

网络出版时间:2014-03-26 17:09

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.04.025

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.04.025.html

强源活库优米栽培对华南广适型超级稻产量的影响

罗一鸣¹,田晋元¹,林青山²,江奕君³,肖立中¹,唐湘如¹

(1 华南农业大学 农学院,广东 广州 510642;2 广东省农作物技术推广总站,广东 广州 510520;

3 广东省农业科学院 水稻研究所,广东 广州 510640)

[摘要] 【目的】探明强源活库优米栽培技术对华南广适型超级稻产量的影响,即通过强化叶片“源”的功能和籽粒“库”的活性来提高华南广适型超级稻产量。【方法】以 5 个华南广适型超级稻品种“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”和“丰美占”为材料,设置强源活库优米栽培技术(简称强源活库栽培)和常规高产栽培技术(简称常规高产栽培)2 个处理,通过大田试验研究栽培技术对华南广适型超级稻品种产量和物质生产特性的影响。【结果】与常规高产栽培技术相比较,强源活库栽培技术显著提高了“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”和“丰美占”的实际产量,产量增幅为 18.60%~26.23%,并且在强源活库栽培技术下,水稻干物质积累量、叶面积指数、生长发育后期的叶片蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性及籽粒蔗糖合成酶(SS)活性均有提高,从而有利于高产形成。【结论】强源活库栽培技术可显著提高华南广适型超级稻的产量。

[关键词] 超级稻;强源活库栽培技术;物质生产特性;产量

[中图分类号] S511.048

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)04-0055-06

Effects of cultivation technique characterized by enhancing source,activating sink and improving quality on yield of extensive-adaptation super rice in South China

LUO Yi-ming¹,TIAN Jin-yuan¹,LIN Qing-shan²,JIANG Yi-jun³,
XIAO Li-zhong¹,TANG Xiang-ru¹

(1 College of Agriculture,South China Agricultural University,Guangzhou,Guangdong 510642,China;

2 Agricultural Technology Extension Station in Guangdong Province,Guangzhou,Guangdong 510520,China;

3 Rice Research Institute,Guangdong Academy of Agricultural Sciences,Guangzhou,Guangdong 510640,China)

Abstract: 【Objective】The purpose of this study was to investigate the effects of the cultivation technique characterized by enhancing source,activating sink and improving quality on yield of extensive-adaptation super rice in South China. The new technique increased the yield of super rice in South China by enhancing leaf source and activating grain sink. 【Method】A field contrast experiment was conducted with five rice genotypes (Shengtai 1,Yuxiangyouzhan,Guinongzhan,Hemeizhan and Fengmeizhan) to evaluate the effects of the cultivation technique characterized by enhancing source,activating sink and improving quality on yield and material accumulation characteristics of extensive-adaptation super rice in South China by comparing with conventional cultivation technique. 【Result】Comparing with conventional cultivation

[收稿日期] 2013-04-03

[基金项目] 农业部早、晚型超级稻的产学研结合推广模式的示范项目“华南超级稻示范与推广”(4100-F07063);广东省农业攻关项目“双季超级稻强源活库优米生产技术研究”(2004B20101007);广东省教育部产学研结合项目“优质超级稻品种育繁推产学研创新产业化工程”(2007B090400134)

[作者简介] 罗一鸣(1988—),男,广东兴宁人,在读硕士,主要从事作物栽培和生理研究。E-mail:409338035@qq.com

[通信作者] 唐湘如(1964—),男,湖南宁乡人,教授,博士,博士生导师,主要从事作物栽培和生理研究。
E-mail:tangxr@scau.edu.cn

technique, the actual yield of super rice with the new cultivation technique increased by 18.60%—26.23%. In addition, dry matter accumulation, leaf area index, activities of sucrose phosphate synthase (SPS) and sucrose synthase (SS) significantly increased as well. 【Conclusion】 The yield was significantly increased by cultivation technique characterized by enhancing source, activating sink and improving quality.

Key words: super rice; cultivation technique characterized by enhancing source, activating sink and improving quality; matter production characteristics; yield

中国是人口大国,也是水稻生产和消费大国,我国约 60% 的人口以稻米为主食^[1],因此提高水稻产量是农业领域研究的重点。而围绕超高产育种和超高产栽培技术,前人已经开展了大量研究^[2-4]。目前,我国的超高产育种以理想株型选育与杂种优势利用相结合为基本指导思想^[5]。超级稻品种是指采用理想株型塑造与杂种优势利用相结合的技术路线等途径,育成的产量潜力大并兼顾品质与抗性的水稻品种。以往在超高产研究中,存在着只重视产量目标育种而忽略超高产配套栽培技术措施的研究与推广的倾向。有学者认为,水稻株型既取决于品种的遗传基础,也决定于栽培条件;同样的品种,栽培方法不同,株型将不一样,以致产量相差悬殊,要想充分发挥品种的丰产潜力,采取相应的栽培技术塑造优良株型是实现丰产的关键^[6];亦有学者主张“有效增源、扩建高库容、实现高源库水平的协调”的栽培模式^[7]。

超级稻品种具有植株较高、叶面积大、生物量多、穗大粒多、高产潜力大、稻米品质优等特点^[8],但在实施超级稻超高产过程中普遍存在重演性差、可操作性不强等诸多问题,造成很多超级稻品种、品系在小面积上容易达到超级稻产量指标,但在大田生产上却往往难以达到超高产、优质等指标,与农民种植的实际产量存在巨大差异^[9]。为此,唐湘如等^[10]主张在适宜的叶面积指数和库容量下,强化源和库的质量栽培方法,即通过适度密植,前期促早发低位大分蘖和促进叶面积指数快速增长,后期减缓叶片叶绿素含量的下降,强化叶片“源”的功能和籽粒“库”的活性,从而改良米质的“强源活库优米”栽培技术,这更有利于超级稻的大面积超高产生产。目前,该技术主要是以超级杂交稻为对象,增产增质效果明显。但有关该技术对超级常规稻产量的影响,尚缺少系统研究。为此,本研究设置了强源活库优米栽培技术和常规高产栽培技术 2 种栽培技术处理,以 5 个华南广适型超级稻品种(“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”和“丰美占”)为材料,研究了不同栽培技术对华南广适型超级稻的物质积

累和生产特性的影响,以期为华南地区超级常规稻的超高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验田概况

试验于 2010 年晚季在广东省农科院大丰试验基地进行。前茬作物为早稻,土壤为壤质水稻土,肥力中等。土壤的理化性质如下:pH 值 5.99,有机质含量 21.2 g/kg,全氮含量 137.21 mg/kg,有效磷含量 119.83 mg/kg,有效钾含量 171.28 mg/kg。

1.2 材料

供试水稻品种为“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”和“丰美占”5 个华南广适型超级稻,由华南农业大学农学院提供。

1.3 试验设计

试验设 2 个栽培技术处理:强源活库优米栽培技术(Q,简称强源活库栽培)和常规高产栽培技术(CK,简称常规高产栽培)。强源活库栽培(Q)在秧田期施用超级稻专用壮秧剂^[11] 50 g/m²,培育壮秧;基肥深施结合返青分蘖期施用超级稻专用肥(华南农业大学研制[粤农肥(2010)准字 0340]),含有以下有效成分(质量分数):N 12.5%,P₂O₅ 6.0%,K₂O 10.0%,有机质 15.0%)^[12] 1 500 kg/hm²,基、蘖肥按 8:2 质量比施用;齐穗期施用超级稻米质改良剂^[13] 4.5 kg/hm²(兑水 1 125 kg),喷施 1 次。常规高产栽培(CK)在秧田期采用常规湿润育秧,施肥按照常规施肥处理^[12]:施尿素 407.6 kg/hm²,氯化钾 225.0 kg/hm²,基、蘖、穗肥皆按 6:2:2 的质量比施用;施过磷酸钙 450 kg/hm²,作为基肥一次性施用。水稻栽插规格为 20 cm×20 cm,双本移栽。试验采用单因素随机区组设计,小区面积 20 m²,每处理重复 3 次。07-21 播种,于 09-04 分蘖期、09-29 孕穗期、10-10 齐穗期和 11-02 成熟期分别取样,11-16 收获。其他管理措施按常规方法进行。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 产量计算 水稻成熟后全部人工收割,测定 100 穴超级稻的产量,并根据密度换算成单位面积

实际产量。于成熟期取 4 穴水稻,取有效穗在实验室考种,测得结实率、千粒质量、总粒数等指标,分析产量构成因素。

1.4.2 干物质量 分别于分蘖期、孕穗期、齐穗期和成熟期对当时处于生长平均水平的植株取样,每个小区取超级稻 2 蔸,小心冲去泥土后按根、茎、叶剪开,分别放入烘箱 105 ℃杀青 30 min,再于 80 ℃烘至恒质量后称其干物质量。

1.4.3 叶面积指数 分别于分蘖期、孕穗期、齐穗期、成熟期每小区各取 3 蔸代表性植株,室内剪下所有叶片,用比重法测定叶面积,计算出叶面积指数。

1.4.4 蔗糖磷酸合成酶 (SPS) 活性 分别于分蘖期、孕穗期、齐穗期、成熟期取新鲜剑叶,按唐湘如等^[14]的方法测定 SPS 活性。

1.4.5 蔗糖合成酶 (SS) 活性 分别于齐穗后 7, 14, 21, 28 d 取新鲜去壳籽粒,按唐湘如等^[14]的方法测定 SS 活性。

1.5 数据分析

试验数据采用 DPS v7.5 数据处理系统进行数

理统计与分析。

2 结果与分析

2.1 栽培技术对超级常规稻产量及其构成因素的影响

表 1 表明,在强源活库栽培处理下,5 个超级常规稻品种的实际产量均显著高于常规高产栽培处理,其中,“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”、“丰美占”的实际产量分别比其相应 CK 高 26.23%,19.74%,21.58%,18.60% 和 23.39%。就产量构成因素来看,强源活库栽培处理有利于提高“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“合美占”和“丰美占”的有效穗数,但未达到显著差异。“胜泰 1 号”的穗粒数、结实率和千粒质量较其 CK 显著增加,“合美占”的穗粒数、“玉香油占”的结实率和“桂农占”的千粒质量均较其 CK 显著增加。可见,强源活库栽培处理不同程度地提高了 5 个超级常规稻品种的有效穗数、穗粒数、结实率和千粒质量。

表 1 栽培技术对超级常规稻产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of cultivation technique on yield and its components of super conventional rice

品种 Variety	处理 Treatments	有效穗数/ (穗·m ⁻²) Effective panicle	穗粒数 Grains per panicle	结实率/% Burliness rate	千粒质量/g 1 000-grain weight	实际产量/ (t·hm ⁻²) Yield
胜泰 1 号 Shengtai 1	Q	242.50	189.69*	82.96*	23.37*	7.17*
	CK	224.50	178.12	76.34	23.10	5.68
玉香油占 Yuxiangyouzhan	Q	238.00	216.95	91.56*	22.09	8.19*
	CK	235.75	201.49	88.92	22.03	6.84
桂农占 Guinongzhan	Q	257.25	181.27	83.80	26.95*	7.83*
	CK	258.50	160.28	81.18	23.05	6.44
合美占 Hemeizhan	Q	265.50	183.65*	90.42	19.01	7.27*
	CK	254.25	162.00	90.76	18.82	6.13
丰美占 Fengmeizhan	Q	241.50	205.70	93.22	20.93	7.65*
	CK	227.00	193.48	92.17	20.78	6.20

注:按照 LSD 测验,标以“*”的值表示与对照(CK)达到差异显著水平(α=0.05)。下表同。

Note:“*” indicates significantly different (α=5%) compared with CK according to LSD test. The same below.

2.2 栽培技术对超级常规稻群体干物质积累的影响

从表 2 可以看出,与 CK 比较,强源活库栽培技术显著提高了“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”在分蘖期、齐穗期和成熟期的群体干物质积累量。其中,“胜泰 1 号”在这 3 个时期的群体干物质积累量分别较其 CK 增加了 30.73%,25.93%和10.25%;“玉香油占”分别较其 CK 增加了 25.66%,20.76%和 18.22%;“桂农占”分别较其 CK 增加了 48.17%,19.46%和 6.45%。“合美占”和“丰美占”的群体干物质积累量在成熟期时显著高于 CK,分别增加了 19.73%和 20.52%。5 个超级稻品种在

强源活库栽培处理下,均表现为整个生育期的群体干物质积累量呈上升趋势。

2.3 栽培技术对超级常规稻叶面积指数的影响

栽培技术对超级常规稻叶面积指数的影响结果(表 3)表明,“玉香油占”、“桂农占”的叶面积指数从分蘖期到成熟期均显著高于 CK,“合美占”、“丰美占”除分蘖期外的其他各个时期的叶面积指数均显著高于 CK,“胜泰 1 号”在分蘖期、成熟期的叶面积指数显著高于 CK,但在孕穗期与齐穗期的叶面积指数显著低于 CK。此外,在强源活库栽培处理下,5 个超级稻品种的叶面积指数均表现为分蘖期至孕穗期呈上升趋势,随后逐渐下降。

表 2 栽培技术对超级常规稻群体干物质积累量的影响

Table 2 Effects of cultivation on dry matter accumulation of super conventional rice					t/hm ²
品种 Variety	处理 Treatments	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
胜泰 1 号 Shengtai 1	Q	2.68 *	7.16	9.18 *	14.20 *
	CK	2.05	7.70	7.29	12.88
玉香油占 Yuxiangyouzhan	Q	3.33 *	8.75	8.84 *	15.38 *
	CK	2.65	8.55	7.32	13.01
桂农占 Guinongzhan	Q	2.43 *	6.77	9.70 *	14.68 *
	CK	1.64	6.12	8.12	13.79
合美占 Hemeizhan	Q	2.13	7.04	9.06	15.05 *
	CK	2.11	6.63	8.56	12.57
丰美占 Fengmeizhan	Q	2.43	6.74	8.84	15.68 *
	CK	2.51	6.64	7.10	13.01

表 3 栽培技术对超级常规稻叶面积指数的影响

Table 3 Effects of cultivation on leaf area index of super conventional rice					
品种 Variety	处理 Treatments	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
胜泰 1 号 Shengtai 1	Q	3.97 *	5.42	4.58	2.54 *
	CK	2.96	6.41 *	4.94 *	1.92
玉香油占 Yuxiangyouzhan	Q	4.25 *	7.03 *	3.89 *	2.64 *
	CK	3.40	6.40	3.67	1.57
桂农占 Guinongzhan	Q	2.92 *	6.11 *	4.68 *	3.02 *
	CK	2.10	4.76	3.96	2.14
合美占 Hemeizhan	Q	2.49	6.11 *	4.46 *	2.04 *
	CK	2.47	4.77	3.77	0.74
丰美占 Fengmeizhan	Q	2.94	5.21 *	4.02 *	2.25 *
	CK	2.86	4.52	3.37	1.37

2.4 栽培技术对超级常规稻 SPS 和 SS 活性的影响

2.4.1 叶片 SPS 活性 从表 4 可以看出,在强源活库栽培技术下,“桂农占”的 SPS 活性在整个生育期中呈现不断增大的趋势,而其余水稻品种在不同栽培技术下的 SPS 活性在整个生育期中均呈现先减小后增大的趋势,即表现为在水稻生长发育后期

(齐穗期和成熟期)SPS 活性逐渐增加。其中强源活库栽培技术显著提高了齐穗期时“玉香油占”、“桂农占”、“合美占”及“丰美占”的 SPS 活性,与 CK 相比,分别增高了 7.88%,19.99%,13.86%和 8.77%;显著提高了成熟期时“胜泰 1 号”、“玉香油占”、“桂农占”及“丰美占”的 SPS 活性,与 CK 相比,分别增高了 16.84%,49.10%,14.99%和 21.91%。

表 4 栽培技术对超级常规稻 SPS 活性的影响

Table 4 Effects of cultivation on SPS activity of super conventional rice					mg/(g · h)
品种 Variety	处理 Treatments	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
胜泰 1 号 Shengtai 1	Q	122.16	44.64	91.32	188.12 *
	CK	209.76 *	98.36 *	97.56	161.00
玉香油占 Yuxiangyouzhan	Q	110.24	85.08	118.32 *	445.92 *
	CK	151.84 *	105.56 *	109.68	299.08
桂农占 Guinongzhan	Q	97.88	98.84	138.08 *	209.24 *
	CK	145.88 *	116.64 *	115.08	181.96
合美占 Hemeizhan	Q	116.80	107.12	110.44 *	207.68
	CK	156.24 *	110.52	97.00	201.88
丰美占 Fengmeizhan	Q	110.76	87.96	94.28 *	213.00 *
	CK	132.68 *	100.40 *	86.68	174.72

2.4.2 籽粒 SS 活性 由表 5 可知,在强源活库栽培技术下,“桂农占”的籽粒 SS 活性在齐穗后 7~21

d 呈下降趋势,28 d 略有上升,其余 4 个超级稻品种均表现为齐穗后 7~28 d 籽粒 SS 活性呈下降趋势。

与 CK 相比,强源活库栽培技术显著提高了“玉香油占”和“合美占”齐穗后 7,14,21,28 d 的籽粒 SS 活性;显著提高了“胜泰 1 号”齐穗后 7,14,21 d 的籽粒 SS 活性,齐穗后 28 d 无显著差异;显著提高了“丰美占”齐穗后 14,21,28 d 的籽粒 SS 活性,齐穗

后 7 d 无显著差异。“桂农占”的籽粒 SS 活性,在齐穗后 7 和 21 d 时,CK 显著高于强源活库栽培处理;齐穗后 14 和 28 d 时,强源活库栽培处理显著高于 CK。从对超级稻籽粒淀粉合成关键酶的影响看,强源活库栽培增强了超级稻籽粒灌浆期的库活性。

表 5 栽培技术对超级常规稻 SS 活性的影响

Table 5 Effects of cultivation on SS activity of super conventional rice		mg/(g · h)			
品种 Variety	处理 Treatments	齐穗后时间/d Post-heading days			
		7	14	21	28
胜泰 1 号 Shengtai 1	Q	169.41 *	130.00 *	88.67 *	84.65
	CK	136.31	118.71	83.88	84.46
玉香油占 Yuxiangyouzhan	Q	125.98 *	125.02 *	95.94 *	67.05 *
	CK	113.16	107.80	59.78	65.13
桂农占 Guinongzhan	Q	131.34	130.19 *	61.50	90.01 *
	CK	134.97 *	84.46	78.34 *	81.59
合美占 Hemeizhan	Q	162.91 *	113.92 *	101.10 *	77.76 *
	CK	132.49	96.90	79.10	75.08
丰美占 Fengmeizhan	Q	121.20	100.53 *	68.19 *	64.37 *
	CK	120.62	91.16	60.92	58.05

3 讨 论

强源活库栽培能提高群体质量,促进后期光合同化物的合成积累,从而有利于高产形成。但之前强源活库优米栽培技术的主要研究对象是超级杂交稻^[10],其对华南广适型超级稻产量、品质的影响及适应性尚缺少系统研究。本研究结果表明,首先,强源活库栽培技术提高了华南广适型超级常规稻在各生育时期的叶面积指数,特别是在生育后期,抑制了叶片早衰,稳定了后期功能叶的光合作用,即增强了水稻“源”的功能并延长了其功能期,延缓了水稻的衰老过程,防止后期群体质量恶化,提高了群体干物质积累量,通过增加“源”的干物质生产来影响超级稻产量形成。其次,从产量构成因素分析,强源活库栽培技术在不同程度上提高了水稻的有效穗数、穗粒数和结实率,增加了“库”的容量。再者,水稻籽粒充实的过程,实际上是淀粉累积的过程。光合同化物以蔗糖为运输形式从“源”(叶、茎或鞘)输送到籽粒,经过一系列酶促反应形成淀粉^[15],催化这一过程的酶促反应的关键酶是蔗糖磷酸合成酶(SPS)和蔗糖合成酶(SS)^[16]。在强源活库栽培条件下,齐穗后叶片 SPS 活性与对照相比显著增强,较高的 SPS 活性有利于在源器官中形成更多的蔗糖,进而从韧皮部筛管“卸载”到库器官。在强源活库栽培条件下,齐穗后籽粒 SS 活性与对照相比也显著增强,这有利于将从源器官“卸载”到库器官中的蔗糖重新分解,为淀粉的合成提供前体。因此,较高的 SPS 活性和 SS 活性,提高了后期光合产物的转运效率,使

得强“源”能够直接影响“库”的充实。

从强源活库栽培技术和常规高产栽培技术的差异看,强源活库栽培技术在秧田期施用超级稻专用壮秧剂,有利于壮秧促早发;适度密植,保证了较大的叶面积指数,且生育后期仍能维持较高水平,保证了群体干物质积累的优势;与常规肥相比,基肥、分蘖肥施用超级稻专用肥能促进早发分蘖,一定程度上增加了有效穗数,提高了齐穗后籽粒的蔗糖合成酶活性,不同程度上增加了穗粒数,具有强“源”、活“库”的作用,从而显著提高了超级稻的产量。

4 结 论

在强源活库优米栽培条件下,华南广适型超级稻同样具有明显的生长优势,叶面积指数、干物质积累、SPS 活性和 SS 活性均显著高于对照,进而实现了高产。从源库理论角度来讲,强源活库优米栽培技术对华南广适型超级稻能起到一定的强“源”、活“库”效果,从而实现增产。

[参考文献]

[1] 谢华安. 华南型超级稻育种及其技术研究进展 [J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(5): 714-718.
Xie H A. Advances on the breeding program and technology re-search in South China type super-rice [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2007, 38(5): 714-718. (in Chinese)
[2] 邹应斌, 周上游, 唐起源, 等. 中国超级杂交水稻高产栽培研究的现状与展望 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(1): 78-84.
Zou Y B, Zhou S Y, Tang Q Y, et al. Status and prospect of

high yielding cultivation researches on China super hybrid rice [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2003, 29(1): 78-84. (in Chinese)

[3] Zhang Y B, Tang Q Y, Zou Y B, et al. Yield potential and radiation use efficiency of “super” hybrid rice grown under subtropical conditions [J]. Field Crops Research, 2009, 114: 91-98.

[4] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种 [J]. 杂交水稻, 2000(S2): 34-36. Yuan L P. The super high-yielding breeding of hybrid rice [J]. Hybrid Rice, 2000(S2): 34-36. (in Chinese)

[5] 袁隆平. 新株型育种进展 [J]. 杂交水稻, 2011, 26(4): 72-74. Yuan L P. Progress of new plant type breeding [J]. Hybrid Rice, 2011, 26(4): 72-74. (in Chinese)

[6] 黄英金, 徐正进. 对超级稻研究中几个问题的思考 [J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(5): 3-7. Huang Y J, Xu Z J. Consideration of several questions of studies on super rice [J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2004, 6(5): 3-7. (in Chinese)

[7] 马国辉. 超级杂交稻高产理论与实践初论 [J]. 中国农业科技导报, 2005, 7(4): 3-8. Ma G H. Primary discussion on high-yielding theory and practice of super hybrid rice [J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2005, 7(4): 3-8. (in Chinese)

[8] 付 景, 杨建昌. 超级稻高产栽培生理研究进展 [J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 343-348. Fu J, Yang J C. Research advances in physiology of super rice under high-yielding cultivation [J]. Chinese Journal of Rice Science, 2011, 25(4): 343-348. (in Chinese)

[9] 童海军. 超级稻推广面临的问题与对策措施 [J]. 浙江农业科学, 2009(1): 1-3. Tong H J. The problem and measure of the promotion of the super rice [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2009(1): 1-3. (in Chinese)

[10] 唐湘如, 黎国喜, 钟克友, 等. 双季超级稻强源活库优米栽培技术研究: V. 双季超级稻强源活库优米栽培的理论与技术 [J]. 杂交水稻, 2010, 25(3): 74-78. Tang X R, Li G X, Zhong K Y, et al. Studies on the cultivation techniques characterized by Enhancing Source, Activating Sink and Improving Quality for double-cropping super rice: V. Theory and technology [J]. Hybrid Rice, 2010, 25(3): 74-78. (in Chinese)

[11] 黎国喜, 袁红梅, 钟克友, 等. 双季超级稻强源活库优米栽培技术研究: I. 超级稻专用壮秧剂对超级杂交稻成秧特性的影响 [J]. 杂交水稻, 2008, 23(6): 36-39. Li G X, Yuan H M, Zhong K Y, et al. Studies on the cultivation techniques characterized by Enhancing Source, Activating Sink and Improving Quality for double-cropping super rice: I. Effects of a special seedling-strengthening agent for super rice on seedling growth [J]. Hybrid Rice, 2008, 23(6): 36-39. (in Chinese)

[12] 李 武, 康 颀, 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. Li W, Kang L, Tang X R, et al. Studies on cultivation techniques characterized by Enhancing Source, Activating Sink and Improving Quality for double-cropping super rice: IV. Effects of super rice special fertilizer on sink-source characteristics of super hybrid rice [J]. Hybrid Rice, 2010, 25(2): 73-77. (in Chinese)

[13] 田 华, 黎国喜, 袁红梅, 等. 双季超级稻强源活库优米栽培技术研究: II. 米质改良剂对超级稻源库及米质的影响 [J]. 杂交水稻, 2009, 24(1): 78-81. Tian H, Li G X, Yuan H M, et al. Studies on the cultivation techniques characterized by Enhancing Source, Activating Sink and Improving Quality for double-cropping super rice: II. Effects of a rice quality promoter on source, sink and grain quality [J]. Hybrid Rice, 2009, 24(1): 78-81. (in Chinese)

[14] 唐湘如, 余铁桥. 密度对饲用杂交稻几种酶活性的影响及其与产量和蛋白质含量的关系 [J]. 杂交水稻, 2001, 16(6): 50-53. Tang X R, Yu T Q. Effects of density on activities of several enzymes in fodder hybrid rice and its relation to protein content and yield [J]. Hybrid Rice, 2001, 16(6): 50-53. (in Chinese)

[15] 邓英毅, 郑 虚. 作物叶中蔗糖磷酸合成酶的生物学功能与调控的研究进展 [J]. 广西科学院学报, 2009(1): 65-71. Deng Y Y, Zheng X. Advance on biological function and control of sucrose phosphate synthase in crop leaf [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2009(1): 65-71. (in Chinese)

[16] Rontein D, Dieuaide-Noubhani M, Dufourc E J, et al. The metabolic architecture of plant cells: Stability of central metabolism and flexibility of anabolic pathways during the growth cycle of tomato cells [J]. Journal of Biological Chemistry, 2002, 277(46): 43948-43960.

(上接第 54 页)

[25] 于 涛, 李万春, 汪李宏, 等. 水分亏缺对玉米根毛区皮层解剖结构的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(10): 111-118. Yu T, Li W C, Wang L H, et al. Effect of water deficiency on anatomical structure of codex in root hair zone of maize root tip [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2011, 39(10): 111-118. (in Chinese)

[26] 王 燕, 王洪峰. 细根皮层的研究进展 [J]. 吉林林业科技, 2013, 42(2): 6-11. Wang Y, Wang H F. Research progress on fine root cortex [J]. Journal of Jilin Forestry Science and Technology, 2013, 42(2): 6-11. (in Chinese)