

# 多収性水稻の品種生態に関する研究

## 一出液速度の品種間差異

楠谷彰人\*・崔晶・豊田正範・浅沼興一郎

(香川大学)

**要旨:** 従来の日本品種 10 (日本品種群) およびアジア各国で育成された多収品種 10 (多収品種群) を供試し, 出液速度の品種間差を調査するとともに, 収量関連形質との関係を検討した. 出穂期における出液速度 ( $BR_1$ ) および成熟期における出液速度 ( $BR_2$ ) は, それぞれ  $2.20 \text{ (g 時}^{-1} \text{ 株}^{-1}) \sim 3.92$ ,  $1.50 \sim 2.62$  の範囲にあった.  $BR_1$  および  $BR_2$  に有意な品種群間差は認められなかったが,  $1 - BR_2 / BR_1$  によって求めた登熟期間中の出液速度減少率は, 多収品種の方が日本品種よりも有意に高かった.  $BR_1$  と総ファイトマー数 (TPN) との間に有意な相関関係は認められなかったが,  $BR_1$  と  $BR_1 / \text{TPN}$  とは有意な正の相関を示した.  $BR_1$  と出穂期における茎葉乾物重 (SDW) / TPN との間にも有意な正の相関関係が存在した. 登熟期間中の出液速度減少率は, 葉色の低下と有意な正の相関を示した. さらに, 出液速度減少率と登熟歩合の間には有意な負の相関関係が認められた. これらより, 出穂期後の葉色低下が大きく出液速度の減少率が高い品種は根の活力低下が激しく, 登熟性に劣ると考えられた.

**キーワード:** 根系, 出液速度, 水稻, 多収性, 登熟歩合, ファイトマー.

近年, 作物の根系の生理機能を評価する指標として茎基部からの出液量が注目され, 水稻においても出液量の日変化や生育に伴う推移, 根量との関係, 収量関連形質との関係, 出液中の無機成分等についての研究が活発に行われている (鯨ら 1999 a, 1999 b, 森田ら 1995, 1996, 1998, 森田・阿部 1999 a, 1999 d, 折谷ら 1997, 山口ら 1995, 1999, Yamamoto and Nishimura 1986). また, これらの中には出液量の品種間差について調査した報告もみられるが, 日印交雑型多収品種等を含めた多数の品種間で出液量を比較した例は少ない.

一方, 根系の形成を個体を構成するファイトマーとの関係からとらえようとする研究も多数行われている (森田ら 1997 b, 1997 c). ファイトマーとは, 1 枚の葉と分けつ芽を持つ茎断片で, 茎部分から根が出現するものをいうが, その数は根数と, またその大きさは根長と密接な関係があると指摘されている (森田・阿部 1997 a). このため, 根の量やその分布の問題を, ファイトマーという概念を通じて茎葉部の構造と関連させ, 総合的に理解しようとする試みが精力的になされている (森田 1994, 森田・阿部 1999 b) が, ファイトマーの数や大きさと出液量とを直接結びつけた解析はそれほど多く行われていない (森田ら 1996).

こうしたことから本報では, 従来の日本品種と半矮性印度型および日印交雑型多収性品種の出液量を調査し, その品種間差を検討するとともに, ファイトマーや収量関連形質との関係について考察した.

## 材料と方法

### 1. 供試品種

試験は, 1999 年に香川大学農学部において, 第 1 表に示した 20 品種を供試して行った. これらのうち, 品種番

号 1~10 は従来の日本品種であり, 11~20 は日本, 韓国, 中国で多収を目的に育成された印度型あるいは印度型の血を引く品種である. そこで, 以下の本文中では 1~10 を日本品種, 11~20 を多収品種と総称した. なお, 第 1 表には日本品種, 多収品種とも移植期から出穂期までの日数 (以下, 出穂期迄日数) の短い順に記載した.

### 2. 栽培法

育苗用人工培土を満たした高さ約 15 cm の大型バット内で 26 日間育苗した苗を, 6 月 9 日に根を切らないようにして取り出し, 各品種とも 50 本につき葉齢と草丈を調査した. その後, 平均葉齢と草丈に一致する苗を, 育苗用人工培土 3 kg を充填した 1/5000 アールのワグナーポットに 1 本ずつ移植した. これらのポットを, 縦 2.2 m × 横 5.8 m の大型水槽内に沈めて成熟期まで栽培した. 水深は 25 cm (ポット上端より 5 cm の深さ) で, 栽培期間中一定とした. 供試ポット数は, 1 品種当たり 6 であった.

### 3. 調査法

移植後 1 週間おきに, 各ポットごとに草丈, 茎数, 主茎の葉齢を測定した. また, 森田ら (1997 c) の方法によって, 3 日おきにファイトマー数を調査した. ただし, ファイトマー数の調査は, 生育が進むにつれて労力的に過重となってきたので順次調査数を減らし, 最終的には草丈, 茎数, 葉齢の平均値に最も近い 1 ポットのみについて行った.

各品種の出穂期に, 3 ポットにつき茎葉部を 10 cm の高さで切断し, 森田・阿部 (1999 c) の方法に従って出液量を測定した. 1 株の 1 時間当たり出液量を出液速度とした. 同時に, 各ポット内の長稈 3 茎について止葉の葉色を SPAD-502 型によって測定した. 各ポットともこれらの

第1表 供試品種および出穂期と成熟期における主な調査形質。

番号	品種名	t <sub>1</sub>	出 穂 期					t <sub>2</sub>	成 熟 期				
			BR <sub>1</sub>	SV <sub>1</sub>	TPN	SDW	RDW		BR <sub>2</sub>	SV <sub>2</sub>	EW	GN	RP
(日本品種)													
1.	キヌヒカリ	62	2.20	36.3	102	28.3	4.1	32	1.50	23.6	26.7	116	94.7
2.	コシヒカリ	63	2.43	34.2	106	33.5	4.9	33	1.79	22.3	27.4	137	90.2
3.	大場	64	3.09	34.2	130	36.9	4.2	33	2.38	20.6	25.9	99	90.4
4.	おくひかり	66	3.56	34.0	139	49.2	5.3	31	2.06	20.2	22.6	109	89.6
5.	愛国	69	3.19	36.2	108	43.5	6.1	33	2.24	26.5	23.3	103	88.4
6.	秋晴	74	3.17	29.7	131	57.1	7.4	34	2.62	23.2	18.0	85	95.3
7.	ナギホ	74	3.35	29.5	138	47.9	5.4	33	2.58	24.1	26.4	105	89.5
8.	ヒノヒカリ	76	3.16	27.4	144	54.8	7.0	33	2.26	18.7	22.6	118	82.6
9.	コガネマサリ	80	3.42	30.7	108	54.2	6.8	35	2.17	21.1	24.2	116	93.0
10.	ミナミニシキ	85	3.55	28.7	148	55.5	6.3	36	2.09	16.0	21.6	106	80.1
(多収品種)													
11.	ハバタキ	65	2.94	38.2	114	49.1	5.8	33	1.89	20.9	28.6	167	91.6
12.	塩選203号	72	2.46	38.6	158	43.1	7.1	32	1.76	18.8	26.1	140	93.7
13.	NAU303	72	2.74	41.0	93	56.3	14.5	37	1.83	23.7	33.9	243	77.2
14.	アケノホシ	75	3.92	34.3	116	58.2	5.4	34	2.44	21.3	27.5	138	87.5
15.	桂朝2号	75	3.57	36.3	135	67.2	7.5	35	2.12	13.6	30.8	179	77.1
16.	タカナリ	77	3.39	35.9	137	52.3	8.1	34	1.84	15.7	33.5	169	77.1
17.	来敬	77	3.19	33.9	147	64.5	7.6	35	2.09	24.1	30.2	191	75.5
18.	揚稲4号	78	3.35	34.5	102	59.6	11.9	33	2.00	17.0	26.7	155	80.2
19.	水原405号	81	2.95	29.2	159	63.2	7.1	32	1.82	16.4	25.7	146	81.0
20.	ホシユタカ	85	3.51	33.8	120	66.1	8.8	37	2.23	21.2	20.0	120	91.3
日本品種平均		71	3.11	32.1	125	46.1	5.8	33	2.17	21.6	23.9	109	89.4
多収品種平均		76	3.20	35.6	128	58.0	8.4	34	2.00	19.3	28.3	165	83.2
有意性		ns	ns	*	ns	**	*	ns	ns	ns	*	**	*

t<sub>1</sub>: 移植期～出穂期日数 (出穂期迄日数, 日), t<sub>2</sub>: 出穂期～成熟期日数 (登熟日数, 日), BR: 出液速度 (g 時<sup>-1</sup> 株<sup>-1</sup>), SV: 葉色 (葉緑素計 SPAD-502 型に読みとり値), TPN: 総ファイトマー数, SDW: 茎葉乾物重 (g 株<sup>-1</sup>), RDW: 根乾物重 (g 株<sup>-1</sup>), EW: 穂重 (g 株<sup>-1</sup>), GN: 1 穂粒数 (粒穂<sup>-1</sup>), RP: 登熟歩合 (%), ns, \*, \*\*: 最小有意差法によりそれぞれ日本品種と多収品種との間に有意差なし, 5%, 1%水準で有意差ありを示す。

調査を行った後, 全体を部位別 (穂, 葉身, 葉鞘+稈, 根) に分けて, それぞれの乾物重を秤量した。

成熟期に同様の方法によって, 葉色と出液量を 3 ポットについて測定した。また, 部位別乾物重を測定すると同時に, 穂を 1 次枝梗と 2 次枝梗 (一部, 3 次枝梗を含む) に分け, それぞれの着生粒の登熟歩合 (水選による) を調査した。あわせて, 他の収量構成要素の調査を行った。

なお, 本試験では根数や根長は調査できなかったため, 森田・阿部 (1997 a) の指摘に基づき, ファイトマーの測定値からこれらを推定評価した。

## 結 果

### 1. 供試品種および主な調査形質

第 1 表に, 供試品種の出穂期および成熟期における主な調査形質を示した。出穂期迄日数はキヌヒカリの 62 日からミナミニシキ, ホシユタカの 85 日の範囲にあった。品種群別平均値は多収品種が 5 日長かったが, その品種群間差は有意ではなかった。出穂期から成熟期までの日数 (以下, 登熟日数) はいずれの品種も 30~35 日程度で, 品種間差は小さかった。また, 品種群間に特定の傾向はみられなかった。

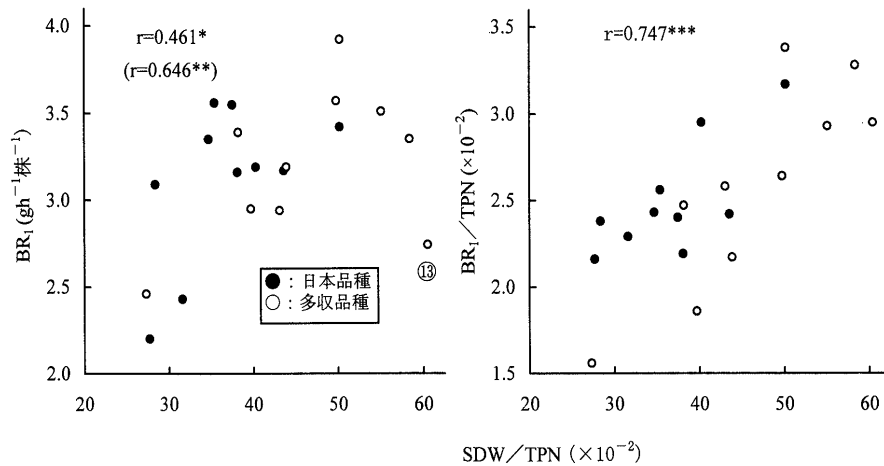
出穂期における出液速度 (g 時<sup>-1</sup> 株<sup>-1</sup>) はキヌヒカリの 2.20, コシヒカリの 2.43, 塩選 203 号の 2.46 等で低く, アケノホシの 3.92 が最高であった。品種群別平均値は日本品種 3.11, 多収品種 3.20 であったが, 両群の平均値に有意差は認められなかった。葉色 (SPAD-502 型による読みとり値) の平均値は日本品種 32.1, 多収品種 35.6 で, 多収品種が有意に高い値を示した。総ファイトマー数は, キヌヒカリ, コシヒカリ, NAU303, 揚稲 4 号等で少なく, 塩選 203 号, 水原 405 号等で多かったが, 品種群間差は有意ではなかった。1 株当たり茎葉乾物重の平均値は, 日本品種 46.1 g, 多収品種 58.0 g で, 多収品種の方が有意に重かった。1 株当たり根乾物重の平均値にも, 日本品種 5.8 g, 多収品種 8.4 g という有意な品種群間差がみられた。日本品種では, 茎葉乾物重および根乾物重と出穂期迄日数との間に, それぞれ  $r=0.847^{**}$ ,  $r=0.761^{*}$  の有意な正の相関関係が存在した。一方, 多収品種の出穂期迄日数は茎葉乾物重と  $r=0.668^{*}$  の相関を示したが, 根乾物重とは無関係 ( $r=0.119$ ) であり, 総ファイトマー数の少ない NAU303, 揚稲 4 号の根乾物重の重いことが特徴的であった (図略)。

成熟期の出液速度はキヌヒカリの 1.50 が最も低く, 秋

第2表 出穂期における出液速度と出穂期迄日数、ファイトマー数および根乾物重との相関係数。

	$t_1$	TPN	$BR_1/TPN$	RDW	$BR_1/RDW$
全品種 (n=20)	0.561*	0.171	0.584**	0.050	0.340
日本品種 (n=10)	0.677*	0.668*	0.487	0.548	0.235
多収品種 (n=10)	0.404	-0.237	0.677*	-0.250	0.634*

略号は第1表と同じ。相関係数の有意性は第1図と同じ。

第1図 出穂期における茎葉乾物重 (SDW)/総ファイトマー数 (TPN) と出液速度 ( $BR_1$ ) および  $BR_1/TPN$  との関係。

\*, \*\*, \*\*\*: それぞれ 5%, 1%, 0.1% 水準で有意, ( ): 品種番号 13 を除いた相関係数。

晴の 2.62 が最も高かった。また、品種群別平均値は日本品種 2.17, 多収品種 2.00 で、出穂期とは逆に日本品種の方が大きかったが、その差は有意ではなかった。葉色の平均値も出穂期とは逆の関係にあったが、有意な品種群間差は認められなかった。1 株当たり穂重は、秋晴の 18.0 g から NAU303 の 33.9 g の範囲にあり、品種群別平均値は日本品種 23.9 g, 多収品種 28.3 g で、有意差が認められた。1 穂粒数には、日本品種平均 109, 多収品種平均 165 という有意な品種群間差が存在した。特に NAU303 の 1 穂粒数は 243 の極めて大きな値を示した。登熟歩合の平均値は日本品種 89.4%, 多収品種 83.2% で、日本品種の方が有意に高かった。なお、登熟日数と出液速度との間に特定の関係は認められなかった。

## 2. 出穂期出液速度に関与する要因

第2表に、出穂期迄日数、総ファイトマー数および根乾物重と出穂期の出液速度との相関係数を示した。出液速度 ( $BR_1$ ) と出穂期迄日数 ( $t_1$ ) との間には 5% 水準で有意な正の相関関係が存在した。品種群別には、日本品種にのみ有意性が認められた。 $BR_1$  は、総ファイトマー数 (TPN) および根乾物重 (RDW) のいずれとも有意な相関を示さなかった。また、 $BR_1/RDW$  とも無関係であったが、 $BR_1/TPN$  との関係は 1% 水準の正で有意であった。これらの関係を品種群別に分けてみると、日本品種では TPN と 5% 水準で有意な正の相関関係にあり、RDW と

も有意ではないが比例的傾向を示した。一方、多収品種の  $BR_1$  では  $BR_1/TPN$  および  $BR_1/RDW$  との間に有意な正の相関関係が認められた。

第1図は、茎葉乾物重 (SDW)/TPN と  $BR_1$  および  $BR_1/TPN$  との関係を示したものである。SDW/TPN と  $BR_1$  との間には 5% 水準で有意な正の相関関係が認められた。しかし、TPN が特に少なかった NAU303 (品種番号 13) は、他の品種とは大きくはずれて分布し、これを除いた相関係数は 1% 水準で有意となった。SDW/TPN と  $BR_1/TPN$  との相関係数は 0.1% 水準で有意であった。

## 3. 出穂期後の出液速度減少率

第2図に、出穂期における出液速度 ( $BR_1$ ) と成熟期における出液速度 ( $BR_2$ ) との関係を示した。両者の間には 1% 水準で有意な正の相関関係が存在し、 $BR_1$  の大きい品種ほど  $BR_2$  も大きかった。しかし、同じ  $BR_1$  水準での  $BR_2$  は日本品種の方が多収品種よりも大きい傾向がみられ、 $BR_2/BR_1$  は品種群によって異なると推測された。

そこで、 $1 - BR_2/BR_1$  (%) を出穂期後の出液速度減少率とし、その品種別値を第3図に示した。出液速度減少率は秋晴 (品種番号 6) の 17.4% が最も低く、タカナリ (16) の 45.7% が最も高かった。品種群別にみると、日本品種ではおくひかり (4), ミナミニシキ (10) のように 40% 以上の値を示す品種もあったが、多くは 30% 以下で

あった。一方、多収品種では塩選 203 号 (12) は 30% 以下であったものの、他は全て 30% 以上の値を示した。このため、品種群別平均値は日本品種 30.0%、多収品種 37.1% となり、有意な品種群間差が認められた。すなわち、多収品種の出液速度は出穂期から成熟期にかけて、日本品種よりも大きく減少した。

第 4 図は、出穂期から成熟期にかけての葉色低下と出液速度減少率との関係をみたものである。両者の間には 1% 水準で有意な正の相関関係が認められ、登熟期間中に葉色が大きく低下する品種ほど、出液速度の減少率が高かった。なお、葉色低下の平均値は日本品種 10.5、多収品種 16.3 で、多収品種の方が有意に大きかった。

#### 4. 出液速度と収量関連形質との関係

第 3 表に、出穂期および成熟期における出液速度と穂重、1 穂粒数、登熟歩合との相関係数並びにこれら収量関連形質間相互の相関係数を示した。出穂期の出液速度と有意な相関を示す収量関連形質は無かった。一方、成熟期の

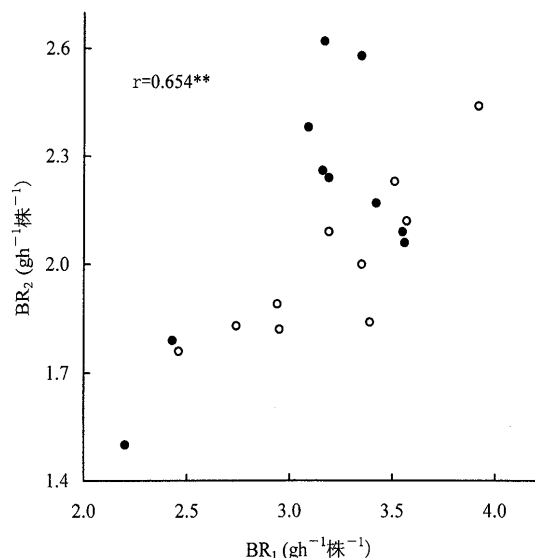
出液速度と 1 穂粒数および穂重との間には、5% 水準で有意な負の相関関係が認められた。穂重は 1 穂粒数と正、登熟歩合と負の有意な相関を示し、1 穂粒数と登熟歩合との間には有意な負の相関関係が存在した。すなわち、1 穂粒数の多い品種ほど登熟歩合は低いが、多収となる傾向がみられた。なお、他の収量構成要素である穂数および 1000 粒重と出液速度との関係についても検討したが、いずれにおいても有意な関係は認められなかった。

第 5 図は、出穂期の茎葉乾物重 (SDW)、根乾物重 (RDW) および SDW/総ファイトマー数 (TPN)、RDW/TPN と 1 穂粒数との関係を示したものである。1 穂粒数と SDW との関係は有意ではなかったが、RDW とは 1% 水準で有意な正の相関関係にあった。また、SDW/TPN および RDW/TPN と 1 穂粒数も有意な正の相関を示した。なお、TPN と 1 穂粒数との間に有意な相関関係は認められなかった。

第 6 図に、出穂期後の出液速度減少率と登熟歩合との関係を穂全体、1 次枝梗着生粒および 2 次枝梗着生粒とに分けて示した。出液速度減少率と穂全体の登熟歩合との間には 5% 水準で有意な負の相関関係が存在し、出液速度の減少率が高い品種ほど登熟歩合が低くなる傾向が認められた。また、この関係を 1 次枝梗着生粒と 2 次枝梗着生粒とに分けてみると、出液速度減少率は 1 次枝梗着生粒の登熟歩合とは有意な相関を示さなかったが、2 次枝梗着生粒の登熟歩合との相関係数は 5% 水準の負で有意であった。

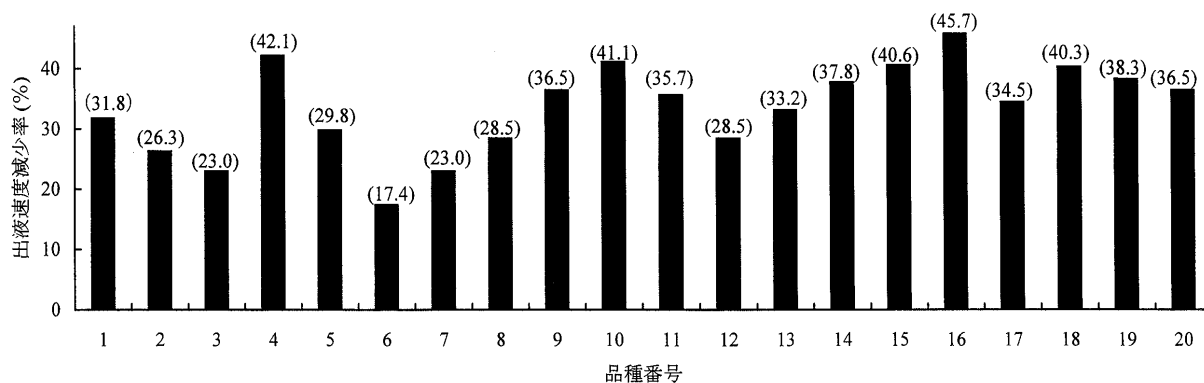
#### 考 察

作物における茎基部切断面からの出液は、根圧による能動的吸水を基盤としている (森田 1998, 森田・阿部 1999 c)。また、出液量と根の  $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力 (田辺 1971) や呼吸速度 (山口ら 1995) は密接な関係にあることが知られている。これらより、出液量は根の生理機能を評価する指標として有用であると指摘されている (森田・阿部 1999 b, 1999 c)。そこで本試験では、水稻の日本品種 10 (日本品種群) および近年アジア各国で育成された多収品種 10 (多収品種群) を供試し、出液量の品種間差



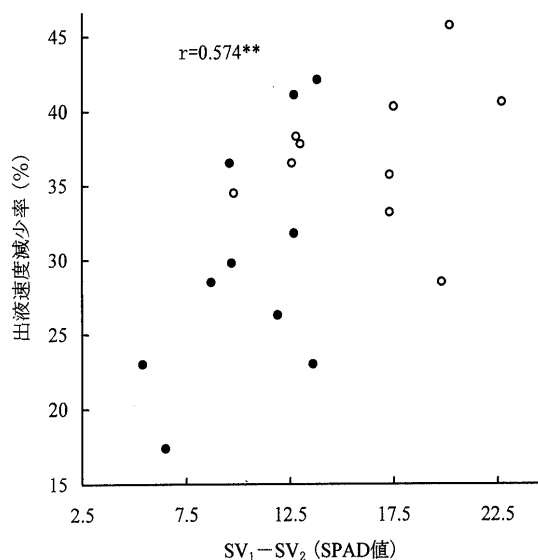
第 2 図 出穂期出液速度 ( $BR_1$ ) と成熟期出液速度 ( $BR_2$ ) との関係。

図中の記号は第 1 図と同じ。



第 3 図 出穂期から成熟期にかけての出液速度の減少率。

品種番号は第 1 表と同じ。出液速度減少率 =  $1 - \text{成熟期出液速度} / \text{出穂期出液速度}$  (%), かっこ内の数値は出液速度減少率の実数。



第4図 出穂期後の葉色低下 ( $SV_1-SV_2$ ) と出液速度減少率との関係。

図中の記号は第1図と同じ。

異およびこれに関わる要因について検討するとともに、収量関連形質との関係について考察した。

各品種の出穂期と成熟期に高さ 10 cm で茎葉部を切断し、その切り口からの出液量を測定した。1 株の 1 時間当たり出液量を出液速度として品種間で比較した結果、大きな品種間差が認められたので、出液速度に関係する要因について検討を行った (第1表)。

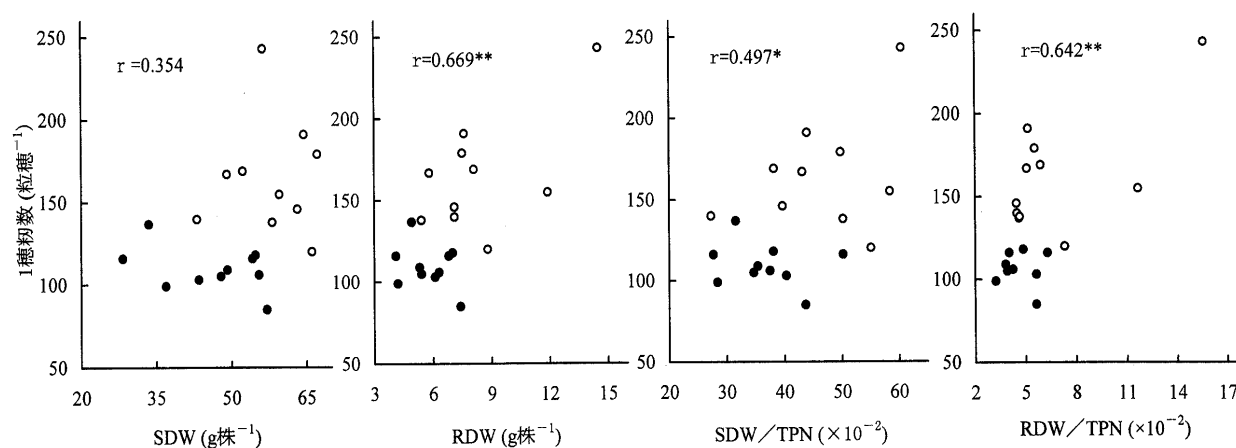
出液速度を、根を基にして考えた場合、次の式が成立する (森田・阿部 1997 a, 1999 b, 1999 c)。

$$\text{出液速度} = \text{根量} \times (\text{出液速度} / \text{根量})$$

第3表 出液速度と収量関連形質との相関係数。

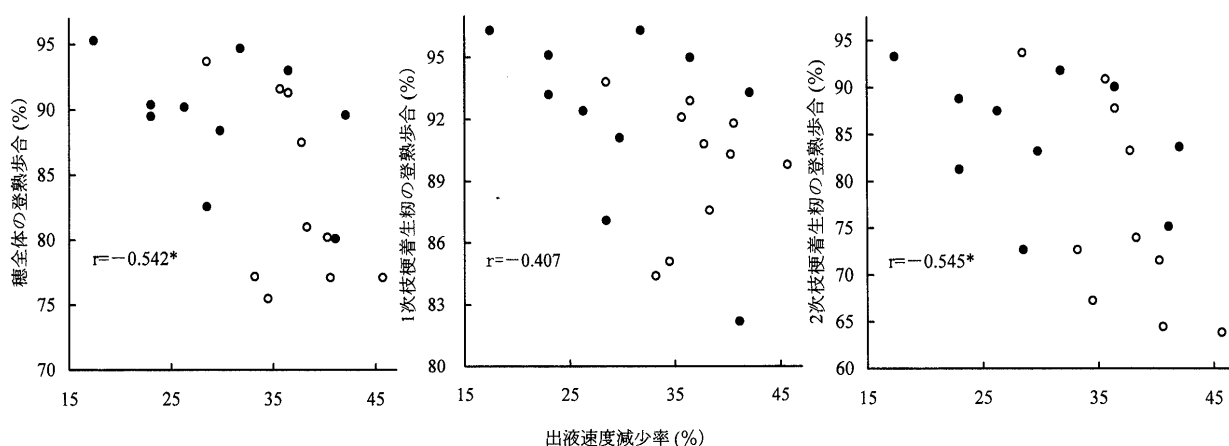
	EW	RP	GN
BR <sub>1</sub>	-0.182	-0.288	-0.140
BR <sub>2</sub>	-0.463*	0.149	-0.465*
GN	0.837***	-0.665**	
RP	-0.563**		

略号は第1表と同じ。相関係数の有意性は第1図と同じ。



第5図 出穂期における茎葉乾物重 (SDW)、根乾物重 (RDW) および SDW/総ファイトマー数 (TPN)、RDW/TPN と 1 穂粒数との関係。

図中の記号は第1図と同じ。



第6図 出穂期後の出液速度減少率と登熟歩合との関係。

図中の記号は第1図と同じ。

このうち、出液速度/根量は根の活性を評価する指標とされている(森田・阿部 1997 a, 1999 c)。従って、出液速度、すなわち根系の生理機能の高低は根の量とその活性との積で示される。ここで問題となるのは、根量を何で表すかということであるが、一般には根重、根数、根長等が用いられている(森田 1994)。しかし、本試験では根重は測定したが、根数や根長については調査していない。ただし、森田・阿部 (1997 a)、森田ら (1997 b, 1997 c) はファイトマー数 (TPN) が根数と、また、茎葉乾物重 (SDW)/TPN で表したファイトマーの大きさが根長と密接な関係にあると述べている。そこで本試験では TPN によって根数を、SDW/TPN によって根長をそれぞれ推定評価した。供試品種全体についてみると、出穂期の出液速度 ( $BR_1$ ) は、根乾物重 (RDW) および TPN とは有意な相関を示さなかったが、SDW/TPN との間には有意な正の相関関係が認められた(第2表, 第1図)。また、 $BR_1$  は  $BR_1$ /TPN とともに有意な正の相関を示した(第2表)。従って、本試験で扱った品種の出穂期における出液速度は、根重や根数よりも、根長や根の活性に強く規制されていると推測された。これらに関し、森田・阿部 (1997 a) は出液速度を考える場合の根量の指標としては、根重よりも根長の方が適切であると指摘している。また、その理由として森田 (1994) は、養水分吸収には多くの分枝根が関係しているが、分枝根の重さはほんのわずかでしかないためであると述べている。

なお、これらの関係を品種群別にみると、日本品種の  $BR_1$  は TPN と有意な正の相関を示し、RDW との間にも有意ではないが比例的な傾向が認められた(第2表)。また、日本品種では出穂期迄日数と  $BR_1$  との間に有意な正の相関関係が存在し、出穂期迄日数は SDW および RDW とともに有意な正の相関を示した。従って、出穂期までの乾物生産力が相対的に低い(崔ら 2000, 楠谷ら 1999) 日本品種では、品種の早晚性によって規定される植物体のサイズが根数や根重を介して出液速度にある程度影響しているものと思われる。

出穂期、成熟期とも出液速度に有意な品種群間差は認められなかった(第1表)。しかし、1-成熟期出液速度/出穂期出液速度(%)から求めた出穂期後の出液速度減少率は多収品種の方が日本品種よりも有意に高い値を示した(第3図)。すなわち、出穂期、成熟期とも出液速度そのものに品種群による差は無かったが、多収品種は日本品種よりも登熟期間中に、出液速度が大きく減少した。出液速度減少率は出穂期から成熟期にかけての葉色低下と有意な正の相関を示し、葉色低下の品種群別平均値は多収品種の方が大きかった(第4図)。また、第1表でみたように、多収品種の登熟歩合は日本品種よりも低かった。本試験で扱った印度型や日印交雑型品種の登熟性が劣ることや出穂期後の葉色低下が大きいことは既に報告されている(崔ら 2000, 楠谷ら 1993, 1999) が、今回の結果から、さらに

これらの品種は出穂期後の出液速度の減少率が高く、根の生理機能の衰えが速いと推察された。これらの原因を本試験の範囲内で直接明らかにすることはできないが、葉色は葉の N 含有率と密接な関係にあり(津野ら 1991)、出液速度は出液中のサイトカイニン濃度(折谷ら 1997)に関係しているとの報告がなされている。また、山口ら (1999) の報告をみると、アケノホシやタカナリ等多収品種の登熟期における出液速度は日本晴よりも低く、これらの品種では根の N 含有率も低くなっている。従って、日本品種と多収品種の葉色低下や出液速度減少率の差には、N 等の養分に対する要求量の違いやホルモンが影響している可能性があるが、本試験ではこれらの調査は行っていない。

出液速度と収量関連形質との関係について、Yamamoto and Nishimura (1986) は根重当たりの出液量が稔実歩合と密接な相関を示すことを明らかにし、出液量と品種の耐冷性との関係について考察している。森田ら (1995)、森田・阿部 (1996, 1999 d) も収量形成に果たす根系の役割を検討するためには出液速度が一つのてがかりになると述べ、その理由として、収量を規定する粒数と根量との間に成長相関が存在すること、および出穂期以後の根系の生理活性と登熟が対応していることの2点を挙げている(森田・阿部 1999 b)。さらに、鯨ら (1999 a, 1999 b)、折谷ら (1997) 等も、出液速度と収量関連形質との関係について報告している。本試験においても、これらの関係について調査したところ、出穂期における出液速度と収量(穂重)との関係に有意性は認められなかった(第3表)。そこで、収量を収量構成要素に分け、まず1穂粒数に関わる要因について検討した(第3表, 第5図)。1穂粒数と出穂期の出液速度との間にも有意な関係は認められず、1穂粒数は SDW や TPN とは無関係であった。しかし、1穂粒数と RDW, SDW/TPN, RDW/TPN との間には有意な正の相関関係が存在した。先に述べたように、SDW/TPN はファイトマーの大きさを評価する指標となり、根長と密接に関係している(森田・阿部 1997 a, 1997 c)。また、TPN が根数と強い関係にあるとの指摘(森田ら 1997 c)によれば、RDW/TPN は1本の根の大きさを推定する指標になると考えられる。従って、RDW やこれらと1穂粒数との間に正の相関関係が認められたのは、根量の大きい品種の粒数が多いことを示唆するもので、上述の森田・阿部 (1999 b) の指摘に一致する。一方、1穂粒数は成熟期の出液速度とも有意な負の相関を示した(第3表)。しかし、1穂粒数は出穂期までに決定される収量構成要素である。このため、成熟期の出液速度が粒数の生産に直接影響することはあり得ない。楠谷ら (1999) の報告によれば、本試験に供試した多収品種はシンク能に対するソース能が相対的に低く、登熟期に多量の貯蔵炭水化物がシンクに転流すると指摘されている。従って、ここでみられた関係については、粒数が多くシンクの大きい品種は茎

葉根部から多量の貯蔵炭水化物が子実へ転流するために根の活力が低下し、成熟期の出液速度が低くなったと理解するのが妥当であろう。森田・阿部（1999 a, 1999 d）も除穂処理によってシンクを制限した場合、出液速度の低下が緩やかになることを明らかにし、その結果について同様の考察を行っている。

次に、登熟歩合との関係について検討した（第3表、第6図）。登熟歩合と出液速度自体との間に有意な関係は認められなかった。しかし、登熟期間中の出液速度の減少率と登熟歩合との間には有意な負の相関関係が存在し、この関係は1次枝梗着生期よりも2次枝梗着生期において強く表れた。すなわち、出穂期後の出液速度の減少率が高い品種ほど2次枝梗着生期の登熟が劣り、穂全体の登熟歩合が低くなることが知られた。従って、出液速度の減少率と葉色の低下が有意な相関関係にあったことを考えあわせると、葉色、出液速度および登熟歩合の間には根の生理機能を巡る相互関係が存在していると推測される。これらについて、森田ら（1995, 1996）は出穂期後の葉の枯れ上がりと出液速度を乳苗と稚苗で比較した結果、葉色の退化が緩やかであった乳苗区の方が出液速度の減少が小さかったと報告している。さらに、森田・阿部（1999 d）は、出液速度が大きいほど上位葉の葉色値が高かった事例についても報告を行っている。また、李・太田（1973）は、 $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力によって評価した登熟期の根の活力と葉色との関係を検討し、根の活力が高く維持される品種ほど葉緑素の減退が少ないと述べている。葉色に関しては、これが光合成能力に関係することは多くの報告（楠谷ら1993, 中沢ら1990, 裘ら1992）によって指摘されているが、石原・黒田（1986）は根系の発達が悪く根の活力が低い品種では光合成能力が低下しやすいと報告している。さらに、葉緑素の減退や葉色の低下が大きい品種ほど登熟性に劣ることも報告（崔ら2000, 楠谷1985, 楠谷ら1993）されている。従って、これらの知見と本試験の結果を総合すれば、登熟期における葉色の退化が急で出液速度の減少率が高い品種ほど根の活力や光合成能力の低下が大きく、このために同化産物の生産が抑制され、登熟歩合が向上しないと推測される。すなわち、登熟歩合と収量が強い負の相関関係を持つ（第3表）ことからみて、登熟の良否は先ず収量で代表されるシンクの大きさに規制されるが、次に出液速度や葉色によって表される根の活力や光合成能力がシンクの充実を通じて影響していると考えられる。

以上、水稻の出液速度にみられる品種間差やその発現機構について考察してきた。また、出液速度と収量関連形質、特に登熟性との関係を検討し、幾つかの知見を得ることが出来た。しかし、これらの結果の多くは、いわゆる現象として認められたものであり、その因果関係を十分解明するには至らなかった。従って今後は、森田・阿部（1999 b）の指摘するように、単なる現象論の整理にとどまらず、

因果論的な解析を進めていかなければならない。また、本試験はポット栽培で行ったものである。このため、根域に制限が無く、個体群状態で生長が進行する圃場栽培とは異なる生育や根系形成が行われた可能性がある（森田ら1997 c）。それ故、得られた結果が圃場条件下でも再現されるかどうかについての検討も今後の課題と考えている。

**謝辞：**本試験の遂行にあたり、東京大学大学院農学生命科学研究科森田茂紀博士には懇切なる助言と指導をいただいた。記して、心からの謝意を表します。

## 引用文献

- 崔晶・楠谷彰人・豊田正範・浅沼興一郎 2000. 水稻における収獲指数の品種間差に関する研究 ―形態形質および葉色値との関係―. 日作紀 69: 359–364.
- 石原邦・黒田栄喜 1986. 水稻葉身の光合成速度に対する空気湿度の影響. 日作紀 55: 458–464.
- 鯨幸夫・高橋利征・山田優也・佐藤匠・足津麻希子・梅本英之・北田敬宇 1999a. 不耕起移植栽培が「ほほほの穂」の根系生育、根からのいっ泌液量、収量および収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 68 (別2): 6–7.
- 鯨幸夫・佐藤匠・高橋利征・山田優也・土屋猛 1999b. 水稻 F1 品種の根系生育、いっ泌液量および収量構成要素と玄米品質. 日作紀 68 (別2): 8–9.
- 楠谷彰人 1985. 北限地帯における水稻の生産生態に関する研究. 第2報 冷害年における収量および収獲指数の品種間差異. 日作紀 54: 120–126.
- 楠谷彰人・白石浩司・谷口政謙・三橋健・市原稔久・上田一好・浅沼興一郎 1993. 水稻における葉色と収量関連特性との関係. 日作四国支紀 30: 62–63.
- 楠谷彰人・上田一好・浅沼興一郎・豊田正範 1999. 水稻における多収性の品種生態に関する研究 ―ソース・シンク比と収量との関係―. 日作紀 68: 21–28.
- 李鍾薫・太田保夫 1973. 水稻根の形態および機能と地上部諸形質との関連について. 農技研報 D24: 61–105.
- 森田茂紀 1994. 植物の根に関する諸問題 [14] ―水稻の根系形成を考える場合の視点 (2)―. 農及園 69: 1031–1036.
- 森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1995. 乳苗移植栽培した水稻の出穂期以降における活力の評価 ―葉の枯れ上がりと出液速度―. 日作関東支報 10: 27–28.
- 森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1996. 水稻の乳苗および稚苗移植栽培における根系の形態と機能に関する事例研究. 日作関東支報 11: 18–19.
- 森田茂紀・阿部淳 1997a. 茎葉部から根系の生育を診断する. グリーン・レポート 276: 8–9.
- 森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1997b. 栽培条件によるファイトマーの数・大きさの変異がポット栽培したイネの根量に及ぼす影響. 日作紀 66 (別1): 198–199.
- 森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1997c. ファイトマーの数と大きさに着目したイネの根系形成の解析 ―ポット試験による根量の品種間差の解析例―. 日作紀 66: 195–201.
- 森田茂紀 1998. 農家水田で栽培した水稻の出液速度の生育に伴う推移および日変化. 日作紀 67 (別2): 50–51.
- 森田茂紀・阿部淳 1999a. 農家水田で栽培した水稻の出穂後の出液速

- 度. 日作紀 68(別2): 168—169.
- 森田茂紀・阿部淳 1999b. 植物の根に関する研究の課題. 日作紀 68: 453—462.
- 森田茂紀・阿部淳 1999c. 出液速度の測定・評価方法. 根の研究 8: 117—119.
- 森田茂紀・阿部淳 1999d. 農家水田で栽培した水稻の出穂後の出液速度と穂重. 日作関東支報 14: 70—71.
- 中沢文男・角田公正・鳥倉弘文 1990. 水稻多収性品種の光合成特性について. 第1報 個葉の光合成速度. 日作紀 59: 72—79.
- 折谷隆志・森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1997. 農家水田において移植栽培した水稻の乳苗および稚苗の収量, 出液速度および出液中のサイトカイニン濃度. 日作紀 66(別1): 216—217.
- 裘伯欽・山口誠之・梅本貴之・小綿寿志・東正昭 1992. 寒冷地におけるイネの多収性の要因解析. 2. 光合成速度とその関連特性. 日作東北支報 35: 33—34.
- 田辺猛 1971. 中干処理が水稻根の活力に及ぼす影響. 東農大農集報 16: 35—43.
- 津野幸人・山口武視・面地理・甲斐宏一 1991. 水稻の葉色と気孔開度ならびにその日変化. 日作紀 60: 475—483.
- 山口武視・津野幸人・中野淳一・真野玲子 1995. 水稻の茎基部からの出液速度に関する要因の解析. 日作紀 64: 703—708.
- 山口武視・中野淳一・西尾裕子 1999. 水稻茎基部からの出液および出液中無機成分の品種間差異. 日作紀 68(別2): 272—273.
- Yamamoto, T. and M. Nishimura 1986. Relation between the tolerance to the sterility type of cool injury and the amount of bleeding water in rice plants. *Japan. J. Breed.* 36: 147—154.

**Studies on the Varietal Difference in the Characters of High-yielding Rice** —Varietal difference in bleeding rate—: Akihito KUSUTANI\*, Jing CUI, Masanori TOYOTA and Koh-ichiro ASANUMA (*Fac. of Agr., Kagawa Univ., Miki, 761-0795, Japan*)

**Abstract:** The varietal difference in bleeding rate was investigated using 10 Japanese varieties (J group) and 10 high-yielding varieties of rice bred in Asian countries (H group). The relationship between bleeding rate and yield characters was examined. Bleeding rate at the heading time ( $BR_1$ ) and maturing time ( $BR_2$ ) ranged from 2.20 to 3.92, and from 1.50 to 2.62 ( $g\ h^{-1}\ hill^{-1}$ ), respectively. There were no significant differences in  $BR_1$  and  $BR_2$  between the two groups. The reduction rate of bleeding rate (RRB) during the ripening period shown by  $1 - BR_2/BR_1$  was significantly higher in the H group than in the J group.  $BR_1$  was not significantly correlated with the number of the phytomers (TPN), but showed a significant positive correlation with  $BR_1/TPN$ .  $BR_1$  also showed a significant positive correlation with the shoot dry weight at the heading time. There was a significant positive correlation between RRB and the decline of leaf color (DLC) during the ripening period. Moreover, a significant negative correlation was found between RRB and the percentage of ripened grain. These results imply that the variety with a higher RRB and DLC has a lower ripening ability.

**Key words:** Bleeding rate, High yielding ability, Percentage of ripened grain, Phytomer, Rice, Root system.