

# 杂交稻Ⅱ优 1259 产量构成因素分析与高产栽培技术研究

乐开富

(福建省三明市农业科学研究所, 福建 沙县 365500)

**摘 要:** 对Ⅱ优 1259 的产量构成因素进行分析, 结果表明, 每穗粒数与产量的相关系数达极显著水平, 结实率与产量的相关系数达显著水平, 有效穗、千粒重对产量的影响也较大, 但未达显著水平。有效穗与每穗粒数的负相关达极显著水平。通径分析表明, 每穗粒数、有效穗、结实率、千粒重对产量的直接通径系数分别为 0.929 3、0.734 9、0.572 0、0.292 0。为了探讨Ⅱ优 1259 高产栽培技术, 运用最优设计, 进行移栽叶龄、密度、施氮量、施钾量 4 项栽培措施研究并建立产量与 4 项栽培措施的回归模型, 结果表明, 影响产量的主要因素是移栽叶龄、密度和施氮量。经微机模拟筛选出高产的技术措施是: 4.5~ 5.8 叶移栽, 每公顷插 21.75 万~ 29.55 万丛, 施纯 N 122.3~ 207.4 kg, 施 K<sub>2</sub>O 56.8~ 200.9 kg。

**关键词:** 杂交稻; Ⅱ优 1259; 产量构成; 最优设计; 效应分析; 模拟选优

中图分类号: S 511

文献标识码: A

## Yield-affecting factors and cultivation of hybrid rice, “Ⅱ You 1259”

LE Kai fu

(Sanming Institute of Agricultural Science, Shaxian, Fujian 365500, China)

**Abstract:** “Ⅱ You1259” is an indica combination for middle- late rice hybrid bred by . The study on factors affecting yield for “Ⅱ You1259” indicated that the spikelet number per panicle and yield positively and significantly correlated at 0.01 level; the seed setting rate and yield significantly correlated at 0.05 level; the panicle number and 1 000 grain weight did not significantly correlate. The panicle number and spikelet number per panicle negatively and significantly correlated at 0.01 level. The results of path analysis indicated that direct path coefficients of spikelet number per panicle, panicle number, seed setting rate, 1 000 grain weight to the crop yield were 0.929 3, 0.734 9, 0.572 0 and 0.292 0, respectively. To study the high- yielding cultivation methods for “Ⅱ You1259,” 4 factors were targeted (i. e., planting density  $x_1$ , age of transplanting leaf  $x_2$ , nitrogen application rate  $x_3$  and potassium application rate  $x_4$ ) and optimized. The regression models of the 4 factors and yield were established. The results showed that the main influential elements for yield included the age of transplanting leaf, planting density and nitrogen application rate. After simulated screening and optimal selection using computer software, the optimized cultivation conditions for high rice yield were seedlings with 4.5~ 5.8 leaves for transplanting, planting density at 217 500 ~ 295 500 hills per  $\text{hm}^2$ , N applied at a rate of 122.3~ 207.4 kg N per  $\text{hm}^2$  and K at 56.8~ 200.9 kg K<sub>2</sub>O per  $\text{hm}^2$ .

**Key words:** Hybrid rice; Ⅱ You1259, yield components; optimization; effect analysis; simulated and optimal selection

Ⅱ优 1259 是福建省三明市农科所以不育系Ⅱ- 32A 为母本, 自选恢复系明恢 1259 为父本育成的杂交稻新组合, 2006 通过全国农作物品种审定委员会的审定。该品种株型适中, 茎秆粗壮, 长势繁茂, 穗大粒多, 熟期转色好, 抗病力较强。2004 年参加长江中下游中粳迟熟组品种区域试验, 平均产量 9 099.75  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 比对照汕优 63 增产 8.78%, 增产极显著; 2005 年续试, 平均产量

8 009.7  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 比对照汕优 63 增产 2.50%, 增产极显著。2005 年生产试验, 平均产量 7 900.80  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 比对照汕优 63 增产 4.03%。米质经农业部稻米及制品质量监督检验中心分析: 整精米率 68.6%, 长宽比 2.4, 垩白粒率 40%, 垩白度 9.5%, 胶稠度 68 mm, 直链淀粉含量 24.9% (中华人民共和国农业部公告第 884 号)<sup>[1]</sup>。为探讨其高产栽培技术, 于 2006 年进行移栽叶龄、

收稿日期: 2008- 10- 22 初稿; 2008- 12- 01 修改稿  
作者简介: 乐开富 (1963- ), 男, 副研究员, 主要从事杂交水稻种子开发研究  
基金项目: 福建省科技计划重大专项 (2004NZ01- 4)

插植密度、施氮量、施钾量试验，以期为该品种的进一步推广提供理论依据。

## 1 材料与 方法

### 1.1 产量结构分析

1.1.1 材料来源 统计数据来源于全国长江中下游中粳区试点（2004、2005 年）和高产栽培试验（2006 年）。

1.1.2 分析方法 计算各产量构成因素的相关系

数和通径系数<sup>[2-3]</sup>，分析各因素对产量的作用大小和相互之间的关系。

### 1.2 高产栽培试验

1.2.1 试验设计 以移栽叶龄、密度、施 N 量、施 K 量为试验因素，以产量为目标函数，用最优回归设计<sup>[4-9]</sup>，选用“416- A”方案，因素水平及编码见表 1。各处理组合的实际方案见表 4。小区面积 13.34 m<sup>2</sup>，2 次重复，共 32 个小区，组内随机排列。

表 1 因素水平及编码  
Table 1 Codes of yield affecting factors

编码值				实际值			
密度( $x_1$ )	叶龄( $x_2$ )	N( $x_3$ )	K <sub>2</sub> O( $x_4$ )	密度(万丛·hm <sup>-2</sup> )	叶龄(叶)	N(kg·hm <sup>-2</sup> )	K <sub>2</sub> O(kg·hm <sup>-2</sup> )
1 685	1 685	1 685	1 784	33 0	9	300	270
1	1	1	0 644	29 625	7 8	251 25	188 1
0	0	0	- 0 984	21 0	6	180	60
- 1	- 1	- 1	- 1 494	15 375	4 2	108 75	0
- 1 685	- 1 685	- 1 685		9 0	3	60	

1.2.2 试验概况 试验于 2006 年在福建省沙县夏茂镇儒元村进行，土壤为紫泥田，碱解 N 185 mg·g<sup>-1</sup>，有效 P 48 7 mg·g<sup>-1</sup>，速效 K 84 mg·g<sup>-1</sup>。小区间筑小田埂，并覆盖地膜，防止小区间肥水串流。3 月 23 日播种，湿润育秧。按叶龄分批移栽，分别于 4 月 11 日、4 月 17 日、4 月 24 日、5 月 1 日、5 月 6 日移栽。各处理每公顷统一施过磷酸钙 375 kg。基肥为全季总施 N 量的 40%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的 50%、K<sub>2</sub>O 的 70%；蘖肥为 N 的 40%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的 50%；穗肥为 N 的 20%、K<sub>2</sub>O 的 30%；基、蘖肥 N 为碳酸氢铵，穗肥 N 为尿素。蘖肥移栽后 7~ 8 d 施，穗肥幼穗分化 2~ 3 期施。防治 2 次二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟，防治 3 次纹枯病。于 8 月 10 日~ 16 日分批收割。

1.2.3 观察记载项目 记载播种期、移栽期、齐穗期、成熟期、收割期，以及农事活动时间。成熟时各小区取 30 丛调查产量结构，割去边行后实割、

称湿谷重，各取湿谷 1.5 kg 晒干、称干谷重，计算晒干率，折算小区干谷重。

## 2 结果与 分析

### 2.1 各产量构成因素对产量的影响

据 2004 年、2005 年全国长江中下游中粳区试点和 2006 年本试验的 46 组产量构成因素数据的相关分析，结果表明，以每穗粒数对产量的影响最大，其简单相关系数达到极显著水平（表 2）；结实率与产量的简单相关系数达到显著水平；有效穗、千粒重对产量的影响也较大，但未达显著水平。说明 II 优 1259 的高产栽培要在一定穗数的基础上主攻大穗和提高结实率。有效穗与每穗粒数的负相关达极显著水平，有效穗与结实率、每穗粒数与千粒重、结实率与千粒重的负相关较低。说明 II 优 1259 在增穗的同时，要注意施好穗肥，确保大穗，才能获高产。

表 2 各因素与产量及各因素间的简单相关系数  
Table 2 Simple correlation coefficients between factor and yield and among factors

$r_{1y}$	$r_{2y}$	$r_{3y}$	$r_{4y}$	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	$r_{23}$	$r_{24}$	$r_{34}$
0 2874	0.5560*	0 2920*	0 2839	- 0 3932**	- 0 1807	0 0702	- 0 1331	- 0 0272	- 0 0780

注：1、2、3、4、y 分别表示有效穗、每穗粒数、结实率、千粒重和产量。

为了进一步明确各因素对产量的作用，进行通径分析（表 3），结果表明，4 个因素对产量所起的直接作用依次为每穗粒数（0.929 3）、有效穗（0.734 9）、结实率（0.572 0）、千粒重（0.302 0）。因因素间存在不同程度负互作效应，所以其净效应

（简单相关系数）都不同程度小于直接通径系数。

### 2.2 回归模型的建立与检验

#### 2.2.1 回归模型的建立

根据实收产量（表 4），经微机运算，每公顷产量与 4 项农艺措施的回归方程为：

$$y = 9717.9 + 501.3x_1 - 257.3x_2 - 55.2x_3 - 44.9x_4 + 203.7x_1x_2 - 17.1x_1x_3 - 124.4x_1x_4 + 136.9x_2x_3 - 229.0x_2x_4 - 269.9x_3x_4 - 389.8x_1^2 - 324.8x_2^2 - 310.1x_3^2 - 303.8x_4^2$$

试验随机误差的无偏估计为：

$$s_e = \frac{\text{误差平方和}}{\text{误差自由度}} = \frac{2940721}{15} = 442.77(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$$
。回归模型 95% 置信区域为  $y \pm 867.8(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ 。

表 3 各产量构成因素与产量的通径系数  
Table 3 Path coefficients of yield affecting factors and yield

因素	$x_1 \rightarrow y$	$x_2 \rightarrow y$	$x_3 \rightarrow y$	$x_4 \rightarrow y$	净效应
有效穗 $x_1 \rightarrow$	0.7349	- 0.3654	- 0.1034	0.0212	0.2874
每穗粒数 $x_2 \rightarrow$	- 0.2890	0.9293	- 0.0761	- 0.0082	0.5560
结实率 $x_3 \rightarrow$	- 0.1328	- 0.1237	0.5720	- 0.0236	0.2920
千粒重 $x_4 \rightarrow$	0.0516	- 0.0253	- 0.0446	0.3022	0.2839

注：决定系数  $R^2 = 0.9807$ 。

表 4 试验设计及产量结果  
Table 4 Experimental design and crop yield

编号	密度 ( $x_1$ )	叶龄 ( $x_2$ )	N ( $x_3$ )	K <sub>2</sub> O ( $x_4$ )	实收产量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	
					I	II
1	0	0	0	1.784	8421.3	8920.5
2	0	0	0	- 1.494	8744.4	9469.3
3	- 1	- 1	- 1	0.644	9129.7	8841.8
4	1	- 1	- 1	0.644	8985.8	10278.1
5	- 1	1	- 1	0.644	7630.4	7713.6
6	1	1	- 1	0.644	8900.3	8658.2
7	- 1	- 1	1	0.644	8414.5	8515.7
8	1	- 1	1	0.644	8533.7	8844.1
9	- 1	1	1	0.644	7126.7	7563.0
10	1	1	1	0.644	8727.1	8748.1
11	1.685	0	0	- 0.908	9092.7	9779.9
12	- 1.685	0	0	- 0.908	7055.2	7677.2
13	0	1.685	0	- 0.908	8074.4	8930.9
14	0	- 1.685	0	- 0.908	8804.3	8533.7
15	0	0	1.685	- 0.908	8900.3	8994.8
16	0	0	- 1.685	- 0.908	8009.7	8605.7

#### 2.2.2 回归模型的检验

为了明确回归方程的有效性，进行  $F$  检验（表 5）。结果表明，重复间的  $F$  值为 5.60，大于  $F_{0.05(1, 15)} = 4.54$ ，说明区组间土壤肥力差异明显，区组作为局部控制的一项手段，

对减少试验误差是相当有效的。回归检验的  $F$  值为 4.33，大于  $F_{0.01(15, 15)} = 3.48$ ，达 0.01 显著水平，表明回归方程与实际情况拟合很好，能反应 4 项措施与产量的综合关系。

表 5 回归模型的显著性检验

Table 5 Significance test on regression models

变异来源	自由度 df	平方和 ss	均方 MS	F 值
回归(U)	15	12727240	848482.9	4.33
重复(R)	1	1096960	1096960	5.60
误差(E)	15	2940721	196048.1	
总计(T)	31	15667970		

为了明确各因子的影响程度, 对所建回归方程的偏回归系数进行  $t$  检验, 结果表明,  $bx_2$ 、 $bx_3$ 、 $bx_1x_2$ 、 $bx_2x_4$ 、 $bx_3x_4$  达 0.01 显著水平,  $bx_1$ 、 $bx_1x_4$ 、 $bx_2x_3$  达 0.05 显著水平,  $bx_4$  达 0.2 显著水平,  $bx_1^2$ 、 $bx_2^2$ 、 $bx_3^2$  达 0.4 显著水平。

2.3 各项农艺措施对产量的效应

2.3.1 单项农艺措施对产量的效应 用降维法可分析出各因素与产量的关系, 当另 3 个因素的编码值取零水平时, 一因素与产量的偏回归方程为:

$$y = 9717.9 + 501.3x_1 - 389.8x_1^2$$
$$y = 9717.9 - 257.3x_2 - 324.8x_2^2$$
$$y = 9717.9 - 55.2x_3 - 310.1x_3^2$$
$$y = 9717.9 - 44.9x_4 - 303.8x_4^2$$

因 4 个偏回归方程的二次项均为负值, 4 个因素与产量的关系呈弯曲度不同开口向下的抛物曲线, 有极大值, 过高或过低均不利高产。用二次方程求极值的方法, 可求出其最高产量的取值水平。其最佳产量的  $x_1$  为 0.643 0 (25.58 万丛·hm<sup>-2</sup>),  $x_2$  为 -0.396 1 (5.3 叶),  $x_3$  为 -0.089 0 (N 173.7 kg·hm<sup>-2</sup>),  $x_4$  为 -0.073 9 (K<sub>2</sub>O 128.9 kg·hm<sup>-2</sup>)。可见最佳产量的密度为 25.6 万丛·hm<sup>-2</sup>, 移栽叶龄为 5.3 叶, 施 N 量为 173.7 kg·hm<sup>-2</sup>, 施 K<sub>2</sub>O 量为 128.9 kg·hm<sup>-2</sup>。

2.3.2 农艺措施间的互作对产量的效应 由回归方程可知, 因素间存在互作效应。密度 ( $x_1$ ) 与叶龄 ( $x_2$ ) 呈正互作效应, 达到 0.01 显著水平, 说明早移栽的因本田分蘖时间长, 茎蘖数多, 密度低些有利高产; 移栽偏迟的因本田分蘖时间缩短, 密

度要高些通过增加基本苗也能获较高产量。经列互作表分析可知, 以密度中等、移栽叶龄较早时产量为高。

密度 ( $x_1$ ) 与施 K<sub>2</sub>O 量 ( $x_4$ ) 呈负互作效应, 达 0.05 显著水平, 说明密度较高时, 基本苗多, 施 K<sub>2</sub>O 量低些有利高产; 密度较低时, 基本苗少, 施 K<sub>2</sub>O 量高些也能获较高产量。以密度中等, 施 K<sub>2</sub>O 量较低时产量为高。

叶龄 ( $x_2$ ) 与施 N 量 ( $x_3$ ) 呈正互作效应, 达到 0.05 显著水平, 说明移栽早的因本田分蘖时间长, N 肥适当少施有利高产; 移栽偏迟的, 因本田分蘖时间缩短, 则 N 肥要多施可获较高产量。以移栽较早, 施 N 量较高时产量为高。

叶龄 ( $x_2$ ) 与施 K<sub>2</sub>O 量 ( $x_4$ ) 呈负互作效应, 达 0.01 显著水平, 说明移栽早的因本田分蘖时间长, 分蘖多, 生长量大, K<sub>2</sub>O 肥适当多施有利高产; 移栽偏迟的, 因本田分蘖时间缩短, 分蘖少, 生长量小, 则 K<sub>2</sub>O 肥少施可获较高产量。以移栽较早, 施 K<sub>2</sub>O 量较高时产量为高。

施 N 量 ( $x_3$ ) 与施 K<sub>2</sub>O 量 ( $x_4$ ) 呈负互作效应, 达 0.01 显著水平, 说明施 N 量较高时, 施 K<sub>2</sub>O 量要低些有利高产; 反之, 施 N 量较低时, 施 K<sub>2</sub>O 量要高些也获较高产量, 以施 N 量较高, 施 K<sub>2</sub>O 量较低时产量为高。

2.4 高产栽培技术方案的确定

为了寻找高产栽培技术方案, 采用统计优选法, 以产量为目标函数进行频数分析。确定产量的预定指标, 在约束条件下, 4 个因素各取 5 个水平, 按一定步长, 在微机上模拟。不断变化步长和取值范围, 直到 5 个水平上的模拟值都达到预定指标时, 该取值范围即为达到预定指标理想的取值区域<sup>[10]</sup>。经微机模拟, 产量 ≥9 735 kg·hm<sup>-2</sup> 的取值范围是, 每公顷插 21.75~29.55 万丛, 叶龄 4.5~5.8 叶, 施纯 N 122.3~207.4 kg, 施 K<sub>2</sub>O 56.8~200.9 kg (表 6)。

表 6 每公顷产量 ≥9375kg 的措施分布范围

Table 6 Range of cultivation conditions to achieve crop yield greater than 9 375 kg per hm<sup>2</sup>

因素	密度	移栽叶龄	N	K <sub>2</sub> O
编码区域	0.10~1.20	-0.75~-0.10	-0.81~0.62	-0.95~0.80
农艺措施范围	21.75~29.55 万丛	4.56~5.82 叶	122.3~207.4 kg	56.8~200.9 kg
平均	25.65 万丛	5.2 叶	164.8 kg	129.9 kg

3 小结与讨论

试验结果表明，II 优 1259 在采用湿润铲秧的条件下，欲取得高产，应于 4 5~ 5. 8 叶适时移栽，只要气候条件适宜，应尽早移栽。过迟移栽秧苗老化，分蘖力减弱，穗数少，穗头小，产量降低。该组合耐 N 肥力强，在试验田类似的肥力条件下，施 N 量在 122. 3~ 207. 4 kg · hm<sup>-2</sup> 都可达高产，生产上一般可掌握施 N 量 150~ 180 kg · hm<sup>-2</sup>。施 K<sub>2</sub>O 56. 8~ 200. 9 kg · hm<sup>-2</sup> 可获高产。该组合分蘖能力较强，密度在 21. 75 万~ 29. 55 万丛 · hm<sup>-2</sup> 内，通过穗粒结构调节，密度较低时穗头大；密度较高时穗数多，都可取得高产。生产上一般掌握 21. 7~ 25. 5 万丛 · hm<sup>-2</sup> 容易获高产。

同时要利用因素间的互作关系，根据生产条件的变化合理调整措施的搭配，充分提高产量。如移栽较早的，因本田生长期较长，分蘖数多，密度可相对低些有利高产；移栽偏迟时，因本田生长期缩短，分蘖数少，则密度要高些，通过增加基本苗也可获较高产量。移栽早的因本田分蘖时间长，N 肥量适当少些有利高产；移栽较迟的，因本田分蘖时间缩短，则 N 肥量要多些可获较高产量。同时防止偏施 N 肥影响产量。

参考文献:

[1] 许旭明, 张受刚, 卓伟, 等. 国审水稻新组合 II 优 1259 的选育与栽培技术 [J]. 农业科技通讯, 2007 (12): 80- 83.

[2] 南京农业大学. 田间试验和统计方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 214- 224.

[3] 刘德金, 肖承和. 农业试验设计与分析 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 505- 519.

[4] 茆诗松, 丁元, 周纪芾, 等. 回归分析及其试验设计 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1981: 255- 302.

[5] 徐中儒. 回归分析与试验设计 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 96- 123.

[6] 钱晓纲. 建立优质稻施肥模型的初步研究 [J]. 耕作与栽培, 1989 (1): 27- 31.

[7] 饶鸣钊, 许旭明, 陈少庭, 等. 杂交稻特优 73 高产高效综合栽培技术研究 [J]. 中国农学通报, 2003 (3): 171- 173.

[8] 张建新, 饶鸣钊, 黄建鸿. 超级杂交稻 II 优明 86 高产高效栽培措施的优化模型 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2004, 33 (1): 5- 9.

[9] 张建新, 饶鸣钊, 邓才生. 优质杂交早稻金优明 100 高产高效综合栽培技术的初步研究 [J]. 江西农业大学学报, 2003, 25 (2): 169- 173.

[10] 佟立伟. 多元统计分析计算机程序 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 240- 250.

( 责任编辑: 翁志辉)