

中国産日本型水稲9004系統の多収要因の解析(2)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	王,余龍 新田,洋司 山本,由徳
発行元	日本作物學會
巻/号	65巻4号
掲載ページ	p. 575-584
発行年月	1996年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



中国産日本型水稻 9004 系統の多収要因の解析

第 2 報 精玄米千粒重の成立要因

王 余 龍・新田 洋 司*・山本 由 徳*

(中国揚州大学農学院・*高知大学農学部)

1995 年 5 月 12 日受理

要 旨 : 前報の材料を用い、日本型多収性水稻もち 9004 系統 (L9) の精玄米千粒重の成立要因を穂の部位別の 1 次および 2 次枝梗籾 (以下、穂の部位別籾) に着目して、対照品種とした日本稲うるち品種コガネマサリ (KM) と比較検討した。1) 穂の部位別籾の精玄米千粒重は、一般に KM では上部>中部>下部、L9 では下部>中部>上部であった。また 1 次と 2 次枝梗籾の精玄米千粒重の差は KM に比べて L9 で小さかった。L9 の 1 次および 2 次枝梗籾の精玄米千粒重はいずれの穂の部位でも KM より重く、その差は穂の下部>中部>上部の順に、また 1 次枝梗籾に比べて 2 次枝梗籾で大きかった。しかし、L9 と KM の籾殻重の差は小さかった。2) 穂の部位別籾の精玄米容積は L9>KM、精玄米比重は KM>L9 であった。また、精玄米千粒重は容積と品種別、あるいは両品種を込みにしても、いずれも 1%~0.1%水準で有意な正の相関関係を示した。3) L9 の穂の部位別籾の登熟日数は KM と同じかそれよりも短く、逆に乾物蓄積速度は KM より速かった。この籾乾物蓄積速度の差異は登熟期前半 (穂揃期後 16 日まで) に認められ、これには L9 の穂の含水率が KM より高く推移したことが関係していると推定された。4) 以上より、L9 の穂の部位別の 1 次および 2 次枝梗籾の精玄米千粒重がいずれも KM に比べて優ったのは、L9 の穂の含水率が高く推移し、籾の炭水化物受け入れ能力が KM より高く維持された結果、登熟期前半の乾物蓄積速度が速くなったことによると考えられた。

キーワード : 1 次枝梗籾, 水稻, 精玄米千粒重, 登熟日数, 2 次枝梗籾, 穂上部位, 穂の含水率, 籾乾物蓄積速度。

Analysis of the Factors of High Yielding Ability for a Japonica Type Rice Line, 9004, Bred in China II. The determining process of 1000 kernel weight : Yulong WANG, Youji NITTA* and Yoshinori YAMAMOTO* (Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China ; *Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan)

Abstract : Using the materials in the previous report, factors determining winnowed hulled 1000 kernel weight (WHTKW) of the primary (PRB) and secondary rachis branch (SRB) at different parts on an ear in line 9004 (L9), which is bred in China, as well as high yielding japonica type glutinous rice, were analyzed in comparison with a Japanese non-glutinous rice var. Koganemasari (KM). 1) For WHTKW of each part on an ear, it was generally shown that grains on both PRB and SRB of the top part in KM were heavier than those of the bottom part, however, the reverse pattern was shown in L9. Moreover, L9 had less difference in WHTKW between PRB and SRB than that of KM. Although WHTKW of each part on an ear was heavier in L9 than in KM, regardless of PRB and SRB, the degree of difference on an ear between the two varied according to the part in the order bottom>middle>top parts and SRB greater than in PRB, in spite of little difference in hull weight. 2) Volume and specific weight of hulled grains of both PRB and SRB on each part on an ear were L9>KM, KM>L9, respectively. Volume was significantly correlated with WHTKW in KM and L9, when compared separately or together. 3) The ripening period of grains on PRB or SRB of each part on an ear in L9 was the same or shorter than in KM, but L9 had a faster dry matter accumulation rate per grain than KM in the first half of ripening period (until 16 days after full heading time) due to the high moisture content in the ear. 4) The results mentioned above suggested that L9 had a faster dry matter accumulation rate for a grain viz. sink activity during the first half of the ripening period due to a higher moisture content in the ear compared with that of KM, resulting in superior WHTKW of L9 in both PRB and SRB of each part on an ear to KM.

Key words : Dry matter accumulation rate for a grain, Grains on primary rachis, Grains on secondary rachis, Moisture content in ear, Part on an ear, Ripening period, Winnowed hulled 1000 kernel weight.

前報²⁶⁾では面積当たりの籾数水準が同一条件下 (2.7~3.4 万粒/m²) で、対照品種とした日本稲うるち品種コガネマサリとの収量を比較した結果、日本型多収性水稻もち 9004 系統が約 150 kg/10 a 高く、この差異は主に両品種の精玄米千粒重の差異に

起因することを明らかにした。そして、両品種の精籾の籾殻重はほぼ等しかったことから、9004 では籾殻容積を超過してデンプンが蓄積し、割れ籾割合が約 50%近くにも達した。この 9004 の精玄米千粒重 (27.7 g) は、中国江蘇省での m² 当たり籾数

4~5万粒の場合の約23gに比べても著しく重く、このことは、9004では面積当たり粒数かなりの範囲で変動しても千粒重の増加により多収を実現できる特性を有するものとして注目されたが、これには籾殻の可塑性や銜合の度合などが関係するものと推定した。一方、9004の精玄米千粒重の増加は、物質生産的側面よりみると多収性のハイブリッド稲^{1,17)}や半矮性インド型稲^{4,5,13,27)}さらには日印交雑稲品種^{4,5,13,27,28)}などで広く認められているように、穂揃期の稈+葉鞘の貯蔵炭水化物量が多いことに加えて、穂首節間から穂にかけての維管束の発達が良いこと、また穂の含水率が高く、籾のシンク活性が高く維持されたことなどが指摘あるいは推定された。

本研究では前報²⁶⁾の材料を用い、9004の精玄米千粒重の成立要因について、穂の部位別の1次および2次枝梗籾に着目して対照品種としたコガネササリと比較検討した。

材料と方法

1. 供試品種および栽培方法

前報²⁶⁾で報告した1994年の穂肥の窒素施用量とリン酸施用の有無を組み合わせた実験材料を供試した。すなわち、中国江蘇省で育成された日本型多収性水稲もち9004系統(穂重型、以下品種とし、L9と称する)および対照品種として出穂期のほぼ等しい水稲うるち品種コガネササリ(偏穂重型、以下KMと称する)を供試した。育苗方法および本田での栽培方法は前報²⁶⁾に記したと同様に、稚苗を用いて1994年5月25日、高知大学農学部附属農場水田に条間30cm、株間15cm(22.2株/m²)、1株2本植で移植を行った。また、元肥はくみあい尿素入り複合燐加安(12:20:14)を10a当たり40kg(N4.8, P₂O₅8.0, K₂O5.6kg)施用し、6月23日に中間追肥として10a当たり成分量で2kgの窒素を硫酸で施用した。処理区は、穂肥として硫酸でN:3または6kg/10aと過リン酸石灰でP₂O₅:0(無施用)または6kg/10aを、穂揃期前25日および13日に半量ずつ施用する区を組み合わせた4区(以下、区名を少窒素区、少窒素リン区、多窒素区、多窒素リン区と呼称する)を設けた。KMの穂肥施用日は7月22日および8月3日で、L9は8月1日および8月13日であった。各処理区の面積は18m²(3×6m)で、各2反復とした。

2. 調査項目および調査方法

出穂期に処理区毎に穂首節が止葉の葉鞘から抽出したばかりの約150穂に札を付け、翌朝9時に10穂を稈基部から切り取り、実験室に持ち帰った。直ちに穂首節から切り取り、穂の生体重を測定した。その後、95°Cで1時間、65°Cで72時間以上通風乾燥して、穂の上部(最上位の3本の1次枝梗)、下部(最下位の3本の1次枝梗)、中部(残りの1次枝梗、供試品種は主に9本の1次枝梗を有する)における1次および2次枝梗別に籾の乾物重、粒数を測定し、籾1粒当たりの乾物重を算出した。その後、成熟期まで5日間隔で8回、同様の方法で籾重および粒数を測定した。

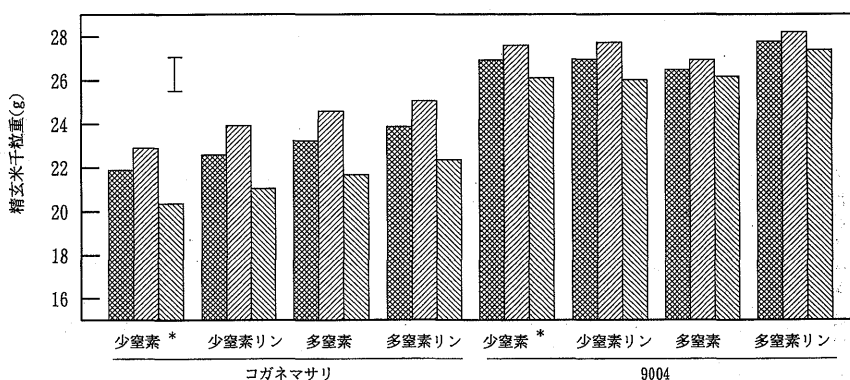
成熟期に処理区毎に札をつけた穂、40穂を切り取り、十分に風乾した後、各処理区の平均穂長に近い穂を20穂選んで、それぞれ上述した方法で穂の上、中、下部における1次および2次枝梗別に籾を分け、L9では1.03、KMでは1.06の比重選後、精籾の玄米粒重(水分含有率を15%に補正)と籾殻重を測定した。また、両品種の多窒素リン区について、穂の上、中、下部における1次および2次枝梗別に精玄米容積を次の方法で測定した。まず、50mLメスフラスコに200粒~300粒程度の玄米を入れて計重(A)し、次いで全容量が30mL程度になるまで水を入れ、十分に振って気泡を除去してから50mLに定容し、再び計重(B)した。そして、これらより計算式 $[(50 - (B - A)) / \text{調査玄米粒数}]$ によって精玄米1粒当たりの容積を算出した。また、精玄米千粒重を玄米容積で除して精玄米の比重を算出した。

結 果

1. 穂上部位別の1次および2次枝梗別精玄米千粒重の差異

各処理区の調査全穂(平均1穂粒数はL9:93.3粒、KM:80.3粒)の1穂全体の平均精玄米千粒重(以下平均千粒重と呼称する)を第1図に示した。KMとL9の平均千粒重はそれぞれ21.99g~23.89g、26.50g~27.77gの範囲にあり、処理間差は最大で1.99g、1.27gであった。品種間差は同一品種の処理間差に比べて大きく、また、L9の全処理区の平均千粒重の平均値はKMより約4g重く、KMより多収となった主要因であった²⁶⁾。

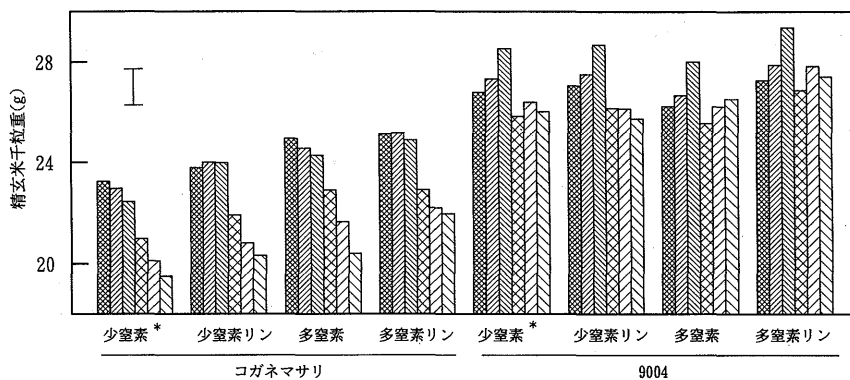
KMの1次枝梗籾の精玄米千粒重(以下1次枝梗千粒重)は22.92g~25.07g、2次枝梗籾(1穂粒数に対する2次枝梗粒数の割合は45.0%)の精玄米千粒重(以下2次枝梗千粒重)は20.37g~22.36g



第1図 1穂全体, 1次および2次枝梗別の精玄米千粒重

* : 10 a 当たりの穂肥施用量, 少窒素 : N 3 kg, 少窒素リン : N 3 kg + P₂O₅ 6 kg, 多窒素 : N 6 kg, 多窒素リン : N 6 kg + P₂O₅ 6 kg.

■ : 1穂全体, ▨ : 1次枝梗, ▩ : 2次枝梗. [: LSD(0.05).



第2図 穂の上, 中, 下部における1次および2次枝梗別の精玄米千粒重

* : 第1図参照. [: LSD(0.05).

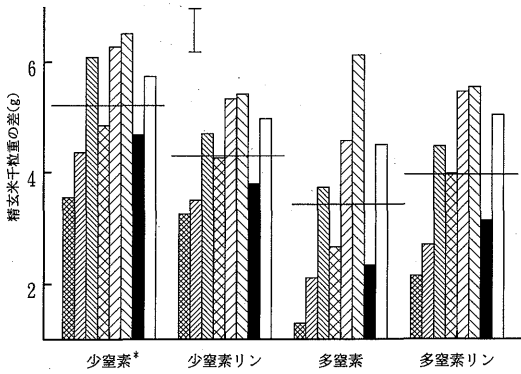
■ : 上部1次枝梗, ▨ : 中部1次枝梗, ▩ : 下部1次枝梗,
 ▤ : 上部2次枝梗, ▥ : 中部2次枝梗, ▦ : 下部2次枝梗.

で, 1次枝梗千粒重と2次枝梗千粒重の差は最大で4.70gであった(第1図). これに対して, L9の1次および2次枝梗千粒重(1穂数に対する2次枝梗数割合は51.7%)はそれぞれ26.95g~28.21g, 26.03g~27.40gで, 1次枝梗千粒重と2次枝梗千粒重の差は最大で2.18gで, KMより明らかに小さかった. 1次および2次枝梗千粒重の品種間差は平均千粒重と同様に同一品種の処理間差に比べて大きく, 最大でそれぞれ5.29g, 7.03gであった.

穂の上, 中, 下部の1次および2次枝梗別の精玄米千粒重を第2図に示した. KMの1次枝梗千粒重は少窒素区と多窒素区は上部>中部>下部の順であったのに対して, 少窒素リン区は中部1次枝梗と下部1次枝梗との間の差は小さく, いずれも上部

1次枝梗より, やや重かった. 多窒素リン区では中部1次枝梗と上部1次枝梗との間の差は小さく, 下部1次枝梗よりやや重かった. KMの2次枝梗千粒重については, 全ての処理区で上部>中部>下部の順に重かった. また, 1次枝梗のいずれの部位の千粒重も2次枝梗より重かった. これに対して, L9ではいずれの処理区でも1次枝梗千粒重は下部>中部>上部の順に重く, 下部2次枝梗千粒重は上部2次枝梗千粒重より重くなる傾向が認められた.

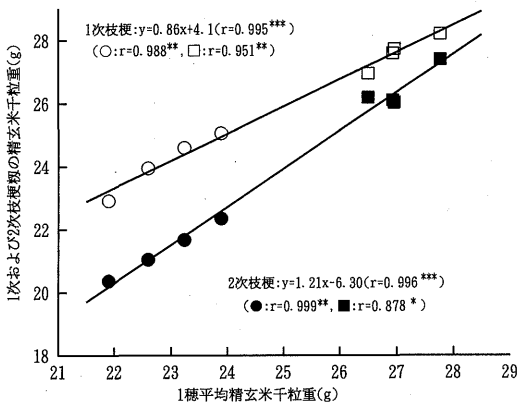
L9の穂の部位別の1次および2次枝梗千粒重とKMの対応する部位の千粒重の差を第3図に示した. いずれの部位においても, 1次および2次枝梗千粒重ともにL9がKMに優ったが, 各処理区とも1次枝梗に比べて2次枝梗千粒重の差が大きく,



第3図 9004とコガネマサリの穂の部位別・枝梗別
 籾の精玄米千粒重の差異
 9004の精玄米千粒重からコガネマサリの精玄
 米千粒重を差し引いた値。

*第1図参照。I: LSD(0.05)。—: 1穂平均精玄米千粒重の差異を示す。

▨: 上部1次枝梗, ▧: 中部1次枝梗, ▩: 下部1次枝梗, ■: 1次枝梗平均。
 ▤: 上部2次枝梗, ▥: 中部2次枝梗, ▦: 下部2次枝梗, □: 2次枝梗平均。



第4図 1次および2次枝梗籾の精玄米千粒重と1
 穂平均精玄米千粒重との関係

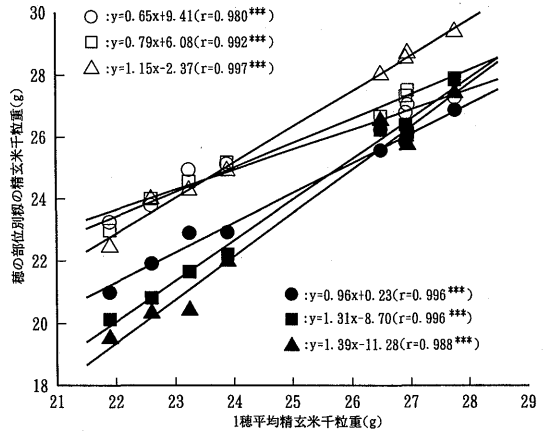
○●: それぞれコガネマサリの1次および2次
 枝梗籾を示す。

□■: それぞれ9004の1次および2次枝梗籾を
 示す。

*, **, ***: それぞれ5%, 1%, 0.1%水
 準で有意。

さらに、1次および2次枝梗千粒重とも穂の下部>
 中部>上部の順に差が大きかった。このことより、
 L9の精玄米千粒重がKMより重かった²⁶⁾のは穂
 上のいずれの部位においてもKMに比べL9で優
 ったことによるが、その傾向は穂の上部に比べ下部
 で著しいことがわかった。

2. 穂上部位別の1次および2次枝梗千粒重と平
 均千粒重との関係



第5図 穂の上, 中, 下部における1次および2次
 枝梗籾の精玄米千粒重と1穂平均精玄米千粒重
 との関係

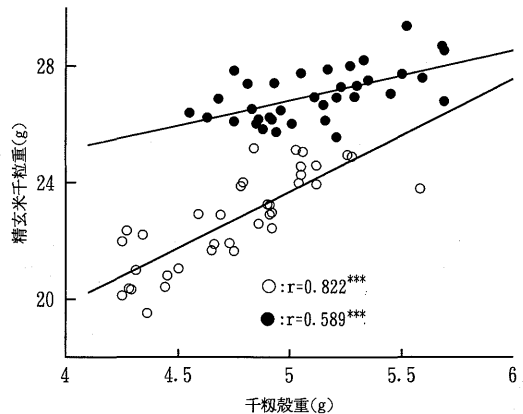
○□△: それぞれ穂の上, 中, 下部の1次枝梗
 籾を示す。

●■▲: それぞれ穂の上, 中, 下部の2次枝梗
 籾を示す。

コガネマサリ: ○: r=0.966**, □: r
 =0.991**, △: r=0.953**, ●: r=0.951**,
 ■: r=0.997**, ▲: r=0.937**。

9004: ○: r=0.890*, □: r=0.926**, △: r
 =0.988**, ●: r=0.976**, ■: r=0.917**,
 ▲: r=0.655^{NS}。

*, **, ***: それぞれ5%, 1%, 0.1%水
 準で有意。NS: 5%水準で有意でない。



第6図 粒穀重と精玄米粒重との関係

○: コガネマサリ, ●: 9004, ***: 0.1%水準
 で有意。

KMとL9の全ての処理区の平均千粒重と1次枝
 梗千粒重は品種別、あるいは両品種を込みにして
 も、いずれも1%~0.1%水準で有意な正の相関関
 係を示した(第4図)。また、平均千粒重と2次枝
 梗千粒重の間には、1次枝梗千粒重と同様にいず

れも 5%~0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた (第 4 図)。そして、平均千粒重の増加に伴う 2 次枝梗千粒重の増加程度は 1 次枝梗千粒重より

大きかったため、両者の差は平均千粒重が大きいほど小さくなった。

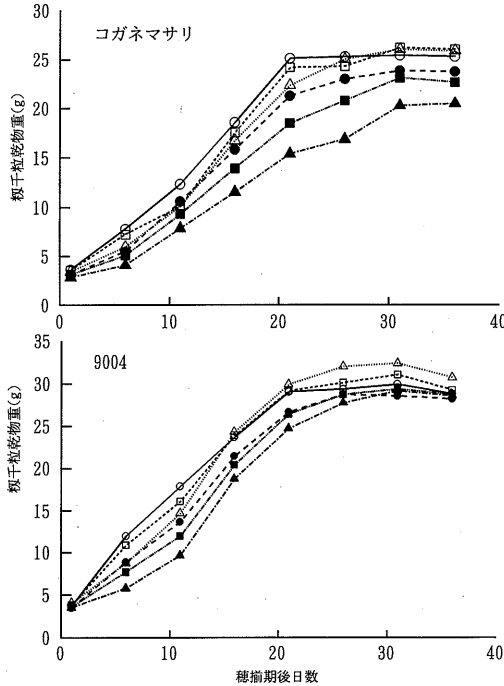
KM と L9 の全ての処理区の平均千粒重と穂の上, 中, 下部の 1 次および 2 次枝梗千粒重との間には品種別にみると, L9 の下位 2 次枝梗を除いていずれも 5%~1%水準で有意な正の相関関係が認められた (第 5 図)。両品種を込みにしてみたところ, 相関係数は 0.980***~0.997***で, いずれも 0.1%水準で有意であった (第 5 図)。また, 平均千粒重の増加に伴う穂上の部位による増加程度は異なり, 1 次および 2 次枝梗とも下部>中部>上部の順で大きかった。

3. 精籾の籾殻重と玄米重との関係

玄米は籾殻の中に生長し, 籾殻の制限を受けるために, 玄米粒重は籾殻の容積, すなわち籾殻重と密接な関係にあるとされている^{3,10,14,15,19}。そこで, 穂の上, 中, 下部の 1 次および 2 次枝梗別の精籾の籾殻重と玄米粒重との関係を第 6 図に示した。両品種とも, 0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた。しかし, L9 の籾殻重は KM と同じ場合でも, 玄米粒重は明らかに重かった。

4. 籾の乾物蓄積速度と千粒重との関係

L9 と KM の精籾の籾殻重の差は小さいにもかかわらず, 玄米粒重は大きく異なったことから, 両品種の精玄米千粒重の差 (第 1, 2 図) は籾殻の大きさによるものではないことが示された。この原因を明らかにするために, まず籾の乾物蓄積過程から検討する。穂の上, 中, 下部の 1 次および 2 次枝梗別



第 7 図 穂の上, 中, 下部における 1 次および 2 次枝梗別の籾乾物重の推移 (多窒素リン区, 第 1 図参照)
○: 上部 1 次枝梗, △: 中部 1 次枝梗, □: 下部 1 次枝梗。
●: 上部 2 次枝梗, ▲: 中部 2 次枝梗, ■: 下部 2 次枝梗。

第 1 表 理論最大粒重の 99% までの籾乾物蓄積速度および登熟日数

品種	部位	籾 1 粒の乾物蓄積速度 (mg/日)				登熟日数 (日)			
		少窒素*	少窒素リン	多窒素	多窒素リン	少窒素	少窒素リン	多窒素	多窒素リン
コガネマサリ	上 1**	0.78	0.68	0.70	0.80	28	34	31	27
	中 1	0.77	0.71	0.66	0.73	30	32	34	31
	下 1	0.68	0.71	0.68	0.73	33	34	34	31
	上 2	0.66	0.67	0.66	0.68	31	31	31	30
	中 2	0.63	0.64	0.58	0.59	31	31	35	34
	下 2	0.56	0.53	0.50	0.51	32	34	35	34
9004	上 1	0.89	0.98	0.89	0.82	27	26	29	31
	中 1	0.97	1.03	0.88	0.81	26	26	31	31
	下 1	0.90	0.96	0.93	0.89	29	27	30	30
	上 2	0.84	0.80	0.85	0.83	28	31	29	29
	中 2	0.82	0.78	0.83	0.74	29	30	31	33
	下 2	0.73	0.74	0.79	0.74	32	32	32	32

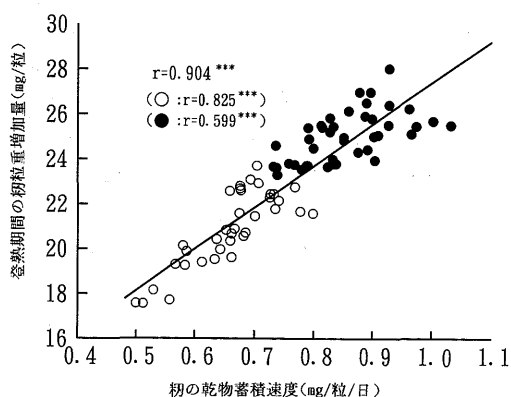
* : 10a 当たりの穂肥施用量, 少窒素: N 3 kg, 少窒素リン: N 3 kg+P₂O₅ 6 kg, 多窒素: N 6 kg, 多窒素リン: N 6 kg+P₂O₅ 6 kg.

** : 上, 中, 下はそれぞれ穂の上, 中, 下部を示す。1:1 次枝梗籾, 2:2 次枝梗籾。

第2表 穂上の部位別の籾乾物蓄積速度の変化と登熟日数

品種	部位	籾1粒の乾物蓄積速度 (mg/日)							粒重99%までの登熟日数 (日)
		1~6*	6~11	11~16	16~21	21~26	26~31	31~36	
コガネマサリ	上1**	0.22	0.78	1.56	1.22	0.43	0.11	0.02	30
	中1	0.21	0.71	1.49	1.34	0.54	0.15	0.04	31
	下1	0.18	0.62	1.39	1.43	0.66	0.19	0.05	32
	上2	0.18	0.76	1.64	1.13	0.31	0.06	0.01	28
	中2	0.17	0.54	1.18	1.22	0.59	0.19	0.05	33
	下2	0.13	0.43	1.01	1.13	0.57	0.18	0.05	33
9004	上1	0.59	1.45	1.65	0.82	0.25	0.06	0.02	28
	中1	0.48	1.39	1.83	0.95	0.27	0.06	0.01	28
	下1	0.38	1.22	1.95	1.20	0.37	0.09	0.02	28
	上2	0.29	1.16	1.98	1.04	0.25	0.05	0.01	26
	中2	0.27	0.95	1.80	1.25	0.40	0.09	0.02	29
	下2	0.16	0.61	1.50	1.58	0.69	0.18	0.04	31
LSD 0.05		0.04	0.09	0.10	0.06	0.05	0.02	0.01	1

両品種とも各処理区の平均値。* : 穂揃期後日数。** : 第1表参照。



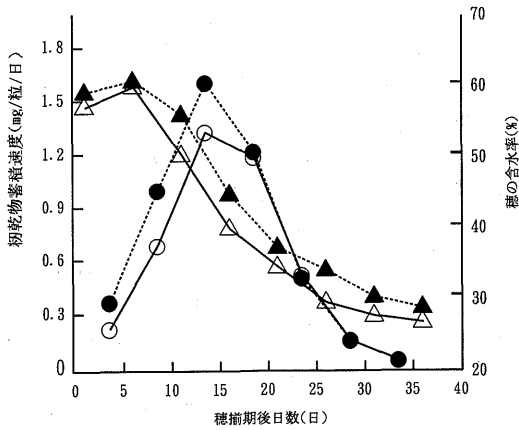
第8図 登熟期間の籾平均乾物蓄積速度と粒重増加量との関係

○: コガネマサリ, ●: 9004. ***: 0.1%水準で有意。

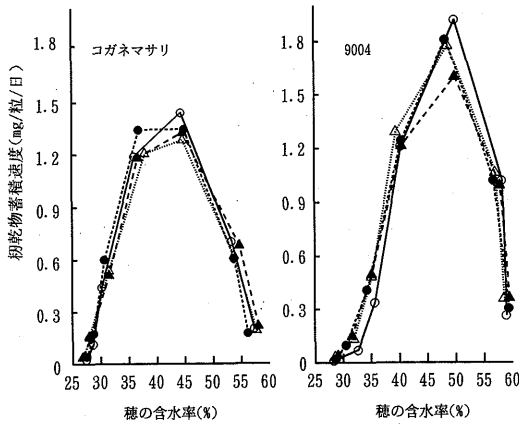
に登熟期間の籾乾物重を追跡した結果を多窒素リン区を例に第7図に示した。第7図に明らかなように、籾の乾物蓄積過程は両品種の各処理区のいずれの部位でも“S”字曲線で表され、Logistic関数式 $[Y=K/(1+ae^{-bx})]$ (但し、Kは理論最大粒重、Yは穂揃期後X日目の粒重、a,bは定数)に適合し、いずれも5%あるいは1%水準で有意性が認められた。そこで、全処理区の各部位において、理論最大粒重の99%までの粒重を求め、同登熟日数で除して、理論最大粒重の99%までの籾平均乾物蓄積速度を算出した(第1表)。KMでは1次、2次枝梗籾とも穂の上部>中部>下部の順に、また1次>2次枝梗籾の順に乾物蓄積速度が高い傾向がみられ

た。一方、L9では多窒素区と多窒素リン区で下部1次枝梗籾の乾物蓄積速度が最も高く、中部と上部はほぼ同じであったのに対して、少窒素区と少窒素リン区では中部1次枝梗籾の乾物蓄積速度が最も高く、下部と上部はほとんど差がみられなかった。2次枝梗籾では4処理区ともほぼ上部>中部>下部の順に高かった。また、L9の乾物蓄積速度はいずれの部位でもKMより高かった。登熟日数をみると、両品種の1次、2次枝梗籾とも穂の下部>中部>上部の順に、また2次>1次枝梗籾の順に登熟日数は長く(第1表)、さらに、いずれの部位でもL9の登熟日数はKMより短かった。穂の上、中、下部の1次および2次枝梗籾の登熟期間の籾重増加量は籾の乾物蓄積速度と0.1%水準で有意な正の相関関係($r=0.904***$)を示したが(第8図)、登熟日数とは有意な相関関係がみられなかった($r=-0.301$)。すなわち、穂の上、中、下部の1次および2次枝梗籾の登熟期間の籾重増加量は主に乾物蓄積速度によって決定されることが示唆された。

以上より、L9の理論最大粒重99%までの籾の乾物蓄積速度はKMより高いことがわかった。そこで次に、L9とKMの乾物蓄積速度の差が登熟期間のどの時期に、穂のどの部位で生じているかを明らかにするため、穂の上、中、下部の1次および2次枝梗籾の理論最大粒重99%までの登熟日数と穂揃期後の5日毎の乾物蓄積速度を算出し、各処理区の平均値を第2表に示した。なお、両品種の各処理区別にみた場合にも、穂の上、中、下部における1



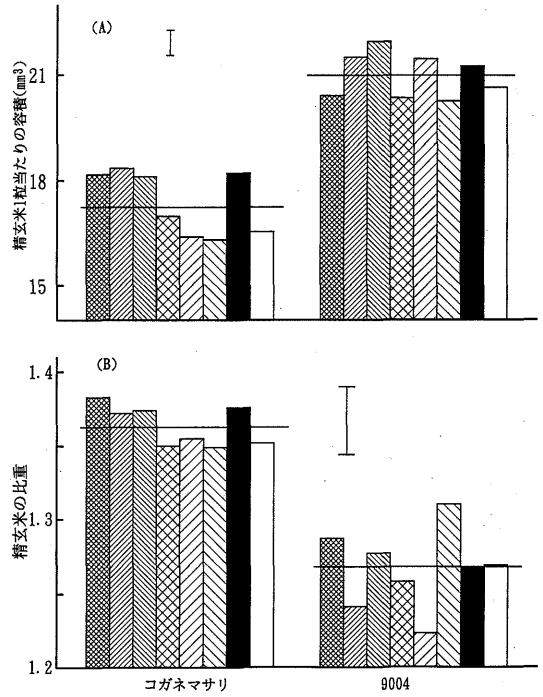
第 9 図 穂の含水率と籾乾物蓄積速度の推移 (多室素リン区, 第 1 図参照)
○, △: それぞれコガネマサリの籾乾物蓄積速度と穂の含水率を示す。
●, ▲: それぞれ 9004 の籾乾物蓄積速度と穂の含水率を示す。



第 10 図 穂の含水率と籾乾物蓄積速度との関係
○: 少室素, ●: 少室素リン, △: 多室素, ▲: 多室素リン (第 1 図参照)。

次および 2 次枝梗別の籾乾物蓄積過程は前述の Logistic 関数式に適合し, KM の各部位の相関係数は $-0.960^{**} \sim -0.994^{**}$, L9 は $-0.830^{**} \sim -0.991^{**}$ の間にあり, いずれも 1% 水準で有意性が認められた。

穂の部位別の 1 次および 2 次枝梗の登熟日数は KM では 28 日~33 日で, L9 の 26 日~31 日よりやや長かった。L9 の登熟期前半 (穂揃期後 16 日まで) の籾乾物蓄積速度は, いずれの部位の 1 次および 2 次枝梗ともに KM より速かった。この差異は穂揃期後 1 日~6 日には 2 次枝梗に比べ 1 次枝

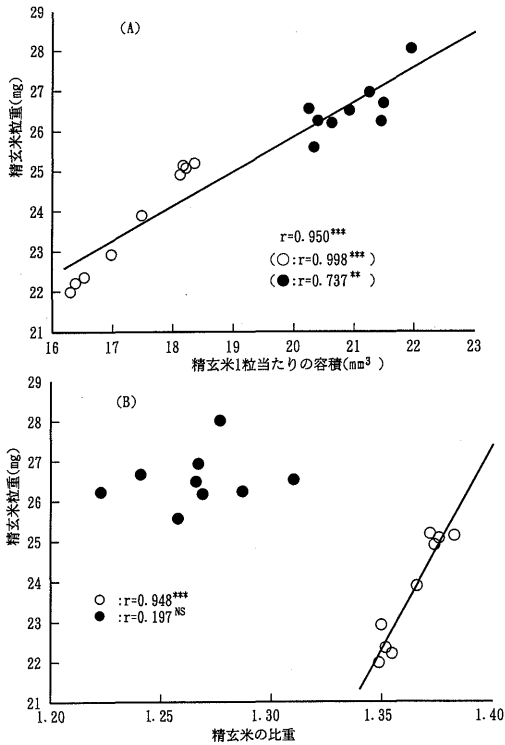


第 11 図 穂の上, 中, 下部における 1 次および 2 次枝梗の精玄米容積 (A) と比重 (B) (多室素リン区, 第 1 図参照)
記号は第 3 図参照。——: 1 穂の平均精玄米容積と比重を示す。
|: LSD (0.05)。

梗で大きく, またいずれも穂の上部 > 中部 > 下部の順に大きくなった。これらとは逆に, 同 11 日~16 日には下部 > 中部 > 上部の順に差が大きくなった。しかし, 登熟期後半 (穂揃期後 16 日以降) には両品種のいずれの部位の 1 次および 2 次枝梗の籾乾物蓄積速度にも差はみられなかった。またここで, 両品種とも上部 2 次枝梗の最高籾乾物蓄積速度が 1 次枝梗より高いこと, および L9 の 1 次枝梗の最高籾乾物蓄積速度は下部 > 中部 > 上部となったことは特に注目された。

5. 穂の含水率と籾の乾物蓄積速度との関係

穂の含水率と籾の乾物蓄積速度の推移を多室素リン区を一例として第 9 図に示した。両品種ともに穂の含水率は登熟の進行とともに低下したが, いずれの時期においても KM に比べ L9 で高く, 特にその相違は穂揃期後 6 日~16 日に大きかった。籾の乾物蓄積速度は穂揃期後 13 日頃に最大となり, KM に比べて L9 で高く, この時期の穂の含水率も同様に L9 で高かった。このことは, 他の処理区でも同様に認められた。さらに, この点を明らかにす



第12図 精玄米容積 (A) および比重 (B) と玄米重との関係

○:コガネマサリ, ●:9004.

、*:それぞれ1%、0.1%水準で有意.

NS:5%水準で有意でない.

るために、穂の含水率と籾の乾物蓄積速度との関係を第10図に示した。穂の含水率が60%~45%の間ではL9の籾の乾物蓄積速度はKMより明らかに速く、その後、穂の含水率の低下につれて、両品種の籾の乾物蓄積速度の差はみられなくなった。両品種の各処理区とも穂の含水率が約27%に低下すると、籾の乾物蓄積が停止した。また、籾の最高乾物蓄積速度を示した時点での穂の含水率はKMに比べてL9が高かった。

以上より、穂の含水率の高い時期にL9の籾の受け入れ能力はKMより高かったこと、またL9の登熟期前半の穂の含水率の低下程度はKMより低かったことがわかった。

6. 玄米容積および比重と千粒重との関係

玄米千粒重は容積と比重に分解できる。そこで、上述したKMとL9の精玄米重の差がこれら両要素のいずれによってもたらされたかを知るために、KMとL9の多窒素リン区の穂の上、中、下部の1次および2次枝梗別別の精玄米容積と比重を第11

図に示した。L9の精玄米容積はいずれの部位においてもKMより大きかった(第11図A)。また、両品種とも1次枝梗別の精玄米容積は2次枝梗別より大きかった。穂の部位別の1次および2次枝梗別に分けてみると、KMでは1次枝梗別は中部が上・下部よりやや大きく、上部と下部はほぼ等しかった。2次枝梗別は上部が中・下部より大きく、中部と下部の差は小さかった。L9では1次枝梗別は下部>中部>上部の順に、2次枝梗別は中部>上部・下部の順に大きかった。精玄米比重はKMがL9より大きく、また、KMでは1次>2次枝梗別となったが、L9では1次=2次枝梗別となった(第11図B)。穂の部位別の1次および2次枝梗別に分けてみると、KMでは1次および2次枝梗別とも部位間差が小さいが、それぞれ上部および中部が他の部位に比べてやや大きかった。L9では1次枝梗別は上部>下部>中部の順に、2次枝梗別では下部>上部>中部の順に大きく、特に下部2次枝梗別が最大値を示した。

精玄米容積は千粒重とKM ($r=0.998^{***}$)、L9 ($r=0.737^{**}$)の両品種とも1%~0.1%水準で有意な正の相関関係を示した(第12図A)。また、両品種を込みにしても $r=0.950^{***}$ と0.1%水準で有意な高い正の相関関係が認められた。一方、精玄米比重と千粒重の間にはKMでは0.1%水準で有意な正の相関関係が認められたが(第12図B)、L9では有意な相関関係がみられなかった。

考 察

精玄米千粒重は籾容積の大きさ、すなわち籾殻重^{3,10,14,15,19}と胚乳の発育程度によって決定するとされている。本研究ではL9とKMの精籾の籾殻重と玄米重の間には、いずれも0.1%水準で有意な正の相関関係が認められ(第6図)、籾殻重が重いものほど千粒重が重く、従来の結果と一致した^{10,14}。しかしながら、L9とKMの精籾の籾殻重の差は小さいが、千粒重は大きく異なった(第6図)ことから、L9とKMの千粒重の差異は籾容積の大きさによったものではなく、主に籾の充実程度に支配されたと推定された¹⁰。

籾の充実程度は玄米の大きさ、すなわち玄米容積と玄米比重によって決定される。そこで両品種の穂の上、中、下部の1次および2次枝梗別別の精玄米容積と比重を測定し、精玄米千粒重との関係について検討した結果、精玄米容積との間には品種別、ある

いは両品種を込みにしても、いずれも 1%~0.1% 水準で有意な正の相関関係が認められ (第 12 図 A)、比重との間には KM では 0.1% 水準で有意な正の相関関係が認められたが、L9 では有意な相関関係はみられなかった (第 12 図 B) ことより、L9 の精玄米千粒重が KM より重かったのは主に精玄米容積によったものと考えられた。

調査全穂の 1 穂全体の平均精玄米千粒重 (平均千粒重) は穂上部位別の籾の精玄米千粒重の平均値であるので、穂の部位別精玄米千粒重の変動により、平均千粒重も変動すると考えられる。長戸¹¹⁾は銀坊主で不稔粒と発育不良粒を除いて、穂上部位別千粒重について検討した結果、1 次および 2 次枝梗とも下部>中部>上部の順に重かったことより、遺伝的に下部枝梗が大粒特性を持つと推定している。しかし、同氏¹²⁾が日本晴、Bluebonnet などの日本型稲とインド型稲の両生態型を供試して、同様の方法で検討した結果では、穂上部位別の千粒重は、上述の報告とは全く逆に、1 次および 2 次枝梗とも概して上部枝梗ほど大きく、これは施肥法や地力などの栽培条件に基因すると考察している。王ら^{24,25)}は 1988 年~1991 年にポット栽培、群落水耕栽培で、インド型ハイブリッドライス汕優 63 号と穂重型日本型品種武育梗 2 号を供試して、窒素施用量と施用時期、リン酸、水分供給量と時期、遮光など 39 種処理区を設けて検討した結果、1 穂内の上、中、下部別精粒千粒重の順位タイプに、長戸らが報告している上位>中位>下位¹²⁾、下位>中位>上位¹¹⁾のみならず、上位>下位>中位、中位>上位>下位、中位>下位>上位、下位>上位>中位などを認め、穂上部位別籾の千粒重は栽培条件や気象条件によって異なり、必ずしも開花の早晚や穂上部位によって決定されるものではないとしている。本研究においても、穂上部位別の精玄米千粒重の順位タイプについては、王ら^{24,25)}のいくつかのタイプが認められた (第 2 図)。

穂上部位の異なる籾の精玄米千粒重と平均千粒重との関係について検討した報告は従来はみられなかった。本研究によれば、平均千粒重の増加に伴い、1 次および 2 次枝梗籾ともに千粒重が増加したが、2 次枝梗千粒重の増加程度は 1 次枝梗より大きかった (第 4 図)。また、平均千粒重の低い場合には、1 次および 2 次枝梗とも、穂の下部に位置し開花が遅いと考えられた穎花¹¹⁾が穂の上部の開花が早いと考えられた穎花¹¹⁾より軽いが、平均千粒重の増加

につれて、穂の下部の穎花の千粒重の増加程度は上部の穎花より大きく、千粒重の差は段々と小さくなり、平均千粒重の高い場合にはそれとは逆に穂の下部の穎花は上部の穎花より重くなった (第 5 図)。このことより、開花の遅い穎花の粒重増加の潜在力は大きく、一般には炭水化物の不足状態にあるためその潜在力は十分に発揮できていないこと、また、栽培条件を改善することにより開花の遅い穎花の千粒重がかなり増加でき、それに伴い平均千粒重も増加できると考えられる。

玄米千粒重は登熟期間の籾乾物蓄積速度と登熟日数の積で表される。本研究の範囲では、穂上部位別籾の登熟期間の粒重増加量は KM, L9 とも籾乾物蓄積速度との間に 0.1% 水準で有意な正の相関関係を示し (第 8 図)、登熟日数との間に有意な相関関係がみられなかった。すなわち、登熟期間の籾乾物蓄積速度が速いものほど粒重増加量が多くなり^{7,8)}、精粒の籾殻重の差の小さかった KM と L9 の玄米千粒重の差異は籾乾物蓄積速度によるものと考えられた。穂上部位別籾の穂揃期後 5 日毎の籾乾物蓄積速度を関数式から算出したところ、L9 の登熟期前半の籾乾物蓄積速度は穂上部位にかかわらず、いずれも KM より速かった (第 2 表)。しかし、両品種の登熟期後半の籾乾物蓄積速度にはほとんど差はみられなかった。すなわち、L9 の穂上部位別籾の籾乾物蓄積速度が KM より高かったのは、平均千粒重と同様に、いずれも登熟期前半の籾乾物蓄積速度の高いことによったもの²⁶⁾と考えられる。

籾の籾乾物蓄積は穂の水分含有量と密接な関係にあり^{6,9,20,21,22,23)}、両品種の各処理区とも穂の含水率が約 27% に低下すると、籾の籾乾物蓄積速度が停止したが (第 10 図)、この値は星川⁶⁾、津野ら^{20,21)}、王ら²³⁾が報告している 20%~25% に比べてやや高かった。本研究で精玄米千粒重が高かった L9 の登熟期前半の穂の含水率は高く、籾の籾乾物蓄積速度も速かった (第 9 図)。また、L9 の最高籾乾物蓄積速度を示した時点における穂の含水率は約 50% と高く (第 10 図)、超多収 (精玄米 1000 kg/10 a 前後¹¹⁾ ハイブリッドライス汕優 63 号²²⁾ とほぼ同じであった。これに対して、KM では L9 とは逆に登熟期前半の穂の含水率が低く (第 9 図)、最高籾乾物蓄積速度を示した時点における穂の含水率は 40~45% で、L9 より 5~10% 低かった (第 10 図)。すなわち、L9 の登熟期前半の籾乾物蓄積速度が KM より高かったのは、穂の含水率の低下程度が相対的に低かった

こと、および最高乾物蓄積速度を示した時点の含水率が相対的に高かったことの両者が関連したものと考えられた。

L9の割れ粃は約47%、KMは3.4%であったが、割れ粃の割合が高いものほど精玄米容積が大きく(第11図A)、玄米の比重が低くなる傾向がみられた(第11図B)。すなわち、割れ粃の玄米容積は大きい、玄米の充実程度は悪くなった。この原因としては、割れ粃では水分散失速度が速くなったこと¹⁰⁾および籾内への紫外線の到達量が増加したこと²⁾などによるデンプン蓄積量の低下などが推定されるが、割れ粃割合の高いL9の穂の含水率が常に割れ粃割合の低いKMより高かったことより、水分散失の影響は考えにくい。この点については、L9の玄米容積の増大に伴うもち特有の緑化程度の関与¹⁸⁾も推定され、今後さらに検討を要する。

引用文献

- Amano, T., Q. Zhu, Y. Wang, N. Inoue and H. Tanaka 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu Province, China. I Characteristics of grain production. *Jpn. J. Crop Sci.* 62: 267—274.
- 江幡守衛・尾関 毅・井上和雄・石川雅士・田代 亨 1989. イネ花穎の紫外線遮断的役割. *日作紀* 58: 541—548.
- Hayashi, K. 1972. Current development and relating problems of rice varieties with high yielding potential. *IPC, Newsletter* 21: 18—32.
- 平岡博幸・田島克己・西山岩男・鈴木良典 1984. 多収性水稻品種の生理生態的特性の解明. 6) 登熟期における稈・葉鞘の炭水化物含有量の品種および窒素施肥法間差異. *日作紀* 52(別2): 8—9.
- ・寺島一男・西山岩男 1986. ————. 9) 炭水化物の動態から多収性品種育成の目標形質. *日作紀* 55(別2): 17—18.
- 星川清親 1975. イネの生長. *農文協*, 東京. 262—283.
- Jones, D.B., M.L. Peterson and S. Geng 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. *Crop Sci.* 19: 641—644.
- Kato, T. 1989. Relationship between grain-filling process and sink capacity in rice (*Oryza sativa* L.). *Jpn. J. Breed.* 39: 431—438.
- 松田清勝 1929. 米粒の發育中に於ける水分変化及び發育と熟期との関係に就いて. *日作紀* 1: 58—65.
- 松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. *農技研報* A5: 1—271.
- 長戸一雄 1941. 穂上位置に依る米粒成熟の差異に就いて. *日作紀* 13: 156—169.
- ・鈴木清太・佐渡敏弘 1975. 米粒の乾物増加過程と米質. *日作紀* 44: 431—437.
- 斎藤邦行・柏木伸哉・木下孝宏・石原 邦 1991. 水稻多収性品種の乾物生産特性の解析. 第4報 穂への同化産物の分配. *日作紀* 60: 255—263.
- 佐藤 庚 1968. 稲の籾殻の大きさの意義について. *日作紀* 37: 454—456.
- 徐 錫元・茶村修吾 1979. 短稈多収性の改良インド型水稻品種の特性に関する研究. 第1報 シンク, ソース, 貯蔵炭水化物からみた登熟特性. *日作紀* 48: 365—370.
- ・太田保夫 1982. 水稻の登熟に及ぼす籾殻の役割. 第5報 籾殻からの水分損失と米粒の發育について. *日作紀* 51: 529—534.
- 宋 祥甫・縣 和一・川満芳信 1990. 中国産ハイブリッドライスの物質生産に関する研究. 第3報 収量生産期間における非構造性炭水化物及び全窒素濃度の変動からみた子実生産特性. *日作紀* 59: 107—112.
- 武田和義・中山林三郎・斎藤健一 1975. 糯稈性が玄米の大きさに及ぼす影響 (イネにおける穎と子房の相互関係 VI.). *育種* 25: 87—92.
- Tanaka, A. 1972. The relative importance of the source and sink as the yielding-limiting factors of rice. *Tech. Bull. No. 6. Food & Fertilizer Tech. Cent. ASPAC*, 1—18.
- 津野幸人・中井敏久 1984. 穂の含水比ならびに呼吸速度よりみた登熟機能の解析. *日作紀* 53(別2): 94—95.
- ・——— 1986. 水稻の登熟不良穂にみられる含水率の動向ならびに穂の環境と登熟との関係. *日作紀* 55(別1): 74—75.
- 王 余龍・蔡 建中・徐 永林・華 鶴良 1990. 水稻籽粒受容活性及其控制途径. I 籽粒含水率与受容活性的關係. *江蘇農學院學報* 11(3): 25—29.
- ・——— 1990. ————. II 籽粒含水率与 ¹⁴C 光合産物分配及轉化的關係. *江蘇農學院學報* 11(4): 27—31.
- ・姚 有礼・徐 加寬・宗 緒慶・蔡 建中 1993. ————. IV 汕優63 不同部位籽粒的結実能力. *江蘇農學院學報* 14(2): 19—24.
- ・———・蔡 建中 1994. ————. V 粳稻不同部位籽粒的結実能力. *江蘇農學院學報* 15(1): 21—26.
- ・山本由徳・新田洋司 1995. 中国産日本型水稻 9004 系統の多収要因の解析. 第1報 面積当たりの籾数水準同一下での日本稲品種との収量性の比較. *日作紀* 64: 545—555.
- 翁 仁憲・武田友四郎・縣 和一・箱山 晋 1982. 水稻の子実生産に関する物質生産的研究. 第1報 出穂期前に貯蔵された炭水化物および出穂後の乾物生産が子実生産に及ぼす影響. *日作紀* 51: 500—509.
- ・縣 和一・武田友四郎 1986. ————. 第4報 出穂期における全炭水化物濃度の品種間差. *日作紀* 55: 201—207.