

云南干热籼稻区水稻高产形成规律及群体质量指标研究

夏琼梅¹ 黄庆宇² 白秀兰³ 李贵勇¹ 龙瑞平¹ 朱海平¹ 邓安凤¹ 刘吉新¹ 杨从党^{1*}

(¹ 云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650200; ² 云南省永胜县涛源镇农业综合服务中心, 云南 永胜 674205; ³ 云南省西双版纳州农业科学研究所, 云南 景洪 666100; 第一作者: xiaqiongmei1983@126.com; * 通讯作者: yanged2005@163.com)

摘要:为鉴定杂交籼稻组合在云南干热籼稻区种植的产量潜力, 研究不同产量水平水稻产量形成规律及群体质量指标, 选用大面积生产应用的 6 个杂交籼稻品种为材料进行了比较试验, 并根据当地水稻生产特点制定了相应的高产栽培技术。结果显示, 广优 1186、德优 4727、两优 2186、宜优 673、两优 2161、宜香 3003 产量分别为 15.65、15.29、15.19、15.18、14.89 和 13.95 t/hm²。为更好的分析水稻高产形成规律, 将 6 个品种产量划分为高产(13.0~14.0 t/hm²)、更高产(14.0~15.0 t/hm²)、超高产(15.0~16.0 t/hm²) 3 个不同产量水平。超高产水稻较更高产水稻有效穗数提高 10.25%, 较高产水稻总粒数、实粒数、结实率分别提高 32.13%、35.69%、12.50%; 超高产水稻高峰苗数较更高产、高产水稻分别低 10.32% 和 30.02%; 成穗率随着产量水平的增加而增加。超高产水稻齐穗期总 LAI 为 7 左右, 高效叶面积率 70% 左右。颖花量随着产量的增加而增加。超高产水稻实粒/叶、粒重/叶较高产水稻分别增加 20.00% 和 25.54%。超高产水稻齐穗期、成熟期、齐穗至抽穗期干物质积累量较高产水稻分别提高 11.70%、11.96% 和 12.35%。

关键词:干热籼稻区; 水稻; 产量; 群体质量; 氮肥

中图分类号:S511.04 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)04-0115-04

云南干热籼稻区主要分布在金沙江、澜沧江、怒江、红河等河谷地区, 海拔 1 100~1 500 m。永胜县期纳镇位于云南省西北部, 地处金沙江干热河谷区, 是以籼型杂交稻为主的低海拔稻区, 海拔 1 400 m。2008 年和 2011 年百亩连片核心样板区平均单产 2 次超 15.0 t/hm²^[1], 是水稻高产的特殊生态区。产量是水稻生长发育过程中一系列生理生化及生态反应的最终结果, 优质、高产、多抗良种是实现水稻生产新突破的必要前提^[2], 通过环境条件、品种、栽培技术三者的有机结合, 水稻产量潜力得以较好发挥。同时, 水稻群体质量直接影响产量, 凌启鸿等^[3]研究表明, 水稻高产群体质量的核心指标是提高抽穗至成熟期群体光合积累量, 在适宜 LAI 条件下, 提高单位面积总颖花量及粒叶比, 优化群体结构, 扩库强源。以该理论为基础, 韦还和等^[4-6]研究了不同类型水稻品种高产群体质量指标。此外, 已有研究明确了水稻超高产群体特征, 配套形成了特定生态环境下的精确定量超高产栽培技术^[7-10], 对指导水稻超高产潜力的发挥具有重要的实践意义。笔者在永胜县期纳镇选择具有代表性的品种为材料, 试验研究了云南干热籼稻区水稻高产形成规律及群体质量指标, 以为云南干热籼稻区水稻高产攻关及示范提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2016 年设在永胜县期纳镇, 以宜香 3003、两优 2186、两优 2161、宜优 673、德优 4727、广优 1186 等 6 个杂交籼稻品种为材料。每个品种 3 次重复, 小区面积 15 m²。总施纯 N 量为 150 kg/hm², 不施基肥, 穗肥氮分促花肥和保花肥 2 次施用(促花肥:保花肥为 6:4), 各小区间筑埂包膜隔开, 施肥量按小区的面积来折算。每 hm² 施用过磷酸钙 750 kg, 于移栽前作为基肥一次性施入; 每 hm² 施用硫酸钾 300 kg, 分基肥和促花肥施, 各为 50%。移栽规格 29.7 cm×13.2 cm, 单苗移栽。水分参照精确定量栽培技术来管理^[11], 病虫害根据实际情况统一防治。

1.2 调查内容

移栽后每小区定点 10 株, 选 1 个重复, 每 7 d 调

收稿日期: 2017-06-23

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2013CB835205); 农业部公益行业(农业)科研专项(201303102; 201303129); 云南省科技惠民专项(2016RA001); 国家重点研发计划(2016YFD0300506)

表 1 产量及其构成因素比较

产量水平 (t/hm ²)	品种数 (个)	实际产量 (t/hm ²)	有效穗数 (万/hm ²)	穗总粒数 (粒)	穗实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)
15.0~16.0	4	15.33 a	276.46 bAB	217.75 aA	176.86 bA	81.43 bA	31.62 aA
14.0~15.0	1	14.89 a	250.75 bB	238.15 aA	204.77 aA	85.96 aA	29.58 bA
13.0~14.0	1	13.95 a	320.45 aA	180.24 bB	130.34 cB	72.38 cB	30.04 bA
平均		15.03	279.51	214.90	173.76	80.68	31.01

同列数据后不同大、小写字母表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著。下同。

表 2 不同产量水平水稻分蘖特性分析

产量水平 (t/hm ²)	品种 (个)	总叶片数 (叶)	伸长节间数 (个)	N-n 叶龄 (叶)	N-n 茎蘖数 (万/hm ²)	高峰苗叶龄 (叶)	高峰苗数 (万/hm ²)	有效穗数 (万/hm ²)	成穗率 (%)
15.0~16.0	4	18	6	12	327.22	15	447.04	276.46	62.14
14.0~15.0	1	19	6	13	357.38	16	498.50	250.75	50.30
13.0~14.0	1	18	6	12	369.91	15	638.78	320.45	50.17
平均		18	6	12	339.36	15	487.57	279.51	58.17

表 3 不同产量水平水稻齐穗期 LAI 及粒叶比比较

产量水平 (t/hm ²)	品种数 (个)	高效 LAI	低效 LAI	总 LAI	高效叶面积率 (%)	颖花量 (10 ⁸ /hm ²)	颖花/叶 (cm ²)	实粒/叶 (cm ²)	粒重/叶 (mg/cm ²)
15.0~16.0	4	4.73	2.23	6.96	68.14	6.00	1.15	0.72	22.71
14.0~15.0	1	4.42	1.24	5.66	78.20	5.95	0.93	0.92	27.28
13.0~14.0	1	4.89	2.18	7.07	69.14	5.77	1.20	0.60	18.09
平均		4.71	2.05	6.76	69.98	5.95	1.12	0.73	22.70

查 1 次叶龄和茎蘖情况,叶龄调查直到最后 1 叶抽出,茎蘖数调查至抽穗。倒 4 叶期、齐穗期、成熟期按每小区平均茎蘖数(有效穗)取 3 丛,倒 4 叶期测定绿叶叶面积,齐穗期测定高效叶面积和低效叶面积,选择 10 个单茎测定倒 3 叶、倒 4 叶 SPAD 值,分茎鞘、叶、穗 105℃杀青后烘干至恒质量,测定地上部分干物质量;成熟期调查总粒数、实粒数、结实率、千粒重,每小区进行实际收割,去除杂质和瘪粒,测定含水量,计算标准含水量(籼稻 13.5%)的稻谷质量作为小区产量,并按移栽面积计算产量。

2 结果与分析

2.1 产量及其构成因素比较

据测产结果,广优 1186、德优 4727、两优 2186、宜优 673、两优 2161、宜香 3003 产量分别为 15.65、15.29、15.19、15.18、14.89 和 13.95 t/hm²。为更好的分析水稻高产形成规律,将 6 个品种产量划分为高产(13.0~14.0 t/hm²)、更高产(14.0~15.0 t/hm²)、超高产(15.0~16.0 t/hm²)3 个不同产量水平,划分后平均产量分别为 13.95、14.89、15.33 t/hm²(表 1)。从表 1 可见,超高产水稻有效穗数平均为 276.46 万/hm²,较更高产水稻高 10.25%,高产水稻有效穗数过高,导致穗总粒数极显著下降;超高产水稻穗总粒数为 217.75 粒,更高产水稻为 238.15

粒,比高产水稻分别提高 20.81%和 32.13%;同时超高产水稻和更高产水稻的穗实粒数和结实率也极显著高于高产水稻,穗实粒数较高产水稻分别提高 35.69%和 57.10%,结实率较高产水稻分别提高 12.50%和 18.76%;超高产水稻千粒重达 31.62 g,显著高于更高产和高产水稻。说明云南干热籼稻区有效穗数超过 300 万/hm²的品种要严格控制无效分蘖的增长,攻取大穗是其提高产量的主要途径,而穗总粒数 200 粒以上的品种,要适当增加有效穗数,这是其提高产量的主要途径。

2.2 不同产量水平水稻分蘖特性比较

从表 2 可见,更高产水稻总叶片数较超高产、高产水稻多 1 片叶,伸长节间均为 6 个;N-n 期茎蘖数、高峰苗数随着产量水平的增加而降低,成穗率随着产量水平的增加而增加;超高产水稻高峰苗数为 447.04 万/hm²,较更高产、高产水稻分别低 10.32%和 30.02%。N-n 叶龄期前不同产量水平水稻均已够苗,但是到了拔节期仍在发生无效分蘖,成穗率平均低于 60%。说明云南干热籼稻区在适宜穗数的基础上,通过控制无效分蘖的发生、提高成穗率,从而提高水稻产量潜力具有一定空间。

2.3 不同产量水平水稻齐穗期 LAI 及粒叶比比较

从表 3 可见,超高产、高产水稻齐穗期 LAI 差异较

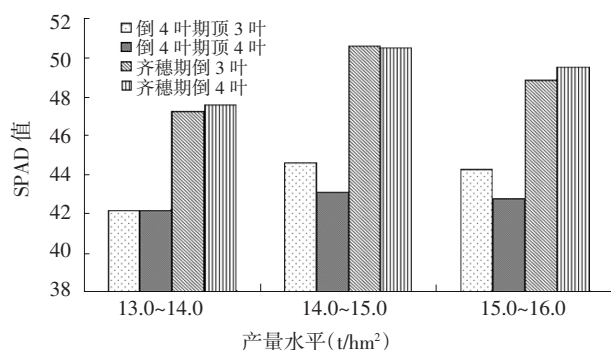


图1 不同产量水平关键生育期叶片 SPAD 值比较

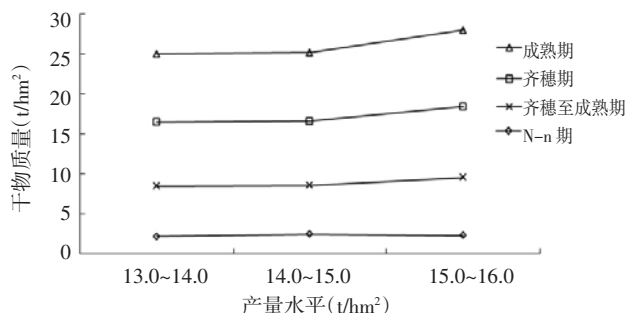


图2 不同产量水平水稻关键生育期干物质质量比较

小,总 LAI 为 7 左右,高效叶面积率 70%左右;更高产水稻低效 LAI 较低,因此总 LAI 较低,为 5.66,高效叶面积率反而高于超高产和高产水稻,为 78.20%。颖花量随着产量的增加而增加,但差异较小。叶面积指数接近时,实粒/叶、粒质量/叶越高,产量越高,超高产水稻比高产水稻分别增加 20.00%和 25.54%。更高产水稻因叶面积指数较低,实粒/叶、粒质量/叶反而较高。

2.4 不同产量水平倒4叶期和齐穗期顶3叶、顶4叶 SPAD 值比较

据观测,超高产、更高产水稻倒4叶期和齐穗期顶3叶和顶4叶叶色较高产水稻深,倒4叶期 SPAD 值大于 42,齐穗期大于 48(图 1)。倒4叶期促花肥施用前高产水稻顶3叶和顶4叶 SPAD 值相等,叶色尚未落黄,超高产和更高产水稻顶4叶 SPAD 值小于顶3叶,叶色落黄。齐穗期不同产量水平的水稻倒4叶 SPAD 值接近或略高于倒3叶,叶色显黑。

2.5 不同产量水平水稻关键生育期干物质质量比较

N-n 期干物质质量不同产量水平间差异较小,在 2.0~2.5 t/hm² 之间;超高产、更高产、高产水稻齐穗期干物质质量分别为 18.43、16.62、16.50 t/hm²,超高产水稻较更高产、高产水稻分别提高 10.89%和 11.70%;超高产、更高产、高产水稻成熟期干物质质量分别为 27.98、25.18

和 24.99 t/hm²,超高产水稻较更高产、高产水稻分别提高 11.12%和 11.96%;超高产、更高产、高产水稻齐穗至抽穗期干物质积累量分别为 9.55、8.56 和 8.50 t/hm²,超高产水稻较更高产、高产水稻分别提高 11.57%和 12.35%(图 2)。齐穗期、成熟期干物质质量和齐穗至成熟期干物质积累量均随着产量水平的增加而增加,但更高产和高产水稻间差异较小。

3 小结与讨论

水稻产量是由单位面积有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重共同决定。产量和产量构成因素的关系因不同类型品种、环境条件而异^[12-13]。超高产水稻的产量构成特征是足穗的基础上培育更大的穗子^[14]。同一品种不同产量水平水稻的有效穗数差异最大,其次是穗粒数和结实率,千粒重差异较小,产量与群体颖花量呈极显著正相关,由高产到更高产主要依靠单位面积穗数的增加,由更高产到超高产主要靠足穗的基础上每穗粒数的增加^[15-17]。本研究表明,获得较高产量的品种具有适宜的有效穗数,同时总粒数和实粒数显著提高,说明在云南干热籼稻区,多穗型品种实现高产的主要栽培途径是控制无效分蘖、攻取大穗,大穗型品种高产的主要栽培途径是适当增加有效穗数、稳定适宜的穗粒数和千粒重。

水稻群体质量指标主要包括抽穗至成熟期干物质积累量、抽穗期适宜 LAI、粒叶比等。凌启鸿等^[18]研究表明,增加单位面积上的颖花量是高产的基础,产量的高低最终决定于抽穗到成熟期的光合生产能力,且在群体适宜叶面积范围内,粒叶比是衡量源库关系的综合指标。随着产量水平的提高,抽穗至成熟期的物质积累量增加,粒叶比增加,茎鞘物质的输出与转运协调^[19-20]。本研究表明,产量较高的品种成穗率较高,颖花量增加,在齐穗期 LAI 接近时,产量较高的品种粒叶比也较高,抽穗至成熟期干物质积累量增加,叶色变化符合高产栽培规律,说明产量高于 15 t/hm² 的品种源库关系协调更好,利于提高抽穗后干物质生产。

参考文献

- [1] 张兆麟. 水稻精确定量栽培技术在永胜县的试验研究及应用[J]. 中国稻米, 2013, 19(4): 125-128.
- [2] 凌启鸿, 张洪程, 丁艳锋, 等. 水稻高产技术的新发展—精确定量栽培[J]. 中国稻米, 2005, 11(1): 3-7.
- [3] 凌启鸿, 张洪程, 丁艳锋, 等. 水稻高产精确定量栽培[J]. 北方水稻, 2007(2): 1-9.

- [4] 韦还和,姜元华,赵可,等.甬优系列杂交稻品种的超高产群体特征[J].作物学报,2013,39: 2 201-2 210.
- [5] 许轲,张军,花劲,等.双季杂交晚粳稻超高产形成特征[J].作物学报,2014,40:678-690.
- [6] 郭保卫,花劲,周年兵,等.双季晚稻不同类型品种产量及其群体动态特征差异研究[J].作物学报,2015,41(8):1 220-1 236.
- [7] 顾伟,李刚华,杨从党,等.特殊生态区水稻超高产生态特征研究[J].南京农业大学学报,2009,32(4):1-6.
- [8] 李刚华.特高产水稻产量形成机理及定量栽培技术研究[D].南京:南京农业大学,2010.
- [9] 杨惠杰,李义珍,杨仁崔,等.超高产水稻的干物质生产特性研究[J].中国水稻科学,2001,15(4):265-270.
- [10] 杨从党,朱德峰,袁平荣,等.水稻物质生产特性及其与产量的关系研究[J].西南农业学报,2006,19(4):560-564.
- [11] 凌启鸿,张洪程,丁艳峰,等.水稻精确定量栽培理论与技术[M].北京:中国农业出版社,2007:125-135.
- [12] 姜心禄,吴茂力,池忠志,等.不同类型水稻品种的产量构成因素与产量的关系[J].西南农业学报,2012,25(5):792-797.
- [13] 姜元华,张洪程,赵可,等.长江下游地区不同类型水稻品种产量及其构成因素特征的研究[J].中国水稻科学,2014,28(6):621-631.
- [14] 杨惠杰,杨仁崔,李义珍,等.水稻超高产品种的产量潜力及产量构成因素分析[J].福建农业学报,2000,15(3):1-8.
- [15] 肖佳雷,王俊河,冯延江,等.黑龙江省不同积温带水稻产量构成因素主成分分析[J].中国稻米,2010,16(2):19-21.
- [16] 罗德强,王绍华,江学海,等.贵州省高原山区杂交籼稻不同产量水平群体的特征[J].作物学报,2016,42(12):1 817-1 826.
- [17] 吴桂成,张洪程,钱银飞,等.粳型超级稻产量构成因素协同规律及超高产特征的研究[J].中国农业科学,2010,43(2):266-276.
- [18] 凌启鸿,张洪程,蔡建中,等.水稻高产群体质量及其优化控制探讨[J].中国农业科学,1993,26(6):1-11.
- [19] 吴桂成,张洪程,戴其根,等.南方粳型超级稻物质生产积累及超高产特征的研究[J].作物学报,2010,36(11):1 921-1 930.
- [20] 罗德强,王绍华,江学海,等.精确定量施肥对贵州高原山区杂交籼稻产量与群体质量的影响[J].中国农业科学,2014,47(11):2 099-2 108.

Study on High Yield Formation and Population Quality Index of Rice in Dry *Indica* Eco-site of Yunnan Province

XIA Qiongmei¹, HUANG Qingyu², BAI Xiulan³, LI Guiyong¹, LONG Ruiping¹, ZHU Haiping¹, DENG Anfeng¹, LIU Jixin¹, YANG Congdang^{1*}

(¹ Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650200, China; ² Agricultural Comprehensive Service Station of Taoyuan Township, Yongsheng, Yunnan 674205, China; ³ Xishuangbanna Institute of Agricultural Sciences, Jinghong, Yunnan 666100, China; 1st author: xiaqiongmei1983@126.com; *Corresponding author: yangcd2005@163.com)

Abstract: In order to study the high yield formation and population quality index of rice in dry *indica* eco-site of Yunnan Province, field plot experiment was carried out in 2016 with six different rice varieties as materials. The results showed that the yield of Guangyou 1186, Deyou 4727, Liangyou 2186, Yiyu 673, Liangyou 2161 and Yixiang 3003 was 15.65, 15.29, 15.19, 15.18, 14.89, 13.95 t/hm², respectively. Three types of yield levels (high yield: 13.0~14.0 t/hm², higher yield: 14.0~15.0 t/hm², super high yield: 15.0~16.0 t/hm²) were divided in this study. Compared with higher yield varieties, super high yield varieties had 10.25% higher ratio of productive panicle number. Compared with high yield varieties, super high yield varieties had 32.13%, 35.69%, 12.50% higher ratio of spikelets per panicle, filled grains per panicle and seed setting rate, respectively. Compared with higher yield and high yield varieties, super high yield varieties had 10.32%, 30.02% lower ratio of the tiller number in peak seeding stage; percentage of ear-bearing tiller was increased with grain yield increasing. LAI in full heading stage of super high yield varieties was about 7.0, efficient LAI was about 70%. Total spikelet number was increased with increasing grain yield. Comparing with high yield varieties, super high yield varieties had 20.00%, 25.54% higher ratio of filled grain number leaf ratio and grain weight leaf ratio. Compared with high yield varieties, super high yield varieties had 11.70%, 11.96%, 12.35% higher ratio of the dry matter accumulated in heading stage, mature stage and after heading stage, respectively.

Key words: dry *indica* eco-site; rice; high yield formation; population quality index