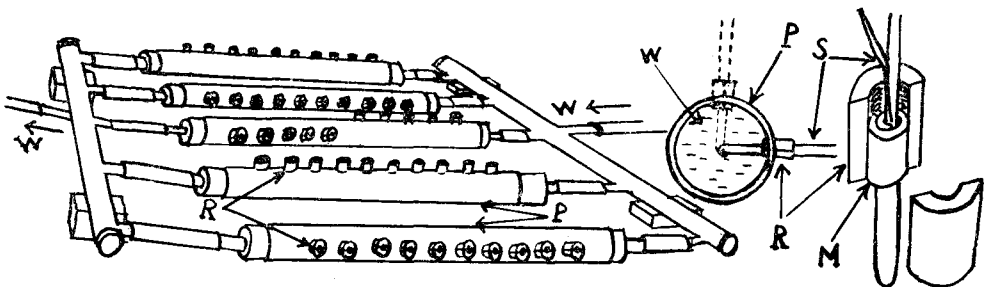


Fig. 1. Apparatus for the morphological experiment.

M: Multilayer cloth, P: Polyvinyl pipe, R: Rubber stopper, S: Rice seedling, W: Water.

列のみは同一パイプ上に5個体ずつ直立と水平の処理が出来るようにしたので、総個体数は各区25となった。苗はワセリン塗布のモルトプレンプ片で巻かれた後、ゴム栓（中央に小孔をあけて縦割りしたもの）で挟み、パイプ上の円孔にさし込まれたが、その基端がパイプの中心に位するように調節された。なお水平区においては、苗の両側から展開している葉が互いに水平になるような方向に苗をさし、また管内では僅かに上部に気泡が残る点を除けば、常に満水状態が維持されるように工夫された。

処理は1962年8月に2回、それぞれ6日間にわたって行なわれた。供試品種は黄金錦で、葉令（不完全葉を除く）2.0の時から木村氏B液で水耕した。第1回目の処理では葉令8.1、第2回目では同9.2のそれぞれ分けつを持たぬ苗を、その基部からすべて剪根して用いた、この剪根操作は一時的に水稻に著しい生育障害を与えるものと思われるが、発根量観察の便宜上行なわれたものである。また本実験の目的が第1回目・第2回目とも、地上部においては分けつ芽の発育状態を観察することにあつたので、上述の如く、葉令に比して分けつの発育程度が著しく悪い苗を殊更用いた。実験期間中の平均気温は第1回目には28.4°C、第2回目には27.1°Cであった。

処理後直ちに苗をFAAで固定し、個体ごとに長さ1mm以上の根の数と長さ、および節位ごとの分けつ芽長を測定した。また第1回目の一部の個体については、双眼解剖顕微鏡下で節位別に根を外し、その数と長さをた測った。分けつ芽長の測定も、比較的大きなものを除いては、すべて解剖顕微鏡下で行なった。

## 2. 組織学的観察

外部形態の実験で明らかにし得ない、根原基および分けつ原基の発育状態について組織学的な観察を行なうために、次のような方法で材料を用意した。用いられた苗の品種はトヨサトで、実験(1)と同様に、水耕されて分けつを持たぬ苗（葉令6.1）を剪根して、1本ずつ径18mmの試験管に入れ、各1ccの蒸留水を加えて綿栓した。更にその上を硫酸紙で包んで、苗軸が直立或は水平になるように台を設け、30°Cの暗黒定温下で2昼夜過ごさせた（Fig. 2）。なお苗は萎凋を少なくするために、剪根後一旦蒸留水中に完全に漬けた上試験管に入れた。更に、苗の基部に対する酸素および水分条件が直立・水平両区間でほぼ等しくなるようにするために、水平区では試験管の先を僅かに持ち上げて水を管底に溜め、両区とも管壁に接する葉の支えによって、苗の下端が水面からやや上にあるようにした。水平区における葉の方向は外部形態観察の場合と同様である。

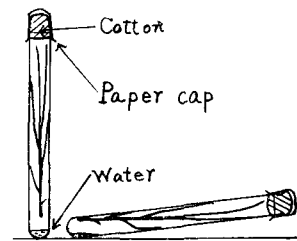


Fig. 2. Treating method of seedlings in the histological experiment.

処理後FAAで苗を固定して発根数を調べた後、パラフィン法によって茎軸部を連続切片としてから、主としてDelafield's haematoxylinによる染色を行なって検鏡した。処理の個体数は各区とも10である。

## 実験結果および考察

### 1. 発根力について

#### 1) 発根数

Table 1. Number and length of new roots per plant.

Experiment	Plot	Number of roots	Total length of roots	Mean length of a root
1st	Vertical	19.4 (100%)	622.4mm (100%)	32.1mm (100%)
	Horizontal	25.3** (130 )	663.5 (107 )	26.2** ( 81 )
2nd	Vertical	24.2 (100 )	1094.9 (100 )	45.2 (100 )
	Horizontal	29.5** (122 )	1154.4 (105 )	39.1** ( 87 )

\*\* Significant at 0.01 level.

Table 2. Number and length of new roots on each node of the seedling treated in the 1st experiment.

	Plot	Number of node in acropetal series					
		1	2	3	4	5	6
Number of roots	Vertical	0	0.2	2.0	0.8	15.2	0.6
	Horizontal	0	0.6	1.0	3.4	13.6	6.0
Total length of roots (mm)	Vertical	0	2.6	39.6	45.0	582.0	13.4
	Horizontal	0	9.8	29.4	130.4	531.8	136.6
Mean length of a root (mm)	Vertical	0	13.0	19.8	56.3	38.3	22.0
	Horizontal	0	16.0	29.4	38.4	39.1	22.8

Table 1 に示される如く、第 1 回目・第 2 回目の処理とも水平区では直立区に比して明らかに発根数が多い。また第 1 回目の処理による節別発根数は Table 2 の如くで、両区における根数の差は主として、6 節からの発根数が水平区において直立区よりも多いことに基づることが判る。

一方、根原基の発達に関する組織観察の結果によれば、両区とも根原基は第 6 節から分化し始めるが、この節においては原基の数および発育度に区間差を認めることができない (Fig. 3)。しかるに第 5 節では、両区とも原基の数が急速に増加するが、その発育度は水平区において著しく促進され、周辺部維管束から発した根原基の先端が柔組織を通過して、殆ど機械的組織に達しているのが認められた (Fig. 4)。また第 4 節においては、根原基の多くは発根直前の状態に達して一部はすでに発根しているが、その現象は水平区において促進されていた (Fig. 5)。更に第 3 節では直立区において 2.3 本、水平区において 3.3 本の発根を認めただけども、根原基については存在が不明瞭で、かつ区間に差を見出すことができなかった (Fig. 6)。なお水平区の第 5 節および第 4 節においては、横たえられた茎軸の下側面にある根原基が上側面のものよりも目立って発育を促進されているのが認められた。

以上の組織的観察の結果は、水平区においては僅か 2 日間の処理によっても、一部の節に根原基の発育促進効果が認められることを示す。すなわち、水平処理が水稻苗に対してこの効果をとくに強く現わす部位は極端な下位節でないことは勿論であるが、また最も若い根原基を有する上位の節でもなく、処理開始時すでに原基が分化を終えて、それが相当発育している節附近である

うと推察される。このことから、外部形態の観察において、水平区では最上の節からの発根数が直立区に比べて多かったことの理由が理解される。また観察により、水平区の第6節（最上発根節）における発根促進は主として茎軸の下側面において行なわれていることが見出されたが、このことは組織観察において認められた事実とよく一致する。

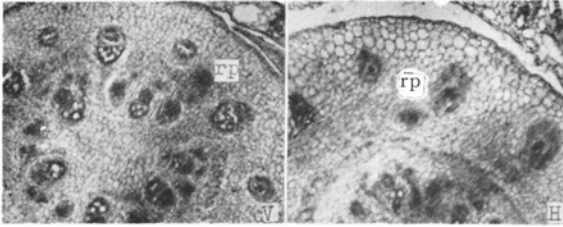


Fig. 3. Rooting primodium on the 6th node in cross section. V: vertical stem, H: horizontal stem, rp: rooting primodium. ( $\times 80$ )

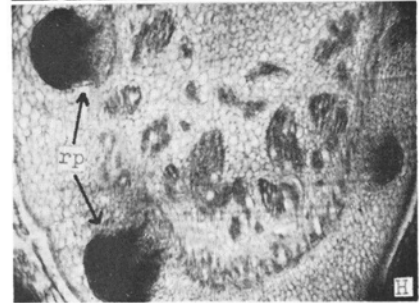


Fig. 4. Rooting primordia on the 5th node, cross section.

V: vertical stem, H: horizontal stem, rp: rooting primordia. ( $\times 80$ )

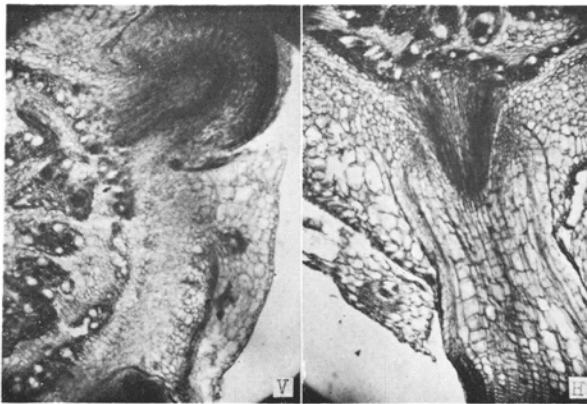


Fig. 5. Rooting primordia or root on the 4th node, cross section.

V: vertical stem, H: horizontal stem. ( $\times 80$ )

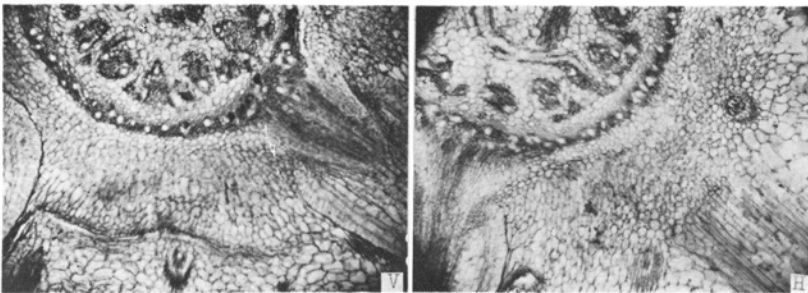


Fig. 6. Cross sections of the 3rd node.

V: vertical stem, H: horizontal stem. ( $\times 80$ )

Table 3. Distribution of roots classified by their length.

Experiment	Plot	Class of root length in mm							
		1—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—140	Total
1st	Vertical	32.7%	36.1%	22.2%	8.8%	0.3%	—%	—%	100%
	Horizontal	44.8	36.5	15.6	3.2	—	—	—	100
2nd	Vertical	21.9	24.2	22.1	19.7	10.0	2.2	—	100
	Horizontal	32.8	22.4	21.4	14.2	7.7	1.4	0.1	100

## 2) 発根長

Table 1 から明らかなように、総根長においては第1回目・第2回目の処理を通じて、水平区が僅かに優るも、区間に有意差は認められない、しかし水平区では直立区に比べて平均根長が明らかに劣っている。このことは Table 3 から分るように、水平区では第1回目・第2回目の処理を通じて短根数の割合が高く、長根数の割合が低いことに起因している。

Table 2 によって節位別の平均根長を比べると、第6節の根は4節・5節の根よりも短いことが判り、水平区において短根数の比が大きいことの一因は、この6節（最上発根節）からの発根数が多いことにあると考えられる。同時にまた、水平区においては4節の根長も直立区に比べて顕著に短くなっており、このことも水平区の平均根長を短くする一因となるが、その理由については明らかでない。

## 2. 分けつ芽の發育について

節位別の分けつ芽長は Fig. 7 および Table 4 から明らかなように、第1回目・第2回目の処理を通じて水平区が直立区に優り、第1回目の処理では第4節、第2回目の処理では第4～7節においてその傾向が顕著であった。一方葉令 6.1 の苗を用いた組織的観察結果によると、分けつ原基

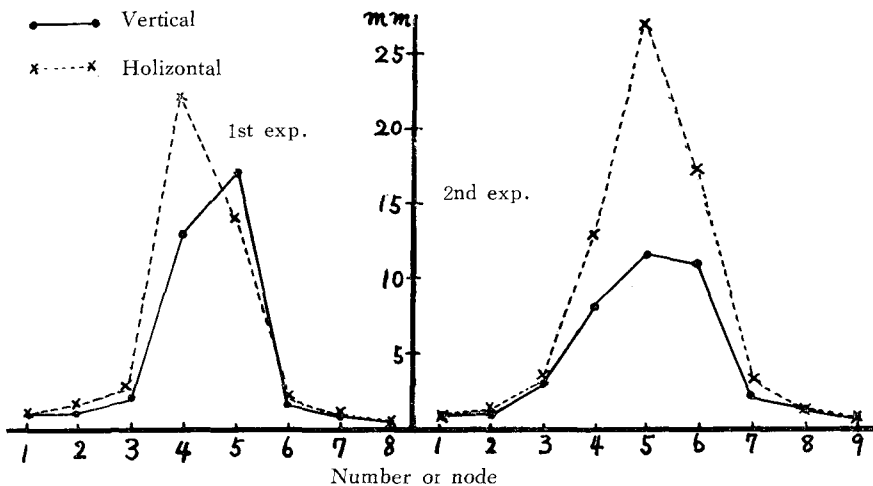


Fig. 7. Length of tillering bud on each node.

Tadle 4. Length of tillering bud on each node.

Experi- ment	Plot	Number of tillering bud in acropetal series								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1st	Vertical	0.70 <sup>mm</sup>	1.06 <sup>mm</sup>	1.97 <sup>mm</sup>	12.79 <sup>mm</sup>	16.88 <sup>mm</sup>	1.50 <sup>mm</sup>	0.68 <sup>mm</sup>	0.26 <sup>mm</sup>	—
	Horizontal	0.79	1.23	2.52	22.09**	13.65	1.66	0.81	0.31	—
2nd	Vertical	0.70	0.96	2.62	5.34	11.51	10.86	2.14	1.00	0.51
	Horizontal	0.72	1.13	2.99	12.56**	26.91**	17.08**	3.02**	1.04	0.54

\*\* Significant at 0.01 level.

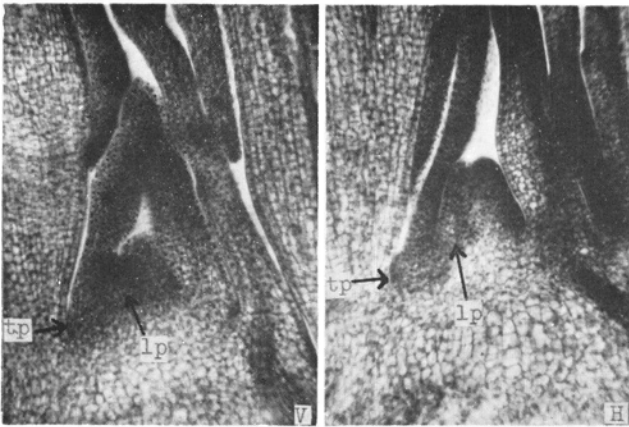


Fig. 8. Tillering primodium (tp) on the 8th node in longitudinal section.

V: vertical stem, H: horizontal stem, lp: leaf primodium.  
(× 200)

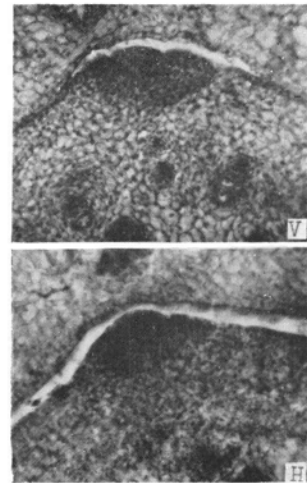


Fig. 9. Tillering bud on the 6th node, cross section. (× 200)

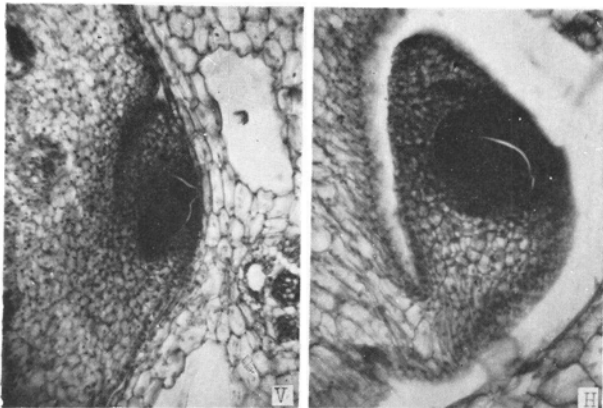


Fig. 10. Tillering bud on the 5th node in cross section.  
(× 200)

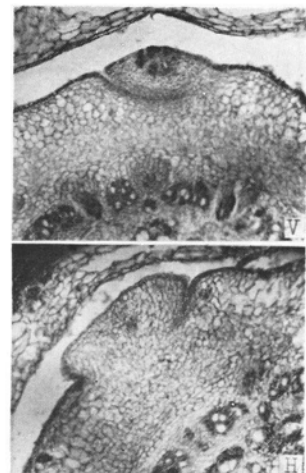


Fig. 11. Tillering bud on the 4th node, cross section. (× 80)

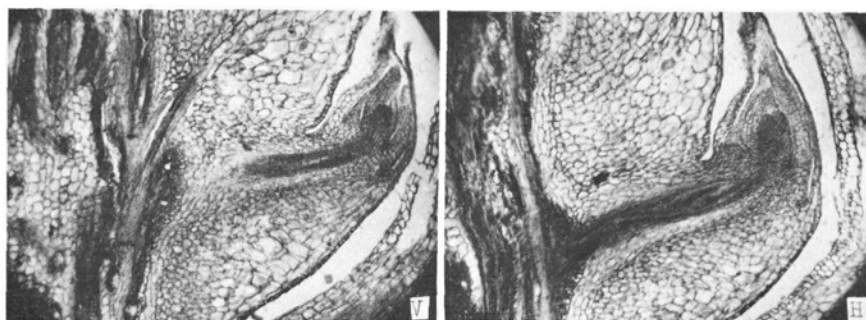


Fig.12. Tillering bud on the 3rd node in longitudinal section. ( $\times 80$ )

の認められたのは両区とも第8節からであって (Fig. 8), 第6節では发育した原基がすでに *Prophyll* を分化して分けつ芽の形態<sup>(4)</sup>をとるに至っているが (Fig. 9), 第8~6節間では原基ならびに分けつ芽の发育度に関しては一定の傾向が認められない。しかし第5節では分けつ芽の发育度に処理の影響が極めてよく現われ、水平区では直立区に比べて明らかに发育が促進されている (Fig. 10)。第4節および第3節においては第5節における程顕著ではないが、水平区において促進が認められた (Fig. 11および Fig. 12)。

これらの結果から、水平区においては直立区に比べて分けつの出現がより早いことが推察されるが、このことは著者らが過去に行なった梓試験の結果<sup>(5)</sup>をもよく裏書きするものと云える。

一般に水稻の葉および分けつ出現の秩序性からすれば、本研究の形態観察に用いられた苗は葉令に比して分けつ或は分けつ芽の发育が強く抑制され、下位節では殆んど休眠に近い状態にあったと推測されるのに、処理後水平区においては直立区に比し、可成り低節位まで分けつ芽の生長が促進されていたことは注目し得る。本実験で水平区に見られた分けつ芽の生長促進が常に分けつの出現にそのまま繋がるものとは期待できぬが、分けつ芽の发育促進に対する重力の刺激的效果の大きさは否定できないものと考えられる。

ただ、この水稻苗の分けつ芽の发育におよぼす重力の刺激的影響は常に直接的なものであるか、或はまた、苗軸を水平に保つことが頂端生長を抑制し、その補償作用として間接的に側芽の发育が助長されるに過ぎないものか、この点については今後究明すべき問題であると思う。

## 総 括

水稻の苗軸を水平に固定して、主軸に直角に作用する重力刺激が発根および分けつ芽の发育に如何なる影響をおよぼすかを検討した。

1. 発根現象に関して——6日間の処理によって水平区では根数が明らかに多くなるが、総根長は僅かに優る程度で、これらは主として次の理由に基づくことが知られた。水平区では直立区に比して、最上節からの発根数が多く、しかもその長さは下位節の根に比べて著しく短いのので、個体当りの発根数が増加し、逆に根長は減少する。なお組織観察の結果によれば、2日間苗を水平に保持することによっても、一部の節の根原基は直立苗に比し著しく发育を促進されていた。そしてこの水平処理によって根原基の发育度に最も強い影響を受ける部位は、原基の分化が終って、これから急速な发育を開始しようとしている節位であろうと推測された。



2. 分けつ芽の發育に関して——6 日間の苗の処理を通じて、水平区においては概して各節の分けつ芽長とも直立区のそれに比べて大となったが、とくに葉令 8.1 の苗を用いた場合には第 4 節、葉令 9.2 の苗を用いた場合には第 4～第 7 節の分けつ芽が明らかに生長を促進されていた。一方 2 日間同様な処理を行なった材料についての組織学的觀察によれば、分けつの原基や最も若い分けつ芽の發育度に関しては一定の区間差がなく、その下位の、若い分けつ芽が急速な發育段階に入ろうとしていると推測されるところの節、例えば、本実験におけるような葉令 6.1 位の苗ならば、第 5 節において水平区の分けつ芽が著しく生長を促進されるのが認められた。

以上の結果をもとに、今後重力刺激に対して主として水稻の発根と分けつ芽の發育が示す反応を種々の角度から分析し、更にその生理的機構を究明して行きたいものとする。

## 文 献

- (1) 西内 光：日作紀，**30**，183 (1962)。(講演要旨)。
- (2) 西内 光 他：近畿育作会報，**2**，19 (1962)。
- (3) 木根淵旨光 他：日作紀，**31**，411 (1963)。(講演要旨)。
- (4) 末沢一男 他：日作紀，**31**，412 (1963)。(講演要旨)。
- (5) 石井滋規・佐藤一郎：近畿育作会報，**5**，31 (1960)。
- (6) 佐藤一郎・石井滋規：日作紀，**27**，401 (1959)。(講演要旨)。
- (7) 室賀利正・松田順治：農及園，**32**，581 (1957)。
- (8) 佐藤一郎：農及園，**35**，955 (1960)。
- (9) EWART, A.J. and A.J. MASON-JONES: *Ann. Bot.*, **20**, 201 (1906)。
- (10) 尾中文彦：京大演習林報，**10**，1 (1937)。
- (11) 尾中文彦：京大木材研究所報，**1**，1(1949)。
- (12) SATO, I: *Jap. Jour. Bot.*, **15**, 249 (1956)。
- (13) SATO, I: *Jour. Exp. Bot.*, **12**, 341 (1961)。
- (14) 関谷福司：日作紀，**27**，71 (1958)。
- (15) 片山 佃：稻・麦の分けつ体系，養賢堂 (1951)。