

双季超级稻早蘖壮秆强源 高产栽培技术研究

石庆华, 潘晓华, 曾勇军, 李木英, 吴建富, 朱昌兰, 张美良,
谭雪明, 黄英金, 贺浩华, 李保同

(江西农业大学 作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室/江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西南昌 330045)

摘要: 2006—2011年, 对双季超级稻的高产形成规律及配套栽培技术进行了系统研究。研究表明, 在保证穗数的基础上提高每穗粒数和结实率、增加中后期的养分吸收和物质生产是双季超级稻高产的关键, 与之相对应的高产栽培策略是前期早发、中期壮秆和后期强源。阐述双季超级稻早蘖壮秆强源高产栽培技术体系的内涵, 从够苗期、生育前期叶片含氮率和叶色差、一次枝梗分化期大茎蘖数、衰老频度和抽穗后 SPAD 值下降幅度等方面, 提出早蘖壮秆强源的相应群体指标; 从移栽叶龄、密度、肥料运筹和水分管理等方面, 提出明确的技术指标。实践证明, 双季超级稻早蘖壮秆强源高产栽培技术具有高产稳产和提高肥料利用率的显著效果。

关键词: 双季超级稻; 早蘖壮秆强源; 高产; 栽培技术

中图分类号: S511.062 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)04-0619-08

A Study on High-yield Cultivation Technique 'Zaonie, Zhuanggan and Qiangyuan' of Double Cropping Super Rice

SHI Qing-hua, PAN Xiao-hua, ZENG Yong-jun, LI Mu-ying,
WU Jian-fu, ZHU Chang-lan, ZHANG Mei-liang, TAN Xue-ming,
HUANG Ying-jin, HE Hao-hua, LI Bao-tong

(Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education / Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The laws of yield formation and the cultivation techniques for double super rice were studied from 2006 to 2011. The results showed that the key for double super rice to obtain high yield is enhancing spikelets number per panicle and seed setting rate based on a suitable panicle number and adding the mass accumulation and the nutrition uptake of the late growth stage. The corresponding high yielding cultivation strategy is promoting an early growth and quick tillering in early stage, getting a strong stalk in middle stage and formation a high intensity source in late stage. On this basis, the connotation of the framework 'Zaonie, Zhuanggan and Qiangyuan' of double cropping super rice was defined, the diagnostic indicators of rice population such as the seedling age of getting enough tillers, nitrogen contents and colour difference of the leaves in early growth stage, big tillers number in primary launch initiation stage, senescent frequency, decline rate of the

收稿日期: 2012-08-10 修回日期: 2012-08-30

基金项目: 国家粮食丰产科技工程项目(2006BAD02A04)、超级稻配套栽培技术集成项目(超级稻专项)和江西省科技计划项目(20051B0200101)

作者简介: 石庆华(1952—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水稻高产栽培研究, E-mail: qinghua.shi@163.com。

SPAD in leaves after heading were put forward , the technical indicators such as optimum leaf age for transplanting , density , fertilizer application , water management were presented. Practice has proved , the cultivation technique ‘Zaonie , zhuanggan and Qiangyuan’ of double cropping super rice were benefit for obtaining a high and stable yield and increasing the fertilizer use efficiency.

Key words: double cropping super rice; Zaonie , Zhuanggan and qiangyuan; high yield; cultivation technique

良种良法配套是发挥水稻品种产量潜力、实现水稻高产的必要前提。过去的几十年里,水稻高产栽培研究成果,如“稀少平”栽培法^[1]、“小壮高”栽培法^[2]及“旺壮重”栽培技术^[3]等,对提高杂交水稻和大穗型常规水稻品种的产量发挥了重要作用。进入 21 世纪以来,随着超级稻品种的培育成功和推广应用使得水稻的产量潜力得到进一步提高,但由于缺乏配套技术,大面积生产中仍存在着单产水平低、产量潜力难以充分发挥等突出问题。近年来,稻作科技工作者对超级稻的配套栽培技术开展了许多有益的探索,提出了寒地水稻“三超”栽培技术^[4]、改良强化栽培法^[5]、“精苗稳前、控蘖优中、大穗强后”超高产定量化栽培模式^[6]以及“三定”栽培技术^[7]。但上述研究主要针对的是北方粳稻和南方一季稻栽培,而对长江中游南部双季超级稻栽培理论与技术的研究却相对薄弱。

长江中游南部双季稻区是我国重要的商品粮基地,在保障国家粮食安全、促进地区经济发展和维护社会稳定方面起着十分重要的作用。近年来,双季超级稻的种植面积不断扩大,但分蘖发生迟、发生慢,中期无效分蘖多、茎秆细弱,后期根系活力低、冠层光合能力不强等问题普遍存在,从而严重影响了双季超级稻产量潜力的发挥。针对这些问题,本课题组以双季超级稻前期早发、中期壮秆、后期强源为目标,从双季超级稻的高产形成规律及配套栽培技术等方面开展了系统而深入地研究,建立了双季超级稻早蘖壮秆强源高产栽培技术。实践证明,该技术不仅能够充分发挥双季超级稻品种的产量潜力,而且还能显著提高肥料利用率,在长江中游南部双季稻区具有广泛的推广应用前景。

1 双季超级稻的高产形成规律

1.1 双季超级稻的产量构成特点

对不同产量水平的 256 个双季超级早稻群体(淦鑫 203、陆两优 996、金优 458、春光 1 号、株两优 819、两优 287 等品种)和 120 个超级晚稻群体(淦鑫 688、五丰优 T025、天优华占、培杂泰丰、协优 9308、国稻 1 号、国稻 3 号等品种)的产量构成的分析表明(表 1):随着产量水平的提高,超级早稻的有效穗数、每穗粒数、千粒重以及超级晚稻的有效穗数、结实率和千粒重均表现出增加的趋势。对超级早稻而言(表 2),产量水平在 6 750 kg/hm² 以下的群体产量与有效穗数呈极显著正相关;产量水平在 6 750 ~ 9 000 kg/hm² 的群体产量与有效穗数呈极显著正相关、与每穗粒数呈显著正相关;产量水平在 9 000 kg/hm² 以上的群体产量与每穗粒数呈极显著正相关、与结实率呈显著正相关。对于超级晚稻而言,产量水平在 6 750 kg/hm² 以下的群体产量与有效穗数呈极显著正相关、与每穗粒数呈显著正相关;产量水平在 6 750 ~ 9 000 kg/hm² 的群体产量与有效穗数和结实率均呈极显著正相关;产量水平在 9 000 kg/hm² 以上的群体产量与结实率呈极显著正相关。表明超级早稻获得高产的关键是在保证穗数的基础上提高每穗粒数和结实率,超级晚稻获得高产的关键是在稳定穗粒数的基础上重点提高结实率。

表 1 不同产量水平双季超级稻产量构成

Tab. 1 Yield components of double cropping super rice with different yield

类型 Type	产量水平/ (kg · hm ⁻²) Yield level	有效穗数/ (10 ⁴ · hm ⁻²) Effective panicles	每穗粒数 Grains per spike	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g 1 000-grain weight
早稻	>9 000	370.86 ± 39.41aA	115.53 ± 13.85aA	91.18 ± 4.28aA	27.78 ± 0.77aA
	6 750 ~ 9 000	340.95 ± 42.97bB	106.62 ± 12.52bB	88.68 ± 5.66bA	27.63 ± 0.66aAB
	<6 750	289.06 ± 39.31cC	94.32 ± 7.92cC	90.39 ± 6.26abA	27.27 ± 0.61bB
晚稻	>9 000	301.37 ± 22.42aA	150.30 ± 14.46aA	85.32 ± 3.67aA	24.58 ± 0.52aA
	6 750 ~ 9 000	287.91 ± 34.49aA	140.63 ± 19.33bA	82.59 ± 5.30abA	24.36 ± 0.55aA
	<6 750	210.25 ± 19.96bB	141.01 ± 19.76bA	81.17 ± 8.48bA	24.31 ± 0.81aA

1.2 双季超级稻的养分吸收与物质生产特点

研究表明(表3):不同产量水平的双季超级稻群体在生育前期的氮素吸收量无显著差异,但生育中、后期的吸氮优势明显,全生育期氮素吸收量高产群体显著高于中低产群体。对磷、钾的吸收也表现出类似的趋势^[8]。物质生产方面(表4):不同产量水平的双季超级稻群体生育前期物质生产量并显著很小,但生育中后期则差异明显,其中高产群体的物质生产量显著高于中低产群体。表明中后期的养分吸收和物质生产对双季超级稻产量的形成有重要影响。

表2 双季超级稻产量构成因子与产量的相关性

Tab.2 Correlations between yield and yield components of double cropping super rice

类型 Type	因子 Factors	与产量的相关系数 Correlation coefficient with yield		
		9 000 kg/hm ² 以上	6 750 ~ 9 000 kg/hm ²	6 750 kg/hm ² 以下
早稻 Early rice	有效穗数 Effective panicles	-0.045 9	0.398 5**	0.767 9**
	每穗粒数 Grains per spike	0.438 5**	0.185 2*	0.068 1
	结实率 Seed setting rate	0.312 4*	-0.051 8	-0.151 1
	千粒重 1 000-grain weight	-0.191 8	0.136 5	-0.065 4
晚稻 Late rice	有效穗数 Effective panicles	-0.016 0	0.500 8**	0.538 7**
	每穗粒数 Grains per spike	0.112 4	-0.127 0	0.443 1*
	结实率 Seed setting rate	0.597 8**	0.300 1**	0.227 5
	千粒重 1 000-grain weight	0.219 4	-0.035 0	-0.025 4

产量在9 000 kg/hm² 以上群体样本数,早稻54个,晚稻19个;产量在6 750 kg/hm² ~ 9 000 kg/hm² 群体样本数,早稻176个,晚稻77个;产量在6 750 kg/hm² 以下群体样本数,早稻26个,晚稻24个。

表3 不同产量水平下双季超级稻的吸氮量

Tab.3 Nitrogen uptake and utilization of double cropping super rice with different yield

类型 Type	产量水平/ (kg · hm ⁻²) Yield level	氮素吸收量/(kg · hm ⁻²) Nitrogen uptake			
		前期 Prophase period	中期 Middle period	后期 Late period	全生育期 Whole growth period
早稻 Early rice	>9 000	25.46a	112.32a	20.16a	157.94a
	8 250 ~ 9 000	24.57a	108.42a	15.33b	148.32b
	7 500 ~ 8 250	22.38a	100.82b	14.01b	137.21c
晚稻 Late rice	>9 000	37.76a	129.22a	29.09a	196.07a
	8 250 ~ 9 000	34.97a	118.55a	14.83b	168.35b
	7 500 ~ 8 250	33.68a	92.39b	10.94b	137.01c

(1) 9 000 kg/hm² 以上样本数,早稻 $n=10$, 晚稻 $n=11$; 6 750 kg/hm² ~ 9 000 kg/hm² 样本数,早稻 $n=23$, 晚稻 $n=18$; 6 750 kg/hm² 以下样本数,早稻 $n=15$, 晚稻 $n=8$ 。(2) 前期指移栽-分蘖; 中期指分蘖-齐穗; 后期指齐穗-成熟。

表4 不同产量水平下双季超级稻的物质生产

Tab.4 Mass accumulation of double cropping super rice with different yield

类型 Type	产量水平/ (kg · hm ⁻²) Yield level	物质积累量/(kg · hm ⁻²) Matter accumulation			
		前期 Prophase period	中期 Middle period	后期 Late period	全生育期 Whole growth period
早稻 Early rice	>9 000	609 (±53) a	8 214 (±598) a	5 790 (±437) a	14 786 (±377) a
	8 250 ~ 9 000	605 (±95) a	7 872 (±672) ab	5 359 (±420) b	13 722 (±694) b
	7 500 ~ 8 250	597 (±109) a	7 491 (±602) b	4 986 (±432) c	13 206 (±744) c
晚稻 Late rice	>9 000	2 341 (±186) a	8 406 (±219) a	5 394 (±255) a	16 121 (±348) a
	8 250 ~ 9 000	2 213 (±357) a	8 077 (±471) b	4 903 (±533) b	15 193 (±836) b
	7 500 ~ 8 250	2 070 (±129) a	7 977 (±231) b	4 829 (±436) b	14 875 (±224) b

(1) 9 000 kg/hm² 以上样本数,早稻 $n=10$, 晚稻 $n=11$; 6 750 kg/hm² ~ 9 000 kg/hm² 样本数,早稻 $n=23$, 晚稻 $n=18$; 6 750 kg/hm² 以下样本数,早稻 $n=15$, 晚稻 $n=8$ 。(2) 前期指移栽-分蘖; 中期指分蘖-齐穗; 后期指齐穗-成熟。

2 双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术的内涵及群体指标

从上述双季超级稻的产量形成规律可以看出,欲发挥双季超级稻的产量潜力,必须促进前期分蘖早发生,充分利用低节位分蘖,在保证穗数的基础上促进每穗粒数的提高。同时,为了促进生育中后期对养分的吸收、提高物质生产能力,必须在前期早发的基础上努力控制无效分蘖,促进壮秆形成,构建良好群体,生育后期养根保叶,提高叶片光合能力,即前期早蘖、中期壮秆、后期强源。

2.1 双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术的内涵

双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术是针对双季超级稻的特点提出的。早蘖是指大田起始分蘖早、适期够苗;壮秆是指壮秆大穗,要求穗分化期至抽穗期茎秆粗壮、“大分蘖”数量多、基部节间维管束数量多、茎鞘中非结构性碳水化合物含量高、每穗粒数多,等;强源是指生育中后期株型配置合理、根系活力强、冠层光合能力强。这其中,早蘖是基础,壮秆是关键,强源是目标,三者组成完整的技术体系。

2.2 双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术的群体指标

2.2.1 在合理基本苗的基础上适期够苗是早蘖的核心指标 前期早生稳长是双季超级稻获得足穗、大穗的重要基础,前期早生稳长的重要标志是适期够苗。研究发现,在合理基本苗条件下,双季超级早稻应在 $N - n$ (N 为水稻主茎总叶片数, n 为主茎伸长节间数) 叶龄期够苗,双季超级晚稻应在 $N - (n - 1)$ 叶龄期够苗^[9],且产量水平在 $9\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上的超级稻群体此期的茎蘖数早稻应在 $370\ \text{万}/\text{hm}^2$ 左右、晚稻应在 $310\ \text{万}/\text{hm}^2$ 左右。

2.2.2 生育前期叶片适宜的含氮率和较小的叶色差是早蘖的有效诊断指标 水稻叶片含氮率是水稻营养状况的重要指标,同时也是影响分蘖发生的重要因素。要实现双季超级稻适期够苗,叶片含氮率应该保持在一个比较适宜的水平。对超级稻群体的叶片含氮率和叶色差的分析表明(表 5),不同产量水平双季超级稻群体在生育前期的顶部功能叶的叶片含氮率和顶部叶片的叶色差存在显著差异。产量在 $9\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上的超级稻群体 ($N - n$) 叶龄期早稻顶部功能叶适宜含氮率为 $5.2\% \sim 5.6\%$,晚稻叶片适宜含氮率为 $4.2\% \sim 4.6\%$;植株顶部完全展开的倒二叶与倒三叶的相对叶色差(RSPAD)早稻高产群体为 $\text{RSPAD}\ 0\% \sim 6\%$,晚稻为 $5\% \sim 8\%$ 。

表 5 $N - n$ 叶龄期不同产量水平双季超级稻群体的叶片含氮率和叶色差

Tab.5 N contents and color difference in leaf of double cropping super rice with different yield in ($N - n$) leaf stage

类型 Type	产量水平/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield level	叶片含氮率/% Leaf nitrogen content	顶二叶与顶三叶叶色差/% Color difference between second leaf and third leaf on the top
早稻 Early rice	$>9\ 000$	$5.39a(\pm 0.16)$	$3.43b(\pm 2.56)$
	$8\ 250 \sim 9\ 000$	$5.18ab(\pm 0.44)$	$7.83ab(\pm 2.84)$
	$7\ 500 \sim 8\ 250$	$4.84b(\pm 0.38)$	$10.07a(\pm 1.64)$
晚稻 Late rice	$>9\ 000$	$4.36a(\pm 0.19)$	$6.65b(\pm 1.02)$
	$8\ 250 \sim 9\ 000$	$4.00ab(\pm 0.35)$	$9.60ab(\pm 1.81)$
	$7\ 500 \sim 8\ 250$	$3.87b(\pm 0.16)$	$10.34a(\pm 1.95)$

2.2.3 一次枝梗分化期大茎蘖的数量多是壮秆的综合性指标 壮秆是大穗的基础,但关于壮秆的指标通常用定性化的描述或对个体进行简单的定量比较居多,如以茎粗来表示壮秆等,但这类指标不能反映群体数量指标,无太大的实际应用价值。研究表明,一次枝梗分化期的单茎蘖干质量对成穗有重要影响^[10],超级早稻单茎干质量在 $0.2\ \text{g}$ 以上、超级晚稻单茎干质量在 $0.4\ \text{g}$ 以上的大分蘖能稳定成穗,是构成有效穗的主体。一次枝梗分化期大茎蘖数量综合了个体与群体的性状,能较好地反映超级稻群体茎秆的粗壮程度,可用来衡量是否壮秆的指标。方差分析表明(表 6),不同产量水平下平双季超级稻群体一次枝梗分化期的大茎蘖数量存在显著差异。产量在 $9\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上时,超级早稻群体要求一次枝梗分化期的大茎蘖数量在 $370\ \text{万}/\text{hm}^2$ 左右,占总茎蘖数的 50.8% 以上;超级晚稻要求在 $310\ \text{万}/\text{hm}^2$ 左右,占总茎蘖数的 50.0% 以上。

2.2.4 抽穗后 15 d 衰老频度小于 50 是“强源”的重要指标 “源”的强弱可用特定时期的叶片光合速

率、叶面积指数(LAI)、叶片 SPAD 值等进行反映^[11]。研究表明,双季稻抽穗到抽穗后 15 d 叶绿素下降率与叶片 N 含量、根系伤流量下降率呈极显著正相关关系^[12],而水稻生育后期的叶片光合能力与叶干重及叶绿素含量等有密切关系。研究发现,用叶面积、叶重和叶绿素含量 3 个性状的日衰减率的积作为后期冠层性能的评价指标,能综合反映水稻生育后期“源”的强弱。当齐穗后 15 d 衰老频度达到 50 即为早衰开始,衰老频度超过 100 表明早衰明显,衰老频度超过 200 则说明早衰较严重^[13]。双季超高产水稻要求抽穗后 15 d 衰老频度小于 50。

表 6 不同产量水平下双季超级稻一次枝梗分化期的群体大茎蘖数量

Tab. 6 Big tillers number of double cropping super rice with different yield in primary launch initiation stage

类型 Type	产量水平/ (kg·hm ⁻²) Yield level	大茎蘖数/ (×10 ⁴ ·hm ⁻²) Tiller number of large stem	标准差 Standard deviation	差异显著性 Significance difference	
				5%	1%
早稻 Early rice	>9 000	371.10	12.48	a	A
	8 250~9 000	312.96	35.80	b	B
	7 500~8 250	261.58	36.38	c	C
晚稻 Late rice	>9 000	311.28	24.25	a	A
	8 250~9 000	271.59	19.05	b	B
	7 500~8 250	244.16	28.32	b	B

2.2.5 抽穗后 15 d 叶片 SPAD 值下降幅度 5%~10% 是“强源”的重要诊断指标 水稻生育后期叶色的变化与产量密切相关,后期叶色下降过快表明群体有早衰迹象,而叶色下降过慢,则有可能存在贪青的问题。研究表明(图 1、图 2)不同产量水平双季超级稻群体抽穗后叶片 SPAD 值下降幅度与结实率、后期物质生产量及产量呈显著负相关关系。因此,以抽穗至抽穗后 15 d 叶片 SPAD 值下降幅度可以作为“强源”的重要诊断指标。双季超级稻高产群体要求抽穗后 15 d 叶片 SPAD 值下降幅度应在 5%~10%。

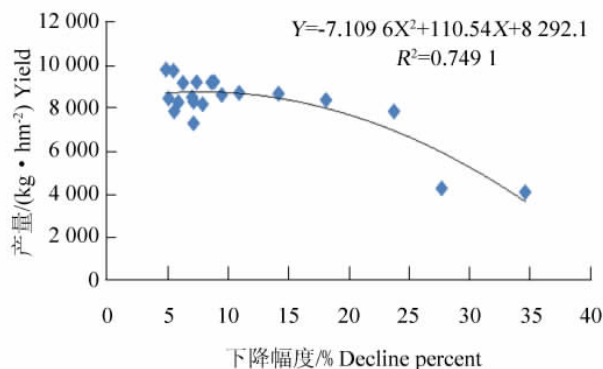


图 1 超级早稻抽穗后 SPAD 值与产量关系

Fig. 1 Relationship between yield and the SPAD value of early super rice after heading

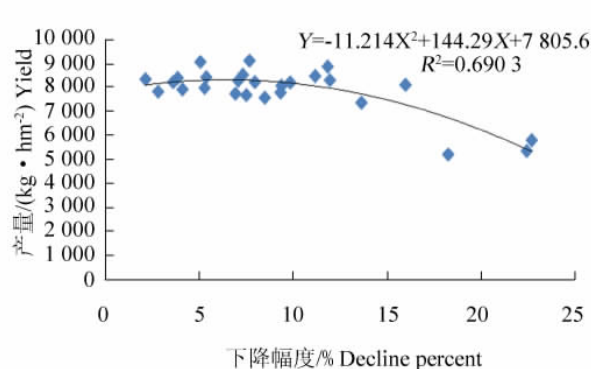


图 2 超级晚稻抽穗后 SPAD 值与产量关系

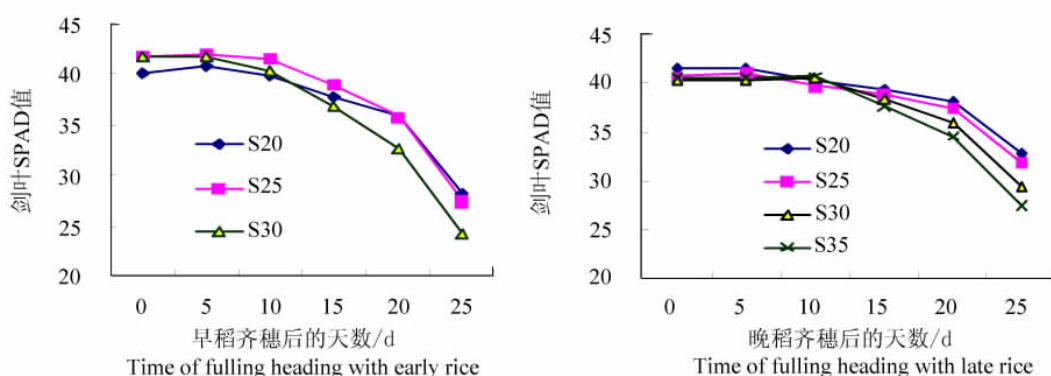
Fig. 2 Relationship between yield and the SPAD value of early super rice after heading

3 双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培的关键技术措施

双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术,可概括为:盘(旱)育秧,培育壮苗;适龄早栽,宽行窄株;薄水灌溉,适时晒田;增施穗肥,壮秆大穗;好气灌溉,冠强根健;水足药匀,防损增效。

3.1 盘(旱)育秧,适龄早栽

为了减少移栽时对双季超级稻根系的损伤,缩短返青期,促进早蘖,宜采用盘(旱)育秧,在此基础上,提倡适龄早栽。适龄早栽不仅能缩短缓苗期,促进双季超级稻早分蘖和足穗大穗(表 7),而且有利于根系深扎(表 8),延缓抽穗后叶绿素含量的下降(图 3),使叶片在生育后期保持较高的光合速率(表 9),提高光合生产量。双季超级早稻的适宜移栽秧龄为 25 d 左右、适宜移栽叶龄为 3 叶 1 心;双季超级晚稻的适宜秧龄为 20 d 左右、适宜移栽叶龄为 6 叶 1 心。



S20: 秧龄为 20 d、S25: 秧龄 25 d、S30: 秧龄 30 d、S35: 秧龄 35 d。

S20 stand for seedling age of 20 days ,S25 stand for seedling age of 25 days ,S30 stand for seedling age of 30 days , S35 stand for seedling age of 35 days.

图 3 不同秧龄下双季超级稻齐穗后剑叶 SPAD 值变化

Fig. 3 SPAD value in flag leaf of double cropping super rice under different seedling age

表 7 不同秧龄条件下双季超级稻的缓苗期(2009 年)

Tab. 7 Rejuvenation time of double cropping super rice under different seedling age (2009)

类别 Type	秧龄/d Seed age	缓苗期/d Revival time	类别 Type	秧龄/d Seed age	缓苗期/d Revival time
淦鑫 203(早稻) Ganxin 203 (Early rice)	20	3.2	淦鑫 688(晚稻) Ganxin 688 (Late rice)	20	3.2
	25	3.8		25	4.1
	30	4.3		30	5.2
	35	4.7		35	5.8

表 8 不同秧龄条件下双季超级稻齐穗期根系分布(2009 年)

Tab. 8 Root distribution of double cropping super rice under different seedling age (2009)

	秧龄 Seed age	0 ~ 5 cm		5 ~ 10 cm		10 ~ 15 cm		15 ~ 20 cm		20 ~ 30 cm	
		比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio	比例/% Ratio		
淦鑫 203(早稻) Ganxin 203 Early rice	20	734.07	53.17	344.36	24.94	219.15	15.87	63.27	4.58	19.86	1.44
	25	728.75	53.75	337.52	24.89	208.69	15.39	62.76	4.63	18.14	1.34
	30	553.63	52.75	274.94	26.20	160.35	15.28	46.69	4.45	13.83	1.32
	35	512.48	54.71	246.98	26.37	125.10	13.36	39.05	4.17	13.03	1.39
淦鑫 688(晚稻) Ganxin 203 Late rice	20	806.62	40.83	711.09	36.00	336.47	17.03	98.71	5.00	22.61	1.14
	25	738.82	40.88	679.56	37.60	316.4	17.51	52.89	2.93	19.76	1.09
	30	603.18	41.06	577.68	39.33	232.52	15.83	38.99	2.65	16.57	1.13
	35	596.71	44.36	542.67	40.34	167.2	12.43	24.89	1.85	13.76	1.02

表 9 不同秧龄下双季超级稻齐穗和乳熟期剑叶净光合速率

Tab. 9 Net photosynthetic rate in flag leaf of double cropping super rice under different seedling age

品种 Type	秧龄/d Seed age	Pn/($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		品种 Type	秧龄/d Seed age	Pn/($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	
		齐穗期 Full stage	乳熟期 Milk stage			齐穗期 Full stage	乳熟期 Milk stage
淦鑫 203(早稻) Ganxin 203 (Early rice)	20	27.02aA	25.92bA	淦鑫 688(晚稻) Ganxin 688 (Late rice)	20	24.02aA	19.85aA
	25	27.56aA	26.06aA		25	23.57bB	19.62aA
	30	26.90aA	24.90cA		30	23.50bB	16.39bB
	35	-	-		35	22.66cC	16.20bB

3.2 合理密植 宽行窄株

双季超级早、晚稻的适宜栽插密度分别为 $30 \times 10^4 \sim 35 \times 10^4$ 穴/ hm^2 和 $24 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4$ 穴/

hm² 蔸^[14-15]。同时,由于超级稻品种一般植株较高,个体生长量大,生产上应适当扩大行距,缩小株距。其中双季超级早稻的适宜行株距配置为 23.3 cm × 13.3 cm、双季超级晚的适宜行株距配置为 26.7 cm × 13.3 cm 或 23.3 cm × 16.7 cm^[16]。

3.3 稳磷增钾 氮肥后移

双季超级稻生长量大,对养分需求也较大。传统栽培方法下,往往重氮轻磷钾,不利于超级稻产量潜力的发挥。研究表明^[17-19],稳磷增钾可提高双季超级稻抽穗期茎鞘物质贮藏量、抽穗后物质转运率、总库容量和后期根系活力、延缓后期叶绿素下降速率。双季超级稻的适宜施氮量为 195 ~ 225 kg/hm²; 适宜施磷(P₂O₅)量为 30 ~ 60 kg/hm²; 适宜施钾(K₂O)量为 150 ~ 180 kg/hm²。氮肥运筹,生育期在 110 d 以内的超级早稻基肥与穗肥的比例以 8:2 为宜,110 d 以上品种以 7:3 为宜;生育期在 120 d 以上的超级晚稻基肥与穗肥的比例以 6:4 为宜,115 d 左右的品种以 7:3 为宜。穗肥追施适期为倒二叶抽出期^[20-23]。双季超级早、晚稻的钾肥运筹,基肥与穗肥的比例以 7:3 为宜^[19]。

3.4 间歇灌溉 综合防治

与常规淹灌相比,间歇灌溉下双季超级稻的根系总生物量、深层根系比例明显大,生育中后期根系活力、叶片光合速率也较高^[24]。因此,欲获双季超级稻高产,返青期保持 2 ~ 3 cm 水层,达到计划穗数的 80% 左右时进行晒田,抽穗扬花期保持一定水层,其余时间采取浅水层、无水层相间灌溉方式,每次灌水自然落干 2 d 后再灌水的水分管理方法。在病虫害方面,双季超级稻病虫害发生与普通双季稻品种没有显著差异。选用阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等高效内吸环保型药剂,抓住适期施药,可有效控制超级稻主要病虫害发生,进而提高水稻产量^[25]。

4 双季超级稻早籼壮秆强源高产栽培技术的实施效果

2008—2010 年,连续 3 年以淦鑫 203、陆两优 996 以及淦鑫 688、五丰优 T025 等为材料,以农户常规种植田块为对照,在江西进贤温圳镇杨溪村进行了 1.667 hm² 超高产示范。结果表明,应用双季超级稻

表 10 不同栽培技术对双季稻产量及氮肥利用率的影响

Tab. 10 Effects of cultivation technique on yield and nitrogen use efficiency of double cropping super rice

年份 Years	品种 Types	栽培技术 Cultivation technique	有效穗数/ (10 ⁴ · hm ⁻²) Effective panicles	每穗总粒数 Grains per spike	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/ (kg · hm ⁻²) Yield level	氮肥利用率/%
2008	淦鑫 203	早壮强	401.60	108.60	92.56	28.00	9 969.00	42.72
		常规	321.50	98.46	89.46	28.00	8 196.00	35.57
	淦鑫 688	早壮强	282.20	162.35	88.90	24.50	9 220.40	46.08
		常规	223.82	164.00	85.20	24.50	6 917.19	37.42
2009	陆两优 996	早壮强	369.02	114.80	89.68	28.10	9 961.65	40.78
		常规	344.92	110.24	91.32	26.90	8 030.25	36.34
	五丰优 T025	早壮强	342.60	154.28	85.42	24.60	10 426.50	48.30
		常规	283.45	147.96	84.31	24.60	8 098.31	39.24
2010	淦鑫 203	早壮强	346.83	110.78	86.02	28.72	8 950.50	37.59
		常规	322.08	107.10	84.46	27.98	7 425.00	30.99
	五丰优 T025	早壮强	361.35	152.91	88.91	23.90	10 120.80	44.68
		常规	310.40	145.92	86.52	23.70	8 308.80	38.56

早籼壮秆强源(早壮强)高产主要栽培技术措施为:塑盘早育,秧龄 20 ~ 25 d,早稻施氮量为 12 ~ 13 kg,基肥:分蘖肥:穗肥为 5:2:3,晚稻施氮量为 13 ~ 15 kg,基肥:分蘖肥:穗肥为 4:2:4,早稻施钾量(K₂O)为 12 kg,晚稻施钾量(K₂O)为 13 kg,早稻行株距为 13.3 cm × 23.3 cm,晚稻行株距为 16.7 cm × 23.3 cm;常规栽培技术主要栽培技术措施为:水育秧,秧龄 30 d 左右,早稻施氮量为 10 kg,基肥:分蘖肥:穗肥为 8:2:0,晚稻施氮量为 11 kg,基肥:分蘖肥:穗肥为 7:3:0,早稻施钾量(K₂O)为 7 kg,晚稻施钾量(K₂O)为 8 kg,早稻行株距为 16.7 cm × 23.3 cm,晚稻行株距为 20.0 cm × 26.7 cm。

早籼壮秆强源高产栽培技术的田块稻谷产量显著高于农户对照田块(表 10),3 年双季平均产量 $19\,549.62\text{ kg/hm}^2$ (早稻 9627.05 kg/hm^2 、晚稻 9922.57 kg/hm^2) ,较对照平均增产 25.01% ,且年度及早、晚季之间产量变化小 变异系数仅 5.79% ;3 年氮肥利用率平均为 43.4% (早稻 40.36% 、晚稻 46.35%) ,比对照平均提高 7 个百分点 具有高产、稳产、高效的特点。

致谢:本研究得到了江西省农业科学院的大力支持 在此表示谢忱! 同时 参与本研究工作的还有江西农业大学的胡水秀研究员、陈小荣教授、方加海研究员、吴德龙教授以及研究生袁小乐、方慧玲、韩涛、熊丽黎、王涛、林洪鑫、黄才立、郑伟、陈爱忠、胡启锋、才硕、尹冬、何虎、王苏影、王竹青、孙明珠、曾研华、曾蕾、邓理楠、葛洪滨 在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1]蒋彭炎 姚长溪 任正龙 等. 论早稻稀少平高产栽培法[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 1983 9(2): 127-138.
- [2]凌启鸿 张洪程 程庚令 等. IR(24) 大面积高产栽培技术途径——兼论小群体、壮个体栽培模式[J]. 农业科技通讯, 1982(9): 1-10.
- [3]屠乃美 邹应斌. 水稻“旺壮重”超高产栽培法简介[J]. 农技服务, 1998(12): 10-12.
- [4]金学泳. 寒地水稻三超技术[J]. 中国稻米, 2000(6): 21-22.
- [5]朱德峰 林贤青 陶兴龙 等. 水稻强化栽培技术体系的形成与发展[J]. 中国稻米, 2005(2): 17-18.
- [6]张洪程 吴桂成 吴文革 等. 水稻“精苗稳前、控蘖优中、大穗强后”超高产定量栽培模式[J]. 中国农业科学, 2010, 43(13): 2645-2660.
- [7]邹应斌 夏胜平. 超级稻“三定”栽培理论与技术[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2011.
- [8]袁小乐 潘晓华 石庆华 等. 超级早、晚稻的养分吸收和根系分布特性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010 16(1): 27-32.
- [9]曾勇军. 双季稻高产群体株型指标及调控对策研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2008.
- [10]曾勇军 石庆华 潘晓华 等. 施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响[J]. 作物学报, 2008. 34(8): 1409-1416.
- [11]李武 康靓 唐湘如 等. 双季超级稻强源活库优米栽培技术研究(IV): 超级稻专用肥对超级杂交稻源库特性的影响[J]. 杂交水稻, 2010 25(2): 73-77.
- [12]李木英 石庆华 郑伟 等. 杂交稻后期叶片早衰特征及其与叶片 N 含量和根系活力关系初探[J]. 江西农业大学学报, 2008 30(5): 757-765.
- [13]李木英, 石庆华, 郑伟 等. 杂交稻生育后期叶片衰老频度及其关联因素研究[J]. 江西农业大学学报, 2010 32(6): 1081-1088.
- [14]林洪鑫 潘晓华 石庆华 等. 施氮量与栽插密度对超级早稻中早 22 产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011 17(1): 22-28.
- [15]林洪鑫 潘晓华 石庆华. 施氮量与栽插密度对超级晚稻“天优华占”产量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010 32(3): 425-430.
- [16]林洪鑫 潘晓华 石庆华 等. 行株距配置对超高产早晚稻产量的影响[J]. 中国水稻科学, 2011 25(1): 79-85.
- [17]陈爱忠 潘晓华 吴建富 等. 施氮量对双季超级稻产量、干物质生产及氮素吸收利用的影响[J]. 杂交水稻, 2011 26(2): 58-63.
- [18]王苏影 潘晓华 吴建富 等. 施磷量对双季早、晚稻产量及稻米品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(2): 39-43.
- [19]才硕 潘晓华 吴建富 等. 施钾量对超高产早稻品种产量和稻米品质的影响[J]. 江西农业学报, 2011 33(5): 1-5.
- [20]陈爱忠 潘晓华 吴建富 等. 氮素施用比例对双季超级稻产量和氮素吸收、利用的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(3): 40-44.
- [21]陈爱忠 潘晓华 吴建富 等. 氮肥运筹对不同生育期晚稻品种产量及氮素吸收利用的影响[J]. 作物研究, 2011 25(1): 4-6.
- [22]李木英 石庆华 黄才立 等. 穗肥运筹对超级杂交稻淦鑫 688 源库特征和氮肥效益的影响[J]. 杂交水稻, 2010 25(2): 63-72.
- [23]李木英 石庆华 王涛 等. 氮肥运筹对陆两优 996 吸氮、干物质生产和产量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2008 30(4): 187-193.
- [24]徐芬芬 曾晓春 石庆华 等. 不同灌溉方式对水稻根系生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007 25(1): 102-104.
- [25]邓理楠 李保同 徐月明 等. 双季超级稻病虫害发生特点及药剂防治技术[J]. 江西农业大学学报, 2011 33(4): 684-689.