

网络出版时间:2013-11-21 17:32
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131121.1732.032.html>

减钾对华南早晚兼用型水稻源库特性的影响

莫钊文^{1,2}, 李 武³, 段美洋^{1,2}, 潘圣刚^{1,2}, 田 华^{1,2}, 唐湘如^{1,2}

(1 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 2 农业部 华南地区作物栽培科学观测实验站, 广东 广州 510642;
3 广东省农业科学院 作物研究所, 广东 广州 510640)

【摘 要】 【目的】分析低氮磷水平下减钾对不同早晚兼用型水稻品种源库特性的影响, 为水稻精确减量化施肥及营养物质的高效利用提供参考。【方法】在大田低氮低磷条件下, 设置 3 个钾肥处理(常规施钾(K₂O 135.0 kg/hm²)、减钾处理(较常规施钾减 22%, K₂O 105.3 kg/hm²)和不施钾肥), 探讨不同钾肥处理对不同基因型水稻(“粤晶丝苗 2 号”、“桂香占”、“华优 8305”和“天优 998”)品种源库特性的影响。【结果】与常规施钾相比, 减钾处理有利于“华优 8305”和“天优 998”增产, 产量分别提高 7.44% 和 19.39%; 减钾处理降低了“桂香占”产量, 但与常规施钾处理差异不显著。与常规施钾相比, 减钾处理有利于提高“粤晶丝苗 2 号”库容, 但降低了库容有效充实度、部分叶源(后期叶面积指数、前期叶绿素含量和叶片老化指数), 最终导致产量显著下降了 14.67%。【结论】在低氮低磷条件下, 适度减钾通过维持源库协调可以使水稻增产或稳产。

【关键词】 早晚兼用型水稻; 减钾; 源库特性; 华南

【中图分类号】 S511.062 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2013)12-0067-07

Effects of reduced potassium fertilizer on source-sink characteristics of early/late season rice in South China

MO Zhao-wen^{1,2}, LI Wu³, DUAN Mei-yang^{1,2}, PAN Sheng-gang^{1,2},
TIAN Hua^{1,2}, TANG Xiang-ru^{1,2}

(1 College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2 Scientific Observing and Experimental Station of Crop Cultivation in South China, Ministry of Agriculture, P. R. China, Guangzhou, Guangdong 510642, China;
3 Crops Research Institute, Guangdong Academy of Agriculture, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: 【Objective】Effects of reduced potassium (K) on source-sink characteristics of different early/late season rice (*Oryza sativa* L.) varieties with low nitrogen (N) and phosphate (P) fertilizer level were analyzed to improve precise fertilization decrease and efficient utilization of nutrients. 【Method】Three K rates, conventional K (K₂O 135.0 kg/hm²), reduced K by 22% (K₂O 105.3 kg/hm²) and without K, were conducted in field experiment with low level of N and P fertilizers. The effects of different K treatments on source-sink characteristics of rice varieties (“Yuejingsimiao 2”, “Guixiangzhan”, “Huayou 8305” and “Tianyou 998”) were explorded. 【Result】Compared with conventional K, treatment with reduced K benefited “Huayou 8305” and “Tianyou 998” in obtaining higher yield, and their yields increased by 7.44% and 19.39%, respectively. Treatment with reduced K reduced yield of “Guixiangzhan”, but the decrease was not significant compared to conventional K. Treatment with reduced K improved sink capacity of “Yue-

【收稿日期】 2013-01-10
【基金项目】 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD89B14); 广东省农业攻关重点专项(2006A20303001); 广东省农业攻关项目(2004B20101007)
【作者简介】 莫钊文(1986—), 男, 广东怀集人, 在读博士, 主要从事作物栽培与生理研究。E-mail: scaumozhw@126.com
【通信作者】 唐湘如(1964—), 男, 湖南宁乡人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事作物栽培与生理研究。
E-mail: tangxr@scau.edu.cn

jingsimiao 2”, but reduced available plumpness of sink and leaf source (leaf area index in late growth stage, chlorophyll content and leaf senescence index in early growth stage), and ultimately led to a 14.67% reduction of yield. 【Conclusion】 Under lower N and P level, a proper reduction of K with coordination of source-sink could obtain higher yield or maintain stable yield.

Key words: early/late season rice (*Oryza sativa* L.); K reduction; source and sink characteristics; South China

钾是植物必需的大量营养元素之一。水稻是我国主要的粮食作物之一,其需钾量较多。由于钾肥成本高,并且广东省的土壤钾含量属中等或以上水平,为了节约施肥成本,确保水稻生产可持续发展,实施减钾栽培具有现实意义。钾在水稻生长发育过程中起着非常重要的作用^[1],水稻施钾量受土壤钾含量的影响较大^[2],土壤中钾素水平是影响水稻高产的主要因素之一^[3],低钾条件下如何提高水稻产量一直是人们研究的重点^[4-6]。氮、磷、钾按照合理的比例配施是提高肥效的主要途径之一,在适量氮肥条件下,随着施钾量的增加,水稻产量提高^[6]。有研究表明,施钾量影响作物对氮的吸收和利用^[7-9]。目前,钾胁迫或不同氮磷配比条件下钾素对水稻的影响已有大量报道^[6,10-15],但是低氮磷水平条件下钾素对水稻的影响尚未见报道,低氮磷水平条件下减少钾的投入是否可行有待探讨。因此,为了进一步挖掘早晚兼用型水稻品种(组合)减量化施肥的高产高效潜力,探明低氮磷水平下减钾栽培的可行性,本试验以 4 个具有代表性的华南早晚兼用型高产优质水稻品种(组合)为材料,研究低氮低磷水平下水稻源库特性对钾素水平的响应,以期对水稻的精确减量化施肥及营养物质的高效利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试华南早晚兼用型水稻品种为高产常规香稻品种“桂香占”、高产常规优质稻品种“粤晶丝苗 2 号”、高产普通杂交稻品种“华优 8305”、高产超级杂交稻品种“天优 998”,以上品种均在生产上作为主推品种,有较大的种植面积。

1.2 试验设计

试验于 2010 年在华南农业大学农学院教学实验农场进行。试验田前茬为水稻,土壤为砂壤土,耕层土壤理化性质为:有机质 18.17 g/kg,全氮 1.117 g/kg,全磷 0.917 g/kg,全钾 32.62 g/kg,碱解氮 90.6 mg/kg,速效磷 79.68 mg/kg,速效钾 87.6 mg/kg,pH 6.16。试验田土壤养分除全钾含量较丰

富外,其余各项养分指标均属中等水平。

试验设 3 个施钾处理,分别为常规施钾处理(K2),施氯化钾 225.0 kg/hm²(K₂O 135 kg/hm²);减钾处理(K1),施钾量为常规施钾的 78%,即施氯化钾 175.5 kg/hm²(K₂O 105.3 kg/hm²);不施钾处理(K0)。每处理施尿素 293.5 kg/hm²、过磷酸钙 351.0 kg/hm²(当地常规施氮、施磷水平分别为施尿素 407.6 kg/hm²,过磷酸钙 450.0 kg/hm²),均作基肥一次性施用。水稻每穴 2 苗移栽,移栽密度为 20 cm×20 cm。每处理重复 3 次,小区面积 24 m²。其他栽培措施基本一致。水稻于 03-11 播种,04-07 移栽,“桂香占”、“华优 8305”及“天优 998”均于 07-18 收割,“粤晶丝苗 2 号”于 07-23 收割。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 库容、库容有效充实度、粒叶比及产量 库容即每平方米颖花数与单粒质量的乘积;库容有效充实度即实际产量占库容的百分比;粒叶比即齐穗期单位叶面积承担的颖花数。水稻成熟后,每小区测定 100 穴水稻产量,并根据密度换算成单位面积实际产量。

1.3.2 叶面积指数(LAI) 于分蘖盛期(05-08)、拔节期(05-23)、齐穗期(06-21 和 06-24)和成熟期(07-18 和 07-23)每小区各取 2 茈代表性植株,室内剪下所有绿色叶片,用 CID 叶面积仪测定叶面积,并计算 LAI。

1.3.3 剑叶净光合速率(Pn) 每小区选择具有代表性的水稻植株,于齐穗期、齐穗后 14 d 及齐穗后 21 d 的上午 09:30—11:30,分别选取生长基本一致、具有代表性的剑叶 5 片,用 LI-6400 便携式光合测定仪(美国)测定其净光合速率。

1.3.4 叶片叶绿素含量(SPAD 值)与叶片老化指数 定点选定 5 株水稻植株,于水稻齐穗期和齐穗后 7,14 及 21 d 用 SPAD-502(日本)测定主茎叶片的 SPAD 值,计算平均值用之表示叶绿素含量,并按下式计算齐穗期和齐穗后 7,14 d 叶片的老化指数^[16]:

叶片老化指数=((倒 2 叶叶绿素含量+倒 3 叶

叶绿素含量)/2)))/剑叶叶绿素含量×100。

1.3.5 地上部干物质积累量 参考刘建丰等^[17]的方法,于分蘖盛期、拔节期、齐穗期和成熟期每小区各取 2 株代表性植株,在室内剪下所有绿色叶片,将分解的叶、茎鞘、穗分别放进自来水中洗净,于 105℃杀青 30 min,之后于 85℃烘干至质量恒定,称质量。

1.4 数据处理与分析

使用 SPSS 数据分析系统进行方差分析,并采用 LSD 法对同一品种不同处理间的差异显著性进行检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 减钾对水稻库特性及产量的影响

从表 1 可以看出,与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理均显著降低了“粤晶丝苗 2 号”的实际产量($P<0.05$),降幅分别为 14.67%和 17.26%;K1 和 K0 处理对“桂香占”和“华优 8305”的实际产量影响均不显著($P>0.05$);K1 和 K0 处理提高了“天优 998”的实际产量,增幅分别为 19.39%和 12.83%,其中 K1 处理与 K2 处理差异显著($P<0.05$)。可

见,适度减钾有利于显著提高“天优 998”的实际产量;对“桂香占”和“华优 8305”也有一定的稳产效果,这与该地区土壤全钾含量较为丰富有关;减钾显著降低了“粤晶丝苗 2 号”的产量。

由表 1 还可以看出,与 K2 处理相比,K1 处理对“粤晶丝苗 2 号”库容的影响不显著,但显著降低了其库容有效充实度,K1 和 K0 处理均显著提高了粒叶比($P<0.05$)。与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理提高了“桂香占”库容,且 K1 处理与 K2 处理差异显著;K1 处理显著降低了库容有效充实度($P<0.05$)。与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理显著降低了“华优 8305”库容,但明显增加了库容有效充实度,对粒叶比影响不显著($P>0.05$)。与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理对“天优 998”库容、粒叶比均无显著影响,但明显提高了库容有效充实度,其中 K0 处理与 K2 处理差异显著($P<0.05$)。可见,适度减钾有利于“天优 998”在大库容下拥有较大库容有效充实度,也有利于“华优 8305”在适宜库基础上拥有较大库容有效充实度;但减钾处理后,“粤晶丝苗 2 号”因粒叶比过大导致库容有效充实度减小,“桂香占”因库容过大导致库容有效充实度过小。

表 1 减钾对水稻库特性及产量的影响

Table 1 Effect of K reduction on sink capacity and yield of rice

品种 Cultivar	处理 Treatment	库容/(g·m ⁻²) Sink capacity	库容有效充实度/% Available filled ratio of sink	粒叶比/(粒·cm ⁻²) Ratio of spikelets No. and leaf area	实际产量/(t·hm ⁻²) Harvested yield
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	981 a	75.56 a	0.98 b	7.36 a
	K1	1 016 a	61.68 b	1.20 a	6.28 b
	K0	793 b	77.18 a	1.17 a	6.09 b
桂香占 Guixiangzhan	K2	833 b	69.99 a	0.72 a	5.82 a
	K1	1 234 a	45.64 b	0.78 a	5.63 a
	K0	905 b	68.06 ab	0.90 a	5.94 a
华优 8305 Huayou 8305	K2	1 142 a	71.23 b	1.81 a	8.06 a
	K1	951 b	91.11 ab	1.72 a	8.66 a
	K0	756 c	103.37 a	2.01 a	7.81 a
天优 998 Tianyou 998	K2	1 142 a	67.56 b	1.02 a	7.48 b
	K1	1 103 a	81.91 ab	1.11 a	8.93 a
	K0	908 a	93.01 a	1.09 a	8.44 ab

注:同一品种的同列数据后标不同小写字母者表示差异达到显著水平($P<0.05$)。下表同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between same varieties ($P<0.05$). The same below.

2.2 减钾对水稻叶源的影响

2.2.1 LAI 表 2 表明,与 K2 处理相比,K1 处理显著降低“粤晶丝苗 2 号”齐穗期 LAI,对其他生育时期的 LAI 无显著影响;K0 处理显著降低“粤晶丝苗 2 号”齐穗期和成熟期的 LAI ($P<0.05$),对其他生育时期 LAI 无显著影响。与 K2 处理相比,K1 处理对“桂香占”、“华优 8305”和“天优 998”各生育时期 LAI 均无显著影响;K0 处理显著降低了“华优

8305”分蘖盛期和“天优 998”齐穗期的 LAI ($P<0.05$)。可见,适度减钾(K1 处理)对“桂香占”、“华优 8305”及“天优 998”各生育时期 LAI 均无显著影响,但可显著降低“粤晶丝苗 2 号”齐穗期的 LAI。

2.2.2 剑叶 P_n 表 3 表明,相对于 K2 处理,K1 处理对“粤晶丝苗 2 号”、“桂香占”和“华优 8305”齐穗期、齐穗后 14 和 21 d 剑叶 P_n 影响均不显著,而 K0 处理显著提高了“粤晶丝苗 2 号”齐穗期和“华优

8305”齐穗后 21 d 的剑叶 $P_n(P<0.05)$ 。相对于 K2 处理,K1 处理显著提高了“天优 998”齐穗期剑叶 P_n ,对齐穗后 14 和 21 d 的剑叶 P_n 无显著影响;K0 处理显著降低了齐穗期和齐穗后 21 d 剑叶 P_n

($P<0.05$)。可见,适度减钾处理(K1 处理)有利于提高“天优 998”齐穗期剑叶 P_n ,而对另外 3 个水稻品种生育后期剑叶 P_n 均无显著影响。

表 2 减钾对水稻叶面积指数(LAI)的影响

Table 2 Effect of K reduction on rice leaf area index (LAI)

品种 Cultivar	处理 Treatment	分蘖盛期 Active tillering stage	拔节期 Elongation stage	齐穗期 Full heading stage	成熟期 Mature stage
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	0.67 a	2.54 a	6.40 a	5.68 a
	K1	0.65 a	2.90 a	4.59 b	4.46 ab
	K0	0.55 a	2.64 a	4.18 c	3.86 b
桂香占 Guixiangzhan	K2	1.14 a	4.67 a	6.56 a	5.40 a
	K1	1.26 a	5.03 a	5.61 a	5.61 a
	K0	1.41 a	4.74 a	6.07 a	5.83 a
华优 8305 Huayou 8305	K2	1.19 a	3.26 a	5.35 a	4.25 a
	K1	1.11 a	3.49 a	5.49 a	4.26 a
	K0	0.86 b	3.56 a	5.06 a	3.49 a
天优 998 Tianyou 998	K2	1.26 a	4.24 a	6.31 a	4.92 a
	K1	1.51 a	5.00 a	6.34 a	4.80 a
	K0	1.38 a	4.31 a	4.99 b	4.73 a

表 3 减钾对水稻剑叶净光合速率(P_n)的影响

Table 3 Effect of K reduction on photosynthetic rate in rice flag leaves

品种 Cultivar	处理 Treatment	齐穗期 Full heading stage	齐穗后 14 d 14 days after full heading	齐穗后 21 d 21 days after full heading
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	9.54 b	14.83 a	11.90 a
	K1	9.95 ab	12.83 a	11.20 a
	K0	10.57 a	14.77 a	12.67 a
桂香占 Guixiangzhan	K2	8.44 a	10.63 ab	9.10 a
	K1	9.53 a	11.22 a	9.46 a
	K0	9.82 a	9.42 b	7.71 a
华优 8305 Huayou 8305	K2	9.85 a	9.37 a	10.60 b
	K1	9.53 a	9.83 a	10.87 b
	K0	8.71 a	9.55 a	12.77 a
天优 998 Tianyou 998	K2	10.16 b	10.33 a	10.93 a
	K1	10.97 a	9.75 a	10.09 ab
	K0	8.66 c	9.94 a	9.41 b

2.2.3 剑叶叶绿素含量(SPAD 值) 表 4 表明,与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理均降低了“粤晶丝苗 2 号”和“桂香占”齐穗期以及齐穗后 7,14 和 21 d 的剑叶 SPAD 值,其中“粤晶丝苗 2 号”齐穗期和“桂香占”齐穗后 14 d 的剑叶 SPAD 值下降差异显著($P<0.05$)。与 K2 处理相比,K1 处理对“华优 8305”齐穗期以及齐穗后 7,14 和 21 d 剑叶 SPAD 值影响均不显著,K0 处理显著降低了齐穗后 14 d 剑叶 SPAD 值($P<0.05$)。与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理对“天优 998”齐穗期剑叶 SPAD 值无显著影响,K1 处理显著提高了齐穗后 7 d 剑叶 SPAD 值($P<0.05$)。可见,适度减钾(K1 处理)对“华优 8305”生育后期剑叶 SPAD 值无负面影响,对“桂香占”因降低了生育后期剑叶 SPAD 值而有效防止了贪青现

象,对“粤晶丝苗 2 号”生育后期剑叶 SPAD 值有负面影响。

2.2.4 叶片老化指数 表 5 表明,与 K2 处理相比,K1 和 K0 处理对“粤晶丝苗 2 号”和“天优 998”齐穗期、齐穗后 7 和 14 d 叶片老化指数均无显著影响($P>0.05$)。与 K2 处理相比,K1 处理显著降低了“桂香占”齐穗后 7 和 14 d 的叶片老化指数。相对于 K2 处理,K1 和 K0 处理对“华优 8305”齐穗期以及齐穗后 14 d 叶片老化指数均无显著影响($P>0.05$);K0 处理显著降低了齐穗后 7 d 叶片老化指数($P<0.05$),而 K1 处理影响不显著。可见,适度减钾(K1 处理)对“粤晶丝苗 2 号”、“华优 8305”及“天优 998”生育后期叶片老化指数均无负面影响;减钾 22%降低了“桂香占”生育后期的叶片老化指

数,使功能叶早衰。

表 4 减钾对水稻剑叶 SPAD 值的影响

Table 4 Effect of K reduction on SPAD value in rice flag leaves

品种 Cultivar	处理 Treatment	齐穗期 Full heading stage	齐穗后 7 d 7 days after full heading	齐穗后 14 d 14 days after full heading	齐穗后 21 d 21 days after full heading
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	43.13 a	39.77 a	34.70 a	30.57 a
	K1	40.23 b	37.73 ab	33.93 a	30.20 a
	K0	36.37 c	35.27 b	31.67 a	24.90 a
桂香占 Guixiangzhan	K2	39.67 a	40.60 a	40.60 a	37.50 a
	K1	38.93 a	40.47 a	36.40 b	35.70 ab
	K0	36.27 a	35.67 b	34.03 b	34.57 b
华优 8305 Huayou 8305	K2	42.57 ab	39.80 a	38.63 a	30.77 ab
	K1	44.73 a	39.77 a	37.00 a	33.63 a
	K0	36.97 b	38.57 a	33.73 b	28.87 b
天优 998 Tianyou 998	K2	43.97 a	40.77 b	40.47 a	38.70 a
	K1	43.53 a	44.83 a	39.80 a	34.33 ab
	K0	42.70 a	42.87 ab	36.67 b	30.53 b

表 5 减钾对水稻叶片老化指数的影响

Table 5 Effect of K reduction on rice leaf senescence index

品种 Cultivar	处理 Treatment	齐穗期 Full heading stage	齐穗后 7 d 7 days after full heading	齐穗后 14 d 14 days after full heading
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	92.62 a	92.83 ab	75.39 a
	K1	87.90 a	82.07 b	74.95 a
	K0	90.11 a	97.40 a	79.09 a
桂香占 Guixiangzhan	K2	106.87 a	100.89 b	102.67 a
	K1	113.03 a	87.44 c	88.31 b
	K0	121.49 a	110.24 a	94.08 ab
华优 8305 Huayou 8305	K2	112.82 a	93.58 a	73.95 a
	K1	110.68 a	96.58 a	72.92 a
	K0	120.57 a	84.40 b	78.81 a
天优 998 Tianyou 998	K2	106.73 a	106.87 a	83.80 a
	K1	107.22 a	103.89 a	81.60 a
	K0	107.90 a	98.70 a	86.53 a

2.3 减钾对水稻地上部干物质积累量的影响

见表 6。

减钾对水稻地上部分干物质积累量的影响结果

表 6 减钾对水稻地上部分干物质积累量的影响

Table 6 Effect of K reduction on aboveground dry matter accumulation

t/hm²

品种 Cultivar	处理 Treatment	分蘖盛期 Active tillering stage	拔节期 Elongation stage	齐穗期 Full heading stage	成熟期 Mature stage
粤晶丝苗 2 号 Yuejingsimiao 2	K2	0.55 a	1.97 a	8.96 a	14.13 a
	K1	0.51 a	2.20 a	6.74 b	11.67 ab
	K0	0.44 a	1.98 a	6.59 b	9.34 b
桂香占 Guixiangzhan	K2	0.73 a	2.35 b	6.71 a	10.05 a
	K1	0.78 a	3.22 a	7.50 a	10.59 a
	K0	0.87 a	3.11 a	6.87 a	12.49 a
华优 8305 Huayou 8305	K2	0.80 a	2.25 a	6.92 a	12.94 a
	K1	0.75 a	2.49 a	6.60 a	12.31 a
	K0	0.57 b	2.78 a	6.92 a	10.63 a
天优 998 Tianyou 998	K2	0.85 a	2.70 a	8.68 a	13.31 a
	K1	1.08 a	3.08 a	8.80 a	13.15 a
	K0	0.95 a	2.78 a	7.31 a	12.28 a

从表 6 可以看出,与 K2 处理相比,K1 处理显著降低了“粤晶丝苗 2 号”齐穗期地上部干物质积

累量,而对其他生育时期无显著影响;K0 处理显著降低了“粤晶丝苗 2 号”齐穗期和成熟期地上部干物

质积累量,而对其他生育时期无显著影响($P < 0.05$)。相对于 K2 处理, K1 和 K0 处理对“桂香占”分蘖盛期、齐穗期和成熟期地上部干物质积累量影响不显著,但显著提高了拔节期地上部干物质积累量($P < 0.05$)。相对于 K2 处理, K0 处理显著降低了“华优 8305”分蘖盛期地上部干物质积累量,对其他生育时期影响不显著; K1 处理对各生育时期地上部干物质积累量影响均不显著。与 K2 处理相比, K1 和 K0 处理对“天优 998”各时期地上部干物质积累量均无显著影响($P > 0.05$)。可见,适度减钾(K1 处理)对“华优 8305”、“天优 998”各生育时期地上部干物质积累量均无负面影响,且有利于“天优 998”早生快发而较早形成较大群体;减钾或不施钾有利于提高“桂香占”拔节期地上部干物质积累量,且不施钾也有利于“桂香占”早生快发而较早形成优势群体;减钾显著降低了“粤晶丝苗 2 号”齐穗期地上部干物质积累量。

3 讨 论

在低氮低磷条件下,即较常规施肥减氮 28%、减磷 22%(施过磷酸钙 351.0 kg/hm²、纯氮 135.0 kg/hm²),相对于常规施钾处理而言,减钾 22%处理显著降低了“粤晶丝苗 2 号”产量,对源库特性无明显的改善作用,而对另种 3 个水稻品种却有增产或稳产效应。相对于正常施钾处理,减钾 22%处理对“桂香占”稳产效应显著,这是由于减钾 22%处理对其 LAI 和剑叶 P_n 均无显著影响,且显著提高了“桂香占”的库容,粒叶比较高。这表明,不施钾优化了“桂香占”叶源的配置,强化了库容量。相对于正常施钾处理,减钾 22%处理能提高“华优 8305”的产量,而对其叶源光合特性和衰老特性均无显著影响,并在粒叶比稳定不变的前提下适当降低库容而提高了库容有效充实度。有研究表明,低钾耐受型或钾高效型品种在低钾营养条件下有较高的产量^[4-6,18]。本研究中,与正常施钾处理相比,减钾 22%处理能显著提高“天优 998”的产量,表明“天优 998”属于低钾耐受型或钾高效型品种。增施钾肥,水稻钾素利用效率和钾素的产谷效率显著降低^[19],本研究也有相同结果(另文发表)。彭智平等^[20]指出“天优 998”对钾肥的需求量大,但产量构成性状受钾的影响较小,因此高钾利用效率和产量性状受钾影响小可能是“天优 998”在减钾条件下也能增产或稳产的原因之一。就“天优 998”在减钾条件下的源库特性表现而言,减钾 22%处理提高了“天优 998”齐穗期剑叶

P_n ,对 LAI 和叶片老化指数无显著影响,从而使功能叶各层次更加匀称,光合效率更高;减钾 22%处理在粒叶比稳定不变的前提下适当降低了“天优 998”库容而提高了其库容有效充实度;再者,减钾 22%处理有利提高“天优 998”生育前期地上部干物质积累量。因此,适度减钾更能挖掘超级杂交稻“天优 998”的源库特性。

[参考文献]

- [1] Ashley M K, Grant M, Grabov A. Plant responses to potassium deficiencies: A role for potassium transport proteins [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2006, 57(2): 425-436.
- [2] 杨贵成, 杨贵春, 王加龙, 等. 不同水稻品种施钾增产效果及施用方法研究 [J]. *农业科学研究*, 2011, 32(2): 42-46.
Yang G C, Yang G C, Wang J L, et al. A study on the effect of potassium fertilizer and application method on yield promotion of different rice varieties [J]. *Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 32(2): 42-46. (in Chinese)
- [3] 王汝慈, 程式华, 曹立勇. 水稻耐低钾胁迫研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2009, 25(6): 77-83.
Wang R C, Cheng S H, Cao L Y. Advancements in phosphorus deficiency tolerance study in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(6): 77-83. (in Chinese)
- [4] 刘建祥, 杨肖娥, 吴良欢, 等. 低钾胁迫对水稻叶片光合功能的影响及其基因型差异 [J]. *作物学报*, 2001, 27(6): 1000-1006.
Liu J X, Yang X E, Wu L H, et al. The effects of low potassium stress on the photosynthetic function of rice leaves and their genotypic difference [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(6): 1000-1006. (in Chinese)
- [5] 胡 泓, 王光火, 张奇春, 等. 田间低钾胁迫条件下水稻对钾的吸收和利用效率 [J]. *中国水稻科学*, 2004, 18(7): 526-532.
Hu H, Wang G H, Zhang Q C, et al. Potassium uptake and use efficiency of rice under low-potassium stress field conditions [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2004, 18(7): 526-532. (in Chinese)
- [6] 贾彦博, 杨肖娥, 王为木. 不同供钾水平下水稻钾素吸收利用与产量的基因型差异 [J]. *水土保持学报*, 2006, 20(2): 64-67, 72.
Jia Y B, Yang X E, Wang W M. Genotypic variation in yield, K uptake and utilization of rice at different K supply [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(2): 64-67, 72. (in Chinese)
- [7] 吴传洲, 朱克保, 袁焕进, 等. 沿江江南地区水稻钾、氮吸收特性与施钾效应研究 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(3): 1519-1520, 1570.
Wu C Z, Zhu K B, Yuan H J, et al. Study on K, N absorption characteristics of rice and potassium application effects in jiangnan region along river [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(3): 1519-1520, 1570. (in Chinese)
- [8] 李玉影, 金继运, 刘双全, 等. 钾对春小麦生理特性、产量及品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(4): 449-455.

- Li Y Y, Jin J Y, Liu S Q, et al. Effects of potassium on physiological characteristics, yield and quality of spring wheat [J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2005, 11(4): 449-455. (in Chinese)
- [9] 谭金芳, 洪坚平, 赵会杰, 等. 不同施钾量对旱作冬小麦产量、品质和生理特性的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(3): 456-462.
- Tan J F, Hong J P, Zhao H J, et al. Effects of different potassium application rates on yield, quality and physiological characteristics of dry land winter wheat [J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2008, 14(3): 456-462. (in Chinese)
- [10] 彭海欢, 翁晓燕, 徐红霞, 等. 缺钾胁迫对水稻光合特性及光合防御机制的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2006, 20(6): 621-625.
- Peng H H, Weng X Y, Xu H X, et al. Effect s of potassium deficiency on photosynthesis and photo-protection mechanisms in rice plants [J]. *Chinese Journal Rice Science*, 2006, 20(6): 621-625. (in Chinese)
- [11] 孙骏威, 翁晓燕, 李 峤, 等. 缺钾对水稻不同品种光合和能量耗散的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(4): 577-584.
- Sun J W, Weng X Y, Li Q, et al. Effects of potassium-deficiency on photosynthesis and energy dissipation in different rice cultivars [J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2007, 13(4): 577-584. (in Chinese)
- [12] 库文珍, 彭克勤, 张雪芹, 等. 低钾胁迫对水稻苗期矿质营养吸收和植物激素含量的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2009, 15(1): 69-75.
- Ku W Z, Peng K Q, Zhang X Q, et al. Effects of low potassium stress on mineral nutrient absorption and phytohormone contents of rice seedling [J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2009, 15(1): 69-75. (in Chinese)
- [13] 王为木, 杨肖娥, 李 华, 等. 低钾胁迫对两个耐钾能力不同水稻品种养分吸收和分配的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2003, 17(1): 53-57.
- Wang W M, Yang X E, Li H, et al. Effect of low potassium stress on the nutrient uptake and distribution of two rice varieties with different potassium sensitivity [J]. *Chinese Journal Rice Science*, 2003, 17(1): 53-57. (in Chinese)
- [14] 张祥明, 郭熙盛, 李霞红, 等. 钾肥运筹对中籼稻产量·钾素积累利用的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(31): 15207-15209.
- Zhang X M, Guo X S, Li X H, et al. Effects of potassium management on Indica rice yield and accumulation and utilization of potassium [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(31): 15207-15209. (in Chinese)
- [15] 库文珍, 赵运林, 董 萌, 等. 低钾胁迫对不同基因型水稻光合特性的影响 [J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(22): 5001-5004.
- Ku W Z, Zhao Y L, Dong M, et al. Effect of low potassium stress on the photosynthetic characteristics of different rice genotypes [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2012, 51(22): 5001-5004. (in Chinese)
- [16] 汤美玲, 程旺大, 姚海根, 等. 早稻直播覆膜旱作对灌浆成熟期根叶生理特性及产量的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2005, 19(5): 475-478.
- Tang M L, Cheng W D, Yao H G, et al. Effect of direct-seeded dry cultivation with plastic film mulching on physiological characteristics of root and leaf at grain-filling stage and grain yield in early-season Indica rice [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2005, 19(5): 475-478. (in Chinese)
- [17] 刘建丰, 袁隆平, 邓启云, 等. 超高产杂交稻的光合特性研究 [J]. *中国农业科学*, 2005, 38(2): 258-264.
- Liu J F, Yuan L P, Deng Q Y, et al. A study on characteristics of photosynthesis in super high-yielding hybrid rice [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(2): 258-264. (in Chinese)
- [18] 陆 庆, 蒋德安, 翁晓燕, 等. 钾营养对不同水稻基因型物质生产和光合作用的效应 [J]. *浙江农业大学学报*, 1999, 25(3): 267-270.
- Lu Q, Jiang D A, Weng X Y, et al. The effect of potassium nutrition on dry matter production and photosynthesis of different genotype in rice [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1999, 25(3): 267-270. (in Chinese)
- [19] 宋桂云, 徐正进, 陈温福, 等. 田间低钾对不同穗型水稻钾的吸收和利用效率的影响 [J]. *华北农学报*, 2006, 21(6): 89-94.
- Song G Y, Xu Z J, Chen W F, et al. Influences of low potash on K absorption and use efficiency of different panicle rice variety [J]. *Acta Agriculturae Boreali Sinica*, 2006, 21(6): 89-94. (in Chinese)
- [20] 彭智平, 黄继川, 李小利, 等. 杂交水稻‘天优 998’营养特性和施肥效应研究 [J]. *中国农学通报*, 2011, 27(5): 223-227.
- Peng Z P, Huang J C, Li X L, et al. Study on the nutrition characteristics and the fertilizer effect of hybrid rice ‘Tian-you 998’ [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(5): 223-227. (in Chinese)