

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201604003

引文格式: 赵健, 赵志国, 唐凤鸾, 等. 三种植物生长调节物质对白及幼苗假鳞茎生长发育的影响 [J]. 广西植物, 2017, 37(1):96-101.
ZHAO J, ZHAO ZG, TANG FL, et al. Effects of three plantgrowth regulators on the growth of pseudobulbs in *Bletilla striata* seedlings [J]. Guihaia, 2017, 37(1):96-101.

三种植物生长调节物质对白及幼苗假鳞茎生长发育的影响

赵 健, 赵志国, 唐凤鸾, 蒋庆鸿, 龚庆芳, 仇 硕*

(广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国 科学院

摘 要: 该研究以一年生白及幼苗为材料, 通过测定生物量、氨基酸含量、蛋白质及多糖含量的变化, 研究不同浓度的芸苔素内酯(BR)、萘乙酸(NAA)和茉莉酸甲酯(Me-JA)喷施对白及幼苗假鳞茎快速生长发育影响。结果表明: $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 处理组, 假鳞茎鲜重达 3.39 g/株, 高于其他处理组, 分别是清水对照(CK1)和沼气肥对照组(CK2)的 1.19 倍和 1.25 倍; 单个假鳞茎(单株)的新生萌芽数也高于其他处理, 达到 2.17 个, 说明生产效益至少可提高 19%。把两个对照组和三种植物生长调节物质处理后假鳞茎产量最高的处理组(即 $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR、 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NAA 和 $0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Me-JA)进一步测定假鳞茎氨基酸、蛋白质和多糖含量, 发现 CK2 氨基酸含量最高, 高达 8.58%, 而 CK1 含量最低, 仅为 5.21%, 三种植物生长调节物质处理组分别是 7.26%、7.53% 和 5.69%。蛋白质含量由高到低依次是沼气肥对照组、 $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ BR、 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA、 $0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ME-JA 和清水对照组, 它们的含量分别是 11.6%、11.0%、10.5%、9.14%、7.72%, 这说明与氨基酸含量基本一致。三种植物生长调节物质处理后白及多糖含量分别为 24.2%、26.5%、26.5%, 均远高于清水对照(19.3%)和沼气肥对照(21.8%)。综合分析认为, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 能同时提高白及假鳞茎的产量和质量。该研究结果对于白及规模化种植栽培具有重要指导意义。

关键词: 植物激素, 产量, 品质特性, 多糖

中图分类号: Q945, R282.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)01-0096-06

Effects of three plantgrowth regulators on the growth of pseudobulbs in *Bletilla striata* seedlings

ZHAO Jian, ZHAO Zhi-Guo, TANG Feng-Luan, JIANG Qing-Hong,
GONG Qi-Fang, QIU Shuo*

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and
Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: Effects of Brassinolide (BR), Naphthaleneacetic acid(NAA) and Methyl Jasmonate(Me-JA) on the growth of pseudobulbs in *Bletilla striata* seedlings were studied by measuring biomass, amino acid contents, protein contents and polysaccharide contents with annual seedlings, and economic efficiency were further analyzed. The results showed that the pseudobulbs weight of *B. striata* treated by $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ BR was 3.39 g · FW, which was the highest

收稿日期: 2016-04-06 修回日期: 2016-06-11

基金项目: 广西科学研究与技术开发项目(桂科重 1355001-5-11, 桂科重 14124002-5, 桂科能 14121008-1-10); 广西自然科学基金(2013GXNSFBA019105) [Supported by Guangxi Technology R & D Program (1355001-5-11; 14124002-5; 14121008-1-10); Natural Science Foundation of Guangxi (2013GXNSFBA019105)]。

作者简介: 赵健(1963-), 男, 广西玉林人, 副研究员, 主要从事药用植物的引种栽培及开发工作, (E-mail) zhaoj@gxib.cn。

*通信作者: 仇硕, 博士, 副研究员, 主要从事观赏植物栽培生理及分子生物学研究, (E-mail) qiushuo001@163.com。

among all treatments, and it was 1.19 times and 1.25 times of water treatment (CK1) and biogas fertilizers treatment (CK2), respectively. At the same time, the new bud number was 2.17 for *B. striata* treated by 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR, which was also higher than other treatments. The results indicated the production efficiency will be improved at least 19% treated by 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR for *B. striata*. In comparison to CK1 and CK2, amino acid contents, protein contents and polysaccharide contents of the pseudobulbs of *B. striata* treated by 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR treatment, 0.5 mmol \cdot L $^{-1}$ NAA treatment and 0.25 mmol \cdot L $^{-1}$ Me-JA treatment were further measured, respectively. It was 5.21% and 8.58% for the amino acid contents of CK1 and CK2, respectively. And it were 7.26%, 7.53% and 5.69% for that of 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR, 0.5 mmol \cdot L $^{-1}$ NAA and 0.25 mmol \cdot L $^{-1}$ Me-JA, respectively. The protein contents were the same to that of amino acid contents from high to low for the pseudobulbs of *B. striata*, that was CK2 > 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR > 0.5 mmol \cdot L $^{-1}$ NAA > 0.25 mmol \cdot L $^{-1}$ ME-JA > CK1, the contents were 11.6%, 11.0%, 10.5%, 9.14% and 7.72%, respectively. However, the polysaccharide contents treated by 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR, 0.5 mmol \cdot L $^{-1}$ NAA and 0.25 mmol \cdot L $^{-1}$ Me-JA were 24.2%, 26.5% and 26.5%, respectively, the three treatments were all higher than that of CK1 (19.3%) and CK2 (21.8%). In conclusion, not only the yields of pseudobulbs were promoted but the quality characteristics were improved if *B. striata* were treated by 1.6×10^{-4} mmol \cdot L $^{-1}$ BR. This plays an important role in the large scale planting of *B. striata* in the future.

Key words: plant hormones, yields, quality characteristics, polysaccharide

白及 (*Bletilla striata*) 为兰科白及属 (*Bletilla*) 多年生块茎类植物, 花紫红色或粉红色, 又名白芨或紫花三叉白芨, 别名白根、地螺丝、羊角七等。生于海拔 100~3 200 m 的常绿阔叶林下, 栎树林或针叶林下、路边草丛或岩石缝中(中国植物志编辑委员会, 1999), 具有很高的药用价值和观赏价值。药品“白及”即来源于白及 (*B. striata*) 的干燥块茎, 其性微寒, 味苦、甘、涩, 具有收敛止血、消肿生肌之功效, 用于治疗咳血、吐血、外治出血、疮疡肿毒及皮肤皲裂等(国家药典委员会, 2015)。白及化学成分复杂, 目前已报道有 50 多种(赵艳霞等, 2013; 仰莲等, 2014; 孙爱静等, 2016), 其中研究最多的是白及胶, 即白及多糖, 是由 4 份甘露聚糖和 1 份葡萄糖组成的(Yamaki et al, 1991; Dong et al, 2009)。现代医学还证明, 白及还具有较强的抗氧化和抗衰老作用, 具有消炎、止痒、消退色斑、消除痤疮、防止粗糙、抗冻防裂等作用(芮海云等, 2003; 张卫明和蒋建新, 2003)。此外, 白及叶态优美、花型独特、花大色艳, 姿态秀雅, 可在花径、石山旁丛植或用作稀疏林下的地被植物, 也可用来布置花坛和室内观赏等(白晶, 2010)。白及还可作糊料, 制作高级香烟的烟蒂, 工业上的浆丝绸、浆纱或作涂料等原料以及酿酒等(刘光斌等, 2005)。

随着白及应用越来越广, 市场供不应求, 对其栽培也越来越受到重视。白及幼苗定植生长一年后, 地下假鳞茎即可长出 1~3 个分叉(歧), 并于 9~10

月份, 在相应的分叉上长出新芽, 而新芽的多少决定着第二年的新生假鳞茎数量, 继而影响随后几年的产量。因此, 促使白及幼苗假鳞茎快速生长发育, 对于规模化种植白及提高生产效益具有重要意义。

植物生长调节物质越来越广泛地被应用于农业生产中, 已在大田作物、果树、蔬菜、林木、花卉等方面得到了广泛应用, 对农业增产增收做出了巨大的贡献(Amrjit, 2000; 翟丙年等, 2003; 许智宏和李家洋, 2006)。如芸苔素内酯(Brassinolide, BR), 一种天然植物激素, 是国际上公认为活性最高的高效、广谱、无毒的植物生长激素, 它能充分激发植物内在潜能, 通过综合调节平衡促进作物生长和增加作物产量, 提高作物的抗逆性(Sasse, 1997; 陈秀和方朝阳, 2015)。乔晶等(2016)研究发现外源喷施 0.7 mg \cdot L $^{-1}$ BR 可以同时提高栽培甘草的产量和质量。李金亭等(2015)发现 0.15 mmol \cdot L $^{-1}$ Me-JA 浸种处理牛膝种子, 能够显著促进根中蜕皮甾酮的积累, 有利于牛膝药材产量和品质的提高。但有关植物生长调节物质在珍贵药材白及中的利用报道较少, Yoon et al (2002)发现 BA、KT 等不能促进白及发芽。本研究利用不同浓度的芸苔素内酯(BR)、萘乙酸(NAA)和茉莉酸甲酯(Me-JA)喷施白及一年生幼苗, 研究其对生物量、萌芽、氨基酸、蛋白质和多糖的影响, 筛选适宜促进白及幼苗快速生长发育并能提高品质的植物生长调节物质和浓度, 旨在为白及规模化栽培种植提供指导。

1 材料与方 法

1.1 研究地概况

试验地位于广西桂林市资源县资源镇隘门界地区,海拔 900 m 左右。属亚热带季风湿润气候区,具有明显的山地气候特征。土壤基本理化性质送广西壮族自治区分析测试研究中心测试, pH 4.66, 有机质 29.3, 钙(Ca) 0.6 g · kg⁻¹, 铁(Fe) 2.74%, 镁(Mg) 2.8 g · kg⁻¹, 锰(Mn) 509 mg · kg⁻¹, 锌(Zn) 55.1 mg · kg⁻¹, 钴(Co) 9.40 mg · kg⁻¹, 镍(Ni) 29.5 mg · kg⁻¹。土壤为沙壤土、土层深厚、土质肥沃、水热条件好。种植前, 深挖排水沟, 保证雨季排水畅通, 每亩施 1 500~2 000 kg 的鸡粪做基肥; 开沟种植, 沟深 8~10 cm, 种植后覆盖 3~5 cm 细土。在 4~6 月份, 每 15 d 左右增施一次复合肥, 每亩施 30~40 kg。锄草、淋水按正常管理进行。

1.2 材料及试验设计

试验选择白及幼苗, 为广西植物研究所生产的组培苗, 2014 年 6 月份出瓶移栽, 2015 年 3~4 月份定植。试验设重复 3 次, 每个小区约 200 株, 种植密度 20 cm × 15 cm。试验设对照组 1(CK1): 清水喷施; 对照组 2(CK2): 沼气水肥(沼液); 芸苔素内酯(BR, 硕丰 481 花之果, 成都新朝阳作物科学有限公司, 净含量 0.007 5%); 以净含量计算, 用水稀释成 0.4 × 10⁻⁴、0.8 × 10⁻⁴ 和 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 的溶液处理; 萘乙酸(NAA, 购自 Biosharp 公司): 0.25、0.50 和 1.0 mmol · L⁻¹; 茉莉酸甲酯(Me-JA, 购自 Sigma 公司): 0.25、0.50 和 1.0 mmol · L⁻¹。分别于 2015 年 7 月 15、7 月 30 和 8 月 15 日 16:00~18:00 点喷施, 每个处理喷施约 700 mL; 沼气肥通过灌根的方式施肥, 每个处理大约 5 L。

1.3 测定指标和方法

于 2015 年 10 月取样, 每个重复随机取 10 株, 测量地上部鲜重、根系鲜重、假鳞茎鲜重和萌芽数量, 再取平均值。

把 CK1、CK2 以及 BR、NAA 和 Me-JA 等三种植物生长调节物质处理中假鳞茎产量最高的处理组分别洗净、煮约 10 min, 不断搅拌至透心时取出, 切片晒至全干。粉碎机粉碎, 过 50 目筛, 三个重复混匀, 送广西壮族自治区分析测试研究中心, 测定氨基酸、蛋白质和多糖含量。其中氨基酸检验是依据食品中氨基酸的测定(GB/T 5009.124-2003)进行; 蛋白质

的测定根据中华人民共和国国家标准 GB5009.5-2010, 即食品中蛋白质的测定进行检测; 多糖的测定根据食用菌中粗多糖含量的测定标准(NY/T1676-2008)进行, 结果以干基计。

2 结果与分析

2.1 三种植物生长调节物质对白及生物量和萌芽的影响

不同浓度的芸苔素内酯等三种植物生长调节物质喷施白及后, 每株的地上部鲜重、根系鲜重和假鳞茎鲜重等生物量及萌芽数量见表 1。就地上部鲜重说, 0.8 × 10⁻⁴ 和 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ BR 处理的白及相对较高, 分别达到 0.64 g 和 0.65 g, 沼气肥对照组 0.61 g, 其他处理都小于这三组数据, 清水作对照和 1.0 mmol · L⁻¹ 的 NAA 处理组相对较低, 分别为 0.49 g 和 0.47 g。就根系鲜重比较, 沼气肥和 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 的 BR 处理组相对较高, 分别达到 1.54 g 和 1.53 g, 1.0 mmol · L⁻¹ 的 NAA 处理组最小, 只有 0.52 g, 明显小于其它处理($P < 0.05$)。从表 1 假鳞茎鲜重看, 白及经 0.4 × 10⁻⁴ ~ 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 的 BR 喷施后, 假鳞茎鲜重均高于其它处理, 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 的 BR 处理组最高, 高达 3.39 g, 分别是清水和沼气肥对照组的 1.194 倍和 1.246 倍。表 1 还显示了单个假鳞茎(单株)的新生萌芽数, 经过不同浓度的 BR 处理后, 萌芽数均高于其它处理(≥ 2.1 个/个), 其中最高的是 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 处理组, 达到 2.17 个萌芽数。

2.2 三种植物生长调节物质对白及氨基酸含量的影响

把两个对照组和三种植物生长调节物质处理后假鳞茎最重的处理组(即 1.6 × 10⁻⁴ mmol · L⁻¹ 的 BR、0.5 mmol · L⁻¹ 的 NAA 和 0.25 mmol · L⁻¹ 的 Me-JA), 分别测定氨基酸, 结果见表 2。表 2 中显示, 氨基酸含量最高的是沼气肥, 含量高达 8.58%; BR 和 NAA 处理组含量分别为 7.26% 和 7.53%; 而清水对照组和 Me-JA 处理组含量较低, 分别只有 5.21% 和 5.69%。所有处理中, 各氨基酸含量最高的均是 Asp(天门冬氨酸), 分别达到 1.05%、2.28%、1.67%、1.68%、1.22%, 其次是 Glu(谷氨酸), 分别为 0.78%、1.19%、1.04%、1.11%、0.76%。两者之和分别占总氨基酸含量的 35.12%、40.44%、37.33%、37.05%、34.80%, 这与我们研究白及和黄花白及所含氨基酸

表 1 三种植物生长调节物质对白及生物量和萌芽的影响
Table 1 Effects of three plant growth regulators on biomass and bud numbers of *B. striata*

处理 Treatment	浓度 Concentration (mmol · L ⁻¹)	地上部鲜重 Fresh weight of shoot (g)	根系鲜重 Fresh weight of root (g)	假鳞茎鲜重 Fresh weight of pseudobulb (g)	萌芽数 (个) Bud number
清水 CK1		0.49 ± 0.02ab	0.82 ± 0.20bcd	2.84 ± 0.07bc	2.03 ± 0.03abc
沼气肥 CK2		0.61 ± 0.02ab	1.54 ± 0.11a	2.48 ± 0.08def	1.93 ± 0.03bcd
芸苔素内酯 BR	0.4×10 ⁻⁴	0.58 ± 0.05ab	1.30 ± 0.44abc	3.08 ± 0.08ab	2.1 ± 0.00ab
	0.8×10 ⁻⁴	0.64 ± 0.03a	1.25 ± 0.13abc	2.97 ± 0.06bc	2.1 ± 0.06ab
	1.6 ×10 ⁻⁴	0.65 ± 0.02a	1.53 ± 0.21a	3.39 ± 0.13a	2.17 ± 0.07a
萘乙酸 NAA	0.25	0.60 ± 0.03ab	0.89 ± 0.14abcd	2.59 ± 0.09cde	1.87 ± 0.03cde
	0.5	0.58 ± 0.03ab	1.00 ± 0.28abcd	2.73 ± 0.24bcde	1.8 ± 0.08de
	1.0	0.47 ± 0.02b	0.52 ± 0.03d	2.16 ± 0.08f	2.0 ± 0.06abcd
茉莉酸甲酯 Me-JA	0.25	0.59 ± 0.08ab	0.95 ± 0.14abcd	2.80 ± 0.12bcd	1.97 ± 0.07abcd
	0.5	0.54 ± 0.04ab	0.80 ± 0.07bcd	2.71 ± 0.05bcde	1.97 ± 0.09abcd
	1.0	0.58 ± 0.02ab	0.84 ± 0.04bcd	2.67 ± 0.06bcde	1.97 ± 0.09abcd

注：数据为平均值 ± 标准差, n=3; 同列数据中不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)。

Note: The data in the table are the means of every plot ± the standard deviations, n=3; different small letters in each column indicate significant differences in 0.05 level (P<0.05).

表 2 三种植物生长调节物质对白及氨基酸含量的影响 (单位: %)
Table 2 Effects of 3 plant growth regulator on amino acids contents of *B. striata* (Unit: %)

氨基酸 Amino acid	对照 CK1	沼气肥 CK2	芸苔素内酯 BR (1.6×10 ⁻⁴ mmol · L ⁻¹)	萘乙酸 NAA (0.5 mmol · L ⁻¹)	茉莉酸甲酯 Me-JA (0.25 mmol · L ⁻¹)
天门冬氨酸 Asp	1.05	2.28	1.67	1.68	1.22
苏氨酸 Thr	0.25	0.38	0.35	0.34	0.28
丝氨酸 Ser	0.26	0.36	0.33	0.31	0.27
谷氨酸 Glu	0.78	1.19	1.04	1.11	0.76
脯氨酸 Pro	0.24	0.36	0.29	0.30	0.23
甘氨酸 Gly	0.33	0.49	0.43	0.45	0.36
丙氨酸 Ala	0.20	0.25	0.24	0.23	0.21
半胱氨酸 Cys	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01	< 0.001
缬氨酸 Val	0.17	0.28	0.27	0.41	0.21
蛋氨酸 Met	0.03	0.04	0.02	0.01	0.04
异亮氨酸 Ile	0.25	0.38	0.33	0.36	0.28
亮氨酸 Leu	0.51	0.79	0.71	0.74	0.58
酪氨酸 Tyr	0.07	0.11	0.11	0.02	0.10
苯丙氨酸 Phe	0.27	0.45	0.39	0.42	0.30
赖氨酸 Lys	0.36	0.56	0.50	0.56	0.40
氨 NH ₃	(0.14)	(0.29)	(0.23)	(0.21)	(0.16)
组氨酸 His	0.11	0.17	0.16	0.17	0.13
精氨酸 Arg	0.33	0.49	0.42	0.41	0.32
氨基酸总量 Total amino acid	5.21	8.58	7.26	7.53	5.69

主要是 Asp 和 Glu 的结果一致(数据待发表)。此外,只有 NAA 处理组 Cys(半胱酰胺)含量有 0.01%,其它处理组均小于 0.001%。

2.3 三种植物生长调节物质对白及蛋白质含量的影响

表 3 示两个对照组和三种植物生长调节物质处理(即 $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR、 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NAA 和 $0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Me-JA) 后白及蛋白质的含量。其中沼气肥对照组蛋白质含量最高(11.6%),这与氨基酸含量高于其它处理组的结果一致。清水对照组最小,仅为 7.72%。BR、NAA 和 ME-JA 等 3 个处理组,蛋白质含量稍小于沼气肥,但明显高于清水对照组,分别是清水对照组的 1.42 倍、1.36 倍和 1.18 倍。

表 3 三种植物生长调节物质对白及蛋白质和多糖含量的影响

Table 3 Effects of three plant growth regulator on protein contents and polysaccharide contents of *B. striata*

处理 Treatment	浓度 Concentration ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	蛋白质 Protein content (%)	多糖 Polysaccharide content (%)
清水 CK1	—	7.72	19.3
沼气肥 CK2	—	11.6	21.8
芸苔素内酯 BR	1.6×10^{-4}	11.0	24.2
萘乙酸 NAA	0.5	10.5	26.5
茉莉甲酯 Me-JA	0.25	9.14	26.5

2.4 三种植物生长调节物质对白及多糖含量的影响

两个对照组和三种植物激素处理后多糖含量的影响见表 3。三种植物生长调节物质处理后白及多糖含量分别为 24.2%、26.5%、26.5%,均远高于清水(19.3%)和沼气肥(21.8%),BR 处理组是清水和沼气肥对照的 125.39%和 111.01%,NAA 和 ME-JA 处理组均是清水和沼气肥对照的 137.31%和 121.56%,说明三种植物生长调节物质均能明显提高白及多糖含量。

3 讨论

3.1 促进白及幼苗假鳞茎发育对提高生产效益的影响

种植白及是一项低投入、高产出的农业项目。目前市场价格持续走高,以白及为主要原料的产品或中成药畅销全国,如“快胃片”“白芨颗粒、冲剂、

胶囊”“白芨代血浆”“肝动脉栓塞剂”等。“仟寻一凡白芨花细胞美颜霜”“白芨韩方手工香皂”“朝露白芨氨基酸洗面奶”及“白芨牙膏”等以白及为原料的化妆品及日用品也已经走入市场。然而,种植白及的缺点是生长周期过长,种植后 3~4 a 采收才能最大利益化。而白及的生长特点是靠假鳞茎上的 1~3 个分叉上的芽进行增殖。因此,幼苗假鳞茎发育的快慢直接影响分叉的多少,进而导致新生萌芽的多少,也直接影响了第二年和第三年增生的假鳞茎数量,即产量。因此,怎样让幼苗种球快速生长发育,同时又保证主要理化成分不受影响或者提高了品质,将会大大提高生产效益,也将提高农民的经济收入。本试验选择白及假鳞茎形成期,通过喷施不同浓度的 BR、NAA 和 Me-JA 等三种植物生长调节物质,发现 $0.4 \times 10^{-4} \sim 1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 均能促进白及假鳞茎发育, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 处理组效果最佳,比 CK1(清水对照组)提高了 19% 的产量。同时萌芽数也高于 CK1。因此,如果经过第二年和第三年的继续栽培后, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 处理组必将提高白及生产效益,这对于白及规模化种植栽培具有重要指导意义。

3.2 喷施芸苔素内酯能促进白及假鳞茎生长发育、提高品质生理、提高生产效益

芸苔素内酯是一种天然植物生长调节剂,广泛存在于植物的花粉、种子、茎和叶等器官中。由于其生理活性大大超过现有的五种激素,具有高效、光谱和无污染的特点,非常适合于绿色食品的生产 and 开发,已被国际上誉为第六激素。广泛适用于粮食作物、经济作物、蔬菜、水果、花卉、食用菌等(Sasse, 1997;陈秀和方朝阳,2015)。在萝卜、胡萝卜等块根类作物苗期和肉质根形成期叶面均匀喷雾,能提高抗病、抗逆等,还会引起早熟、增产和提高品质等(Noreen, 2014;郝红丹等,2015;束红梅等,2016)。罗兴录(2003)研究发现,一定浓度的 BR 处理可以促进木薯块根分化发育,单株块根数增加,促进块根淀粉积累,提高块根淀粉含量。本文通过对白及幼苗叶面喷施一定浓度的芸苔素内酯,发现与 CK1(清水)比较, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 处理增产 19%,萌芽数也高于其它处理组。因此, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 处理组可以提高至少 19% 的经济收入。根据单株假鳞茎产量,结合氨基酸、蛋白质和多糖含量测定结果(表 2 和表 3),计算氨基酸、蛋白质和多糖的产量。与 CK1 相比,氨基酸、蛋白质及

多糖不仅含量提高,产量也得到提高。综上分析,喷施 $1.6 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BR 不仅促进白及幼苗假鳞茎生长发育,还能够提高其品质生理,至少提高生产经济效益 19% 以上。然而,有关芸苔素内酯(BR)促进白及假鳞茎发育以及提高品质的作用机理还有待进一步研究。本试验中,我们还选择了 NAA 和 Me-JA 喷施处理,发现能够不同程度地提高品质生理,但不能提高产量。

参考文献:

AMRJIT SB, 2000. Plant growth regulators in agriculture and horticulture [M]. New York, London, Oxford: Food Products Press: 1-16.

CHEN X, FANG ZY, 2015. Application status and development prospect of plant growth regulator brassinolide in agriculture [J]. World Pest, 37(2): 34-36, 42. [陈秀, 方朝阳, 2015. 植物生长调节剂芸苔素内酯在农业上的应用现状及前景 [J]. 世界农药, 37(2): 34-36, 42.]

DONG L, XIA S, LUO Y, et al, 2009. Targeting delivery oligonucleotide into macrophages by cationic polysaccharide from *Bletilla striata* successfully inhibited the expression of INF- α [J]. J Contr Rel, 134(3): 214-220.

FLORA OF CHINA EDITORIAL, 1999. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 18: 46. [《中国植物志》编辑委员会. 1999. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 18: 46.]

HAO HD, WU LL, LI QY, et al, 2015. Mitigation effects of some antidotes on phytotoxicity of butralin to radish [J]. Agrochemicals, 54(8): 591-596. [郝红丹, 务玲玲, 李青阳, 等, 2015. 不同缓解药剂对萝卜仲丁灵药害的缓解作用 [J]. 农药, 54(8): 591-596.]

LI JT, QI WZ, GUO XS, et al, 2015. Effects of methyl jasmonate on growth and major medicinal components accumulation of *Achyranthes bidentata* [J]. Guihaia, 35(6): 875-879. [李金亭, 齐婉帧, 郭晓双, 等, 2015. 茉莉酸甲酯对牛膝生长及主要药用成分积累的影响 [J]. 广西植物, 35(6): 875-879.]

LIU GB, HUANG Z, HUANG CG, et al, 2005. Functions and application in cosmetics of *Bletilla striata* (thumb) reichb. F [J]. Deterg & Cosm, 28(8): 22-24. [刘光斌, 黄忠, 黄长干, 等, 2005. 天然植物白及胶的功能及在化妆品中的应用 [J]. 日用化学品科学, 28(8): 22-24.]

LUO XL, 2003. Studies on the effects and physical bases of chemical control of plant growth and root tuber differentiation and starch accumulation of cassava [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University: 18-81. [罗兴录, 2003. 木薯生长、块根发育和淀粉积累化学调控及生理基础研究 [D]. 福州: 福建农林大学: 18-81.]

NOREEN BIBI, 2014. Physiological and biochemical mechanism of brassinosteroids mediated tolerance to verticillium wilt in Cotton [D]. Hangzhou: Zhejiang University: 27-152. [Noreen Bibi (诺林). 2014. 油菜素内酯调控棉花对黄萎病菌抗性的生理和生化机制 [D]. 杭州: 浙江大学: 27-152.]

QIAO J, HU J, LI YP, et al, 2016. Effect of exogenous brassinolide on morphological characters and contents of seven chemical constituents of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Chin J Chin

Mat Med. 41(2): 197-204. [乔晶, 胡峻, 李妍芑, 等, 2016. 油菜素内酯对甘草性状及 7 种化学成分含量的影响 [J]. 中国中药杂志, 41(2): 197-204.]

RUI HY, WU GR, CHEN JY, et al, 2003. Study on Antioxidant activity of neutral polysaccharide from *Bletilla striata* [J]. J Nanjing Norm Univ (Nat Sci Ed), 26(4): 94-98. [芮海云, 吴国荣, 陈景耀, 等, 2003. 白及中性多糖抗氧化作用的实验研究 [J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 26(4): 94-98.]

SASSE JM, 1997. Recent progress in brassinosteroid research [J]. Physiol Plant, 100(3): 696-701.

SHI J. 2010. Resources and medicinal utilization of *Bletilla* (Orchidaceae) [D]. Haikou: Hainan University: 7-9. [石晶. 2010. 白及属植物资源与利用 [D]. 海口: 海南大学: 7-9.]

SHU HM, GUO SQ, GONG YY, et al, 2016. Effects of brassinolide on leaf physiological characteristics and differential gene expression profiles of NaCl-stressed cotton [J]. Chin J Appl Ecol, 27(1): 150-156. [束红梅, 郭书巧, 巩元勇, 等, 2016. 油菜素内酯对 NaCl 胁迫下棉花叶片生理特征和基因表达谱的影响 [J]. 应用生态学报, 27(1): 150-156.]

STATE PHARMACOPOEIA COMMISSION, 2015. People's Republic of China Pharmacopoeis [M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press: 103. [国家药典委员会, 2015. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社: 103.]

SUN AJ, PANG SQ, WANG GQ, 2016. Chemical constituents from *Bletilla striata* and their anti-tumor activities [J]. Chin Pharm J, 51(2): 101-104. [孙爱静, 庞素秋, 王国权, 2016. 白及化学成分与抗肿瘤活性研究 [J]. 中国药学杂志, 51(2): 101-104.]

XU ZH, LI JY, 2006. Plant hormones research in China: past, present and future [J]. Chin Bull Bot, 23(5): 433-442. [许智宏, 李家洋, 2006. 中国植物激素研究: 过去、现在和未来 [J]. 植物学通报, 23(5): 433-442.]

YAMAKI M, KATO T, BAI L, et al, 1991. Methylated stilbenoids from *Bletilla striata* [J]. Phytochem, 30(8): 2759-2760.

YANG L, PENG C, LI XH, et al, 2014. Progress of study on chemical constituents and bioactivity of Baiji [J]. Pharmac Clin Chin Mat Med, 5(6): 59-64. [仰莲, 彭成, 李小红, 等, 2014. 白及的化学成分及生物活性研究进展 [J]. 中药与临床, 5(6): 59-64.]

YOON MJ, PARK KB, PARK CH, 2002. Effects of growth regulators and temperature on the growth of pseudobulb in *Bletilla striata* [J]. Wonye kwahak kishulchi: Korean J Horticult Sci Technol, 20: 2.

ZHAI BN, ZHENG XF, YANG YR, et al, 2003. The research progresses of plant growth substances [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 23(6): 1069-1075. [翟丙年, 郑险峰, 杨岩荣, 等, 2003. 植物生长调节物质的研究进展 [J]. 西北植物学报, 23(6): 1069-1075.]

ZHANG WM, JIANG JX, 2003. Development of high-effective utilization of vegetable gum resources [J]. Chin Wild Plant Resour, 22(5): 4-5. [张卫明, 蒋建新. 2003. 特种植物胶资源的高效利用进展 [J]. 中国野生植物资源, 22(5): 4-5.]

ZHAO YX, DENG YR, ZHANG XJ, et al, 2013. Advances in chemical constituents and pharmacology of genus *Bletilla* [J]. Nat Prod Res Dev, 25(8): 1137-1145. [赵艳霞, 邓雁如, 张晓静, 等, 2013. 白及属药用植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 25(8): 1137-1145.]