

浮 稻 の 通 気 組 織 系

—とくに伸長最低節間の節位について—

有門博樹
(三重大大学)

Ventilating System in the Floating Rice
with Special Respect to PLEI

Hiroki ARIKADO
(Mie University)

浮稲栽培は毎年繰り返し洪水が起こる東南アジアの大河川のデルタ地帯において自然生態系に適応した稲作である。井之上⁶⁾はアジア産浮稲749品種を供試して広範な研究を行い、各種の性状に幅広い変異のあることを報告した。また、浮稲性はもっとも基本的な野性稻的形質であると考察した⁴⁾。著者¹⁾は日本の栽培稲（以下栽培稲と略称する）において、辺周部維管束環の形状変化に着目して、非伸長節間と伸長節間とを区別したが、アジア産浮稲は*Oryza sativa* L. に属するから、栽培稲と同様に、通気組織の消長と、辺周部維管束環の形状変化が起こるであろうという推定の下に、解剖学的観察を行っているが、興味ある結果を得たので報告する。

材料と方法

供試した材料は九州大学農学部井之上準教授から分譲していただいた4品種である。これをAグループ: Badole 672/1とBhadoia 689—伸長最低節間(PLEI) 7~9のもの、およびBグループ:Puri a Magri とBhasomanik—伸長最低節間11~15のものに類別した⁶⁾。1992年5月1日に潤水した濾紙上に置床し、28~30℃の下で発芽せしめ、5月8日~5月12日の間に、発根した幼植物を表土面下約1cmの深さに保って、素焼の6号鉢に1鉢4本を移植し、畑状態で栽培した。浸水処理前に間引きして要素数のそろった2株を残した。用土は休耕田の水田土壌を乾燥させたものを用い、1鉢に粒状化成肥料(15:15:15) 2gをあらかじめ全層施肥しておいた。

Aグループの2品種は6月17日に浸水処理を開始し、鉢の表土面上の水位を毎日2cmづつ増水し、7月9日に表土面上46cmの水深に達した時に満湛になった。この間降雨によって増水した時は汲み出して所定の水位に戻した。満湛後は減水した分のみを補給して常時46cmの水位に保った。Bグループの2品種は7月15日に浸水処理を開始し、Aグループと同様に、水位を増やして行き、8月6日に表土面上46cmの水深に達した。水槽は90ℓ容の塩ビ容器を使用し、各品種とも1容器に3鉢を沈めた。

要素数(節数)は初生葉の着生する要素を第1要素とし、向頂的に第3要素に着生する葉に黄エナメル、第5要素に着生する葉に赤エナメルを塗付し、2葉間隔ごとに黄と赤のエナメルを塗付して、要素数の調査に便宜をはかった。顕微鏡観察の方法および図版中の略字は前報¹⁾を参照されたい。

結果と考察

浸水処理直前とその後1回および最終調査時の生育状態を一括して表1に示す。

Aグループの2品種は

表1 生育調査の成績

伸長節間部の要素から1次分げつおよび2次分げつを発生したが、Bグループの2品種は主として非伸長節間部の要素から1次分げつが発生し、伸長節間からの分げつの発生はきわめて少なかった。通気圧は4品種とも、栽培稲に比較して低い値を

類別	品 種	調査月/日	草丈 (cm)	主稈葉数	非伸長節間数	伸 長節間数	生葉数	分げ数	通気圧 (cmHg)	風乾重 (g)
A	Babole 672/1	6/17	47.7	7.6	6	2	5.6	3.0	1.80	
		7/16	108.0	11.9	6	6	3.5	3.5	0.90	
		9/16	209.0	16.6	6	11	3.6	6.0	1.70	52.5 13.0
	Bhadoia 689	6/17	42.4	6.7	6	1	4.7	3.0	1.90	
		7/17	132.0	11.8	6	6	4.8	3.5	0.90	
		9/18	180.0	16.9	6	11	3.9	4.0	1.20	37.5 11.0
B	Puria Magri	7/15	68.6	11.0	11	0	6.0	3.5	1.60	
		8/13	119.0	12.7	11	2	3.7	3.5	0.90	
		10/15	128.0	16.8	11	6	4.0	3.5	1.20	19.5 8.5
	Bhasomanik	7/15	55.8	10.6	11	0	5.3	3.5	1.40	
		8/15	104.0	11.8	11	1	3.7	3.5	1.00	
		10/17	122.0	16.7	11	6	3.1	4.0	1.20	17.0 5.0

註: 1) 1回の調査には各品種とも1鉢2株を供した。

2) 深水処理期間中の気温・水温等の観測は行わなかった。

示し栽培稲の最低通気圧は通常1.30cmHg程度一、通気組織系がよく発達していることを裏付けた。間引きした個体について観察した非伸長節間の節(図1)、および節間(図2)には発達した通気組織および残存分裂組織と辺周部維管束環から分化した横走維管束とが存在しているので、節間の上下を問わず節間の任意の部位から冠根が分化し、地上部から冠根への空気の拡散流動を容易にする体制を整えている。ただし図1～3には横走維管束を省略し、残存分裂組織のみを図示してある。

浸水後は生育の進展にともなって非伸長節間部の要素から発出した冠根は次第に老朽化して行くが、Aグループの2品種では、伸長節間部に属する下位4要素から発出した冠根のうち、主として下位根が土中に伸達して強大な根系を形成し、かつ伸長節間部に属する節間には通気組織は消失するが、代わりに小維管束間の柔細胞組織中に大きな空洞が形成され、髓腔とともに通気性の高い体制を維持しているので、伸長節間数が増加し、生葉数が減少しても、地上部から根部への通気を容易にしているものと考えられる。Bグループの2品種は下位2要素から発出した冠根が土中に伸達した。下位の伸長節間から発出した冠根が土中に伸達して強大な根系を形成することは、養分吸収上はもちろん、水流に抵抗して植物体を固定する上からも有利であろう。また浸水処理後に表土面上に細根がマット状に張った。このマット状の“うわ根”は、上位の伸長節間部から発出した上位根とともに、流水中に溶存する養分を吸収する上に役立つものと考えられる³⁾。冠根の構造は栽培稲に類似する。

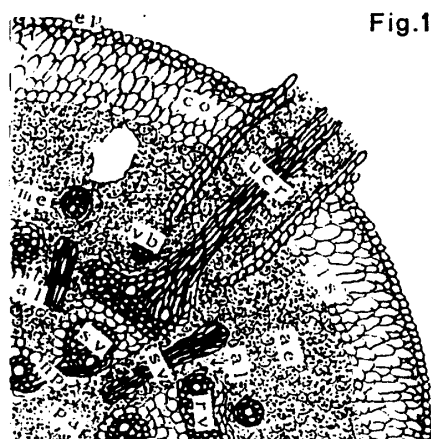


Fig. 1

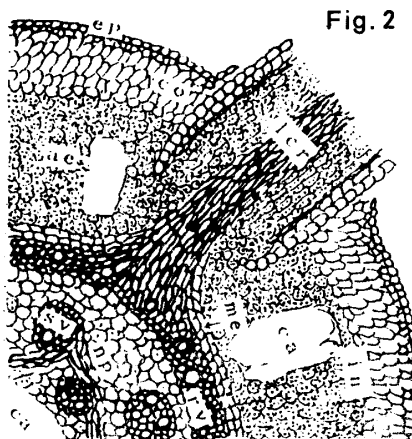


Fig. 2

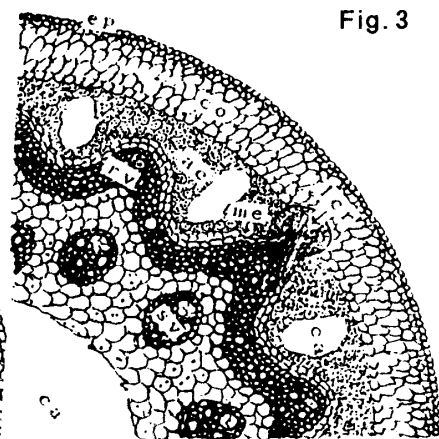
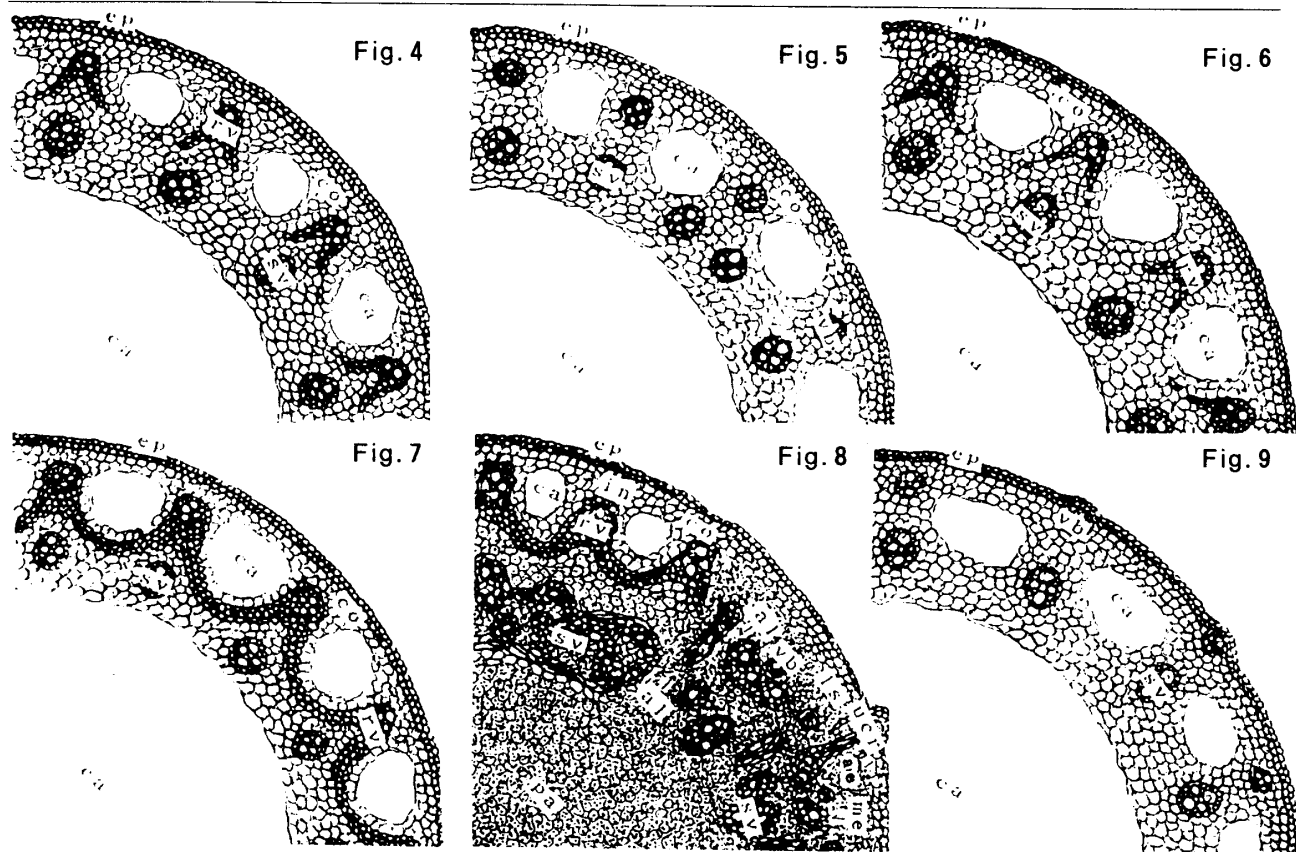
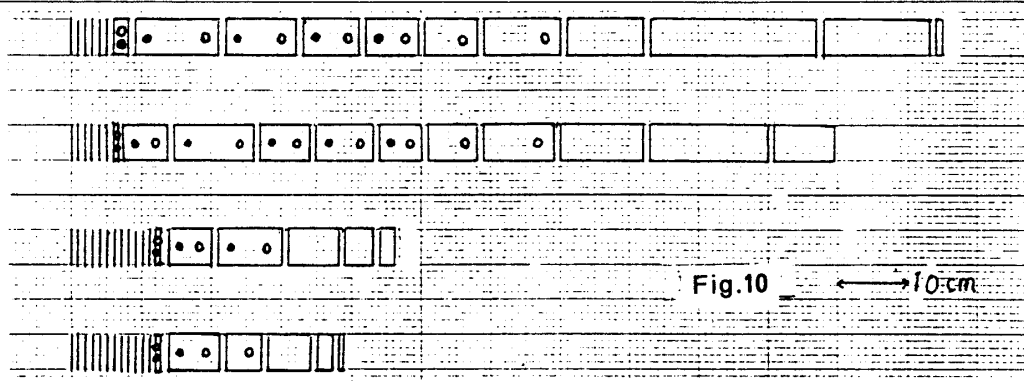


Fig. 3



井之上・望月³⁾は猪之坂の分類に従い、著者は川田・山崎等⁸⁾の分類を修正した著者独自の見解によって、上位根と下位根とを区別したので、井之上等のいう下位根は著者のいう上位根に該当する。以下伸長節間部における上位根・下位根の分類は著者の見解に従った。井之上・望月が指摘したように、伸長節間部に属する要素から発出した下位根は、上位根に比較して、発根数は少なかったが、根径が大きく、下方方向に伸長し、水中での分岐根の発出は少なかった、上位根は繊細で、水平方向に伸長し、水中で分岐根を多発した。上位根と下位根の区別は、根径の大小によってあらかじめ識別しておき、要素ごとに横断切片を作成し、顕微鏡観察によって、節部から発出したものを上位根とし、節間基部から発出したものを下位根と判定した。浮稲の伸長節間部に属する要素から発出する冠根のうち、下位根は上位根よりも1要素ないし2要素遅れて分化する(図10)。これは井之上・望月³⁾が指摘したところである。井之上等は分げつの発出する要素から下位根が多発することを観察しているが、これは主稈の要素から発出した下位根と分げつの要素から発出した下位根とが混在しているので、外観的に主稈の要素から発出したものと見做したためではなかろうか。分げつは主稈の節間基部において、栽培稲と同様に、大気道の直上部位から発出する。

浮稲の節間が水深に応じて伸長する機作については、ジベレリン・エチレン・ABA等の生理活性物質が関与していることは多くの研究者によって明らかにされている^{3・4・9・11・13)}。また、印度型は日本型稲よりもIAA-oxidase 活性が弱く、この酵素の阻害物質が多いことが、印度型水稻の下部節間長が大であることと関係があるという安江¹⁰⁾や、水位の増減が炭水化物、amylase, invertase 活性に関係するという山口・佐藤¹⁵⁾等の報告もある。浮稲において、井之上・望月³⁾は5mm以上に伸長した節間を、高橋¹²⁾は10mm以上に伸長した節間を、Morishima 等⁷⁾は30mm以上に伸長した節間を、それぞれ伸長節間と規定している。このように幅広い基準は実用的には支障はないが、厳密な意味からは疑問が残る。著者



は辺周部維管束環の形状変化に着目して考察してみたい。

先に著者¹⁾が指摘したように、節間中央部位において辺周部維管束環が完全な環状を呈する形状を型式1とした。非伸長節間に属するすべての節間はこの型式に該当する。次に小維管束の部分が外側に張り出し、環の形状が緩やかな波状を呈する形状を型式2 (図3) とし、強い波状に変形すれば型式3 (図7) とした。節間中央部位において辺周部維管束環の形状が型式2 または型式3 に変形しておれば、節間長の大小にかかわらず、この節間を最下位の伸長節間とした。高橋¹⁹⁾によれば節間伸長の有無は節間分裂組織形成の有無によって決まり、節間長の大小は伸長過程の活性化の程度に因って支配され、節間分裂組織の分化決定の時期は、節間伸長開始よりかなり早い時期であると推定されるという。浮稲においては、節間中央部位において型式2 または型式3 に該当する節間長が3 mm前後のことが多く、5 mm または10 mm 以上にも伸長した節間の中央部位においては、型式4 (図4) または型式5 (図5) に変形していた。従って、たとえ節間長が3 mm程度であっても、節間中央部位において辺周部維管束環が波状 (型式2 ないし型式3) を呈する節間をもって最下位の伸長節間としたのである。表1 および図10において、Aグループでは第7要素、Bグループでは第12要素が最下位の伸長節間であることがわかる。伸長最低節間より上位の伸長節間の中央部位における辺周部維管束環の型式は、Aグループでは下位4～7節間の型式は5、それより上位の伸長節間では型式5 と型式6 とが混在した (図9)。一方Bグループでは下位3節間は型式5、それより上位の節間では型式5 と型式6 とが混在した。生育量や伸長節間数が両群の間において明瞭な差異がみられ、浮稲性の大きい品種ほど伸長最低節間の節位が低いという井之上⁵⁾の指摘に合致する。Aグループに属する品種では間引きした個体の中に、伸長最低節間の部位が第6要素 (非伸長節間数5) または第8要素 (非伸長節間数7) の個体も稀にあった。井之上⁵⁾によれば、伸長最低節間の位置は、洪水の到来時期や水深のいかんにかかわらず、ほぼ一定であり、水深は節間の伸長程度に影響するだけであるという。

すべての伸長節間の基部2～3 mmの部位には、栽培稲と同様に、辺周部維管束環の型式が1から3へ移行する部分が必ず存在する。この部位には残存分裂組織と横走維管束が存在するので、下位根が発出する (図3)。同一要素においてそこより上位の部分では、下位の伸長節間から上位の伸長節間に至れば、型式4 (図4) から型式6 (図9) へと移行する。このような部位には、栽培稲と同様に、残存分裂組織と横走維管束がともに消滅しているので、冠根は分化し得ない。ただし浮稲の型式5に相当する小維管束には、厚膜細胞組織が随伴することがきわめて稀で、栽培稲の栄養生長期に異常に伸長した節間で見られるような所見を呈する (図5)。そして節間中央部位において型式5 または型式6 を呈する節間においても、その節間の頂部に近づけば、必ず小維管束に厚膜細胞組織が随伴して型式4の形状に

戻り (図6), さらに型式3に変わって (図7), 節部に接合する (図8). ただしこのような節間の部分には残存分裂組織と横走維管束が存在しないので, 冠根は分化し得ない. 前報¹⁾の図41に, 伸長節間の頂部における辺周部維管束環の形状を③と図示したのみで, その解剖学的所見を図示しなかったので, 本報において補遺として図示することにした.

本実験に供試した4品種は自然日長下では花芽の形成が認められなかったが, 九州大学から頂いたLakshmi Dighaの出穂茎について観察した結果, 穂首節間基部における辺周部維管束環の形状は型式7に該当し, 下皮の発達が見られ, その露出部分は, 栽培稲と同様に, 下皮と辺周部維管束環との間に細胞間隙に富む柔細胞組織が介在し, 表皮系には気孔が多く分布していた. ただし本実験の範囲では上位の伸長節間においても下皮の発達が軽微であった. これは稈が流水に棹す上で有利な体制であろう. しかし渇水期に至り, 稈が接地し, 直立して登熟期になれば, 洪水期に形成された稈と同様に, 下皮の発達が軽微のままに止まるか, あるいは栽培稲と同様に, 下皮の発達が顕著になるかは, 本実験の結果からは判断できない. 将来の研究課題である.

以上述べたように, 浮稲には, 栽培稲に類似する通気組織と通気組織系が高度に発達しており, 辺周部維管束環の形状変化の様相も栽培稲に類似する. かつ伸長最低節間の節位と浮稲性程度との間には, 井之上^{4,5)}が報告したように, 密接な関係があることが判った.

最近, 佐野・永田¹⁰⁾が浮稲性をもつ野性稲が日本型稲との間に高い交雑親和性を示すことを利用して, 下位節間の伸長を浸水によって誘導することができる遺伝子(dw3)をもつ日本稲を育成した. このような遺伝・育種学的研究によって, より多収の浮稲品種が作出できれば, 東南アジアの浮稲地帯における低収性の改良に役立つものと思われる.

終わりに, 種子を分譲して下さった九州大学農学部井之上 準教授に厚くお礼を申し上げる.

引用文献

1. 有門博樹・池田勝彦・谷山鉄郎 1992. 三重大生物資源紀要 3 : 1-24
2. Bleicher, A.B. Schuette, J.L. & H.Kende 1986. Planta 169 : 490-497
3. J.Inouye & T.Mochizuki 1980. 熱帯農業 24(3) : 125-131
4. J.Inouye 1985. JARQ 19(2) : 86-91
5. 井之上 準 1987. 東南アジア研究 25(1) : 51-61
6. 井之上 準 1990. 科学研究費研究成果報告書 1-36
7. H.Morishima, K.Hinata & H.I.Oka 1962. Indian J.Genet.Plant Breed. 22(1) : 1-11
8. 川田信一郎・山崎耕宇・石原 邦・芝山秀次郎・頼 光隆 1963. 日作紀 32(2) : 163 -180
9. I.Raskin & H.Kende 1984. Plant Physiol 76(4) : 947-950
10. 佐野芳雄・永田 貢 1992. 遺伝 別冊 4 : 118-125
11. 菅 洋 1976. 日作紀 45(1) : 177-204
12. 高橋 清 1988. 日作紀 57 別1 : 111-112
13. 高橋 清 1988. 日作紀 57 別2 : 101-102

14. 安江多輔 1972.日作東海支部報 64 : 1-4
 15. 山口 禎・佐藤 孝 1962.日作紀 31(4) : 357-361

図版説明

- Fig. 1 非伸長節間部の節から上位根発出
 Fig. 2 同節間から下位根発出 (辺周部維管束環の形状は型式1)
 Fig. 3 最下位伸長節間の中央部から下位根分化 (型式2)
 Fig. 4 下位伸長節間の基部よりの部位 (型式4)
 Fig. 5 同節間の中央部 (型式5)
 Fig. 6 同節間の頂部よりの部位 (型式4)
 Fig. 7 同部位よりさらに節部よりの部位 (型式3)
 Fig. 8 同節間と節との接合部位
 Fig. 9 上位伸長節間の中央部 (型式5と型式6とが混在)
 Fig.10 最終調査時における節間長, 縮尺1/10, ただし非伸長節間と最下位伸長節間を除く.
 棒線は非伸長節間, □は伸長節間, ○は上位根, ●は下位根

Summary

In the light of microscopic observations and measurements of the ventilating pressure it is clarified that the floating rice is equipped with an eminent ventilating system so as to adapt itself to deep water. The position of the lowest elongated internode (PELI) of the floating rice is almost definite to the variety and may be justified by observing transformation in the mode of the reinforced bascular bundle from circular(type1) to wave-like(type 2-3), regardless of the length of an intermode, as is case of japanese cultivars. It is plausible that the lower the position of the lowest elongated internode, the higher the adaptability to deep water.

補遺 : 九州大学農学部井之上 準教授からの私信によれば, 半矮性の遺伝子を導入し, T-442-57などの新品種が育成され, すでに栽培されているとのことである.