

## 水稻耐寒育种的研究——水稻生物学产量收获指数的遗传以及与产量性状的关系——

廖 佩 言\*

### 摘 要

水稻生物学产量和收获指数与产量的相关系数( $r$ )分别为: 0.9865、0.5404, 二者的 $P < 0.01$ , 亲子回归系数( $b$ )为0.4429、0.5744, 并建立了相应的回归方程式。

用单株穗数、一穗粒数、增长率、收获指数、生物学产量与籽粒产量的回归关系, 分析了5个性状, 共26种可能的排列组合, 以生物学产量的UP最大, 收获指数次之, 在性状组合中, 只要有生物学产量和收获指数单独参与或共同参与组合的, 回归就显著, 否则就不显著。26种性状组合中 $R = 0.99$ 有8种,  $R^2 = 0.98$ , 这8种组合控制了产量遗传异的98.0%, 表明它是影响产量的主要因素, 以它们对产量进行间接选择, 会收到较好的效果。这一结果, 在育种实践中, 很有现实意义。

### 一、前 言

水稻是一个喜温作物, 一遇到低温很不适应, 产生冷害, 关于冷害的研究, 国内外都很重视, 据国际水稻所统计, 东南亚国家每年冷害面积达1.05亿亩, 因此1978年国际水稻所在南朝鲜召开了第一次国际水稻耐寒性育种会议。

我国水稻的冷害, 过去在北方较严重, 近来在南方稻区时有发生, 对水稻生产产生很大威胁, 引起了育种界的关注, 冷害产生的原因, 一是寒冷天气, 二是冷水灌溉。

四川省境内, 山峦起伏, 高差悬殊, 地形地貌复杂多样, 西部为高原、山地, 东部为盆地, 水稻栽培, 历来是以一种中稻为主, 仅在盆南沿长江河谷浅丘地带种植双季稻。四川种植双季稻最高年达到60万公顷, 由于盆地多数地方秋季气温下降早, 对晚稻开花结实影响很大, 因此晚稻的种植面积逐年下降, 由于双季稻面积的下降, 直接影响水稻总产量的进一步提高。

四川水稻生产发展不平衡, 盆中单产达400公斤以上, 盆周山区一般都只有200公斤左右, 这一地区主要的特点是: 气候类型复杂, 热量不足, 冷害严重。年平均气温为 $13.7-15^{\circ}\text{C}$ 以下, 日平均温度大于 $20^{\circ}\text{C}$ 的日数一年不足100天, 大于 $15^{\circ}\text{C}$ 的日数在180天以下, 很多品种前期容易产生烂秧、坐兜、后期空秕粒高, 导致减产, 严重者几乎无收。

为适应我省早稻苗期耐低温, 减少烂秧损失和晚稻后期耐低温提高结实率的需要, 我们着手对

---

\* 副院长, 四川省农业科学院, 成都

耐寒性育种问题作了初步研究。

为了提高选择效率，加快育种进程，我们作了生物学产量和收获指数与产量相关关系的研究，现将结果报导于后。

### 1. 收获指数与产量的相关

调查了早籼中熟组、中籼中、迟熟类型的29个品种(品系)466株，收获指数与产量的相关系数 $r=0.54504$ ， $P<0.01$ ，回归系数 $b=0.9523$ ，表明收获指数每增加1%，单株产量就增加0.95克。由此可见，提高收获，对于增加品种产量是很重要的。

表1 收获指数与产量的相关与回归

品 种 组 合	自由度	相关系数	确定系数	回归系数	$\hat{Y}=a+bx$
早 籼 中 熟 组	115	0.3461	0.1198	0.3416	$\hat{Y}=0.3416x-5.20$
中 籼 中 熟 组	214	0.7861	0.6180	1.5943	$\hat{Y}=54.90+1.5943x$
中 籼 迟 熟 组	137	0.1504	0.0226	1.1203	$\hat{Y}=30.73+1.1203x$

现以29个品种(品系)的生育期分成三个组，早籼中熟组120天以下；中籼中熟组130—139天；迟熟组140天以上。三个组的相关与回归计算结果列于表1。从表中看出，早籼组与中籼中熟组收获指数与产量的相关系数 $r$ 分别为0.3461、0.7861，二者的 $P<0.01$ ，相关极显著。它们的回归系数分别为0.3416、1.5943，表明收获指数每增加1%，早籼组产量就增加0.34克，中籼组增加1.59克。由此看出，中籼品种提高收获指数比早籼品种更为重要。

### 2. 10个杂交亲本生物产量、稻草重与产量的相关。

表2 双列式组合的亲本生物产量和稻草重与产量的相关和回归

性 状 组 合	自由 度	相关系数	确定系数	回归系数	$\hat{Y}=a+bx$
生物产量 与产量	198	0.9865	0.9732	0.6128	$\hat{Y}=0.6128x-3.77$
稻草量 与产量	198	0.8898	0.7917	1.4055	$\hat{Y}=5.13+1.4055x$

相关系数计算结果列于表2，生物产量与产量，稻草重与产量的相关系数分别为0.9865、0.8898，达到极显著水准，若用确定系数( $r^2$ )来推测，它们分别有97.32%、79.17%的个体存在上述关系。

### 3. 杂种一代与双亲平均值的相关与回归

生物产量 $F_1$ 与双亲平均值，具有明显的相关性。表3 $F_1$ 的生物产量一般受双亲平均值所决定，双亲平均值高的， $F_1$ 的值也高。 $F_1$ 与双亲平均值的相关系数两组分别为0.7461、0.3798，相关极显著，回归系数 $b$ 等于1.6684和0.4429，即双亲平均值每增加一克，两个组的 $F_1$ 分别增加1.6688克和0.4429克。用确定系数来推测，亲子相关的个体数，第一组有55.67%、第二组有14.42%存在这种关系。

收获指数 在亲子相关中，第二组亲子相关极显著( $r=0.4413$ ， $P<0.01$ )，表明收获指数与其

他性状一样，是要遗传给子代的。

第一组亲子相关为负值( $r = -0.2347$ ,  $P > 0.05$ )，但不显著。因为该组的B44×矮足南特受气候条件的影响，结实差，产量低，降低了收获指数，子代的收获指数都低于双亲平均值，所以 $r$ 为负值。

表3 杂交一代与双亲平均值的相关与回归

性状		自由度	相关系数	确定系数	回归系数	$\hat{Y} = a + bx$
第一组	收获指数	39	-0.2347	0.0551	-0.3615	$\hat{Y} = 74.46 - 0.3615x$
	生物产量	38	0.7461	0.5567	1.6684	$\hat{Y} = 1.6684x - 58.33$
第二组	收获指数	38	0.4413	0.1947	0.5744	$\hat{Y} = 22.20 + 0.5744x$
	生物产量	38	0.3798	0.1442	1.4429	$\hat{Y} = 31.96 + 0.4429x$

第二组的回归系数 $b = 0.5744$ ，表明双亲平均值每增加1%，其子代就相应地增加0.57%。

从以上分析可以看出，选择高生物产量和高收获指数的材料为亲本，在后代中也会得到较高生物产量和收获指数的单株材料。

#### 4. 杂种一代收获指数与其他主要性状的相关性。

杂种一代收获指数与其他性状的相关性，计算结果列于表4，从表中看出，收获指数与株高呈显著的负相关(2组)，表明从杂交后代中选育矮秆显得特别重要。

收获指数与粒数、产量的相关，第一组的相关系数分别为0.4729、0.4361，第二组分别为0.4812、0.3443，两组的相关系数都达到了1%的显著性，结果一致。收获指数与一株穗数的相关，第一组为负相关( $r = -0.4723$ ,  $P < 0.01$ )，第二组表现无关，表明它们是独立遗传的。

生物产量与产量的相关系数( $r$ 值)，第一组、第二组分别为0.9721、0.9428，表现为最强的正相关。

表4 收获指数与其他性状的相关性

性状组合	第一组		第二组	
	自由度	相关系数	自由度	相关系数
指数与株高	318	0.0260	378	-0.1941
指数与粒数	318	0.4729	378	0.4812
指数与穗数	318	-0.4723	378	0.0904
指数与产量	318	0.4361	378	0.3443

#### 5. 生物学产量和收获指数与产量的回归

许多学者，〔3、5、6、7〕已用生物产量和收获指数来作间接选择，以提高对产量的选择效

果。生物学产量，是指同化干物质的总重量，井山审也<sup>(2)</sup>IRRI<sup>(3)</sup>，他们的研究指出，水稻品种生物学产量的增加，较显著地增加了籽粒产量，收获指数，Donald<sup>(4)</sup>1962年定义为：籽粒产量与生物学产量的比值。它反映了同化干物质转变为经济产量的效率，一般用百分率表示。收获指数与产量的相关，在水稻<sup>(3,5)</sup>、小麦<sup>(6,7,8)</sup>、燕麦<sup>(9)</sup>、玉米<sup>(10)</sup>、大豆<sup>(5)</sup>等作物作了研究。一般认为：收获指数与产量呈正相关，用收获指数作间接选择，有助于提高产量，所选出的品系，优于用产量作指标所选出的品系。

在禾谷类高产育种中，比较成功的品种，都有高的收获指数和较稳定的生物学产量。1个品种的产量，不但取决于高的收获指数，而且还取决于单位面积上的生物学产量。所以Donald<sup>(4)</sup>指出，用收获指数来探明品种的高产基因型，是一个很重要的指标。

生长率，Taked和Frey<sup>(11)</sup>、Jalani et al<sup>(12)</sup>作了研究，肯定了它在育种中的作用。

在早期世代中，为了提高对产量的选择效果，作了多元回归，复相关系数分析。

#### (1)、多元回归

1983年用了15个杂交组合，450株的单株穗数(X1)、主穗粒数(X2)、生产率(X3)、收获指数(X4)和生物学产量(X5)与产量的回归关系，其结果如表5。

表5 偏回归系数的F检验

变异来源	自由度	平方和	均方	F	F0.05	F0.01
X1回归	1	1.1024	1.1024	2.5609	4.08	7.31
X2回归	1	1.9342	1.9342	4.4933		
X3回归	1	0.9704	0.9704	2.2543		
X4回归	1	710.3701	710.3701	1650.1712		
X5回归	1	1148.2186	1148.2186	2667.2819		
离回归	39	16.788	0.4305			
总和	44	1587.366				

从表5看出：生物学产量对产量贡献最大，收获指数次之。

水稻各性状之间，是彼此依存、彼此制约的相互关系，以往对产量性状的影响研究，局限于一株穗数，一穗粒数，以及粒重，研究单一性状的多，研究综合性状对产量的影响的少，所得的结果实用价值不大，为此作了各性状组合对产量的影响，其结果如表6。

从表6的26种性状组合看出，只要有生物学产量和收获指数单独参与或共同参与组合的，F值就显著，没有这两个性状参与的，F值就不显著，清楚地表明，生物学产量和收获指数对产量性状起着决定性的作用。

#### (2)、各种性状组合对产量的影响

表6 各种排列组合的偏回归平方和与显著性

组合 编号	性 状 组 合	X1		X2		X3		X4		X5	
		Up	显著性	Up	显著性	Up	显著性	Up	显著性	Up	显著性
1	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	1.1024	NS	1.9342	NS	0.9704	NS	710.3701	**	1148.2186	**
2	X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>			2.6045	NS	1.3446	NS	764.9804	**	1158.9416	**
3	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>	11.8322	NS	65.4944	NS	4.1458	NS	268.5173	**		
4	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>5</sub>	61.9667	NS	91.3811	NS	9.6487	NS			775.6568	**
5	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	1.9395	NS	0.0523	NS			728.4745	**	1169.4688	**
6	X <sub>1</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	1.7724	NS			0.0514	NS	738.6887	**	1211.7700	**
7	X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>			58.2212	NS	2.3579	NS	326.8123	**		
8	X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>5</sub>			74.9687	NS	4.9905	NS			786.0768	**
9	X <sub>2</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>			1.3520	NS			768.8699	**	1159.9600	**
10	X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>					0.0925	NS	782.1296	**	1214.5577	**
11	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub>	70.1264	NS	93.9674	NS	11.2160	NS				
12	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>4</sub>	10.0445	NS	72.0060	NS			275.5889	**		
13	X <sub>1</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>	4.5597	NS			10.6599	NS	296.9914	**		
14	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>5</sub>	50.2659	NS	19.5991	NS					706.9009	**
15	X <sub>1</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>5</sub>	15.2132	NS			0.0248	NS			770.0761	**
16	X <sub>1</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	1.8134	NS					738.6612	**	1222.3800	**
17	X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub>			73.4992	NS	5.0477	NS				
18	X <sub>2</sub> +X <sub>4</sub>			67.5547	NS			329.5007	**		
19	X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>					0.0007	NS	340.7992	**		
20	X <sub>2</sub> +X <sub>5</sub>			14.5839	NS					720.5921	**
21	X <sub>3</sub> +X <sub>5</sub>					0.0645	NS			774.5198	**
22	X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>							782.1024	**	1226.1566	**
23	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub>	63.9574	NS	90.3092	NS						
24	X <sub>1</sub> +X <sub>3</sub>	49.6574	NS			31.9609	NS				
25	X <sub>1</sub> +X <sub>4</sub>	5.5899	NS					293.8663	**		
26	X <sub>1</sub> +X <sub>5</sub>	45.2529	NS							777.6077	**

NS 表示不显著; \*\*表示达到1%的显著性

用5个性状,共26种性状组合对产量的影响,计算结果,如表7。

从表7看出,有三个性状组合不显著,有三个达5%的显著,其余20个均达到1%的显著水准。

在26种排列组合中,复相关关系的幅度为0.1942—0.9947,其中有8种性状组合高达0.9935—0.9947。从确定系数来推测,它们控制了产量变异的98.0%,据此,可以找到影响产量的性状组合。这8种组合中,又以生物学产量+收获指数这两个性状组合,它对产量 $R=0.9935$ , $R^2=0.987$ ,说明这两个性状组合控制了产量变异的98.7%,如用它们来对产量进行间接选择,会收到比较好的效果。

表7 各种排列组合的F值、R、R<sup>2</sup>值

组合编号	性 状 组 合	F	复相关系数(R)	确定系数(R <sup>2</sup> )
1	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	728.0491	0.9947**	0.9894
2	X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub> +X <sub>5</sub>	874.9558	0.9943**	0.9887
3	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>	3.6254	0.5158**	0.2661

4	$X_1 + X_2 + X_3 + X_5$	7.0678	0.6435**	0.4141
5	$X_1 + X_2 + X_4 + X_5$	823.3333	0.9940**	0.9880
6	$X_1 + X_3 + X_4 + X_5$	837.5207	0.9941**	0.9882
7	$X_2 + X_3 + X_4$	4.7675	0.5085**	0.2586
8	$X_2 + X_3 + X_5$	16.5636	0.7402**	0.5479
9	$X_2 + X_4 + X_5$	1114.0049	0.9939**	0.9879
10	$X_3 + X_4 + X_5$	1044.4931	0.9935**	0.9871
11	$X_1 + X_2 + X_3$	1.4667	0.3113*	0.0969
12	$X_1 + X_2 + X_4$	4.8886	0.5133**	0.2635
13	$X_1 + X_3 + X_4$	3.9636	0.4741**	0.2248
14	$X_1 + X_2 + X_5$	11.8699	0.6818**	0.4648
15	$X_1 + X_3 + X_5$	12.4722	0.6908**	0.4772
16	$X_1 + X_4 + X_5$	1141.4075	0.9941**	0.9882
17	$X_2 + X_3$	1.1971	0.2296	0.0527
18	$X_2 + X_4$	7.2690	0.5071**	0.2571
19	$X_3 + X_4$	5.7380	0.4632*	0.2146
20	$X_2 + X_5$	20.7070	0.7046**	0.4965
21	$X_3 + X_5$	21.4788	0.7111**	0.5056
22	$X_4 + X_5$	1597.7431	0.9935	0.9870
23	$X_1 + X_2$	2.0732	0.2997	0.0898
24	$X_1 + X_3$	0.8231	0.1942	0.0377
25	$X_1 + X_4$	5.8577	0.4670*	0.2181
26	$X_1 + X_5$	19.6577	0.5227**	0.2732

\*、\*\*分别 5%、1% 的显著水准

#### 参考文献

- (1) 沈锦骅(1963)水稻数量性状选择效果的研究, 作物学报 2(3): 223~241。
- (2) 井山审也(1964)水稻的遗传相关和环境相关, 水稻译丛, 第 9 集 45~51。
- (3) IRRI(1977)Harvest index:Criterion for selecting for highyield ability, Annual Report 1977 :20~25.
- (4) C.M.Donald (1962) In search of yield. J. Aust. inst.Agric. Sci.28: 171~178.
- (5) D.R.Johnson & Major, D.J.(1979)Harvest index of soybeans as affected by planting date and maturity rating, Agro. J. 71 : 538~541.
- (6) C.M.Donald & Hambin, J.(1976)The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, Adv:Agron.28:361~405.
- (7) I.D.Singh & Stoskopf N.C.(1971)Harvest index in cereals. Agron. J. 63 : 224~226.
- (8) H.G. Nass(1973)Determination of Characters for yield selection in spring Wheat, Can. J.plant sci. 53 : 755~762.
- (9) A.A.Rosielle & Frey K.J(1975)Estimates of selection parameters associated with harvest index in oat lines derived from a bulk population, Euphytica 24:121~131.
- (10) R.L.Deloughery & Crookston R.K.(1979) Harvest index of corn affected by population density maturity rating, and environment. Agron. J. 71 : 577~580.

- (11) K.Takeda & K.J.Frey(1977)Growth rate inheritance and association with other traits in backcross population of *Avena sativa* × *A. sterilis*, *Euphytica* 26 : 309~317.
- (12) B.S.Jalani *et al.*:(1979)Contribution of growth rate and harvest index to grain yield of oats (*Avenas sativa* L.)following selfing and outcrossing of M1 plants. *Euphytica*, 28: 219~225.

## 讨 论

李兆芳(东北农学院): 表5最下栏的silewah的正常结实率是指什么? 结实率低的原因是什么?

答: 关于结实率和正常结实率的区别, 这项工作是他人作的, 我是引用他们的资料, 我不知道他们用这两个名词的确切含意。

志村英二(农研中心): 希望介绍一下DoDo的株型?

答: 株高110cm, 叶片角度大, 叶色浓, 初期营养生产快。

中根晃(农研中心): 1)用于间接选择的集团是第几代? 2)上述集团是经过什么样的处理(无选择? 经过某种选择?)获得的? 3)调查对象植株是怎样取样的?

答: 1)关于间接选择, 在F<sub>2</sub>代开始作些探索。到目前为止, 还不能说很成功, 还需作选择试验, 加以证实。2)调查在F<sub>2</sub>代进行。3)F<sub>2</sub>代调查30株, 是随机的, 没有选择。