

抗水解稳定离子钛对烤烟生长发育和品质的影响

万军¹, 姜清治¹, 张文建¹, 杨友成¹, 张廷珍¹, 魏强², 张赵鹏²

(1. 贵州省烟草公司遵义市公司务川县分公司, 贵州务川 564300; 2. 浙江中烟工业有限责任公司, 浙江杭州 310000)

摘要 [目的] 研究抗水解稳定离子钛对烤烟生长发育和品质的影响, 为优质烟叶生产技术提供理论依据。[方法] 在不同时期采用不同方式对烤烟施用抗水解稳定离子钛, 研究烤烟田间生长状况、常规化学成分和致香物质含量的变化。[结果] 施用抗水解稳定离子钛可以显著促进烤烟的生长发育, 处理 T₇ [移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d 喷施叶面肥(1:1 000)] 促进效果最明显。处理 T₆ [移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d(团棵期)喷施叶面肥(1:600)] 的总糖、还原糖和总氮含量均接近优质烟叶的要求, 降低上部叶和中部叶的烟碱含量, 提高烤烟中部叶钾含量。处理 T₅ [移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d(团棵期)喷施叶面肥(1:200)] 的总糖、还原糖含量也较适宜, 同时处理 T₅ 可以显著增加上部叶钾含量, 提高烟叶可用性。处理 T₇ 总糖和还原糖含量偏高, 不利于烤烟烘烤质量的体现。[结论] 总体来看, 处理 T₆ 效果最好, T₅ 次之。

关键词 抗水解稳定离子钛; 烤烟; 生长发育; 品质

中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)11-0035-04

Effects of Hydrolytic Stability Titanium Ion on Growth and Quality of Flue-cured Tobacco

WAN Jun, JIANG Qing-zhi, ZHANG Wen-jian et al (Guizhou Province Tobacco Company Zhunyi Wuchuan County Branch, Wuchuan, Guizhou 564300)

Abstract [Objective] To study effects of hydrolytic stability titanium ion on growth and quality of flue-cured tobacco, and provide the theoretical basis for production technology of quality tobacco. [Method] Hydrolytic stability titanium ion was applied in different ways in different periods of the flue-cured tobacco, and changes of growth, routine chemical components and aroma substance content of the flue-cured tobacco were studied. [Result] Application of hydrolytic stability titanium ion could significantly promote the growth of flue-cured tobacco, T₇ [transplanting spraying the leaf fertilizer (1:1000) + 30 d after transplanting spraying the leaf fertilizer (1:1000)] was the best. Total sugar, reducing sugar and total nitrogen of T₆ [transplanting spraying the leaf fertilizer (1:1000) + 30 d after transplanting spraying the leaf fertilizer (1:600)] were close to the requirements of high-quality tobacco leaf, reduced nicotine content of upper leaves and central leaves, increased potassium content of central leaf. Total sugar, reducing sugar content of T₅ [transplanting spraying the leaf fertilizer (1:1000) + 30 d after transplanting spraying the leaf fertilizer (1:200)] was more appropriate, and T₅ had a significant increase in potassium content of upper leaves, improve the availability of tobacco. The content of total sugar and reducing sugar content of T₇ was high, which was unfavorable for reflecting the quality of flue-cured tobacco curing. [Conclusion] Overall, T₆ was the best, T₅ was second.

Key words Hydrolytic stability titanium ion; Flue-cured tobacco; Growth and development; Quality

近年来, 钛(Ti)对植物生长和增产的作用受到重视, 并进行了试验研究和生产应用。钛肥在小麦^[1-3]、玉米^[4-5]、棉花^[6]、油菜^[7]、大豆^[8]、水稻^[9-10]上的应用研究较多, 但在烟草上的应用鲜见报道。

“太谷乐”抗水解稳定离子钛 ASIT 系国际发明专利(US 8,308,840 B2)和国家发明专利(201310226915.X)的高新技术产品, 该产品用于烟草生根壮苗、抗病抗逆(抗寒、抗旱、抗热等)、排毒解害、提高烟叶品质及增加产量, 且防止烟株早花效果显著, 并能减少农药和化肥的施用量。笔者在不同时期用不同方式对烤烟施用抗水解稳定离子钛, 研究烤烟田间生长状况、常规化学成分和致香物质含量的变化, 从而确定抗水解稳定离子钛在该地区的合理施用方法和施用时期, 以期为优质烟叶生产技术提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 供试烤烟品种为云烟 87。

1.2 试验设计 试验地设在贵州省务川县泥高乡栗园村。采用小区对比试验, 1 次重复, 随机排列, 每小区面积 166.75 m², 试验地施肥按照当地常规施肥, 保持各个小区土壤肥力一致。

试验设 7 个处理: T₁ 空白不施(CK₁); T₂ 喷施等量清水(CK₂); T₃ 移栽时喷施叶面肥(1:1 000); T₄ 移栽后 30 d 喷施叶面肥(1:1 000); T₅ 移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d(团棵期)喷施叶面肥(1:200); T₆ 移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d(团棵期)喷施叶面肥(1:600); T₇ 移栽时喷施叶面肥(1:1 000) + 移栽后 30 d(团棵期)喷施叶面肥(1:1 000)。

1.3 样品采集 分别在烟苗移栽后 35、50、65、80 d 测定株高、茎围、最大叶长宽、有效叶数。分别在烤烟移栽后第 50、65、80 天, 随机取各处理烟株的第 6 片叶(从上往下数), 立即放入低温冰箱中待用。

取烤后样 B2F(上橘二)、C3F(中橘三)、X2F(下橘二)各 1.5 kg, 烘干、粉碎过 60 目筛用于化学成分测定。

1.4 测定项目与方法 参照王瑞新等^[11]的方法。总糖采用乙醇提取, 蒽酮显色法测定; 还原糖采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定; 总氮采用过氧化氢-硫酸消化法测定; 烟碱采用脱色法测定; 石油醚提取物采用差重法测定; 钾采用火焰光度法测定; 氯采用莫尔法测定。

2 结果与分析

2.1 不同钛肥处理对烤烟农艺性状的影响 由表 1 可知, 有机钛肥能增加烤烟各个时期的株高、叶数、茎围、单株叶面积, 但钛肥对这些指标的影响程度不同。烤烟团棵期, 在株高方面, T₅(10.84 cm)、T₇(12.00 cm)显著高于 T₁(7.89 cm)

基金项目 贵州省烟草公司遵义市公司项目“遵义市烤烟土壤修复试验与示范”(2016-03)。

作者简介 万军(1985—), 男, 贵州湄潭人, 农艺师, 从事烟叶生产与科技项目管理工作。

收稿日期 2017-02-06

处理。在叶数方面, T₅、T₇ 处理较大, 但差异不显著。在茎围方面, T₇ 处理显著高于 T₁、T₄ 处理。在最大叶长方面, T₇(42.15 cm) 处理显著高于 T₁(37.43 cm) 处理, 其他处理之间无显著差异。在最大叶宽方面, T₅(24.04 cm)、T₇(24.65 cm) 处理较大, 但差异不显著。

烤烟旺长期, 在株高、茎围方面, T₇ 处理(茎围29.08 cm、株高7.98 cm) 显著高于 T₁、T₂、T₃ 处理, 其他处理无显著差异。在叶数方面, T₇ 处理显著高于 T₁、T₂、T₃、T₅ 处理。在最大叶长方面, T₇ 处理显著高于 T₁、T₂ 处理。在最大叶宽方面, T₅(24.83 cm)、T₇(26.43 cm) 处理显著高于 T₁(21.33 cm) 处理。

烤烟现蕾期, 在株高方面, T₅、T₇ 处理显著高于 T₁ 处理, 其他处理间无显著差异。在叶数方面, T₇ 处理显著高于 T₁、T₂ 处理。在茎围方面, T₄、T₇ 处理显著高于 T₁ 处理。在最大叶长、叶宽方面, 均为 T₇(56.88、30.02 cm) 处理最高, 但各处理间无显著差异。

烤烟成熟期, 在株高方面, T₄、T₅、T₇ 处理均显著大于 T₁ 处理, 其他处理间差异不大。在叶数方面, T₄(31.8)、T₇(31.6) 处理较大, 但差异不显著。在茎围方面, T₄、T₇ 处理显著高于 T₁ 处理。在最大叶长方面, T₄(56.80 cm) 处理最大, 但处理间无显著差异。在最大叶宽方面, T₇(29.82 cm) 处理最大, 各处理间无显著差异。

表1 不同处理烤烟农艺性状

Table 1 Agronomic traits of flue-cured tobacco in different treatments

时期 Period	处理 Treatment	株高 Plant height cm	叶数 Leaf number	茎围 Stem circumference//cm	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm
团棵期 Resettling stage	T ₁	7.89 c	8.6 a	5.28 b	37.43 b	22.74 a
	T ₂	8.88 bc	9.0 a	5.50 ab	37.70 ab	22.36 a
	T ₃	9.34 bc	8.8 a	6.18 ab	37.90 ab	21.99 a
	T ₄	9.05 bc	8.8 a	5.46 b	38.94 ab	22.54 a
	T ₅	10.84 ab	9.2 a	5.95 ab	41.01 ab	24.04 a
	T ₆	9.81 bc	8.8 a	5.89 ab	39.70 ab	23.56 a
	T ₇	12.00 a	9.2 a	6.35 a	42.15 a	24.65 a
旺长期 Vigorous growing stage	T ₁	18.45 b	11.6 b	6.61 b	39.81 b	21.33 c
	T ₂	18.54 b	12.2 b	6.65 b	40.58 b	22.85 bc
	T ₃	20.64 b	12.6 b	6.86 b	41.34 ab	23.17 bc
	T ₄	25.88 ab	13.2 ab	7.29 ab	41.75 ab	23.37 abc
	T ₅	26.41 ab	13.0 b	7.44 ab	43.49 ab	24.83 ab
	T ₆	23.21 ab	13.4 ab	7.43 ab	43.48 ab	24.40 abc
	T ₇	29.08 a	15.0 a	7.98 a	46.64 a	26.43 a
现蕾期 Budding period	T ₁	49.70 c	18.0 b	8.00 b	49.80 a	25.71 a
	T ₂	52.86 bc	18.2 b	8.64 ab	54.54 a	27.60 a
	T ₃	60.44 abc	18.8 ab	8.89 ab	56.46 a	27.96 a
	T ₄	69.10 abc	20.0 ab	9.59 a	55.16 a	27.48 a
	T ₅	77.19 a	18.6 ab	8.69 ab	53.52 a	26.62 a
	T ₆	65.98 abc	18.8 ab	8.62 ab	52.13 a	25.95 a
	T ₇	73.03 ab	21.4 a	9.39 a	56.88 a	30.02 a
成熟期 Mature period	T ₁	84.05 c	28.0 a	8.72 c	54.92 a	28.45 a
	T ₂	90.04 bc	29.8 a	8.95 bc	55.73 a	29.19 a
	T ₃	108.32 abc	28.0 a	9.27 abc	56.14 a	29.16 a
	T ₄	123.67 a	31.8 a	10.24 a	56.80 a	29.38 a
	T ₅	120.99 a	28.4 a	9.27 abc	53.58 a	29.37 a
	T ₆	105.93 abc	28.6 a	9.39 abc	52.34 a	26.99 a
	T ₇	111.95 ab	31.6 a	9.97 ab	55.49 a	29.82 a

注: 同列不同小写字母表示同一时期不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference at 0.05 level between different treatments in the same period

2.2 不同钛肥处理对烤烟主要化学指标的影响 由表2可知, 3个部位的总糖含量均在20.00%左右, 含量适中。其中上部叶以T₆处理的总糖含量最高, 为21.55%, T₅处理(21.10%)次之, T₂(19.19%)和T₃(19.16%)处理的总糖含量显著低于其他处理。中部叶T₂(23.01%)处理的总糖含量最高, 均高于22.00%的优质烤烟总糖含量上限, 且显著高于其他处理。下部叶T₃总糖含量最低, 为16.23%, 低于优质烤烟总糖含量下限, 且显著低于其他处理。

3个部位大部分烟叶样本的还原糖含量在13.00%~18.00%, 含量适宜。上部叶以T₅的还原糖含量最高, 为15.28%, 各处理之间无显著差异。中部叶以T₅(20.46%)的还原糖含量最高, T₄、T₆处理的还原糖含量均大于18.00%, 表明还原糖含量偏高。下部叶以T₆(18.29%)还原糖含量最高, T₄(16.85%)含量次之, 均显著高于其他处理。

各处理烟叶样本的总氮含量大部分在1.40%~2.70%, 含量适宜。上部叶以T₇(2.79%)的总氮含量最高, T₃

(2.76%)次之,含氮量均偏高,显著高于其他5个处理。中部叶也以T₇(2.79%)最高,且显著高于其他6个处理。下部叶的总氮含量以T₆(2.62%)最高,T₅(2.36%)次之,且显著高于T₁、T₂、T₃、T₄处理。

3个部位的烟叶样本烟碱含量均在2.00%~3.50%,含量适中,符合优质烤烟生产对烟碱含量的要求。上部叶以T₁(3.13%)的烟碱含量最高,T₆(2.15%)含量最低,各处理之间烟碱含量差异显著。中部叶以T₁(2.98%)烟碱含量最高,显著高于其他6个处理。下部叶以T₅(2.69%)的烟碱含量最高,T₄(2.29%)的烟碱含量最低,各处理之间烟碱含量差异显著。

各部位烤烟氯含量适中,大部分样品满足0.3%~0.8%的优质烤烟氯含量,烟叶燃烧性较好。上部叶烤烟氯含量以T₇含量最高,达0.44%,显著高于T₁、T₂、T₃、T₄、T₆处理的烟叶样品;中部叶以T₄处理最高,达0.45%,显著高于其他处理的烟叶样品;下部叶以T₆、T₇处理的烟叶样品氯含量较高,分别达0.37%、0.39%,显著高于其他处理的烟叶样品。

各部位烤烟钾含量适中,烟叶钾含量增加可提高烟叶的持火力,提高卷烟燃吸的安全性。上部叶以T₅处理的钾含

量最高,达1.77%,显著高于其他处理的烟叶样品;中部叶烤烟钾含量以T₆处理最高,达1.77%,显著高于其他处理的烟叶样品,且以T₂处理的烟叶样品钾含量最低,为1.38%;下部叶以T₃处理最高,达1.48%,且显著高于T₂、T₇处理的烟叶样品。

各部位烤烟钾氯比适中,钾氯比主要用于判定烟叶的燃烧性,大部分烟叶样品在4.00~10.00的优质烤烟钾氯比范围内。上部叶烤烟钾氯比以T₂处理最高,达6.78,显著高于T₄、T₅、T₆、T₇;中部叶烤烟以T₅处理钾氯比最高,达5.29,显著高于其他处理的烟叶样品,T₄处理最低,为3.18;下部叶烤烟钾氯比以T₆处理最高,达6.17,显著高于其他处理的烟叶样品,T₁处理的钾氯比最低,为3.54。

各部位烤烟糖碱比适中,糖碱比常被用于评价烟叶的劲头和吃味,大部分烟叶样品处于8.00~10.00的优质烤烟糖碱比范围内。上部叶烤烟糖碱比以T₆处理最高,达10.03,显著高于其他处理的烟叶样品;中部叶以T₁、T₂处理的烟叶样品糖碱比较高,分别达9.67、10.13,显著高于其他处理的烟叶样品;下部叶烤烟糖碱比以T₇处理最高,达9.09,显著高于其他处理的烟叶样品。

表2 不同处理烤烟化学成分

Table 2 Chemical composition of flue-cured tobacco in different treatments

等级 Grade	处理 Treatment	总糖 Total sugar %	还原糖 Reducing sugar//%	总氮 Total nitrogen//%	烟碱 Nicotine %	氯 Chlorine %	钾 Potassium %	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine
B2F	T ₁	20.75 a	15.10 a	2.53 b	3.13 a	0.22 e	1.42 f	6.50 a	6.63 d
	T ₂	19.19 b	14.06 a	1.87 c	2.75 bc	0.23 e	1.56 c	6.78 a	6.97 d
	T ₃	19.16 b	14.04 a	2.76 a	2.50 d	0.27 d	1.44 e	5.33 a	7.67 c
	T ₄	20.65 a	13.92 a	1.84 c	2.72 c	0.34 b	1.40 g	4.11 c	7.59 c
	T ₅	21.10 a	15.28 a	1.16 e	2.42 e	0.43 a	1.77 a	4.12 c	8.72 b
	T ₆	21.55 a	14.50 a	1.65 d	2.15 f	0.32 c	1.64 b	5.14 b	10.03 a
	T ₇	20.97 a	14.41 a	2.79 a	2.78 b	0.44 a	1.48 d	3.37 d	7.54 c
C3F	T ₁	22.23 ab	16.20 c	1.37 d	2.98 a	0.41 b	1.46 d	4.69 b	9.67 a
	T ₂	23.01 a	12.83 d	2.45 b	2.27 f	0.33 d	1.38 e	4.18 d	10.13 a
	T ₃	20.57 c	16.62 c	1.93 c	2.65 b	0.41 b	1.52 c	3.70 c	7.76 cd
	T ₄	20.17 c	20.12 a	1.40 d	2.47 d	0.45 a	1.43 d	3.18 e	8.16 c
	T ₅	20.48 c	20.46 a	1.24 e	2.32 e	0.31 e	1.65 b	5.29 a	8.83 b
	T ₆	21.30 bc	19.73 a	1.26 e	2.30 f	0.39 c	1.77 a	4.53 b	7.15 d
	T ₇	21.00 bc	17.80 b	2.79 a	2.51 c	0.39 c	1.44 d	3.69 c	8.37 bc
X2F	T ₁	19.83 b	15.54 b	1.61 c	2.39 d	0.23 e	1.38 ab	3.54 d	6.47 c
	T ₂	21.10 ab	16.01 b	1.67 c	2.66 b	0.24 de	1.23 b	5.12 b	6.79 c
	T ₃	16.23 d	13.70 c	1.53 c	2.51 c	0.26 cd	1.48 a	5.11 b	7.86 b
	T ₄	17.98 c	16.85 ab	1.62 c	2.29 f	0.27 bc	1.25 ab	4.86 b	7.93 b
	T ₅	18.25 c	15.77 b	2.36 ab	2.69 a	0.29 b	1.40 ab	3.77 cd	8.30 b
	T ₆	21.22 a	18.29 a	2.62 a	2.33 e	0.37 a	1.42 ab	6.17 a	8.34 b
	T ₇	20.12 ab	16.10 b	2.09 b	2.41 d	0.39 a	1.23 b	4.55 bc	9.09 a

注:同列不同小写字母表示同一等级不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference at 0.05 level between different treatments in the same grade

3 结论与讨论

合理施用钛肥能够显著改善烟株大田农艺性状,在株高方面,团棵期和旺长期均以T₇最大,显著高于对照处理T₁、

T₂,现蕾期则以T₅、T₇较大,显著高于对照处理T₁、T₂。在叶数方面,团棵期以T₅、T₇最大,但与其他处理无显著差异;旺长期、现蕾期和成熟期以T₄、T₇处理最大。在茎围方面,团

裸期、现蕾期和旺长期均以 T_7 处理最大,成熟期以 T_4 、 T_7 最大。在最大叶长方面,团棵期、现蕾期和旺长期均以 T_7 处理最大,成熟期以 T_4 最大。在最大叶宽方面,团棵期、现蕾期、成熟期和旺长期均以 T_7 处理最大。

对于总糖而言,上部叶以 T_6 (21.55%) 处理的总糖含量最高;中部叶中 T_1 (22.23%) 和 T_2 (23.01%) 处理的总糖含量最高;下部叶以 T_6 处理最高。对于还原糖而言,上部叶以 T_5 处理的还原糖含量最高;中部叶以 T_7 (20.46%) 处理的还原糖含量最高;下部叶以 T_6 (18.29%) 处理还原糖含量最高。对于总氮而言,上部叶以 T_7 (2.79%) 处理的含氮量最高;中部叶也以 T_7 (2.79%) 处理最高;下部叶总氮含量以 T_5 (2.36%)、 T_6 (2.62%) 处理较高。对于烟碱而言,上部叶以 T_1 (3.13%) 处理的烟碱含量最高;中部叶以 T_6 (2.98%) 处理烟碱含量最高;下部叶以 T_5 (2.69%) 处理的烟碱含量最高。对于氯含量而言,上部叶烤烟氯含量以 T_7 处理含量最高;中部叶烤烟氯含量以 T_4 处理最高;下部叶以 T_7 、 T_6 处理的氯含量最高。对于钾含量而言,上部叶以 T_5 (1.77%) 处理的钾含量最高;中部叶烤烟钾含量以 T_6 (1.77%) 处理最高;下部叶烤烟以 T_3 (1.48%) 处理最高。

总体而言,处理 T_5 、 T_6 、 T_7 改善烤烟内部化学品质效果明显,处理 T_6 的总糖、还原糖含量适宜,接近优质烟叶的要求,处理 T_6 可以显著降低上部叶和中部叶的烟碱含量,提高

烤烟中部叶钾含量。处理 T_5 的总糖、还原糖含量也较适宜,同时处理 T_5 可以显著增加上部叶钾含量,提高烟叶可用性。处理 T_7 总糖、还原糖含量偏高,不利于烤烟烘烤质量的体现;提高了烤烟叶片氯含量和烟叶的燃烧性。总体而言,处理 T_6 效果最好, T_5 次之。

参考文献

- [1] 沈喜海. 钛多收对冀东冬小麦增产作用研究(简报)[J]. 河北职业技术学院学报,2000,14(2):71-73.
- [2] 张玉梅,徐新宇. 钛对小麦吸收利用氮素及产量的影响[J]. 核农学报,1989,3(1):23-27.
- [3] 张玉梅,徐新宇,向华,等. 钛在粮食作物上的应用效果[J]. 土壤肥料,1988(6):18-21.
- [4] 史吉平,李广敏,董永华. 钛肥对玉米幼苗抗旱性的影响初探[J]. 河北农业大学学报,1994,17(2):104-106.
- [5] 李锦树,王洪春,王文英,等. 干旱对玉米叶片细胞透性及膜脂的影响[J]. 植物生理学报,1983,9(3):223-230.
- [6] 周淑惠,陈建荣,朱守忠,等. 螯合钛在棉花上的应用研究初报[J]. 中国棉花,1991,18(6):22.
- [7] 芦满济. 钛在油菜上喷施效果的初步研究[J]. 甘肃农业科技,1993(8):29-30.
- [8] 邹邦基,李东坡,韩景福,等. 络合钛对大豆的增产效果[J]. 辽宁农业科学,1992(4):31-33.
- [9] 王文卓,冯世芬,张秀双. 钛(891)在粳型水稻上增产效果与施用技术试验研究初报[J]. 辽宁农业科学,1993(6):17-20,24.
- [10] 杨春雄,倪大伟,陈金香,等. 钛肥对水稻、油菜、西瓜等作物产量和品质的影响[J]. 浙江农业科学,1993(1):41-42.
- [11] 王瑞新,韩富根,杨素琴,等. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1990.

(上接第2页)

前提和基础。

不同种类微生物细胞壁组成差异较大,因此制备原生质体的最佳条件也有较大差异。不同培养时间的菌丝,其细胞壁组成也有差异,老的菌丝细胞壁上沉积有不易被酶降解的物质,从而大大减少了原生质体的形成和释放,因此生长时间较短的幼嫩菌丝比较适合用于原生质体的制备^[13]。烟管菌 T1 菌龄在 3 d 时原生质体数量最多,而云芝 F21a 在 4 d 时原生质体数量最多^[4]。通过对其他参数进一步优化,原生质体产量达 1.18×10^6 个/mL,但比云芝 F21a 及古尼虫草小孢变种原生质体制备效果差^[4,13],而烟管菌 T1 再生率达 1.22%,略高于云芝 F21a 再生率(0.74%),这可能是由于不同菌株遗传背景差异造成的。该试验通过对烟管菌 T1 原生质体制备和再生条件进行研究,获得了该菌制备和再生的最佳条件,为进一步开展相关基因功能验证奠定基础。

参考文献

- [1] 王成林,陈黎明,潘维玉,等. 适宜太湖蓝藻水华形成的风场辐散特征及其形成机制[J]. 中国环境科学,2010,30(9):1168-1176.
- [2] 范裕祥,金社军,周培,等. 巢湖蓝藻水华分布特征和气象条件分析[J]. 安徽农业科学,2015,43(4):191-193,198.
- [3] 秦伯强,杨桂军,马健荣,等. 太湖蓝藻水华“暴发”的动态特征及其机

- 制[J]. 科学通报,2016(7):759-770.
- [4] 费维成,陈晓琳,任冲,等. 高效除藻真菌云芝 F21a 遗传转化体系的建立[J]. 微生物学杂志,2015,35(6):10-15.
- [5] JIA Y, HAN G M, WANG C Y, et al. The efficacy and mechanisms of fungal suppression of freshwater harmful algal bloom species[J]. Journal of hazardous materials, 2010, 183(1):176-181.
- [6] JIA Y, DU J J, SONG F Q, et al. A fungus capable of degrading microcystin-LR in the algal culture of *Microcystis aeruginosa* PCC7806[J]. Applied biochemistry and biotechnology, 2011, 166(4):987-996.
- [7] WANG Q, SU M F, ZHU W Q, et al. Growth inhibition of *Microcystis aeruginosa* by white-rot fungus *Lopharia spadicea*[J]. Water science and technology, 2010, 62(2):317-323.
- [8] HAN G M, FENG X G, JIA Y, et al. Isolation and evaluation of terrestrial fungi with algicidal ability from Zijin Mountain, Nanjing, China[J]. The journal of microbiology, 2011, 49(4):562-567.
- [9] AYDIN S. Enhanced biodegradation of antibiotic combinations via the sequential treatment of the sludge resulting from pharmaceutical wastewater treatment using white-rot fungi *Trametes versicolor* and *Bjerkandera adusta*[J]. Applied microbiology and biotechnology, 2016, 100(14):6491-6499.
- [10] BEHRENS C J, ZELENKA K, BERGER R G. Comparative cold shock expression and characterization of fungal dye-decolorizing peroxidases[J]. Applied biochemistry and biotechnology, 2016, 179(8):1404-1417.
- [11] 唐黎,何兴兵,林永慧,等. 不同外源条件对 4 种白腐真菌溶藻效果的影响[J]. 微生物学通报,2015,42(3):478-488.
- [12] 任申荣. 水体中烟管菌 T1-蓝藻互作分子机制的初步研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2016:39-47.
- [13] 陈晓琳,樊美珍,李增智. 古尼虫草小孢变种无性型原生质体制备及再生条件的研究[J]. 菌物学报,2005,24(4):533-538.