

不同加氧处理方式对超级稻产量的影响

张立成^a, 姚帮松^{a,b}, 肖卫华^{a,b}, 沈维^b, 阮三桂^b

(湖南农业大学 a. 资源环境学院; b. 工学院, 湖南长沙 410128)

摘要: 通过田间试验研究了不同加氧处理方式下超级稻产量因素的相关因素分析。加氧处理下超级稻单株产量与常规处理比较有显著性差异, 采用 SPSS 统计软件对不同加氧处理下构成超级稻产量因素的每穗实粒数、稻穗数、千粒重进行相关性分析, 得出超级稻单株产量与每株穗数相关系数高。不同加氧处理方式下的白天机械加氧、夜间机械加氧、化学加氧的每株穗数高于不加氧处理分别是 17.5%、19.27%、12.8%。不同加氧处理组之间的稻穗数进行多重比较未有显著差异, 加氧处理与对对照常规处理存在显著差异。加氧处理促进了水稻有效分蘖使稻穗数增加, 进而提高水稻产量。

关键词: 超级稻; 加氧灌溉; 产量因素; 比较分析; 水稻产量

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2016)03-0213-04

Impact of different treatments of adding oxygen on yield of super rice

ZHANG Licheng^a, YAO Bangsong^{a,b}, XIAO Weihua^{a,b}, SHEN Wei^b, RUAN Sangui^b

(a. College of Resources and Environment; b. College of Engineering, Hunan Agricultural university, Changsha 410128, China)

Abstract: The paper analyzed the impact of different oxygen-adding treatments on the yield of super rice through field experiment. There are significant differences of the yield per plant of super rice between the treatment of adding oxygen and the normal treatment. The paper used SPSS statistical software to analyze the grain number per panicle, spike of rice number and 1000 grain weight under the different treatment of adding oxygen. It got the conclusion that the correlation coefficient between yield per plant and number of spike per plant is high. The different oxygation treatments under mechanical oxygen of daytime and mechanical oxygen of night and chemical oxygen which spike number per plant is higher than that without oxygen treatment. They are 17.5%, 19.27% and 12.8% respectively. The number of spike of rice between different oxygen treatments by multiple comparison has no significant difference. There are significant difference between adding - oxygen treatment and normal treatment. The treatment of adding - oxygen have good effective to the increase of tillers of rice panicle number and improve the yield of rice.

Key words: super rice; irrigation of adding oxygenation; yield factor; comparative analysis; yield of super rice

水稻是我国主要粮食作物之一, 水稻产量是保证国家粮食安全的一个重要指标。我国已研究出能适应不同气候特性生长的杂交水稻品种。隆平种业培育的超级稻品种在大面积推广种植中获得了较高的评价。经过多年的探究发现, 水稻栽培方式及生长过程中的气候条件也会影响到水稻产量的增减^[1]。水稻是一种水生植物, 其生长特性是喜湿不耐旱, 所以栽培水稻需经常进行灌溉。我国的稻田

大多数是采用漫灌方式种植水稻。漫灌栽培下的水稻土壤长时间被水浸没, 造成土壤三相构成中的气态空间被液态水占据, 因此水稻土中气体含量稀少^[2]。水稻根系的生长发育以及吸收土壤中的水分、无机盐、营养元素等需要进行有氧呼吸提供能量^[3]。土壤中含氧量不足会减弱根部的有氧呼吸作用而抑制根系生长。水稻的根是吸收水分、养份的主要器官, 参与各种生长激素、氨基酸等有机物的

收稿日期: 2015-12-04; 修回日期: 2016-03-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(31272248); 国际科技合作项目(2013DFG91190)

作者简介: 张立成(1987-), 男, 湖南邵阳人, 博士研究生, 主要从事水资源与农业环境保护研究。

通讯作者: 姚帮松(1958-), 男, 湖南张家界人, 博士, 教授, 主要研究农业水资源综合利用。

合成,其生长状况对植株地上部分的生长产生直接影响^[4]。已有研究者根据植物生长根部氧气供应不足问题提出了一些新的灌溉措施即加氧灌溉,通过人工加氧方式补充植株根部缺氧。徐欢欢等^[5]研究了加氧灌溉对大棚秋黄瓜生长的试验中发现采用加氧处理的黄瓜能显著增大黄瓜的重量和坐果率。卢芳^[6]研究了增氧灌溉对两种盆栽果树营养生长与果实品质的影响中发现含氧灌溉水处理盆栽枸杞能促进枸杞生长,提高果实可溶性糖含量,有利于盆栽无花果的生长发育。

根据已有研究成果中加氧灌溉在一些作物上所产生的影响和加氧处理对作物生长的理论分析^[7-10],本文研究了不同加氧处理方式下对超级稻产量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验在湖南农业大学耘园试验基地进行。试验基地土壤为第四纪红黄泥土,肥力中等,该地区属亚热带季风湿润性气候,年平均温度在 15~18℃,年降雨量 1 200 mm 左右。供试材料为隆平种业培育的深优“9516”超级稻晚稻品种,该水稻品种是已获农业部批准的杂交水稻品种,现已大面积推广种植。试验中的每块试验田大小为长 1.5 m,宽 1.0 m,于 6 月 10 号播种,10 月 8 号收割。

1.2 试验设计

试验设计了机械加氧和化学加氧两种方式。机械加氧分白天和夜间分别设 3 个不同加氧量的处理组,化学加氧分 3 个不同加氧量的处理组,再设一个常规对照组共 10 个处理组。每个处理设 6 个重复试验。白天机械加氧用字母 A 来表示,夜间机械加氧用字母 B 来表示,化学加氧用字母 C 表示。机械加氧量根据已有研究空气经加气泵通入体积 8 L 水中溶氧量公式: $y = -0.0017x^2 + 0.1405x + 3.329$, x 为通气时长, y 为氧含量,计算加氧量。本次试验参照该计算公式得出机械加氧每次通气 4 min 时,水中溶氧达到饱和,停止加氧。机械加氧中的白天与夜间加氧处理组,每次均通气 4 min,但通气次数不同:A1 组每天早上 8:00 通一次,下午 17:00 通一次,A2 组每天早上 8:00 通一次,A3 组每隔两天通一次,通气时间早上 8:00;B1 组每天晚上 20:00 通一次,凌晨 5:00 通一次,B2 组每天晚上 20:00 通一次,B3 组每隔两天通一次,通气时间晚上 20:00。化学加氧根据双氧水分解化学式加氧方式:C1 组加

0.03% 浓度的双氧水 10 mL,C2 组加 0.03% 浓度的双氧水 20 mL,C3 组加 0.03% 浓度的双氧水 30 mL。对照组编号为 CK。

1.3 分析方法

水稻成熟后收割稻谷计算每株稻穗数,稻穗自然风干后将稻谷手工脱粒,并统计其颗粒数。再将脱完颗粒的秸秆每株烘干称重。谷粒含水率的计算方式为随机选取少量谷粒,均匀分成三份装入铝盒中,将铝盒放入烘箱中在 105℃ 环境下烘烤 24 h 后测定含水率。利用统计学原理结合 SPSS 软件进行差异性 & 产量因素相关性分析,比较不同加氧处理下对超级稻产量的影响。

2 结果与分析

2.1 加氧处理下超级稻产量因素的相关分析

构成水稻的产量主要因素是单位面积的有效穗数、平均每穗实粒数和平均千粒数重。试验在水稻收割后,分别测出每个处理组 6 株水稻中的最多结实粒数、平均实粒数、平均穗总粒数、最大颖花数、株高、千粒重、籽粒总重、秸秆干重。测出这些数据后对其进行产量分析,表 1 列出了超级稻收割后干物质各项指标。

水稻生物量,也称为生物学产量,指收获时整个植株的总重量一般不包括根系。它是经济产量的物质基础。水稻的经济产量是生物产量的一部分,经济产量的形成,是以生物产量为物质基础。生物产量与经济产量存在一定的相关性,经济产量一般指水稻籽粒产量。水稻的经济产量结构主要是由单位面积上的穗数、每穗实粒数、千粒重 3 个因素构成。以每株籽粒总重作单株理论产量分析指标,根据水稻收割后的含水率计算出单株的实际产量,然后进行统计分析不同加氧处理水稻产量的差异。

表 2 是应用统计学原理结合 SPSS 软件进行比较不同加氧处理下构成水稻产量的 3 个主要因素的相关分析。从不同加氧处理措施下产量及产量构成因素的相关分析表可以看出,相关系数均大于 0,3 个因素与单株籽粒重均成显著正相关。相关系数大说明该因素对水稻产量影响作用大。从表中的相关系数可知,超级稻穗数与产量的相关程度高,而千粒重与产量的相关程度低,表明穗数是超级稻产量的显著相关因素。加氧处理下对水稻产量的增加,主要是穗数的增加,其次是每穗实粒数,而对千粒重的影响较弱。这可能是千粒重是与水稻品种相关度较高,加氧处理措施不能改变水稻品种的遗传性状,对

谷粒大小未产生影响。从单株产量分析:夜间机械加氧大于白天机械加氧大于化学加氧大于对照不加氧。加氧处理提高了水稻单株产量,且夜间机械加

氧对超级稻单株产量的提高要优于其它加氧处理方式。在水稻生产中,提高水稻产量可采用有效的灌溉措施,优化产量的各构成因素,达到产量最优化。

表 1 不同加氧处理下超级稻产量因素的各项指标

处理	最多结实粒数	平均实粒数	平均穗总粒数	最大颖花数	平均结实率/%	株高/cm	千粒重/g	籽粒总重/g	秸秆干重/g
A1	242	132.82	156.40	268	85.48	127.5	24.89	136.07	109.75
A2	345	184.38	214.20	383	85.92	128.0	24.00	155.25	105.00
A3	239	127.80	151.23	284	84.54	121.0	24.44	145.41	109.50
B1	265	155.50	182.87	300	85.36	123.7	23.06	144.49	108.33
B2	318	164.26	196.54	332	84.07	117.2	22.88	145.08	110.50
B3	284	137.63	163.13	289	84.58	127.0	23.54	153.60	95.00
C1	295	152.36	172.93	316	76.62	117.0	23.71	143.80	96.00
C2	347	150.57	177.80	363	83.72	135.0	22.63	146.89	97.00
C3	276	163.76	186.21	298	88.06	126.0	24.04	138.96	97.50
CK	210	112.63	148.38	243	77.18	124.0	21.96	122.43	95.00

表 2 加氧处理措施与构成产量因素的相关性分析

处理	单株理论产量/g	单株实际产量/g	穗数相关系数	每穗实粒数相关系数	千粒重相关系数
白天机械加氧	145.577	111.949	0.845 *	0.790 *	0.500
夜间机械加氧	147.723	113.599	0.842 *	0.649	0.483
化学加氧	143.217	110.134	0.860 *	0.616	0.440
对照	122.430	94.1487	0.704 *	0.533	0.504

注: * 表示相关系数达到 0.05 显著性差异。

2.2 加氧处理对超级稻穗数的影响

从每块试验田中选取 6 株水稻收割后贴上标签放入试验室自然风干,然后统计各个处理组中的每株稻穗数,表 3 是每株超级稻穗数量。由表 3 可知,不同加氧处理下平均每株穗数均要高于常规对照处理。白天机械加氧 A1 处理组单株穗数达到最大,平均每株水稻穗数为 38.33。夜间机械加氧 B2 处理组单株穗数达到最大,平均每株水稻穗数为 40。化学加氧 C1 处理组单株穗数达到最大,平均每株水稻稻穗数为 38。对照不加氧 CK 处理组平均每株水稻分蘖成 32 株稻穗。表明加氧灌溉处理下能有效提高水稻每株穗数的增加,其中白天机械加氧组、夜间机械加氧组、化学加氧组的平均每株稻穗数分别高出对照组 17.5%、19.27%、12.8%。从表 3 中仅能判断出加氧处理下水稻穗数高于不加氧处理,不能区分各不同加氧措施之间的差异。因此,需对稻穗数进行单因素方差分析,比较不同加氧处理措施之间稻穗数的差异。

表 3 不同加氧处理下每株超级稻穗数

处理	编号	每株稻穗数						平均每株稻穗数
白天机械加氧	A1	41	37	36	36	39	41	38.33
	A2	38	35	34	39	36	40	37.00
	A3	40	37	39	34	36	39	37.50
夜间机械加氧	B1	41	41	39	38	43	38	40.00
	B2	37	36	39	40	41	35	38.00
	B3	36	39	35	36	34	39	36.50
化学加氧	C1	34	40	41	36	34	37	37.00
	C2	40	36	38	39	37	38	38.00
	C3	34	32	35	33	32	34	33.33
对照	CK	35	31	31	33	28	34	32.00

表 4 是假设加氧措施对每株稻穗数无显著影响,进行离差分解后方差分析的结果。由表 4 可知相伴概率 $P=0.01<0.05$,所以拒绝该假设,即认为加氧灌溉措施对超级稻的穗数有显著影响。方差分析只是将加氧灌溉措施对试验数据无显著影响做出了假设检验。当得出加氧灌溉措施对超级稻穗数有显著影响这一结果时,进一步比较不同加氧灌溉处

理方式两两间的是否有显著影响,进行了多重比较检验。表 5 为假设不同加氧处理方式之间对水稻穗数无显著差异后的多重比较的结果。通过不同加氧处理方式进行两两比较,其相伴概率 $P > 0.05$,就接受对应假设,即认为这两种处理方式相比较对超级稻的穗数无显著性差异,同理, $P < 0.05$,则存在显著性差异。分析结果表明:不同加氧处理方式之间对超级稻的穗数无显著性差异;加氧处理与对照不

加氧处理存在显著性差异。不同组之间超级稻穗数所表现的差异,是由加氧因素影响的结果。

表 4 方差分析

差异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	相伴概率
条件误差	186.483	2	93.242	7.666	0.01
随机误差	693.250	57	12.162		
总差异	879.733	59			

表 5 多重比较

(I) 加氧方式	(J) 加氧方式	均值差 (I - J)	标准误	相伴概率	95% 的置信区间	
					下限	上限
白天机械加氧	夜间机械加氧	0.361	1.007	0.721	-1.65	2.38
	化学加氧	0.257	1.056	0.631	-1.71	7.06
	对照不加氧	5.972 *	1.538	0.000	2.89	9.05
夜间机械加氧	白天机械加氧	-0.361	1.007	0.721	-2.38	1.65
	化学加氧	0.549	1.285	0.804	-1.44	3.91
	对照不加氧	5.611 *	1.644	0.001	3.67	8.54
化学加氧	白天机械加氧	-0.257	1.056	0.631	-7.06	1.71
	夜间机械加氧	-0.549	1.285	0.804	-3.91	1.44
	对照不加氧	4.276 *	1.239	0.001	-3.42	8.65
对照不加氧	白天机械加氧	-5.972 *	1.538	0.000	-9.05	-2.89
	夜间机械加氧	-5.611 *	1.644	0.001	-8.54	-3.67
	化学加氧	-4.276 *	1.239	0.001	-8.65	3.42

注: * 为平均在 0.05 水平差异显著。

3 结 论

(1)加氧处理能够明显提高超级稻产量,白天机械加氧、夜间机械加氧、化学加氧 3 种不同加氧处理方式中的单株理论产量分别高于不加氧处理 18.9%、20.66%、16.98%。

(2)通过对超级稻的产量及其构成因素的相关系数分析,每株穗数与产量呈显著正相关,加氧处理下可提高构成水稻产量相关因素中稻穗数的增加。不同加氧处理对超级稻穗数的比较分析得出机械加氧处理下稻穗数最多。

(3)不同加氧处理之间水稻稻穗数差异不显著,而与对照不加氧组相比较差异显著。加氧处理对超级稻穗数的增加,是由于水稻生长过程中加氧可促进水稻有效分蘖数的提高,每株水稻有效分蘖数提高使得穗数的增加,进而提高水稻产量。

参考文献:

[1] 彭世彰,蔡 敏,孔伟丽,等. 不同生育阶段水分亏缺对水稻干物质与产量的影响[J]. 水资源与水工程学报, 2012,23(1):10-14.

[2] Bhattarai S P,Su N, Midmore D J. Oxygation unlocks yield

potentials of crops in oxygerr limited soil environments [J]. Advances in Agronomy,2005,88(5):313-377.

[3] Sey B K, Manceur A M, Whalen J K,et al. Root-derived respiration and nitrous oxide production as affected by crop phenology and nitrogen fertilization [J]. Plant Soil, 2010, 326(3):369-379.

[4] 姚帮松. 调亏灌溉对巴西陆稻 IAPAR9 生长、生理生态及产量的影响[D]. 长沙:湖南农业大学资源环境学院,2006.

[5] 徐欢欢,姚帮松,苏宁虎,等. 输气灌溉对大棚秋黄瓜主要农艺性状的影响[J]. 华北水利水电学院学报,2011, 32(4):32-34.

[6] 卢 芳. 增氧灌溉对两种盆栽果树营养生长与果实品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2014.

[7] 熊元基,姚帮松,Su Ninghu,等. 不同加氧处理对超级稻种子萌发和幼苗农艺性状的影响[J]. 江西农业大学学报,2014,36(2):256-260.

[8] 王雪君,姚帮松,罗 琳,等. 土壤含水量对南荻种子萌发及幼苗农艺性状的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):287-289.

[9] 肖卫华,姚帮松,张文萍,等. 加氧灌溉对烟草生长影响规律的研究[J]. 中国农村水利水电,2014(2):30-32.

[10] 葛彩莲,蔡焕杰,王 健. 加氧滴灌对日光温室番茄生育末期各项生育指标和水分利用率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(6):12-18.