

アフリカ稲 (*Oryza glaberrima* Steud.) における離層の組織構造 の特異性と脱粒性程度との関係*

陳 日斗・井之上 準**・Nyat Quat Ng***

(韓国順天大学・**九州大学農学部・***IITA)

平成2年1月30日受理

要 旨：アフリカ稲 (*O. glaberrima* Steud.) の浮稲 30 品種、普通稲 12 品種を用い、収穫適期における脱粒難易強度 (籾と小枝梗の間の抗張強度と抗曲強度) を測定するとともに、籾離脱部位の解剖形態的特性について調査した。その結果、浮稲は普通稲より脱粒性が強く、抗張強度と抗曲強度の相互関係を表す回帰式は、両稲間で異なることがみられた。しかしながら、浮稲、普通稲ともに大部分の品種の籾離脱部位にはアジア稲にみられるのと同じような離層が形成されており、その離層は収穫期までにほぼ完全に崩壊したが、一部の品種では離層の形成が不完全であった。後者はアジア稲にはみられないタイプの離層で、このような離層を有する品種では抗張強度および抗曲強度が強く supporting zone (支持帯) の直径や厚壁組織の厚さも大きかった。ところが、日本の水稻品種の一部にみられるような離層の形成が認められない品種は、アフリカ稲には見出されなかった。なお、アフリカ稲では浮稲、普通稲ともに抗張強度と抗曲強度は離層が崩壊した部位に残る supporting zone の直径や厚壁組織の厚さとの間に、それぞれ 0.1% 水準で高い正の相関関係がみられた。以上の結果から、アフリカ稲の浮稲が脱粒し易い原因は、完全な離層を有する品種が多く、supporting zone の直径や厚壁組織の厚さなどが小さいためであろうと考えられた。

キーワード：アフリカ稲、浮稲、グラベリマ稲、脱粒性、離層。

Histological Peculiarities of the Abscission Layers of African Rice, *Oryza glaberrima* Steud. and Its Relation with Degree of Grain Shedding : Il-Doo JIN, Jun INOUE* and Nyat Quat NG** (*Sunchon National Univ., Suncheon 540, Korea. *Faculty of Agriculture, Kyushu Univ., Fukuoka 812, Japan ; **Int. Inst. Trop. Agr. (IITA), Nigeria*)

Abstract : Using 30 floating and 12 ordinary rice varieties of African rice (*O. glaberrima* Steud.), breaking tensile and breaking bending strengths required to detach a rice grain from its pedicel were measured using an unbonded gauge type transducer, and abscission layers between rachilla and pedicel were investigated anatomically.

Both breaking tensile and breaking bending strengths of floating rice were smaller than those of non-floating rice. In each of floating and non-floating rice, strongly positive correlations were observed between both the breaking strengths, whereas linear regression differed between the two rices. In most varieties of both floating and non-floating rices, abscission layers were formed and were found to be cracked at maturity, similar to that observed in Asian rice (*O. sativa* L.) varieties. In the rest of the varieties, incompletely developed abscission layers, which have not been observed in the Asian rice were observed. However, no varieties without an abscission layer were observed in this study. In the varieties with an incompletely developed abscission layer, both the breaking strengths, diameter of supporting zone and thickness of sclerenchyma around the central vascular bundle at the supporting zone were larger than those of the varieties having a normally developed abscission layer. The results suggested that the easily shedding habit of the floating varieties of African rice might be due to normally developed abscission layers, which were small in both diameter of supporting zone and the thickness of sclerenchyma tissue around the central vascular tissue at the supporting zone.

Key words : Abscission layer, African rice, Floating rice, Grain shedding, *Oryza glaberrima* Steud.

アフリカではアジア稲 (*O. sativa* L.) のほかにアフリカ稲 (*O. glaberrima* Steud.) が栽培されている。後者はアフリカで野生種の *O. barthii* から進化した種で、形態的には毛茸がないことや葉舌が短いこと、および穂に2次枝梗がほとんどなく、籾が完熟しても穂は直立していることなど、アジア稲と

はやや異なっている^{11,13,14,17)}。アフリカ稲はアジア稲より耐旱性が強く、不良環境にもよく適応するといわれていて¹²⁾、西アフリカの一部、特に、ギニヤ湾沿岸地帯や、ニジェール川沿岸からチャド湖付近までの地域に栽培されている^{16,17)}。

このアフリカ稲にもアジア稲と同様に水稻、陸稲のほかに浮稲があり^{16,17)}、アフリカ稲の浮稲はアジア稲の浮稲より節間伸長性が大いといわれているが¹²⁾、脱粒し易いことや収量が低いことなどの理由

* 大要は、第187回講演会 (1989年4月) において発表。

から、アジア稲の浮稲の導入やそのための試験研究が行われている^{1,20)}。

著者らは、アフリカ稲の浮稲について、アジア稲の浮稲と比較しながら節間伸長性やその他の生理生態的特性について調査しているが、本報ではアフリカ稲の浮稲 30 品種・系統と普通稲 12 品種・系統の脱粒難易強度を調査するとともに、脱粒し易い原因を明らかにする目的で籾離脱部位に形成される離層について解剖形態学的観察を行ったので、その結果を報告する。

材料と方法

供試したアフリカ稲のうち浮稲 30 品種・系統は IITA から、普通稲 12 品種・系統は IRRI から分譲を受けたものであった。これらの品種は、1987 年に九州大学農学部構内において、約 4 l 容のプラスチックポットを用い、1 品種 2 ポット、1 ポット 2 株、1 株 1 本植とし、出穂までは 8 時間日長条件下で、出穂後は自然日長条件下において栽培した。

脱粒難易強度の測定には非接着型ストレインゲージ荷重変換器 (UT=1 kg) を用い、籾を小枝梗に平行に引っ張って籾が小枝梗から離れるのに要する力「抗張強度¹⁰⁾」と、籾を小枝梗に直角に曲げて引っ張って籾が小枝梗から離れるのに要する力「抗曲強度¹⁰⁾」を測定した。各品種ごとに収穫適期と思われる出穂後 4—5 週間目に、主稈と低節位の 1 次分げつの穂を 3—4 本採取し、穂の先端部の 2—3 本の 1 次枝梗に着生する約 30 粒の籾を測定に供した。

小枝梗先端突出部と籾の間に形成される離層を観

察するためには、脱粒抵抗強度の測定に用いたと同じ枝梗から、籾と小枝梗の付着部位を約 10 個ずつ切り取り、直ちに FAA で固定保存した後、フッ化水素酸で脱珪酸処理を行い、常法によりパラフィン連続切片を作成し、ヘマトキシリン、サフラニンおよびファーストグリーンで三重染色後、カナダバルサムで封入し検鏡した。

結果と考察

1. 脱粒性程度の品種間差異

脱粒の難易を外力に対する籾と小枝梗の間の強度で示す方法には抗張強度と抗曲強度がある¹⁰⁾が、抗張強度に比べて抗曲強度はかなり弱いので^{4,5,6)}、立毛中および刈り取り運搬中に起こる籾の脱落は、抗曲強度の大小によって左右されるものと考えられる。ところが、アジア稲では抗張強度と抗曲強度の間に極めて高い正の相関関係があると報告されている⁶⁾。

そこで、まず抗張強度についてみると (第 1 表-A)、アフリカ稲の浮稲品種では 39—137 g に変異し平均は 76 g で、ベトナム⁴⁾ (平均: 108 g)、タイ²⁾ (同: 104 g) およびバングラデシュ³⁾ (同: 108 g) などアジア稲の浮稲よりやや弱かった。一方、アフリカ稲の普通稲品種では 108—168 g に変異し平均は 130 g で、浮稲品種よりかなり強く、日本の水稻の脱粒性程度「易」の品種⁶⁾や韓国の日印交雑水稻品種⁷⁾などとほぼ同程度の強さであった。

アフリカ稲には進化の経路からみて、ニジェール川中流のデルタ地帯を中心とする浮稲、セネガルの

Table 1. Varietal difference in the degree of grain shedding of African rice.

A. Tensile strength

Rice	Number of varieties	Tensile strength (g)					
		<50	51—80	81—110	111—140	141—170	Mean±S.D.
Floating	30	5	14	9	2		76±24.7
Non-floating	12			3	5	4	130±20.7

B. Bending strength

Rice	Number of varieties	Bending strength (g)					
		<6.0	6.1—12.0	12.1—18.0	18.1—24.0	24.1—30.0	30.1<
Floating	30	20	9	1			6±3.0
Non-floating	12		7		2	2	1
							18±12.4

山間部を中心とする陸稲、およびギネア後背部の山間部を中心とする中間型の陸稲の3種類があり、浮稲だけが脱粒しやすい形質をもっているとされている^{15,17)}が、本実験においても浮稲の脱粒性が普通稲より強かった。

ところで、近井・西谷¹⁹⁾によれば日本の水稻品種においては、脱粒性程度「中」の品種は抗張強度の平均が170—200 gの範囲内に分布し、コンバインやバインダー・ハーベスター収穫体系に適するが、「易」の品種は抗張強度170 g以下のもので収穫は手刈にするなど慎重な取扱を要し、脱粒性程度「極易」の品種(伊藤ら⁶⁾の調査結果では「極易」のほとんどの品種は抗張強度110 g以下である)は実用的な栽培は困難であると報告している。なお、本実験に供試したアフリカ稲は浮稲および普通稲の全品種が抗張強度170 g以下であり、浮稲品種の約95%は110 g以下であった。

つぎに、抗曲強度についてみると(第1表-B)、浮稲品種では3—14 gに変異し平均は6 gであった

のに対し、普通稲品種では7—48 gに変異し平均は18 gであった。ベトナム⁴⁾、タイ²⁾、およびバンラデシュ³⁾などのアジア稲においては、浮稲の抗張強度および抗曲強度が普通稲よりやや強いがほぼ同

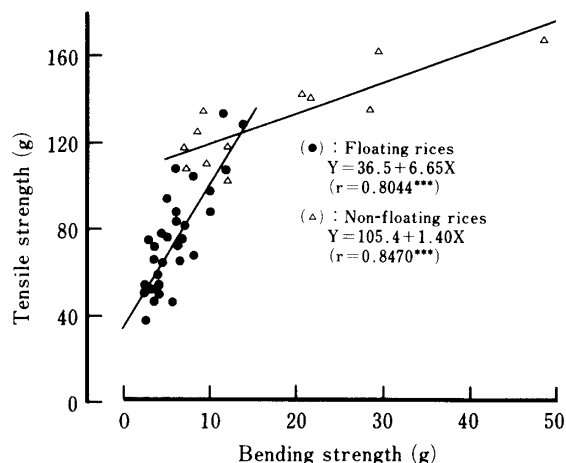


Fig. 1. Relation between tensile and bending strengths of floating rice and non-floating rice varieties of African rice.

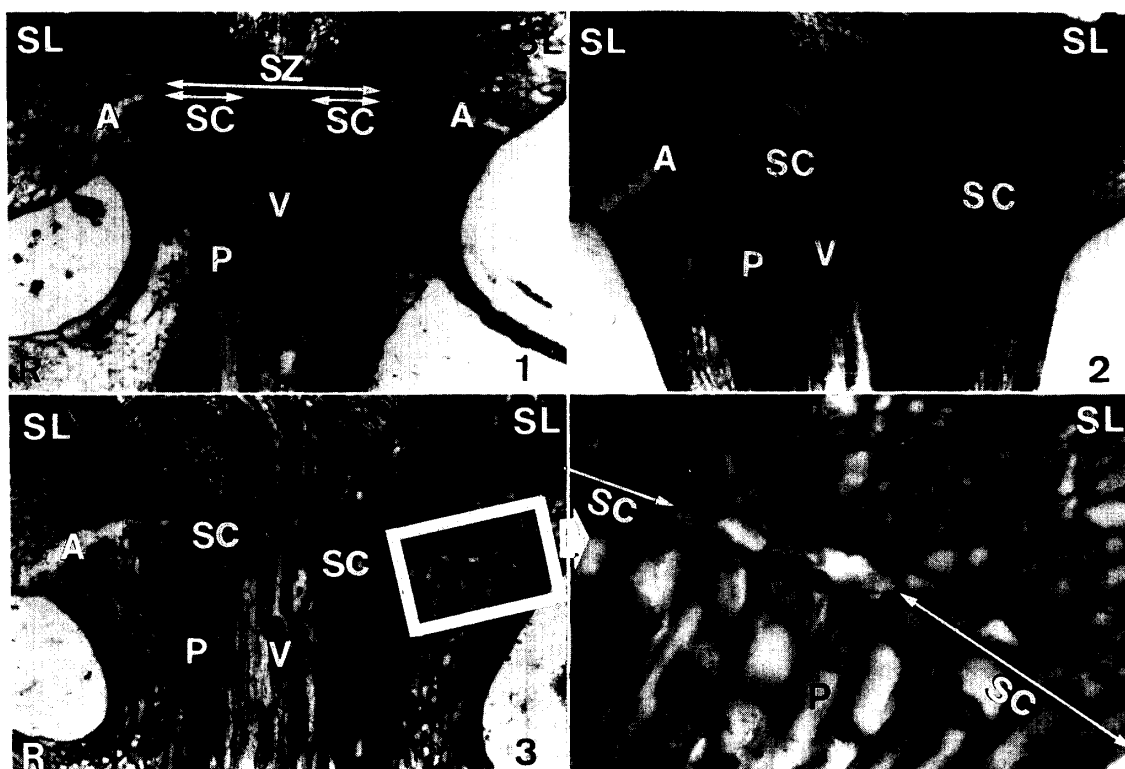


Fig. 2. Longitudinal sections of abscission region between pedicel and rachilla of African rice. 1: Normally developed abscission layer of floating rice variety (x95). 2: Partially developed abscission layer of non-floating rice variety (x95). 3: Irregularly developed abscission layer of floating rice variety (x95). 4: Palea side of the irregularly developed abscission layer (x385).

Abbreviations

A: abscission layer, P: protrusion at the top of pedicel, R: rudimentary glume, SC: sclerenchyma tissue, SL: sterile lemma, SZ: supporting zone, V: vascular tissue.

Table 2. Classification of the floating and non-floating rice varieties of African rice by the histological peculiarities of abscission layer.

Rice	Number of varieties							
	Abscission layer				Type of abscission layer*			
	Cracked	Uncracked	None	Total	Normal	Irregular	Partial	Total
Floating	30	0	0	30	23	3	4	30
Non-floating	12	0	0	12	3	2	7	12

* Type of abscission layer ;

Normal : normally developed abscission layer (Fig. 2-1) , Irregular : irregularly developed abscission layer (Fig. 2-3 and 4) , Partial : partially developed abscission layer which observed at lemma side of pedicel but not at palea side (Fig. 2-2) .

程度であったと報告されているが、アフリカ稲においては普通稲が浮稲よりかなり強く、アジア稲とは異なった傾向がみられた。

ところで、アジア稲においては、日本の水稻⁶⁾や日印交雑水稻品種⁷⁾およびバングラデシュの浮稲品種⁸⁾などで、抗張強度と抗曲強度の間に高い正の相関関係が認められている。本実験のアフリカ稲の浮稲および普通稲においても、抗張強度と抗曲強度の間には0.1%水準での高い正の相関関係が認められた(第1図)。ところが抗曲強度を基準にして計算した回帰式は、浮稲では $Y=36.51+6.652 X$ 、普通稲では $Y=105.43+1.399 X$ で、両者の間では著しく異なっていた。この結果は、脱粒性程度を左右するとされている籼離脱部位の解剖形態的特性が、浮稲と普通稲では異なることを示唆していると思われる。

2. 籼離脱部位の解剖形態的特性

前報⁹⁾において、著者らはアジア稲における脱粒性程度は、籼と小枝梗先端突出部の間に形成される離層の有無や崩壊性によって異なることを報告したが、本実験に供試したアフリカ稲の大多数の浮稲および普通稲品種でも、アジア稲と同じように離層が中心維管束の周りを完全に巻き巻いており、その離層は収穫期までにはほぼ完全に崩壊していたが(第2図-1: 以下完全離層と呼ぶ)、その他に、小枝梗の内穎側半分には離層が形成され、その離層は収穫期までにはほぼ完全に崩壊したが、外穎側半分には離層が認められず、すべてが厚壁組織となっている品種や(第2図-2: 以下部分離層と呼ぶ)、内穎側半分には正常に発達した離層がみられるが、外穎側の離層の発達程度が部位によって異なる品種がみられた(第2図-3, 4: 以下不完全離層と呼ぶ)。

ここに供試したアフリカ稲品種を離層のタイプ別

Table 3. Difference of the breaking tensile and breaking bending strengths among the variety groups classified by histological peculiarities of abscission layer.

Type of abscission layer*	Number of varieties	Breaking strength(g)	
		Tensile	Bending
Floating			
Normal	23	68±18.6	5±1.8
Irregular	3	80±11.0	8±2.0
Partial	4	120±15.7	11±2.5
Non-floating			
Normal	3	115±5.8	7±1.0
Irregular	2	133±11.3	17±6.8
Partial	7	136±24.4	22±4.2

* Abscission layer ; Normal, Irregular and Partial are the same with Table 2. Values are means ± standard deviations.

に分けてみると(第2表)、浮稲では23品種(約75%)が完全離層、3品種(約10%)が不完全離層、4品種(約15%)が部分離層を有していたのに対し、普通稲では3品種(約25%)が完全離層、2品種(約15%)が不完全離層、7品種(約60%)が部分離層を有していた。離層のタイプ別に抗張強度および抗曲強度をみると(第3表)、浮稲、普通稲ともに完全離層を有する品種が最も弱く、ついでは不完全離層を有する品種で、部分離層を有する品種が最も強かった。ところが、同じタイプの離層を有する品種においても、浮稲品種は普通稲品種より抗張強度および抗曲強度が弱かった。なお、浮稲品種には普通稲に比較して部分離層および不完全離層を有する品種の割合が少なかったため、抗張強度および抗曲強度が普通稲よりかなり弱く、かつ、両者の間の相互関係も普通稲とは異なった傾向を示したのではないかと考えられた。

Table 4. Difference of the histological peculiarities of abscission region between floating and non-floating rice varieties.

Type of abscission layer*	Number of varieties	Histological peculiarities			
		Diameter of pedicel (μm)	Diameter of supporting zone (μm)	Diameter of vascular bundle (μm)	Thickness of sclerenchyma tissue (μm)
Floating					
Normal	23	422 \pm 25.1	248 \pm 30.2	95 \pm 5.6	76 \pm 15.0
Irregular	3	424 \pm 10.6	290 \pm 27.3	98 \pm 3.2	107 \pm 9.1
Partial	4	429 \pm 16.1	370 \pm 15.2	93 \pm 7.7	138 \pm 11.3
Non-floating					
Normal	3	355 \pm 7.8	172 \pm 1.7	88 \pm 7.5	42 \pm 3.5
Irregular	2	473 \pm 33.6	281 \pm 32.5	87 \pm 6.4	98 \pm 13.4
Partial	7	457 \pm 62.4	363 \pm 46.7	83 \pm 5.9	141 \pm 21.7

* Abscission layer; Normal, Irregular and Partial are the same with Table 2.

Values are means \pm standard deviations.

Table 5. Correlation coefficients between degree of grain shedding and histological peculiarities of abscission region of the grain.

Breaking strength	Rice	Number of varieties	Histological peculiarities			
			Diameter of pedicel	Diameter of supporting zone	Diameter of vascular bundle	Thickness of sclerenchyma tissue
Tensile	Floating	30	-0.0382	0.7117***	-0.2161	0.7238***
	Non-floating	12	0.0263	0.3971	-0.3095	0.4231
	Total	42	0.0826	0.5442***	-0.5632***	0.5855***
Bending	Floating	30	-0.0557	0.7456***	-0.2213	0.7932***
	Non-floating	12	0.1691	0.5060	-0.4165	0.5287
	Total	42	0.1765	0.5542***	-0.5916***	0.5987***

***Significant at the 0.1 % level.

そこで、籾離脱部位の解剖形態的特性についてみると（第4表）、小枝梗先端突出部（第2図：P）の直径は品種によってかなり異なったが、平均値と比較すると、普通稲の完全離層を有する品種で極端に細い以外は、浮稲と普通稲間、ならびに離層のタイプが異なる品種間に著しい差異は認められなかった。ところが、supporting zone¹⁸⁾（支持帯）の直径（SZ）は浮稲、普通稲ともに部分離層を有する品種で最も太く、つぎは不完全離層を有する品種で、完全離層を有する品種で最も細かったが、部分離層と不完全離層を有する品種においては、浮稲と普通稲の supporting zone の直径はほぼ同じで、完全離層を有する品種では浮稲が普通稲に比べかなり太かった。なお、supporting zone は中心維管束（V）とその中心維管束を包囲する厚壁組織（SC）より構成されているが、中心維管束の直径は浮稲が普通

稲よりやや太いようであったのに対し、厚壁組織の厚さはほぼ同じであった。

3. 脱粒性程度と籾離脱部位の解剖形態的特性との関係

アジア稲においては、小枝梗先端突出部の直径、supporting zone の直径、離層の厚さ、および離層と中心維管束の間の厚壁組織の発達程度などが籾の脱粒性程度と関係があると報告^{8,18,21,22)}されている。アフリカ稲の浮稲では（第5表）、抗張強度、抗曲強度ともに、supporting zone の直径および厚壁組織の厚さとの間に各々0.1%水準の正の相関関係が認められたが、小枝梗先端突出部の直径や中心維管束の直径との間には相関関係は認められなかった。一方、普通稲においては浮稲と良く似た傾向を示していたが、有意な相関関係は認められなかった。なお、浮稲と普通稲を一緒にしてアフリカ稲全

体としてみると、抗張強度および抗曲強度と supporting zone の直径および厚壁組織の厚さとの間には各々0.1%水準の正の相関関係が、中心維管束の直径との間には0.1%水準の負の相関関係が認められた。

以上の結果より、アフリカ稲もアジア稲と同様に、脱粒性程度は籾と小枝梗先端突出部の間（籾離脱部位）に形成されている離層の形態によって異なり、特に、supporting zone の直径や中心維管束周辺の厚壁組織の厚さなどと深い関係があるように思われた。なお、普通稲が浮稲よりかなり脱粒難であったのは、浮稲に比べて部分離層や不完全離層を有する品種が多く含まれていたためであろうと思われるが、本実験では普通稲の品種数が少なかったので、部分離層および不完全離層の形成・発達過程と合わせて、今後より多くの品種について検討してみたい。

謝辞：本実験の遂行に際し、アフリカ稲種子を分譲して頂いた IRRI および IITA の関係者、ならびに筆頭著者に滞日研究の機会を与えられた日本学術振興会および韓国科学財団に感謝の意を表します。

引用文献

- Choudhury, M.A. and H. Will 1977. Progress in deep-water rice research in West Africa. In Proceedings of the 1976 Deep-water Rice Workshop. (Ed.) IRRI, Los Banos. 167-175.
- Inouye, J., D. HilleRisLambers and S. Chitrakon 1985. Some morphological and ecological differences between floating and non-floating rice varieties in Thai paddy rice, *Oryza sativa* L. Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ. 8: 55-89.
- , M. Nasiruddin and Q.R. Islam 1988. Variation of some morphological and ecological characteristics among deepwater rice varieties, *Oryza sativa* L., in Bangladesh. Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ. 11: 45-77.
- , V.T. Xuan and M. Miyazato 1974. On the growth habits of floating, single- and double-transplanted rice plants in South VietNam. II. Degree of grain shedding. Japan. J. Trop. Agr. 18: 12-17.
- Islam, Q.R., H. Hakoda and J. Inouye 1989. Grain shedding of Bangladesh deepwater rice. Japan. J. Trop. Agr. 33: 81-87.
- 伊藤健次・井之上準・近井謙二 1969. 作物における種子の脱落に関する研究. 水稻の脱粒性の難易の測定法について. 日作紀 38: 247-252.
- 陳 日斗・井之上準 1981. 韓国の日印交雑水稻品種の脱粒性程度について. 日作紀 50: 181-185.
- ・——— 1982. 韓国の日印交雑水稻品種における脱粒性の品種間差異と小枝梗の内部形態の関係について. 日作紀 51: 271-275.
- ・寺尾寛行・井之上準 1982. アジアの栽培稲における離層組織の崩壊性について. 日作紀 51: 542-545.
- 森 周六・進藤辰雄 1928. 稲の脱粒性の力学的考察と其の測定器に就いて. 九大農芸雑誌 3: 30-35.
- 盛永俊太郎・栗山英雄 1960. イネ属植物の種間雑種と各種のゲノム構成 (I). 農及園 35: 773-776.
- Morishima, H., K. Hinata and H.I. Oka 1962. Floating ability and drought resistance in wild and cultivated species of rice. Indian J. Genet. Plant Breed. 22: 1-11.
- , ——— and ——— 1962. Comparison between two cultivated rice species *Oryza sativa* L. and *O. glaberrima* Steud. Japan. J. Breed. 12: 153-165.
- , ——— and ——— 1963. Comparison of modes of cultivated form from two wild rice species, *O. breviligulata* and *O. perennis*. Evolution 17: 170-181.
- 中尾佐助 1969. ニジェールからナイルへ、一農業起源の旅一. 講談社, 東京. 30-39.
- Oka, H.I., H. Morishima, Y. Sano and T. Koizumi 1978. Observations of rice species and accompanying savanna plants on the southern fringe of Sahara Desert. In Report of Study-tour in West Africa, 1977. Natl. Inst. Genet., Mishima, Japan. 36-51.
- Porteres, R. 1956. Taxonomie agrobotanique des riz cultives *O. sativa* Linne et *O. glaberrima* Steudel. Jour. Agr. Trop. Bot. Appl. 3: 342-856.
- Srinivas, T., M.K. Bhashyam and H.S.R. Desikachar 1979. Histological peculiarities at the region of attachment of grain stalk associated with shedding quality of rice. Indian J. Agric. Sci. 49: 78-81.
- 近井謙二・西谷寛昭 1976. 水稻品種の脱粒性程度とその分級. 農業技術 31: 172-173.
- Toure, A.I., M.A. Choudhury, M. Goita, S. Koli and G.A. Paku 1982. Grain yield and yield components of deepwater rice in West Africa. In Proceedings of the 1981 International Deep-water Rice Workshop. (Ed.) IRRI, Los Banos. 103-111.
- Yein, C.F. 1978. A biometrical genetics and anatomical exploration on the histological structure of abscission layer in rice plant. J. Agri. Assoc. China 101: 18-26.
- Zee, S.Y., B.S. Vergara and T.M. Chu. 1979. Abscission layer in rice plant. IRRN 4: 5-6.