

乾物生産力から見た日中合作系統の昆明における 多収性の評価

熱帯農業研究センター
森谷 國男*・堀末 登

雲南省農業科学院
蔣 志農・王 永華

1. はじめに

この研究は「遺伝資源利用による水稻の耐冷耐病多収性品種の育成に関する日中共同研究」の中の多収性サブグループでおこなわれたもので、水稻の収量を入れものの大きさ－Yield Capacity とつめもの－Filling Substances との量的関係から解析し、共同研究で育成された系統の多収性を評価しようとするものである。雲南省高標高地帯では水稻の育成期間中の平均温度は約19℃で、水稻の収量は障害型冷害不稔による減収が大きい。このため品種系統の収量性は耐冷性の強弱によって決まると言っても過言ではない。このような状況で品種系統の多収能力を冷害不稔による収量変動に関係なく比較するには、その乾物生産過程を解析する必要がある。以下に解析方法について詳述する。

1) 生物学的収量：品種の多収能力を評価する場合、まず第一に生物学的収量すなわち収穫時の全乾物重を比較する必要がある。これは全生育期間にどれだけの光合成量を達成できたかを示すもので、当然この量が大きい程、多収能力は高い。

2) 収穫指数：これは生物学的収量のうちどれだけの部分が経済収量－稲の場合は精玄米重－として得られたかを示す比率で、稲の場合この数値は0.5を超えることはまれである。このことは多収を得るためには、少なくとも精玄米重と同じ重さのわら重が必要であり、もし収穫指数が0.5より大幅に低い場合には次の三つの原因が考えられる (3), 4), 5))

3) 穂揃い期の風乾重に対する Yield Capacity 生産効率：これは穂揃い期の風乾重に対する Yield Capacity (以下 Y.C. と略記) の比率で、収穫指数のポテンシャルを決定する要因の一つである。日本では一般にこの比率は北の稲で高く南の稲で低いと言われている²⁾。この報告では Y.C. を (㎡当り収数) × (平均完全玄米重) で表示した。

4) 稔実歩合又は不稔歩合：Y.C. を確保しても、障害型冷害により不稔稲が発生すると、その分だけシンクサイズが減少してしまうため、雲南省高標高地帯では日本北部よりもさらに強い耐冷性が要求されている。実用的には75%以上の稔実歩合があれば良いと思われるが、年次や肥料レベルによって大きく変動し易いために、品種の生産力の検定を困難にしている。

*主任研究員 鹿児島県農業試験場育種部、〒891-01 鹿児島市上福元町5500

5) つめもの大きさ Filling Substances: Y.C. が充分あって、しかも不稔歩合が小さい場合には、シंकサイズに見合う Filling Substances が必要である。これらには穂揃い後の乾物増加量 (以下 ΔW と略記号) と穂揃い期の蓄積澱粉および糖があり、日本では稔実が正常ならば前者が70~80%, 後者が20~30%を占める。多収のためには両者の増大が必要であるが特に ΔW の比重が大きい¹⁾。

2. 試験方法

1986年雲南省農業科学院試験水田で行われた生産力検定試験の反復1区から九つの合作系統と雲梗九号、雲梗136号、滇楡一号、計12品種を材料として、穂揃い期と成熟期の二回各区10株抜き取って風乾重、籾数を調査した。成熟期の株についてはさらに稔実歩合、玄米重、玄米千粒重、品質を調査した。なお出穂期の風乾重は成熟期の籾数による補正を行った³⁾。

生産力検定試験の耕種概要は次のとおり。播種期; 3月26日, 移植期; 5月8日, 施肥量; 尿素16kg/10a (N成分7.2kg/10a), 栽植密度; 17cm×10cm (58.9株/m²), 一株二本植え。1区面積6.2m²。反復3。

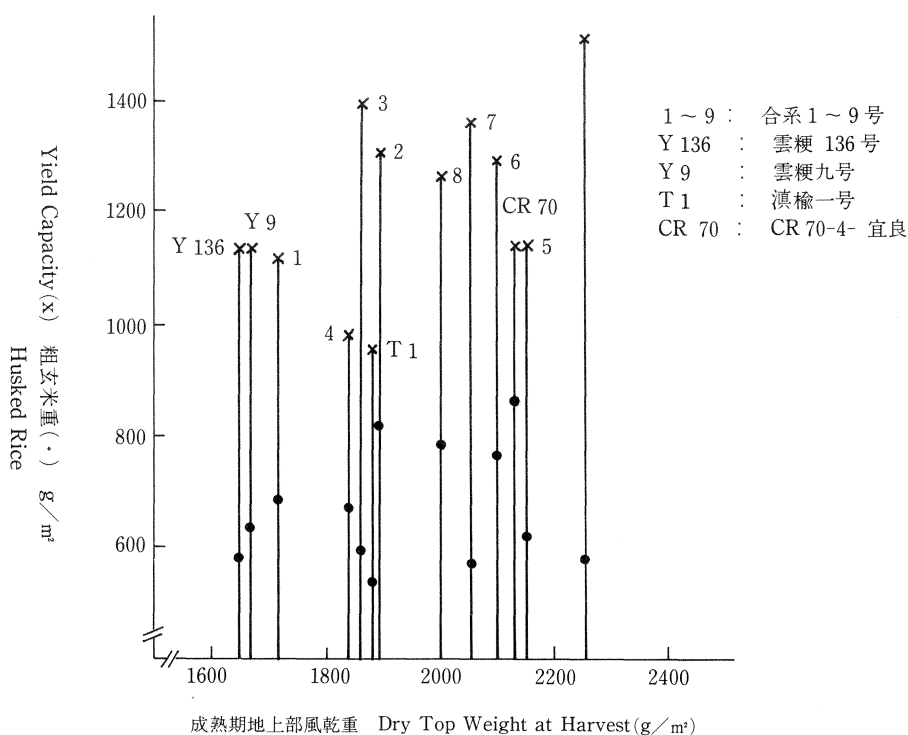


図1 Y.C., 粗玄米重と成熟期地上風乾重の関係

Fig. 1 Relation between the yield capacity or the weight of husked rice and the dry top weight at harvest

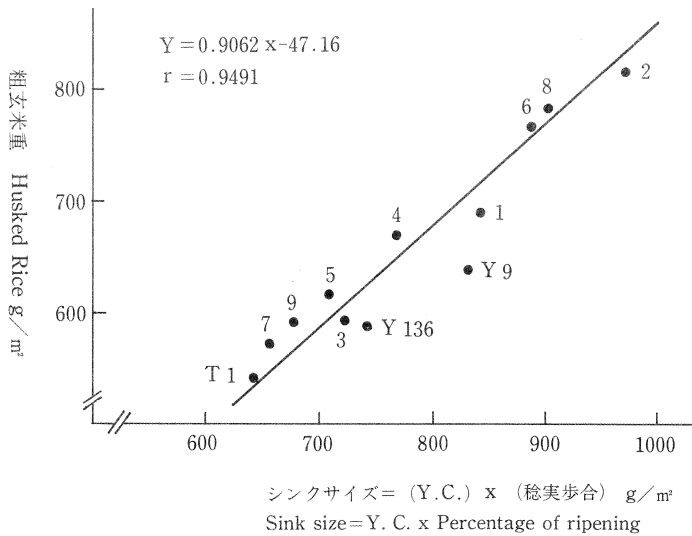


図2 シンクサイズと粗玄米重の関係

Fig. 2 Relation between the weight of husked rice and the sink size

3. 試験結果

1) 成熟期地上部風乾重, Y.C.および粗玄米重の関係: 図1に三者の関係を示した。成熟期地上部風乾重は生物学的収量を推定するパラメーターで, 合系9号が最も大きく, Y.C.も最も大きかったが, 粗玄米重は他の系統に比べて低かった。一般的にY.C.は非常に高い水準に確保されているが, 実際の収量はその約半分で, 収穫指数も低い。Y.C.のむだになった部分は不稔に起因するものであり, 障害型冷害がいかに大きく影響しているかがわかる。生物学的収量からみた多収のポテンシャルの高い系統は, 合系5, 6, 7, 8, 9号であった。合系2号は収穫指数が最も高く800g/m²以上の多収であった。

2) シンクサイズと粗玄米重との関係: 次に冷害不稔によって減少したシンクサイズと粗玄米重との関係を図2に示した。非常に高い相関が見られ, 玄米収量は, Y.C.と不稔歩合で決定されるように見える。ここで回帰直線の右下側に分布する合系1号, 2号, 3号, 雲稷九号, 雲稷136号はシンクサイズが確保されたわりには玄米重が他の品種より少ないので, 転流登熟を含めたつめものの側に何らかの原因があったと思われる。

3) 穂揃い後風乾重増加量 (ΔW) とシンクサイズとの関係: 図3はつめものの大きさのうち, ΔW が実際のシンクサイズに対してどれくらい存在したかを示したものである。図中の直線はシンクサイズが ΔW と等しい場合を示し, ()内の符号は穂揃い後重増加量 (ΔS) の正負を示す。直線の左上側にはシンクサイズよりも ΔW が大きくて ΔS が正となった品種系統が分布し, 右下にはシンクサイズより ΔW が小さく, ΔS が負となって, 穂重増加量 (ΔP) に対して転流

部分がかなり大きかった品種系統が分布している。図2で指摘した五つの品種系統はいずれも右下に分布していて、このうち合系1号、2号、雲稷九号は玄米重に対して穂揃い期の蓄積澱粉に依存する割合が高かったようでしかもシンクサイズに対してやや不足気味であったことが解る。合系3号と雲稷136号は ΔS がほぼ0か又は正であるので ΔW が相対的に少ない。

4) ΔW のシンクサイズに対する比率と ΔS の増減との関係：次のシンクサイズと ΔW のバランスがわら重の増減とどのような関係にあるかを図4に見ると、 $\Delta W > (\text{シンクサイズ}) \times 0.9$ の場合に ΔS が正となり、逆に $\Delta W < (\text{シンクサイズ}) \times 0.9$ では ΔS が負となっていて、相関係数が高かったことは、シンクサイズに対する ΔW の不足分が転流によって補われていることを示すものである³⁾。この図で注目したいのは合系2号と雲稷九号である。すなわち合系2号はシンクサイズに対する ΔW の不足分を補う転流量がこの比率のわりに大きく、雲稷九号は逆に少ない。合系2号の多収性は、耐冷性を含めたシンクサイズの大きいことも一因であるが、さらにそれに見合うFilling Substancesが特に転流した部分で大きかったことが要因である。

5) ΔW に対する穂揃い期の風乾重：Filling Substancesのうち ΔW について穂揃い期の風乾重との関係を図5に示した。ばらつきが大きいが大まかに二つのグループに分けられる。一つは合系4, 5, 7, 9号, 雲稷136号で、 ΔW が大きく、合系7号の穂揃い期風乾重が $1200\text{g}/\text{m}^2$ で ΔW の最大値 $870\text{g}/\text{m}^2$ を得た。残りの品種系統では ΔW が小さく、合系8号のそれが $1300\text{g}/\text{m}^2$ で ΔW の最大値 $680\text{g}/\text{m}^2$ を得た。草型等の ΔW に影響する要因を無視して一律に比較したが、昆明における登熟期の乾物生産量の最大値の推定は可能である。ちなみに昆明より気象条件の良い宜良(標高1550m)における糯系統CR70-4-4-2はさらに高い水準の ΔW を得ている。

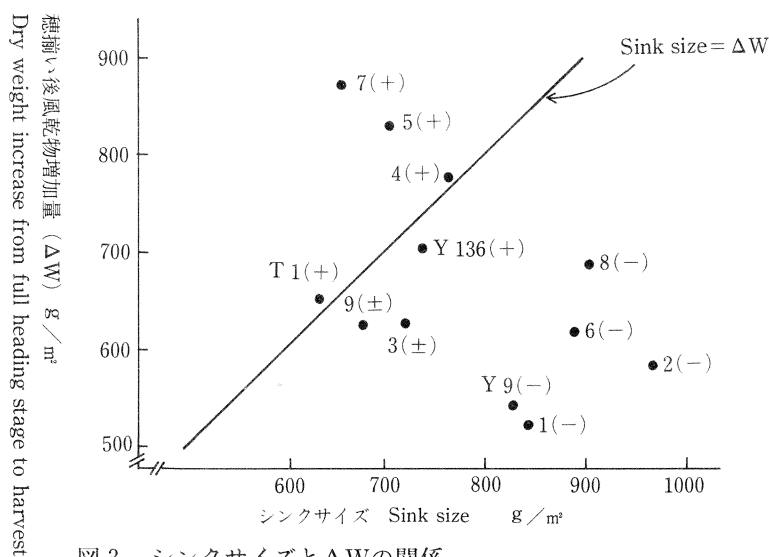


図3 シンクサイズと ΔW の関係

() 内はわら重増加量 (ΔS) の正負を示す

Fig. 3 Relation between the dry weight increase from the full heading stage to harvest (ΔW) and the sink size

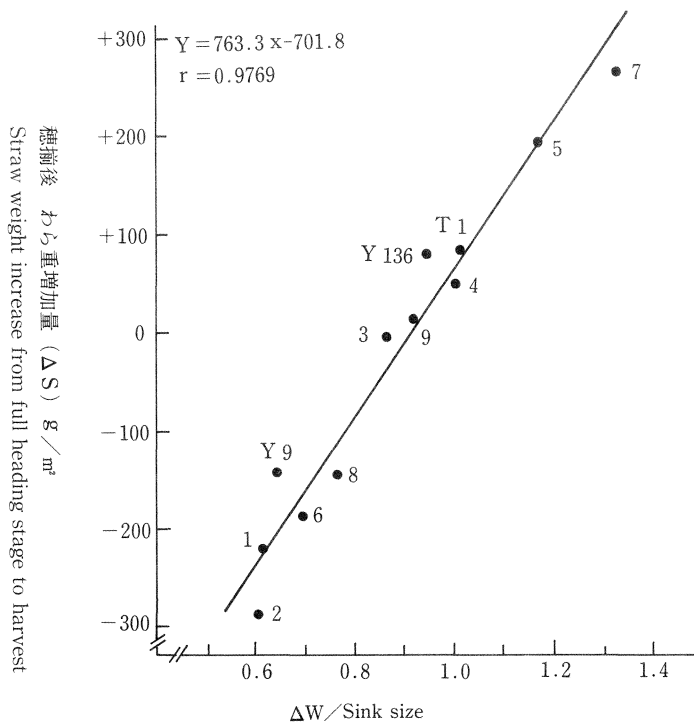


図4 $\Delta W/Sink\ size$ のバランスと ΔS の増減
 Fig. 4 Relation between the straw weight increase from the full heading stage to harvest (ΔS) and $\Delta W/Sink\ size$

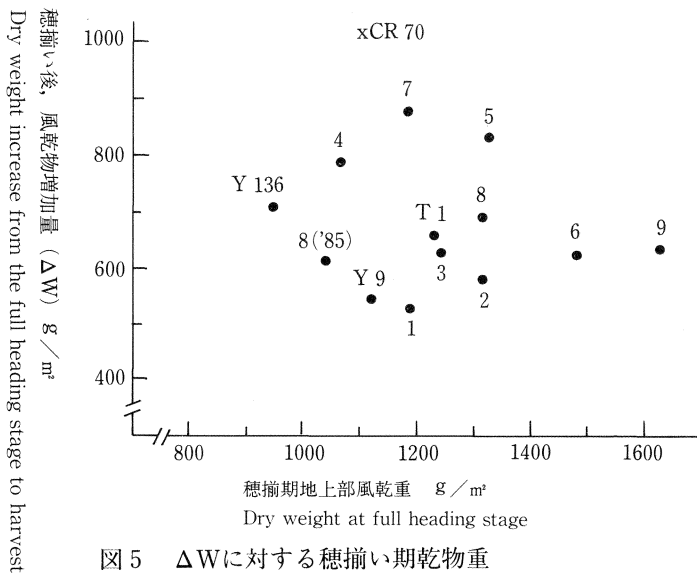


図5 ΔW に対する穂揃い期乾物重
 Fig. 5 Relation between ΔW and the dry weight at the full heading stage

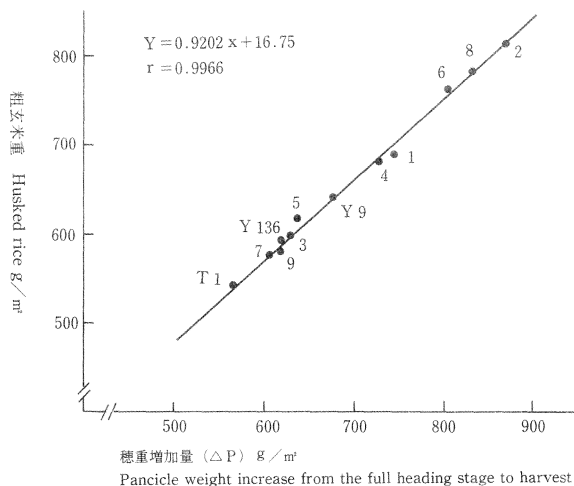


図6 ΔPと粗玄米重の関係

Fig. 6 Relation between the weight of husked rice and the panicle weight increase (ΔP)

Table 1. Varietal Performance in The Yield Trial Experiment conducted in Kunming, 1986.

Variety & Line	Heading date	Harvest date	Plant height cm	Panicle number per m ²	Grain number per panicle	Grain number per m ² ×1000	Seed set per cent	Weight in g/m ²				1000 grain weight
								Rough rice	Husked rice	Puri-fied grains	Imper-fect grains	
Hexi 1	Jul.21	Sept.11	98.0	506	99.3	50.2	74.64	835.2	689.4	657.0	32.4	22.42
Hexi 2	Jul.18	Sept.11	83.1	671	84.6	56.2	73.78	974.8	814.5	782.9	31.6	23.03
Hexi 3	Jul.25	Sept.11	99.5	453	128.4	58.2	51.62	714.6	595.3	577.4	17.9	24.03
Hexi 4	Jul.15	Sept.11	101.3	429	93.6	40.2	77.82	823.4	681.9	654.8	27.1	24.49
Hexi 5	Jul.24	Sept.23	102.5	441	107.9	47.6	61.66	733.3	620.9	578.6	42.3	24.04
Hexi 6	Jul.27	Sept.23	83.0	647	102.7	66.0	68.47	926.4	766.6	727.1	39.5	19.61
Hexi 7	Jul.20	Sept.20	104.7	447	128.4	57.4	48.06	683.5	574.2	538.7	35.5	23.74
Hexi 8	Jul.19	Sept.11	94.5	635	91.2	57.9	71.37	939.7	783.9	763.0	20.9	21.73
Hexi 9	Jul.20	Sept.23	94.0	500	130.2	65.1	44.87	687.3	582.9	568.1	14.8	23.18
Yungeng 136 hao	Jul.25	Sept.23	112.8	329	135.9	44.8	64.60	703.3	589.5	561.7	27.8	25.60
Yungeng 9 hao	Jul.27	Sept.23	120.6	435	123.4	53.7	72.53	770.9	638.0	574.7	63.3	21.24
Tianyu yi hao	Jul.25	Sept.23	84.0	476	93.4	44.5	66.13	650.3	542.9	506.1	36.8	21.68
Hexi 8 (1985)	Aug. 7	Sept.10		418	91.7	38.3	77.1	734.8	595.0			
CR70-4 (Yiliang)	Jul.11	Aug.29	107	576	89.6	51.7	89.77	1021.4	860.2	764.1	96.1	22.02

Table 2. Dry Matter and Other Traits(g/m²), Kunming, 1986.

Variety & Line	Dry weight at full heading stage			Dry weight at harvest			Dry weight increase			Yield	Sink	Rate of
	Total	Panicle	Straw	Total	Panicle	Straw	Total	Panicle	Straw	Capacity	size	TDWI/SS ¹⁾
Hexi 1	1187.6	185.1	1002.5	1708.1	982.2	779.9	520.5	743.1	-222.6	1125.5	840.4	0.6193
Hexi 2	1311.2	203.4	1107.8	1892.8	1074.9	817.9	581.6	871.5	-289.9	1305.8	963.4	0.6037
Hexi 3	1236.8	215.7	1021.1	1862.5	845.6	1016.9	625.7	629.9	-4.2	1398.5	721.9	0.8667
Hexi 4	1064.1	165.4	898.7	1840.5	894.1	946.4	776.4	728.7	47.7	984.5	766.1	1.0134
Hexi 5	1317.6	186.4	1131.2	2149.2	825.6	1323.6	831.6	639.2	192.4	1144.3	705.6	1.1786
Hexi 6	1482.3	208.6	1273.7	2099.7	1014.6	1085.1	617.4	806.0	-188.6	1294.3	886.2	0.6967
Hexi 7	1182.3	224.5	957.8	2055.0	834.8	1220.2	872.7	610.3	262.4	1362.7	654.9	1.3326
Hexi 8	1313.9	200.2	1113.7	1997.6	1028.3	969.3	683.7	828.1	-144.4	1258.2	898.0	0.7614
Hexi 9	1629.3	227.1	1402.2	2256.6	847.0	1409.6	627.3	619.9	7.4	1509.0	677.1	0.9265
Yungeng 136 hao	947.0	173.5	773.5	1648.7	795.2	853.5	701.7	621.7	80.0	1146.9	740.9	0.9471
Yungeng 9 hao	1123.5	159.4	964.1	1662.5	840.1	822.4	539.0	680.7	-141.7	1140.6	827.3	0.6515
Tianyu yi hao	1229.3	170.0	1059.3	1881.8	736.1	1145.7	652.5	566.1	86.4	964.8	638.0	1.0227
Hexi 8 (1985)	1043.8	149.6	894.2	1646.9	854.4	792.5	603.1	704.3	-101.7	(887.8)	(684.5)	(0.8811) ²⁾
CR70-4 (Yiliang)	1142.0	223.4	918.6	2123.7	1217.3	906.4	981.7	993.9	-12.2	1138.4	1022.0	0.9606

1) Rate of TDWI/SS ; Rate of total dry weight increase to sink size.

2) () ; estimated values by 1000 grain weight in 1986.

4. 供試系統の多収性の評価

以上の解析結果に基づいて供試系統の多収能力を評価すると次のように要約できる。

合系1号 (CR14-29-5, F₇, イシカリ/大理635-781)

早生, やや長稈, 中間型, 成熟期全重はやや小さい。Y.C.は充分大きい。Filling Substancesがやや不足気味でくず米が多い。耐冷性は実用上問題がある中と判定された。改良点は低温生長性の改善による生長量の増大, および耐冷生の改善であろう。

合系2号 (CR5-6-5, F₇, トドロキワセ/晋紅一号)

早生, 短稈, 穂数型, 成熟期全重はやや大, Y.C.は充分大きい。耐冷性は実用上問題ない。Filling SubstancesはΔWがやや小さいが, 転流量が大きいため収量は多い。さらに多収をねらうにはΔWの増加が必要である。現有合作系統の中では最も有望である。

合系3号 (CR39-13-4, F₇, 藤中母42号/昆明小白谷)

中生, やや長稈, 穂重型, Y.C.は大変大きい。耐冷性が中で不十分。成熟期全重はあまり大きくない。改良点としては耐冷性の強化のほかに, 一穂粒数が多過ぎるのでY.C.をつめものに見合う量まで減少させたほうが分配効率を高めることができる。低温生長性の改良が必要。

合系4号 (CR68-58-2, F₇, トドロキワセ/雲稈135号)

極早生, 長稈短穂の中間型, 細葉。成熟期全重は極早生のためあまり大きくない。Y.C.が小さく, ΔWが大きい, いわゆるつめもの過多のタイプである。耐冷性は強く稔実が良い。改良点としては熟期を中生まで遅くすること。一穂粒数を増やしてY.C.を大きくする。細葉のため受光態勢は非常に良い。耐冷生遺伝子源として有望。

合系5号 (CR68-59-1, F₇, トドロキワセ/雲稈135号)

合系4号と兄弟系統, 中生, やや長稈, 中間型, やや細葉, 成熟期全重が大きく多収のポテンシャルは高い。欠点は耐冷性がやや弱-中であること。耐倒伏性が不充分。改良点としては耐冷性強化のほかに短稈化も必要と思われる。多収性の交配親として有望。

合系6号 (CR157-46, F₇, トドロキワセ/滇楡一号)

中晩生, 穂数型, 成熟期全重が大きくY.C.も大きい。玄米千粒重は小さい。耐冷性はやや弱で不充分。Filling Substancesは本試験成績ではバランスがとれているがさらに多収をねらうにはつめもの不足になる恐れがある。いもち病耐病性が弱いことも大きな欠点である。改良点は耐冷性, 耐病性, 玄米千粒重である。

合系7号 (CR33-20-5, F₇, 81Y4-5/晋寧176号) 81Y4-5; 奥羽316号

早生, やや長稈, 穂重型, 成熟期全重はやや大。Y.C.は非常に大きい。耐冷性弱。ΔWは最も多かった。いもち病耐病性はPi-bを持つと推定され昆明ではほとんど発病しない。玄米粒形が長粒なので碎米になりやすく, 搗精歩合が低かった。耐冷性の改善によって多収となる可能性が最も高いと思われる。玄米粒形を中丸型にするのが望ましい。

合系8号 (CR15-9-4, F₇, トドロキワセ/大理635-781)

早生, やや短稈, 穂数型, 成熟期全重はやや大。Y.C.はやや大きい。耐冷性はやや強。耐冷性の改善と転流量の増大をはかる必要がある。

合系9号 (CR29-8-4, F₇, 北陸99号/晋寧176号)

中晩生, やや短稈, 密粒, 穂重型。成熟期全重とY.C.が最も大きい。耐冷性弱。草型は良いが, 穂揃いが不良。ΔWは晩生のためと穂揃い期の繁茂量が大き過ぎたために不足気味である。耐冷性強化と早生化が必要。

5. 乾物生産力から見た最大潜在収量

以上の考察から昆明における実現可能な最大収量はどのくらいになるかを試算した。

- 1) 成熟期地上部風乾重: 2150g/m²……中生の最大値 (合系5号)
- 2) 穂揃い期地上部風乾重: 1300g/m²……最大ΔWを得る推定値
- 3) Yield Capacity: (一穂粒数) × (m²当り穂数) × (完全玄米重) = 100粒/穂 × 600本/m² × 24mg = 1440g/m²

または出穂期のY.C.生産効率 Y.C./穂揃い期地上部乾物重 = 1.1 (図省略) から
Y.C. = 1300g/m² × 1.1 = 1430g/m², 1 (3) 参照。

4) シンクサイズ： $(Y.C.) \times (\text{稔実歩合}) = 1440\text{g}/\text{m}^2 \times 0.75 = 1080\text{g}/\text{m}^2$

5) 粗玄米重： $0.9062 \times (\text{シンクサイズ}) - 47.16 = 931.5\text{g}/\text{m}^2$ (図2の回帰式)

6) 穂重増加量： $\Delta P = 0.9810 \times (\text{シンクサイズ}) - 66.44 = 993\text{g}/\text{m}^2$ ($r = 0.9561$)

7) 乾物増加量： $\Delta P = 993\text{g}/\text{m}^2$, $\Delta W = 850\text{g}/\text{m}^2$, $\Delta S = -143\text{g}/\text{m}^2$

8) 粗玄米重： $Y = 0.9202 \times (\Delta P) + 16.75 = 930\text{g}/\text{m}^2$ ($r = 0.9966$, 図6)

この試算では粗玄米重約930kg/10a, 粳換算1550斤/畝となった。この値は乾物生産能力からみても無理のない数値である。

今後の問題として、穂揃い期の蓄積澱粉量の定量が残されている。

引用文献

- 1 吉田昌一 (1986)：村田吉男他訳「稲作科学の基礎」博友社，東京，269-277
- 2 村山登 (1969a)：農業技術24，251-256
- 3 森谷國男，江畑正之 (1982)：日作九支報49，18-25

討 論

齊藤滋(北海道農試)：トドロキワセを片親とするものが合系9系統中，5系統も育成されたのはなぜか。

回答：トドロキワセは日本では比較的一穂粒数の多い穂数型で，熟期は昆明では早生に属するが，草型は比較的良い。また低温生長性も比較的良い。特に雲南品種の成熟期全重が小さい特性が草型の改善と同時に改良されているためと考えられる。(トドロキワセに関しては総合討論に更に詳しく論議されている。編集部)

東正昭(東北農試)：各系統の改善点が述べられているが，育種でこれをやるのは大変なことである。栽植密度，施肥量，追肥方法等の栽培面でY.C.や ΔW の調整はできないか。適応地帯の限定もできるのではないか。

回答：昆明より少し暖かい地方では栽培法の改善によってY.C., ΔW の増加が期待できる。(多収性の解析に関する論議は総合討論にある。編集部)