

赤霉素喷施量及时期 对水稻穗层整齐度和产量的影响

程建平¹ 赵 锋¹ 游爱兵² 游艾青¹ 吴建平¹

1. 湖北省农业科学院粮食作物研究所, 武汉 430064; 2. 湖北省农业机械工程研究设计院, 武汉 430068

摘要 为探明叶面肥(赤霉素与磷酸二氢钾混合液)中不同赤霉素(GA_3)剂量和喷施时期对水稻花期低温的调控效果,以遭受低温危害的中稻迟熟品种杂交稻培两优 537 和常规稻鄂中 5 号为材料,在叶面喷施 3 kg/hm^2 磷酸二氢钾的基础上,按每公顷添加 $0.0(A_0)$ 、 $7.5(A_1)$ 、 $15.0(A_2)$ 、 $22.5(A_3)$ 、 $30.0(A_4)$ 、 $37.5\text{ g}(A_5)$ 的 GA_3 分别于破口期(B_1)、始穗期(B_2)、抽穗期(B_3)、齐穗期(B_4)施用,考查水稻抽穗动态、穗层整齐度、产量及其构成。结果表明: GA_3 用量控制在 $15.0\sim 22.5\text{ g/hm}^2$,且在 B_1 或 B_2 期施用有利于提高水稻的千粒重、穗实粒数和结实率,缩短出穗的时间,进而提高产量,而在 B_3 或 B_4 喷施,则要适当加大 GA_3 喷施的剂量;加大 GA_3 的处理或在抽穗早期喷施均能提高水稻穗层的整齐度,但前者会影响籽粒的灌浆,降低千粒重。在叶面肥中增加 GA_3 可以提高水稻对低温的抗性,其中 $GA_3\ 15.0\sim 22.5\text{ g/hm}^2$ 是较为适当的喷施剂量,而对于因下雨等原因导致必须在抽穗后期喷施时,可适当加大 GA_3 的剂量。

关键词 水稻; 赤霉素; 叶面肥; 产量; 穗层整齐度

中图分类号 S 511.2⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)06-0657-06

磷酸二氢钾和外源激素叶片喷施具有优化水稻群体质量、提高产量和品质的功效,是抗灾保收的重要农业措施之一^[1]。其中喷施赤霉素(GA_3 ,简称“九二〇”)可显著延缓植物叶片早衰^[2-3],提高叶片中超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)的活性,降低过氧化产物丙二醛(MDA)的积累^[4]。喷施赤霉素可以控制无效分蘖,降低高峰苗数,提高水稻成穗数和成穗率,达到提高产量的目的,不同喷施量对水稻生育进程和生长状况有显著影响^[5]。杨建昌等^[6]认为,在灌浆初期喷施赤霉素溶液对结实率和千粒重有一定的不利影响,可能导致产量下降,并认为赤霉素处理后,水稻籽粒中的淀粉合成酶活性、淀粉含量及灌浆速率下降。而曾富华等^[4]研究发现在生育后期用适当处理的赤霉素溶液进行叶面喷施,降低了千粒重,而空秕率会明显降低,千粒重减轻与库容相对扩大后同化物的平均分配量有所减少有关。赤霉素作为作物育种上常用的外源激素,可以有效调节株高、穗颈长、穗长等形态特征,减少穗包茎率,增加授粉机率,大大提高制种量^[7]。

花期遇到低温冷害会导致水稻穗层整齐度降低、花粉败育,从而导致水稻结实率下降、产量降低。杨爱萍等^[8]利用 1971—2006 年 7 月下旬至 8 月底的湖北省历史气象资料,采用 ArcGIS 技术和 M-K 突变分析方法,对湖北省盛夏低温冷害进行了分析,发现湖北省盛夏发生低温冷害强度的范围由鄂西山区向江汉平原扩张,严重威胁水稻主产区的粮食安全。本研究探讨 GA_3 不同喷施量和喷施时期对花期低温水稻的穗层整齐度和产量的影响,以期为水稻高产、稳产的化学调控提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

水稻品种(基因型)选用湖北省农业科学院粮食作物研究所选育的杂交籼稻培两优 537 和常规籼稻鄂中 5 号,均为中籼迟熟品种(前者是用籼型光(温)敏核不育系培矮 64S 与鄂中 5 号配组育成的新组合,后者用从西班牙引进的水稻种子中选择的变异单株经系谱法选择育成的迟熟中稻品种)。水稻于

收稿日期: 2011-06-15

基金项目: 国家重大科技专项(2011BAD16B02)、国家“863”计划项目(2006AA100101)、国家科技支撑计划(2006BAD01A01)和湖北省重点科技项目(2006AA201A03)

程建平,博士,副研究员,研究方向:水稻栽培生理生态. E-mail: cjp666666@yahoo.com.cn

2010 年 4 月 25 日播种,6 月 9 日移栽,8 月 15—19 日进入抽穗扬花期。叶面肥仅添加磷酸二氢钾与赤霉素(GA₃)。

1.2 试验点概况

试验点位于湖北省宜城市(东经 111°87",北纬 31°36',海拔 60 m),属鄂中丘陵区,气候温和,雨量适中,四季分明,属亚热带季风气候区。年无霜期 240 d 左右,年降水量 850~1 000 mm,年日照 1 800~2 100 h,年平均气温 15~16℃,年平均相对湿度为 76%。2010 年 8 月下旬正值湖北省中稻的抽穗、灌浆期,而据气象预报,江汉平原及周边地区气温将较历史同期下降 1~4℃,部分水稻可能受到影响。为积极应对自然灾害,同时结合农业部统一部署,课题组选择该区进行赤霉素叶面喷施试验。所选田块连续种植水稻多年,前茬为小麦,土壤肥力中等,排灌顺畅。2010 年 8 月下旬,该区气温明显偏低,其中 8 月 21—24 日,白天平均气温仅为 18℃左右。

1.3 试验方法

试验为双因素裂区试验,即主区为叶面肥中赤霉素的剂量,副区为喷施时期。赤霉素剂量设 6 个水平,即每公顷水稻喷施 0.0(A₀)、7.5(A₁)、15.0(A₂)、22.5(A₃)、30.0(A₄)、37.5 g(A₅),与 3 kg 磷酸二氢钾混合叶面喷施;喷施时期设 4 个水平,B₁:破口期;B₂:始穗期(10%);B₃:抽穗期(50%);B₄:齐穗期(80%);即 A₀B₁、A₀B₂、A₀B₃、A₀B₄、A₁B₁、A₁B₂、A₁B₃、A₁B₄、A₂B₁、A₂B₂、A₂B₃、A₂B₄、A₃B₁、A₃B₂、A₃B₃、A₃B₄、A₄B₁、A₄B₂、A₄B₃、A₄B₄、A₅B₁、A₅B₂、A₅B₃、A₅B₄共 24 个处理。随机区组排列,3 次重复,小区面积 25 m²。试验选择 8 月 15 日和 19 日(分别为培两优 537 和鄂中 5 号穗破口期)开始处理,各处理均按 750 kg/hm²兑水进行喷施,喷施时避开雨天,田间管理按当地习惯进行。

1.4 观测项目

- 1)抽穗动态。每小区定点 10 穴,每天记载开始抽穗的穗数直至完全抽穗。
- 2)穗层整齐度。参见郭玉华等^[9]的方法(略有改动),即齐穗后,每小区取样 10 穴,分别测量倒 1 节间长度(穗颈长)、株高(根基到倒 2 叶叶尖)、穗长,以确定群体的整齐度,以 CV 值表示。
- 3)产量构成。于成熟期,每小区取样 12 穴,考查有效穗数、穗实粒数、结实率和千粒重。
- 4)产量。成熟期,收割小区中心 5 m²的水稻并

测产。

1.5 数据统计

数据均采用 Excel 整理,采用 SPSS 11.5 软件包处理,处理间差异均采用 Duncan 比较,3 次重复。

2 结果与分析

2.1 抽穗动态

由表 1 可见,喷施 GA₃后,水稻抽穗持续时间不同程度地缩短。培两优 537 在喷施未添加 GA₃的叶面肥后,抽穗时间一般为 9 d 左右,而鄂中 5 号抽穗时间较其推迟 2 d,受到后期低温的影响更大,达到 12 d 左右。培两优 537 A₁B₁、A₃B₂、A₂B₂、A₂B₁和 A₄B₂处理较不加 GA₃处理水稻抽穗时间缩短 3 d 左右,而鄂中 5 号 A₂B₃、A₃B₂和 A₁B₁抽穗时间缩短 4 d 左右。在不同抽穗时期喷施叶面肥,水稻达到穗数稳定的时间均随喷施量的增加呈先减后增的趋势。在相同的喷施剂量下喷施时期提前,水稻达到穗数稳定的时间缩短。

表 1 不同叶面肥喷施下水稻的抽穗持续时间

Table 1 Days of heading duration for rice under different foliar fertilizer treatment d				
喷施量 Dosage	喷施时期 Time	品种 Variety		
		培两优 537 Peiliangyou 537	鄂中 5 号 Ezhong 5	
A ₀	B ₁	8.7±0.6	12.0±1.1	
A ₁	B ₁	5.7±0.6	8.0±1.0	
A ₂	B ₁	6.3±0.6	9.3±1.2	
A ₃	B ₁	6.7±0.6	10.7±1.2	
A ₄	B ₁	7.3±0.6	11.0±1.0	
A ₅	B ₁	8.0±0.6	11.3±1.2	
A ₀	B ₂	8.7±1.2	12.0±1.4	
A ₁	B ₂	8.0±0.6	11.3±1.2	
A ₂	B ₂	6.3±0.6	9.3±1.5	
A ₃	B ₂	6.3±0.0	8.0±1.0	
A ₄	B ₂	6.3±0.6	10.7±1.2	
A ₅	B ₂	7.0±0.0	11.3±1.2	
A ₀	B ₃	9.3±0.6	12.0±1.0	
A ₁	B ₃	8.3±0.0	11.3±1.2	
A ₂	B ₃	6.7±0.6	7.7±0.6	
A ₃	B ₃	6.7±1.2	9.3±0.6	
A ₄	B ₃	7.0±1.2	11.0±0.0	
A ₅	B ₃	6.7±0.0	11.0±1.0	
A ₀	B ₄	9.3±0.6	11.7±0.6	
A ₁	B ₄	8.3±0.6	11.3±0.6	
A ₂	B ₄	8.3±0.6	11.3±1.2	
A ₃	B ₄	7.3±0.6	10.7±0.6	
A ₄	B ₄	7.3±0.6	11.0±1.0	
A ₅	B ₄	7.7±0.6	11.3±0.6	

2.2 穗部特征和穗层整齐度

由表 2 可见,水稻穗颈长、穗长和株高变异系数

依次减少,说明叶面肥喷施对株高的整齐度影响比前两者大。培两优 537 穗长受喷施剂量的影响较大,A₃处理下穗长较大。鄂中 5 号 A₁处理下穗长较 A₃短。喷施时期对 2 个品种的穗长影响不明显。穗颈长随 GA₃剂量增大而增加,而随着喷施时期后移而减小。其中培两优 537 和鄂中 5 号 A₅处理穗颈长(所有喷施时期平均)较 A₀ 分别增加 1.0 和

0.9 cm。培两优 537 株高有随喷施剂量增加而增加的趋势,而鄂中 5 号株高在 A₁ 和 A₂ 喷施剂量下相对较大。培两优 537 和鄂中 5 号均随赤霉素喷施剂量增加,株高的变异系数减小;喷施时期提前,株高的变异系数也减小。说明增大叶面肥的喷施剂量或提早喷施有提高水稻株高整齐度的趋势。

表 2 不同叶面肥喷施模式下水稻的穗长、穗颈长及株高

Table 2 Neatness of spike length,spike neck length and plant height for rice under foliar fertilizer patterns

处理 Treatment	培两优 537 Peiliangyou 537						鄂中 5 号 Ezhong 5					
	穗长		穗颈长		株高		穗长		穗颈长		株高	
	Spike length		Spike neck length		Plant height		Spike length		Spike neck length		Plant height	
	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV	平均值/cm Mean	变异系 数/% CV
A ₀ B ₁	25.9	4.1	2.6	18.0	116.5	1.3	26.1	1.6	2.5	37.0	119.5	1.2
A ₀ B ₂	25.5	4.7	2.7	24.2	121.1	1.2	26.0	4.3	2.6	38.8	121.7	1.3
A ₀ B ₃	26.5	0.4	2.9	27.5	122.7	1.6	26.0	1.5	2.7	32.9	123.9	1.4
A ₀ B ₄	26.1	2.8	2.6	29.2	127.1	2.0	25.8	0.6	2.5	47.5	128.8	1.6
A ₁ B ₁	26.9	2.0	3.2	3.6	129.6	1.1	24.8	3.6	2.8	14.0	129.3	0.9
A ₁ B ₂	26.5	1.2	3.2	15.0	132.2	1.2	26.4	1.4	3.0	19.0	133.5	1.0
A ₁ B ₃	26.9	1.9	3.2	27.2	115.6	1.3	25.2	2.8	2.9	37.3	118.9	1.1
A ₁ B ₄	26.1	2.5	3.2	4.1	121.4	1.8	25.0	1.7	2.6	34.7	123.0	1.4
A ₂ B ₁	26.5	6.0	3.4	8.4	121.7	0.7	26.0	1.2	3.4	10.0	124.6	0.8
A ₂ B ₂	26.0	2.3	3.3	5.6	127.2	0.9	26.0	0.6	3.2	17.3	126.7	1.0
A ₂ B ₃	25.8	1.7	3.4	2.5	130.2	1.4	25.7	3.9	3.2	9.5	129.8	1.1
A ₂ B ₄	26.0	3.9	2.9	28.0	128.3	1.8	25.0	2.0	3.1	23.6	129.2	1.6
A ₃ B ₁	26.9	2.8	3.2	2.7	115.9	0.7	26.3	1.8	3.6	2.8	117.9	0.8
A ₃ B ₂	26.7	2.3	3.3	7.4	120.6	1.2	25.6	3.6	3.5	16.8	119.0	1.1
A ₃ B ₃	26.6	0.9	3.4	5.9	120.7	1.2	26.3	1.5	3.4	13.2	119.7	1.2
A ₃ B ₄	26.8	2.7	3.8	4.8	125.2	1.5	26.4	1.1	3.2	3.2	121.8	1.3
A ₄ B ₁	26.6	2.7	3.0	9.6	128.1	0.6	26.0	0.8	3.6	6.7	123.1	0.7
A ₄ B ₂	24.0	4.5	3.2	23.3	123.2	0.9	25.7	4.2	3.4	10.0	128.1	0.9
A ₄ B ₃	25.9	1.3	3.1	19.2	119.5	1.1	25.9	4.6	3.3	3.5	118.7	1.1
A ₄ B ₄	26.3	1.7	2.9	9.0	121.1	1.2	25.4	2.0	3	40.9	119.6	1.2
A ₅ B ₁	26.0	4.2	3.8	14.2	120.6	0.4	25.4	2.5	3.7	10.7	121.7	0.7
A ₅ B ₂	27.1	3.0	3.7	12.7	125.9	0.6	25.8	3.9	3.6	11.5	124.8	0.8
A ₅ B ₃	27.0	3.8	3.7	11.9	126.1	0.8	26.1	1.9	3.5	16.6	126.5	1.0
A ₅ B ₄	26.8	3.2	3.4	22.7	127.8	1.2	26.3	2.1	3.0	31.6	123.9	1.3
平均 Mean	26.3	2.8	3.2	14.0	123.7	1.2	25.8	2.3	3.1	20.4	123.9	1.1

2.3 产量构成

由表 3 可见,受到喷施叶面肥的影响,水稻产量构成因素差异显著,品种间也存在明显差异。培两优 537 以 A₃ 喷施剂量下千粒重最大,而 A₅ 最小,A₁、A₂、A₄ 与 A₀ 差异不显著($P<0.05$);喷施时期以 B₂ 和 B₃ 较佳。穗粒数和结实率以剂量 A₃ 最佳,其余也均较 A₀ 多;喷施时期以 B₁ 最佳,其余时期差

异不显著。有效穗数在喷施剂量 A₂ 下最多,喷施时期对其无明显影响。鄂中 5 号以 A₂ 喷施剂量千粒重最大,而 A₄ 和 A₅ 最小,A₁、A₃ 与 A₀ 差异不显著($P>0.05$);喷施时期以 B₂ 和 B₁ 较佳。穗粒数和结实率以剂量 A₃ 最佳,其余均较 A₀ 多;喷施时期以 B₂ 和 B₃ 较好,B₄ 较差。有效穗数以 A₄ 和 A₂ 最多,A₀ 最少。

表 3 不同处理对水稻产量构成的影响

Table 3 Yield component of rice under different foliar fertilizer treatment

鄂中5号 Ezhong 5																	
处理 Treatment	有效穗数				产量/(t/hm ²)				穗实粒数				千粒重/g				
	Panicle number		Grain number		Yield		Panicle number		Yield		Grain number		Fertility				
	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	平均值/ (×10 ⁴ /hm ²)	变异 系数/% CV	Fertility 率/%				
														1 000-grain-weight		Fertility	
														Mean	CV	Mean	CV
A ₀ B ₁	228.0 cdefgh	2.5	143.8 a	2.8	79.9 ab	24.4 cde	7.95 a	3.8	225.0 bcd	2.6	132.2 abc	1.3	82.6 a	24.1 bcd	6.91 a	3.0	
A ₀ B ₂	226.5 cdef	3.7	139.0 a	4.3	77.2 a	24.8 efg	7.87 a	1.7	228.0 bcdef	2.4	130.1 ab	5.3	81.3 a	24.6 fghi	6.96 a	2.0	
A ₀ B ₃	217.5 bcde	3.5	146.3 ab	2.0	81.3 bc	24.7 def	7.92 a	2.2	213.0 a	1.5	132.9 abcd	2.4	83.1 a	24.3 bcdef	6.98 a	1.4	
A ₀ B ₄	220.5 bcde	3.1	147.6 ab	2.5	82 bc	24.4 cde	8.02 a	1.3	219.0 ab	1.5	130.3 abc	4.1	81.5 a	24.5 defg	7.01 a	2.1	
A ₁ B ₁	243.0 ghij	2.1	163.5 def	3.8	90.8 c	24.9 fg	9.83 k	3.1	249.0 ik	2.1	140.7 efghi	2.4	88.0 ab	24.6 defgh	8.58 ijk	0.6	
A ₁ B ₂	202.5 a	3.1	167.9 ef	5.8	93.3 c	25.2 g	8.65 cd	3.5	229.5 bcdef	2.0	136.9 bcdef	2.0	85.5 ab	24.1 bcd	7.47 bcde	1.8	
A ₁ B ₃	219.0 bcde	2.4	154.9 bcd	3.8	86 bc	24.8 efg	8.54 cd	3.3	225.0 bcd	1.5	137.6 bcdef	1.0	86.0 ab	24.4 cdefg	7.59 bcd	0.3	
A ₁ B ₄	237.0 fghij	2.2	148.8 abc	1.2	82.6 a	23.1 a	8.18 ab	1.7	232.5 cdefg	2.1	131.4 abc	2.0	82.1 a	24.4 cdefg	7.53 bc	0.8	
A ₂ B ₁	234.0 efghij	4.4	168.0 ef	2.5	93.3 c	24.2 bcd	9.58 ik	2.8	238.5 fghij	1.8	144.1 efghi	1.6	90.0 ab	24.6 efgh	8.42 hij	2.3	
A ₂ B ₂	249.0 j	2.4	158.9 cde	2.0	88.3 bc	24.8 efg	9.79 k	3.5	247.5 ijk	4.7	137.4 bcdef	4.3	85.9 ab	24.8 hi	8.53 ijk	4.4	
A ₂ B ₃	247.5 ij	1.9	158.4 cde	2.8	88 bc	24.4 cde	9.51 hik	1.6	244.5 hijk	4.9	143.8 efghi	2.8	89.9 ab	25.1 i	8.77 k	3.4	
A ₂ B ₄	228.0 cdefg	5.1	155.5 bcd	6.2	86.4 ab	24.6 def	8.48 bc	0.7	226.5 bcde	1.2	132.0 abc	2.0	82.5 ab	24.6 ghi	7.38 b	1.8	
A ₃ B ₁	220.5 bcdef	0.8	172.6 f	1.4	95.9 c	24.9 fg	9.51 hik	1.9	226.5 bcde	2.9	148.1 i	3.3	92.6 b	24.9 hi	8.17 gh	1.8	
A ₃ B ₂	228.0 cdefg	6.0	172.0 f	3.2	95.6 c	24.7 def	9.79 k	2.9	237.0 efghij	4.9	143.3 efgh	1.3	89.6 ab	24.9 hi	8.62 jk	2.3	
A ₃ B ₃	223.5 cdef	3.1	173.5 f	4.4	96.4 c	24.8 efg	9.42 hi	3.1	241.5 fghij	1.0	145.5 ghi	2.6	90.9 ab	23.5 a	8.32 ghi	3.2	
A ₃ B ₄	220.5 cde	6.3	164.0 def	3.8	91.1 ab	24.7 ef	9.06 fg	3.4	232.5 cdefg	4.0	146.2 hi	3.3	91.4 ab	24.1 bcd	8.10 fg	3.5	
A ₄ B ₁	205.5, 5 ab	2.2	172.3 f	2.4	95.7 c	24.5 def	8.98 efg	2.7	255.0 k	2.3	127.9 a	0.9	79.9 a	24.1 bcd	7.78 de	2.1	
A ₄ B ₂	244.5 hij	0.7	158.5 cde	1.1	88.1 ab	24.4 cde	9.55 ik	3.7	241.5 fghij	5.2	140.1 efghi	2.6	87.6 ab	24.2 bcdef	8.29 ghi	6.4	
A ₄ B ₃	231.0 efgh	3.4	159.5 cde	6.9	88.6 ab	24.9 fg	9.18 gh	2.1	235.5 defghi	2.0	138.2 defgh	0.6	86.3 ab	24.2 bcde	7.76 cde	1.8	
A ₄ B ₄	217.5 bcd	1.6	166.9 ef	3.6	92.7 c	24.7 efg	9.07 fg	4.5	234.0 cdefgh	1.8	136.7 bcde	1.3	85.4 a	24.1 bc	7.75 cde	1.3	
A ₅ B ₁	220.5 bcdef	0.8	165.0 def	2.0	91.7 ab	23.9 b	8.67 cde	2.6	228.0 bcdef	2.6	137.3 bcdef	1.3	85.8 ab	24.2 bcdef	7.53 bcd	2.1	
A ₅ B ₂	213.0 abc	9.2	162.4 def	3.6	90.2 ab	24.7 def	9.25 def	8.4	217.5 ab	1.3	147.5 hi	1.6	92.2 b	23.8 ab	7.63 bcde	2.0	
A ₅ B ₃	232.5 defghi	4.2	165.2 def	5.4	91.8 ab	24.0 bc	8.82 ghi	0.6	223.5 abc	4.1	144.7 fghi	4.7	90.5 ab	23.6 a	7.71 cde	2.3	
A ₅ B ₄	226.5 cdef	1.5	169.0 ef	0.7	93.9 c	24.0 bc	9.31 ghi	1.3	237.0 efghi	1.2	137.9 bcdefg	1.6	86.2 ab	23.7 a	7.84 ef	1.2	

叶面肥喷施后,各处理均有不同程度的增产,且不同品种对处理在产量上的响应存在显著的差异。培两优 537 在叶面肥喷施后,产量有不同程度的提高,其中以 A_1B_1 、 A_3B_2 、 A_2B_2 、 A_2B_1 产量较高,分别较不加 GA_3 的几个处理(A_0B_1 、 A_0B_2 、 A_0B_3 和 A_0B_4) 平均产量提高 23.1%、22.6%、22.6% 和 19.9%,而产量较低的处理是 A_1B_4 和 A_2B_4 ,与未加 GA_3 的对照产量差异不显著;鄂中 5 号在叶面肥喷施后,产量也有不同程度的提高,其中 A_2B_3 、 A_3B_2 、 A_1B_1 、 A_2B_2 产量较高,分别较不加 GA_3 的几个处理提高 22.4%、22.3%、21.7% 和 21.0%,而处理 A_2B_4 和 A_1B_2 和 A_1B_4 产量较低,与未加 GA_3 的对照产量差异不显著。

3 讨论

赤霉素是调节植物生长发育的重要激素。 GA_3 诱导 $GA20ox2$ 基因表达,显著促进水稻地上部分的伸长,产生高秆表型^[10],同时会抑制水稻根系的生长,提高叶片叶绿素、可溶性蛋白含量和细胞膜透性,防止叶片早衰^[11]。喷施 GA_3 作为水稻制种生产上的一个关键技术,能够提高水稻柱头生活力和异交结实率、减少穗包颈、提高穗层整齐度^[12-13]。

3.1 外源赤霉素对抽穗动态和整齐度的影响

喷施含有 GA_3 的叶面肥可以缩短抽穗的时间(一般可以提前 1 d 完全抽穗),但随喷施时间推迟,其抽穗时间可能延长(表 1),而喷施剂量过大,也可能缩短抽穗时间,这与杨艳华等^[11]、袁国良等^[14] 研究结果一致。本研究中,培两优 537 的 A_1B_1 、 A_2B_1 、 A_2B_2 和 A_4B_2 处理的一些植株抽穗时间缩短超过 3 d,可能是抽样调查时选择植株的分蘖数差异较大的原因;株高和穗颈长随 GA_3 剂量增大而增加,而随喷施时期的提前而增加,这与 Huang 等^[11] 的研究是一致的。增加 GA_3 的剂量或较早喷施,株高整齐度提高;在 A_3 剂量下穗颈长整齐度最好(表 2),这与以往研究结果一致^[9,13]。

3.2 外源赤霉素对产量形成因素的影响

综合不同喷施时期的试验结果, A_2 和 A_3 剂量下,水稻平均产量最高;而在同一剂量下,在 B_1 和 B_2 喷施水稻平均产量较高(表 3)。外源赤霉素对籽粒千粒重的影响很显著,其中 A_2 处理显著提高了籽粒的千粒重,而 A_5 显著降低籽粒的千粒重。推迟喷施时间会降低籽粒的千粒重,其原因可能是 GA_3 可诱导产生或激活 α -淀粉酶等水解酶而不利于淀粉和

蛋白质的合成和积累^[15-17]。

从喷施剂量和时期的互作效应上看, A_1B_1 、 A_3B_2 和 A_2B_2 在产量或穗层性状上表现较好。鉴于所选品种不同和田间气候、土壤等栽培条件的差异,此 3 个喷施剂量和喷施时期组合是否为最佳,仍需进一步验证。

GA_3 在抽穗前期喷施有利于提高水稻株高的整齐度,用量越大,其整齐度越高。穗颈长以 A_3 剂量整齐度最高。抽穗期叶面肥 GA_3 喷施剂量控制在 15.0~22.5 g/hm² 时产量较高;喷施时间推迟后,适当提高 GA_3 喷施剂量也可以提高水稻产量。叶面肥在破口或始穗期喷施用药剂剂量控制在 7.5~15.0 g/hm² 时,可获得较高产量。 GA_3 剂量过高可能降低千粒重, GA_3 控制在 15.0~22.5 g/hm² 较有利于提高籽粒的千粒重。 GA_3 在 22.5 g/hm² 喷施量下穗实粒数和结实率最高。水稻在破口期处于正常温度范围内时,应尽量选择早喷、少喷(15.0 g/hm²)的措施。对于花期遇到低温的田块,可选择在始穗期或抽穗期喷施,且喷施剂量控制在 15.0~22.5 g/hm² 范围内。如遇到雨天耽误了最佳喷施时期,可适当加大喷施剂量。

参考文献

- [1] 高鲁疆,刘继峰.水稻不同叶面肥筛选试验[J].垦殖与稻作,2006,89(2):89-90.
- [2] 周奶弟,吴旦良,郭小荷.水稻强化栽培条件应用不同叶面肥的增产效果研究[J].土壤肥料,2008(5):22-23.
- [3] 曾富华,罗泽民.赤霉素对杂交水稻生育后期剑叶中活性氧清除剂的影响[J].作物学报,1994,20(3):347-350.
- [4] 张文学,彭春瑞,孙刚,等.不同外源激素对二晚后期叶片衰老的影响[J].江西农业学报,2007(2):11-13.
- [5] 孙兵,钱晓刚,苏昌龙,等.超高产栽培中水稻无效分蘖的化学控制技术研究[J].耕作与栽培,2010(1):4-8.
- [6] 杨建昌,王志琴,朱庆森,等.ABA 与 GA 对水稻籽粒灌浆的调控[J].作物学报,1999,25(3):347-348.
- [7] 王嘉宇,徐正进.外源赤霉素对不同穗型水稻穗部性状的影响[J].沈阳农业大学学报,2005,36(1):18-20.
- [8] 杨爱萍,冯明,刘安国.湖北省水稻盛夏低温冷害变化特征分析[J].华中农业大学学报,2009,28(6):771-775.
- [9] 郭玉华,赵鑫闻,兰彩霞,等.杂交粳稻产量及其构成因素的杂种优势与衰退初步研究[J].杂交水稻,2008,23(1):68-70.
- [10] HUANG S, RAMAN A S, REAM J E. Over-expression of 20-oxidase confers a gibberellin-overproduction phenotype in *Ara-bidopsis*[J]. Plant Physiology, 1998, 118(3): 773-781.
- [11] 杨艳华,张亚东,朱镇,等.赤霉素(GA_3)和脱落酸(ABA)对不同水稻品种生长和生理特性及 $GA20ox2$ 、 $GA3ox2$ 基因表达的影响[J].中国水稻科学,2010,24(4):433-437.

[12] 朱斌成. 施用“九二〇”对杂交水稻制种父母本农艺性状的影响[J]. 江西农业学报, 1998(6): 4-6.

[13] 吕凯, 魏凤娟, 吴永辉, 等. 施肥和激素对水稻不育系柱头外露率和结实率的影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(4): 641-642.

[14] 袁国良, 况浩池, 曾正明, 等. “九二〇”用量和施用时期对泸香 91A 性状和泸香 615 制种产量的影响研究[J]. 中国稻米, 2008 (3): 63-65.

[15] 董明辉, 刘晓斌, 陆春泉. 外源 ABA 和 GA 对水稻不同粒位主要米质性状的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(5): 899-906.

[16] BRENNER M L, CHEIKH N. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling[M]// DAVIES P J. Plant hormones, physiology, biochemistry and molecular biology. Dordercht: Kluwer Academic Publishers, 1995: 649-670.

[17] YANG J C, PENG S B, VISPERAS R M, et al. Grain filling pattern and cytokinin content in the grains and roots of rice plants[J]. Plant Growth Regulation, 2000, 30: 261-270.

Effects of spraying exogenous gibberellin (GA₃) at heading stage on heading uniformity and yield of rice

CHENG Jian-ping¹ ZHAO Feng¹ YOU Ai-bing² YOU Ai-qing¹ WU Jian-ping¹

1. Food Crops Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;
2. Institute of Hubei Agricultural Engineering Research and Design, Wuhan 430068, China

Abstract To explore the controlling effect of different dosages of gibberellin(GA₃) contained in the foliar fertilizer mingled by potassium dihydrogen phosphate and gibberellin(GA₃) and the spraying times of gibberellin(GA₃) at heading stage on the resistance of rice to low temperature stress during the flowering period, two rice cultivars matured lately and sensitive to low-temperature stress at heading stage, hybrid ‘Peiliangyou 537’ and conventional ‘Ezhong 5’, were used as experimental materials in this study. Twenty four adjustment patterns including the supplement of 0. 0 (A₀), 7. 5 (A₁), 15. 0 (A₂), 22. 5 (A₃), 30. 0 (A₄), 37. 5 g (A₅) of GA₃ based on 3. 0 g/hm² potassium dihydrogen phosphate and the spraying time at spike initial appearance stage (B₁), initial heading stage (B₂), heading stage (B₃), full heading stage (B₄) were adopted, thereafter heading dynamics, uniformity of panicle layer, yield and yield components of rice were investigated. The results showed that the 1 000-grains weight, grains per panicle, rate of seed setting, heading time and yield of rice under the patterns with spraying dosage of GA₃ at 15. 0-22. 5 g/hm² and the spraying time at B₁ or B₂ were better than those under other patterns and spraying times. However, under spraying the foliar fertilizer at B₃ or B₄, high rice yield requires the increase of spraying dosage. Increasing of spraying dosage or earlier spray time during heading period could improve the uniformity of rice panicle layer, but the former would diminish grain-filling and decrease 1000-grain weight. The addition of GA₃ in the fertilizer can increase the resistance of rice to low temperature, in which the appropriate dosage of GA₃ is 15. 0-22. 5 g/hm². The increased dosage of GA₃ may be useful to improve rice yield when the foliar fertilizer spraying time is delayed due to rain.

Key words rice; GA₃ (gibberellin); foliar fertilizer; yield; heading uniformity

(责任编辑: 张志钰)