

# 基于 TOPSIS 法的生防菌 BG3 对 黄瓜苗生长的影响

徐明珠<sup>1</sup>, 王远宏<sup>1</sup>, 常若葵<sup>2</sup>, 张盼<sup>1</sup>

(1. 天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384; 2. 天津农学院 工程技术学院, 天津 300384)

**摘要:**以“津春 4 号”黄瓜为试材,探讨了不同剂量的生防菌剂 BG3 对黄瓜幼苗农艺性状表现以及生理生化指标的影响,研究了生防菌 BG3 对黄瓜生长的促生效应。结果表明:适宜剂量的生防菌剂 BG3 能够促进黄瓜幼苗的生长,但相同剂量的 BG3 制剂对不同指标的影响效果却不同;通过利用 TOPSIS 方法对各处理的生长指标进行综合评价得出,防菌剂 BG3 对黄瓜苗总体具有促生效应,在黄瓜生产中,可采用 1 kg 土:100 mL 生防菌剂 BG3 混合来处理播种土壤,以保证黄瓜苗期的良好生长。

**关键词:**黄瓜苗;生防菌剂 BG3;TOPSIS 方法;促生效应

**中图分类号:**S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)16-0118-05

近年来,植物根际促生菌(Plant-growth promoting rhizobacteria, PGPR)作为最具防病潜力和应用价值的一类生防菌备受国内外学者关注,广泛应用于植物病害的防治,特别是针对多种顽固性土传病害<sup>[1]</sup>。Iris 等<sup>[2]</sup>在土壤和无菌的水培试验中,研究了生防菌剂 T-203(哈茨木霉菌, *Trichoderma harzianum*)诱导黄瓜植株的生长反应的潜力。梁建根等<sup>[3]</sup>通过采用种子催芽、温室盆栽与生理生化的方法,发现菌株 CHI 与 CH2 对黄瓜种子萌发、根与植株的生长有显著促进作用。段春梅等<sup>[4]</sup>以黄瓜幼苗为试材,研究发现施用放线菌剂能显著促进黄瓜生长,对根系生长及活力的促进作用尤为明显,并使黄瓜产生诱导抗性。嵇苏等<sup>[5]</sup>通过将生防放线菌与草木

灰混合包衣黄瓜种子发现,生防放线菌对黄瓜出苗有抑制作用,但适宜浓度的生防放线菌制剂能促进黄瓜幼苗株高和根的生长,提高叶片叶绿素含量和过氧化氢酶及硝酸还原酶活性。综上所述,根际促生细菌(PGPR)能抑制黄瓜枯萎病病原菌生长,对黄瓜幼苗有显著的促生作用,该试验通过跟踪不同剂量的生防菌剂 BG3 处理土壤对黄瓜苗农艺性状及生理生化性状的影响,利用综合评价模型评判各不同处理对黄瓜苗的生长效应,探讨生防菌剂 BG3 在黄瓜栽培种最适宜的使用方法,以期为黄瓜栽培与病害防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为天津科润黄瓜研究所研制的“津春 4 号”。

供试菌株:生防菌 BG3 是从黄瓜根际土壤分离筛选的,微孔滤膜过滤菌液后用介质法测定菌落直径发现, BG3 发酵液对黄瓜枯萎病菌有明显的抑制能力。经 16S rDNA(序列号:GQ505250)序列同源性比较<sup>[6]</sup>和 Biolog 分析,该菌株初步命名为解淀粉芽孢杆菌 BG (*Bacillus amyloliquefaciens* BG)。

**第一作者简介:**徐明珠(1989-),女,天津人,硕士研究生,研究方向为植物保护。E-mail:changrk@163.com.

**责任作者:**王远宏(1974-),男,河南人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物病害生物防治等教学与科研工作。E-mail:wangyh@tjau.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31171892);天津市农委推广资助项目(201304160)。

**收稿日期:**2014-04-24

**Abstract:** Taking healthy and infected *Daphniphyllum calycinum* as material, the pathogen caused shoot blight of *Daphniphyllum calycinum* was isolated by general tissue isolation, and identified based on morphological characteristics, pathogenicity test and rDNA-ITS sequences analysis. The results showed that the pathogen caused shoot blight of *Daphniphyllum calycinum* was *Fusarium oxysporum*, and *F. oxysporum* causing shoot blight by directly infecting on *Daphniphyllum calycinum*.

**Key words:** *Daphniphyllum calycinum*; shoot blight; *Fusarium oxysporum*; identification of pathogen

生长基质:从天津农学院校园试验地取土,去除石子和草根后过 1 cm 筛,160℃灭菌 2 h。装盆前向土壤中加入蚯蚓粪,并将土壤与蚯蚓粪以 3:1 的比例充分混匀。

## 1.2 试验方法

1.2.1 BG3 细菌发酵液的制备 挑取少量生防菌 BG3 加入装有马铃薯葡萄糖(PD)液体培养基的摇瓶中,把摇床设置在 28℃,200 r/min 的条件下摇菌 12 h,取种子液 100  $\mu$ L 加入 100 mL 马铃薯葡萄糖(PD)液体培养基中,28℃ 200 r/min 摇菌 40 h,收集菌体,用无菌水稀释成  $10^9$  cfu/mL 悬浮液。

1.2.2 盆栽 试验在天津农学院植物保护学重点实验室内进行。催芽后黄瓜种子在温室播种于装有 6 个处理基质的播种盆中,每盆 15 粒黄瓜种子,3 次重复,置室内培养,日常管理采用常规方法。分别设 5 mL(1 kg 混合土样+5 mL 细菌发酵液)、10 mL(1 kg 混合土样+10 mL 细菌发酵液)、50 mL(1 kg 混合土样+50 mL 细菌发酵液)、100 mL(1 kg 混合土样+100 mL 细菌发酵液)、200 mL(1 kg 混合土样+200 mL 细菌发酵液)5 个处理,以 1 kg 混合土样为对照(CK)。

1.2.3 生长测定 播种后 7 d 调查发芽率,长出第 1 片真叶时,测量所有黄瓜苗的株高、茎周长、叶面积,取平均值,然后每隔 1 周测 1 次,连续测 3 周,待各处理的黄瓜幼苗子叶完全展开后,对黄瓜苗单株鲜重和干重进行称量比较。

1.2.4 可溶性糖的测定 待各处理的黄瓜幼苗子叶完全展开后,分别取各处理新鲜叶片测定可溶性糖含量<sup>[7]</sup>,所有测定均重复 3 次,可溶性糖含量= $C \times (V/a) \times n / (W \times 1\ 000)$ ,式中: $C$  标准方程求得糖量( $\mu$ g), $a$  吸取样品液的体积(0.5 mL), $V$  提取液体积(25 mL), $n$  稀释倍数(8), $W$  组织重量(0.3 g),标准曲线方程: $Y=0.0087X-0.0063$ 。

1.2.5 生防菌剂 BG3 最适剂量的筛选 权重矩阵:选取出苗率、株高、茎周长、叶面积、单株鲜重、单株干重、可溶性糖含量等 7 个主要衡量指标,首先用 0(CK)、5、10、50、100、200 mL 6 组处理所对应衡量指标的相关数据构造出原始评判矩阵  $R=(r_{ij})_{6 \times 7}$ ,对每一项的指标做归一化处理得到权重矩阵  $W$ 。 $r$  表示第  $i$  个处理在第  $j$  个指标上的取值。基于 TOPSIS 方法的评价模型:TOPSIS 方法<sup>[8]</sup>是一种逼近理想解的排序方法,其基本思想是把综合评价问题转化为求各评价对象之间的差异—“距离”。即按照一定的法则先确定正理想解和负理想解,然后通过计算每一个被评价对象与正理想解和负理想解之间的距离,再加以比较得出综合评价排序。

评价指标的规范化处理,通过极差变换得到规范化

矩阵  $X$ 。其中  $x_{ij}$  是无量纲的量,且  $x_{ij} \in [0,1]$ 。

$$x_{ij} = \frac{r_{ij}^* - \min\{r_{ij}^*\}}{\max\{r_{ij}^*\} - \min\{r_{ij}^*\}},$$

$$(i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7)。$$

构造加权规范决策矩阵  $Z$ ,依据权重矩阵得到权重矩阵  $W$ ,令

$$z_{ij} = w_{ij}x_{ij}, i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

确定正理想解  $z^+$  及负理想解  $z^-$ ,设正理想解  $z^+$  的第  $j$  个指标值为  $z_j^+$ ,负理想解  $z^-$  的第  $j$  个指标值为  $z_j^-$ ,令正理想解为:

$$z_j^+ = \max(z_{ij}), i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

负理想解为:

$$z_j^- = \min(z_{ij}), i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

评价对象所有各指标值与最优方案和最劣方案的距离  $d_i^+$  与  $d_i^-$ ,令评价对象到正理想解和负理想解的欧氏距离分别为:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^7 (z_{ij} - z_j^+)^2}, i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^7 (z_{ij} - z_j^-)^2}, i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

$$b_i = \frac{d_i^+}{d_i^+ + d_i^-}, i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7。$$

计算各评价对象与最优方案的相对接近程度  $b_i$ ,相对接近度取值在 0 与 1 之间,该值愈接近 1,表示评价对象越接近最优水平;反之,该值愈接近 0,表示评价对象越接近最劣水平。按  $b_i$  大小将各评价对象排序, $b_i$  值越大越接近最优方案。

## 1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析和 Duncan 氏显著性测验。运用 MATLAB 工具箱对试验进行编程求解,并运用 Excel 软件对各 BG3 处理综合评价进行整理排序。

## 2 结果与分析

### 2.1 生防菌剂 BG3 对黄瓜苗株高、茎周长、叶面积的影响

对混合土壤进行不同剂量的生防菌剂 BG3 处理后,试验从 5 月 15 日全部黄瓜苗长出第 1 片真叶时开始测量,以后每隔 1 周测量并记录黄瓜苗株高、茎周长、叶面积,计算得到平均株高、茎粗、叶面积结果。由表 1 可知,相同剂量 BG3 处理对黄瓜苗不同生长指标的影响程度是不同的,且在同一指标条件下,其在每 1 周内随着 BG3 剂量不同,变化趋势是相同的。因此,试验选择各生长指标最终测定值(即第 3 周)用 SPSS 17.0 软件进行方差分析和 Duncan 氏显著性测验,分析结果见表 2。

植株的高矮与植物吸收水分和养分的能力有关。

由表 2 可知,在试验的 5 个 BG3 剂量中,只有 10 mL 处理下的株高极显著低于对照,即 10 mL BG3 处理对黄瓜株高生长这一项指标有一定抑制作用,其它处理均明显高于对照,且各处理间存在极显著差异,其中,黄瓜苗在 5 mL BG3 处理下株高最高。

植物茎部粗细与植物营养状况有关。由表 2 可知,10 mL 和 50 mL 处理的茎周长均极显著高于其它处理,而它们之间没有显著或极显著差异,且 100 mL 处理的茎周长与对照无显著或者极显著差异,而 200 mL 和 5 mL

处理下的茎周长极显著低于对照。此分析结果表明,BG3 剂量过高或过低都不利于黄瓜苗茎部的增长。

植物叶面积大小与其光合作用能力大小有关。由表 2 可知,10 mL 处理下的叶面积显著高于对照,50 mL 和 100 mL 处理的叶面积都极显著高于对照,其中,100 mL BG3 处理下叶面积极显著高于其它处理,而 5 mL 和 200 mL 处理下的叶面积极显著低于对照。此分析结果表明,BG3 剂量过高或过低都不利于黄瓜苗叶面积的增大。

表 1 不同剂量生防菌剂 BG3 处理对黄瓜株高、茎周长和叶面积的影响

Table 1 Effect of different doses of bio-control bacteria agent BG3 on plant height, stem circumference values and leaf area of cucumber

BG 剂量 BG3 doses /mL	株高 Plant height/cm			茎周长 Stem circumference/cm			叶面积 Leaf area/cm <sup>2</sup>		
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 1 周	第 2 周	第 3 周
	The first week	The second week	The third week	The first week	The second week	The third week	The first week	The second week	The third week
0(CK)	3.15	3.56	3.90	1.05	1.19	1.31	20.82	24.62	27.06
5	4.44	5.05	5.41	0.69	0.92	1.27	15.70	20.71	25.97
10	3.03	3.43	3.72	1.13	1.27	1.43	19.75	21.42	27.63
50	4.15	4.36	4.59	1.1	1.24	1.40	22.57	25.54	29.84
100	4.21	4.71	5.12	1.12	1.28	1.34	29.15	32.03	38.89
200	4.46	4.69	4.92	0.95	1.05	1.18	20.63	22.24	23.47

表 2 黄瓜苗株高、茎周长和叶面积的差异显著性分析

Table 2 Significant difference analysis of the height, stem circumference and leaf area of cucumber seedlings

BG3 剂量 BG3 dose /mL	株高平均值 The average height/cm	差异显著性 Significant differences		茎周长平均值 The average stem circumference/cm	差异显著性 Significant differences		叶面积平均值 The average leaf area/cm <sup>2</sup>	差异显著性 Significant differences	
		a=0.01	a=0.05		a=0.01	a=0.05		a=0.01	a=0.05
0(CK)	3.90	E	e	1.31	B	b	27.06	C	d
5	5.41	A	a	1.27	C	c	25.97	D	e
10	3.72	F	f	1.43	A	a	27.63	C	c
50	4.59	D	d	1.40	A	a	29.84	B	b
100	5.12	B	b	1.34	B	b	38.89	A	a
200	4.92	C	c	1.18	D	d	23.47	E	f

综上所述,针对单个指标而言,有利于黄瓜苗株高生长的 BG3 最适剂量是 5 mL,有利于黄瓜苗茎部增粗的 BG3 最适剂量是 10 mL 或者 50 mL,有利于黄瓜苗叶片面积增大的 BG3 最适剂量是 100 mL。

## 2.2 生防菌剂 BG3 对黄瓜苗单株鲜重、单株干重、可溶性糖含量的影响

由表 3 可知,在试验的 5 个 BG3 剂量中,只有 200 mL 处理下的单株鲜重显著高于对照,其它处理下的单株鲜

重均极显著高于对照,且不同剂量处理间单株鲜重存在极显著差异。此分析结果表明,BG3 处理可以提高黄瓜苗的单株鲜重。不同剂量处理下的单株干重显著高于对照,且 100 mL 处理的单株干重极显著高于其它处理和对照,10 mL 和 50 mL 处理下的单株干重都极显著高于 200 mL 和 5 mL 处理,而 10 mL 和 50 mL 处理下的单株干重之间没有显著差异,200 mL 和 5 mL 处理下的单株干重之间也无显著差异。此分析结果表明,BG3 处理

表 3 黄瓜苗单株鲜重、干重和可溶性糖含量的差异显著性分析

Table 3 Significant difference analysis of cucumber seedling plant fresh weight, dry weight and soluble sugar content

BG3 剂量 BG3 dose /mL	单株鲜重 Fresh weight/g	差异显著性 Significant differences		单株干重 Dry weight/g	差异显著性 Significant differences		可溶性糖含量 Soluble sugar content/mg · g <sup>-1</sup>	差异显著性 Significant differences	
		a=0.01	a=0.05		a=0.01	a=0.05		a=0.01	a=0.05
0(CK)	1.512	E	f	0.119	C	d	31.077	D	d
5	1.634	D	d	0.124	C	c	31.004	D	d
10	2.035	A	a	0.147	B	b	36.215	B	b
50	1.715	C	c	0.146	B	b	42.958	A	a
100	1.902	B	b	0.227	A	a	32.179	C	c
200	1.567	E	e	0.128	C	c	30.314	D	e

可以提高黄瓜苗的单株干重。50 mL、10 mL 和 100 mL 处理下的可溶性糖含量极显著高于对照,其中,黄瓜苗在 50 mL BG3 处理下可溶性糖含量最大。而 200 mL 处理下的可溶性糖含量显著低于对照,5 mL 处理下的可溶性糖含量和对照之间没有显著差异。此分析结果表明,BG3 剂量过高和过低都不利于可溶性糖含量的增加。

综上所述,针对单个指标而言,有利于黄瓜苗单株鲜重的 BG3 最适剂量是 10 mL,有利于黄瓜苗单株干重的 BG3 最适剂量是 100 mL,而有利于黄瓜苗叶片中可

溶性糖含量增加的 BG3 最适剂量是 50 mL。

### 2.3 基于数学建模的综合评价

单凭某项指标不能说明各处理对黄瓜生长是否有促进作用,该研究运用 TOPSIS 法对各处理的农艺性状及生理生化性质进行综合测评,各评价对象与最优方案的相对接近程度越大,则表明该处理对黄瓜的生长越有利。综上统计 6 组处理所对应出苗率、株高、茎周长、叶面积、单株鲜重、单株干重、可溶性糖含量等 7 个衡量指标的相关数据,结果见表 4。

表 4 不同剂量 BG3 处理后黄瓜幼苗各生长指标值

Table 4 Doses of BG3 treated cucumber seedling growth index

生长指标 Growth index	生防菌剂 BG3 的剂量 BG3 dose					
	0(CK)	5 mL	10 mL	50 mL	100 mL	200 mL
出苗率 Germination rate/ %	54.47	48.84	36.93	46.51	72.09	83.72
株高 Height/cm	3.90	5.41	3.72	4.59	5.12	4.92
茎周长 Stem circumference/cm	1.31	1.27	1.43	1.40	1.34	1.18
叶面积 Leaf area/cm <sup>2</sup>	27.06	25.97	27.63	29.84	38.89	23.47
单株鲜重 Plant fresh weight/g	1.512	1.634	2.035	1.715	1.902	1.567
单株干重 Plant dry weight/g	0.119	0.124	0.147	0.146	0.227	0.128
可溶性糖含量 Soluble sugars content/mg · g <sup>-1</sup>	31.077	31.004	36.215	42.958	32.179	30.314

由表 5 综合分析的结果可知,各处理的相对接近程度值都大于对照,这说明 BG3 发酵液对黄瓜苗生长有一定的促生效应,且在剂量选择上,以 100 mL 处理的相对接近程度值最大,说明 100 mL BG3 处理是促进黄瓜幼

苗生长的最适剂量,其余依次 50、10、200、5 mL,此分析结果还表明,BG3 剂量过高和过低都会削弱对黄瓜苗的促生效应。

表 5 不同剂量 BG3 发酵液处理对黄瓜幼苗生长效应综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of different treatment doses BG3 broth effect on growth of cucumber seedlings

BG3 剂量 BG3 dose/mL	$d_i^+$	$d_i^-$	$b_i$	生长排序 Growth sort
100	0.4386	0.2287	0.6573	1
50	0.3165	0.3358	0.4852	2
10	0.2857	0.4312	0.3985	3
200	0.2639	0.4731	0.3581	4
5	0.2117	0.4712	0.3100	5
0(CK)	0.1104	0.5017	0.1804	6

## 3 讨论与结论

生防菌 BG3 作为一种 PGPR,是从黄瓜根际土壤分离筛选获得,微孔滤膜过滤菌液后用介质法测定菌落直径发现,BG3 发酵液对黄瓜枯萎病菌有明显的抑制能力。该研究结果同时证明了生防菌剂 BG3 对黄瓜苗的生长起促进作用,在种植土壤中人为施用生防菌 BG3 制剂,能够控制黄瓜枯萎病等土传病害的发生,从而达到高产优质的目的,进而产生更大的经济效益。

植物根际促生细菌(PGPR)作为一植物有益菌,其促生长的机理十分复杂。迄今为止,许多研究已证明在植物生长发育过程中,根际或共生的微生物可产生植物激素直接地促进植物生长<sup>[9]</sup>;Kloepper<sup>[10]</sup>报道,大多数 PGPR 是通过减少有害微生物群体间接促进植物生长;而有的研究认为是 PGPR 通过诱导植物生理代谢发生

变化直接促进植物生长<sup>[11-12]</sup>,该试验认为 PGPR 以何种方式发挥促生作用,是由其本身的特性和环境因素同时决定的,某一株 PGPR 可能只有一种作用方式,而另一株可能是几种方式综合起作用。该试验选用生防菌 BG3 是以何种方式起促生作用,还有待进一步深入研究。

生防菌剂 BG3 对黄瓜幼苗的生长效应可以通过黄瓜农艺性状表现以及生理生化指标反映,适宜剂量的生防菌剂 BG3 能提高黄瓜苗各个生理指标,除株高和出苗率 2 个指标外,其余生长指标都表现出以下的规律:生防菌剂 BG3 剂量过大或过小均会削弱对黄瓜各指标的促进作用,甚至有一定的抑制作用,如茎周长、叶面积和可溶性糖含量。而株高和出芽率并没有像其它指标一样表现出一定的规律,这可能与试验中存在的误差有关,或者这 2 个生长指标对环境的敏感程度高于对 BG3 剂量,从而导致异常的互作生长效应。因此,对株高和

出苗率的研究还应从环境因子方面进行探讨,才能真实反映生防菌剂 BG3 对这 2 个指标的影响。

试验发现株高和出苗率二者出现了少数异常的数据,尽管如此,引入 TOPSIS 方法,通过建立逼近理想解的数学模型,克服了数据统计分析存在的缺陷,对样本量的大小无太高要求,也不需要样本服从一定的变化规律,所以用它来综合评价 BG3 菌剂剂量对黄瓜苗生长效应的影响,更具有广泛性和科学性,而且它弥补了以往单凭某项指标说明各处理对黄瓜生长是否有促进作用的缺陷,更能反映事物之间的真实关系。

生防菌作为一种资源丰富的微生物类群,在植物病害生物防治中具有十分重要的作用。在已有研究中,对生防菌促生作用的研究主要侧重于其发酵液的活性。该试验研究了不同剂量的生防菌剂 BG3 对黄瓜幼苗的促生作用,其结果为生防肥料 BG3 开发提供了重要依据。研究生防菌 BG3 对黄瓜的生长效应需从农艺性状、生理生化特性、种植基质等方面综合考虑,而要明确生防菌 BG3 对黄瓜的生长效应,还需要有一定的大田试验为基础,从而为生防菌 BG3 制剂的推广应用提供理论依据。

该试验表明,生防菌剂对出苗率、株高、茎周长、叶面积、单株鲜重、单株干重、可溶性糖含量等 7 个主要衡量指标的影响是不同的,单凭某项指标不能说明各处理对黄瓜生长是否有促进作用,试验采用 TOPSIS 法对各处理的农艺性状及生理生化性质进行综合测评,结果表明,生防菌剂 BG3 对黄瓜生长具有促生效应,剂量过大或过小均会削弱对黄瓜苗生长的促生效应,在黄瓜生产中,可以采用每 1 kg 土 : 100 mL 生防菌剂 BG3 的喷洒比例来处理播种土壤,以保证黄瓜苗期的良好生长。

## 参考文献

- [1] 胡江春,薛德林,马成新,等.植物根际促生菌(PGPR)的研究与应用前景[J].应用生态学报,2004(10):1963-1966.
- [2] Iris Y, Alok K Sa, Yoram K, et al. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants[J]. Plant and Soil, 2001, 235(2): 235-242.
- [3] 梁建根,张炳欣,喻景权,等.植物根围促生细菌(PGPR)对黄瓜生长及生理生化特性的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2007(2): 202-206.
- [4] 段春梅,薛泉宏,赵娟,等.放线菌剂对黄瓜幼苗生长及叶片 PPO 活性的影响[J].西北农业学报,2010(9):48-54.
- [5] 嵇苏,郑璐,张丽琼.生防放线菌对黄瓜生长效应的影响[J].南方农业学报,2011(11):1357-1360.
- [6] Shen A H, Zhang B X, Li B, et al. Identification on an antagonistic rhizobacterium X3 from rhizosphere of cucumber[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(9): 1521-1524.
- [7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2003:195-197.
- [8] 陈强,杨晓华.基于熵权的 TOPSIS 法及其在水环境质量综合评价中的应用[J].环境工程,2007(4):75-77,5.
- [9] Klopfer J W, Lifshitz R, Zablottowicz R M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity[J]. Trends in Biotechnology, 1989, 7: 39-44.
- [10] Kloepper J W. Effect of seed piece inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on population of *Erwinia carotovora* of potato roots and in daughter tubers[J]. Phytopathology, 1983, 73: 217-219.
- [11] Vanpeer R, Niemann G J, Schippers B. Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt carnation by *Pseudomonas* sp. strain wcs417r [J]. Phytopathology, 1991, 81: 728-734.
- [12] 冯常新,王远宏,王学利.生防菌 BG3 对黄瓜枯萎病及黄瓜生长调控分析[C].中国植物病理学会,中国植物病理学会 2010 年学术年会论文集,2010.

## Effect of Biological Agents BG3 on the Growth of Cucumber Seedlings Based on TOPSIS Method

XU Ming-zhu<sup>1</sup>, WANG Yuan-hong<sup>1</sup>, CHANG Ruo-kui<sup>2</sup>, ZHANG Pan<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. College of Engineering and Technology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

**Abstract:** Taking 'Jinchun No. 4' cucumber as test material, the effects of different doses of BG3 on the agronomical, physiological and biochemical characteristics of cucumber seedlings were explored, the promoting effect of BG3 on cucumber was studied. The results showed that BG3 could improve the growth of cucumber seedlings. However, the effect on all indexes was different with the same dose of BG3. To improve quality, yields and economic benefit, TOPSIS method was used to evaluate all indexes. It concluded that 1 kg soil mixing 100 mL BG3 agent was the most effective to promote cucumber seedling growth.

**Key words:** cucumber seedlings; biocontrol agent BG3; TOPSIS method; promoting effect