

doi:10.11937/bfyy.20182538

## 内生菌肥料对设施西瓜生长的影响

王 夏, 刘金平, 孙菲菲

(江苏省南京市蔬菜科学研究所, 江苏 南京 210042)

**摘 要:**以西瓜品种“小兰”为试材,采用苗期浇灌内生菌和设施大棚内减少化肥用量配施适宜浓度微生物的方法,研究了不同施肥方法对西瓜幼苗株高、叶面积、根长等生长指标和设施棚内西瓜幼苗生长量、产量、西瓜果实的营养品质的影响,以期选出一种少化肥+内生菌剂的高效施肥方法。结果表明:5 g·L<sup>-1</sup>浓度的内生菌处理对西瓜幼苗有一定的促生作用,可增加株高、叶面积、根长等;减少化学肥料配施适宜浓度的微生物菌剂可有效降低西瓜枯萎病发病率,能够提高西瓜幼苗的生物量、产量、西瓜果实的营养品质;且常规施肥减量40%+667 m<sup>2</sup>施内生菌根菌剂1.5 kg+667 m<sup>2</sup>施液体细菌类剂50 mL效果最好。

**关键词:**西瓜;内生菌;促生作用;营养品质

**中图分类号:**S 651.265 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)04-0080-05

西瓜是一年生蔓生藤本植物<sup>[1]</sup>,是人们喜欢食用的水果,是我国重要的经济作物。随着西瓜

产业规模化、设施化和专业化发展,设施西瓜连作障碍问题日趋严重,导致西瓜种植地土壤理化条件恶化<sup>[2-3]</sup>、土壤微生物种群失衡<sup>[4]</sup>、自毒作用<sup>[5]</sup>、产量下降<sup>[6]</sup>等问题,给我国西瓜生产带来巨大经济损失。如何解决连作障碍问题恢复土壤生产力,是西瓜产业健康发展迫在眉睫的任务。

植物内生菌是生活于健康植物的组织和器官内部的真菌或细菌,可与宿主植物形成共生或寄生关系,且不引起植物侵染性<sup>[7]</sup>。近年来,关于内生菌对植物生长发育的影响,国内外学者做了大量的研究工作。康萍芝等<sup>[8]</sup>研究表明,采用灌根

**第一作者简介:**王夏(1985-),男,硕士,农艺师,研究方向为十字花科蔬菜种质资源保护与蔬菜种植技术。E-mail: woshixia2008@126.com.

**责任作者:**孙菲菲(1980-),女,博士,高级农艺师,现主要从事十字花科蔬菜种质资源保护与蔬菜种植技术等研究工作。E-mail: ffsun\_2044@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31201634);江苏省自然科学基金资助项目(BK2012074)。

**收稿日期:**2018-09-20

and studying, which provided basis data for management and measures of optimal cultivation kidney bean. The results indicated that ‘Green Bean No. 2’ could grow normal under different shade condition, total chlorophyll content increased with the increase of shade degree, chlorophyll a/b value decreased with the increase of shade degree. Leaves of *Phaseolus vulgaris* L. under the treatment of the shade CK, the accumulation of soluble protein content, short-term shade treatment was beneficial to the increase of the content of soluble sugar, but long-term shade was the disadvantage of soluble sugar accumulation; POD activity of leaves showed a trend of ‘W’ type change with the increase of shade time; proline(Pro) content was not obvious under different lighting conditions, the law of change was not obvious either. Raising of malondialdehyde(MDA) content under high shading conditions showed that it was effective on plant under stress.

**Keywords:** light intensity; ‘Green Bean No. 2’; blades; physiological characteristics

处理,施入微生物菌剂对设施瓜菜有促生长和防病增产作用。朱英等<sup>[9]</sup>、张紫肖等<sup>[10]</sup>研究指出,施用微生物菌剂能明显的促进番茄生长,同时对番茄青枯病也有一定的抑制效果。辣椒内生细菌 TmL2-9 对辣椒幼苗早疫病的防效可达 84.4%,对番茄幼苗早疫病也有一定的防效<sup>[10]</sup>。有研究发现 DSE48、DSE49 和 *Leptodontidium orchidicola* 3 种内生菌可以有效地减少番茄的病菌发病率,同时使幼苗的生物量和番茄的糖含量增加<sup>[11]</sup>。

该试验以西瓜品种“小兰”为试材,采用内生菌不同施肥方法处理西瓜幼苗,进一步论证内生菌对于减少常规肥料投入、提升作物抗病害能力以及提高作物产量、提升作物品质、增加综合效益等实际应用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试西瓜品种为“小兰”,由台湾农友有限公司提供。

供试微生物产品由南京翠京元生物科技有限公司提供,分别是内生菌(粉剂)和微生物菌剂(液体),内生菌根菌剂为真菌类粉剂产品,主要成分为根内根孢囊霉菌,有效繁殖体 $\geq 70$ 个 $\cdot$  mL<sup>-1</sup>;微生物菌剂为细菌类液体产品,主要成分是以布氏乳杆菌为主,有效活菌数 $\geq 2.0$ 亿株 $\cdot$  mL<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 苗期试验

试验用西瓜苗为穴盘嫁接苗,嫁接成功后,以 5 g $\cdot$  L<sup>-1</sup> 内生菌根菌剂液浇灌作处理 T,以浇灌清水作 CK。处理 14 d 后,测定苗期形态指标。

#### 1.2.2 田间试验

设每试验小区面积为 14.4 m<sup>2</sup> (宽 2.4 m $\times$  6.0 m),小区间挖沟作畦,防止小区之间养分和水分的横向迁移。试验以农户习惯施肥作 CK,即 667 m<sup>2</sup> 施 45%硫酸钾复合肥 75 kg+硫酸钾 1 kg;处理 1,农户习惯施肥+667 m<sup>2</sup> 施内生菌根菌剂 1.5 kg;处理 2,农户习惯施肥减 20%+667 m<sup>2</sup> 施内生菌根菌剂 1.5 kg;处理 3,农户习惯施肥减 40%+667 m<sup>2</sup> 施内生菌根菌剂 1.5 kg+667 m<sup>2</sup> 细菌类菌剂 50 mL。将健壮的西瓜苗定植到田间,

病虫害防治及除草等日常管理按照当地农户习惯进行。在定植 60 d 内,调查西瓜枯萎病发病情况,及西瓜植株生长指标,待果实成熟后(80 d)收获果实,测定产量及营养品质。

### 1.3 项目测定

#### 1.3.1 苗期试验生长性状

使用游标卡尺和卷尺测量其茎粗、株高和根长,数值精确到 0.01 cm;用直尺测量叶片最长、最宽处的值,叶面积=叶长 $\times$ 叶宽 $\times$ 0.75;用直尺测量幼苗植株最长、最宽幅度,开展度=最长幅度 $\times$ 最宽幅度;将西瓜幼苗连根带基质取出,用蒸馏水洗净擦干,用电子天平称鲜质量;剪下根系,用直尺测根长,计算根系数。

#### 1.3.2 生长期植株生长指标测定

中心糖和边糖含量测定采用手持糖计<sup>[12]</sup>;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[13]</sup>;维生素 C 含量测定采用 2%的草酸浸提-酚二磺酸比色法<sup>[14]</sup>;可溶性固形物含量测定采用手持折光仪法<sup>[15]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 22.0 软件和 Excel 2007 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 内生菌处理对西瓜苗期形态指标的影响

由表 1 可知,经内生菌根菌剂处理后的西瓜幼苗除茎粗外,其它指标均比对照(CK)有不同程度增长,且差异显著,其中叶面积增加了 22.69%,开展度增加了 74.34%,根长增加了 46.45%,根系数增加了 25.13%,说明内生菌根菌剂能够显著促进西瓜幼苗根系生长发育,进而影响地上部生长。

### 2.2 不同内生菌处理对西瓜枯萎病的防效统计

由表 2 可知,常规施肥下,西瓜枯萎病发病严重,发病率为 12.79%;T1 处理下,西瓜枯萎病发病率为 5.89%,防病效果为 53.95%,与对照(CK)相比差异不显著;T2 处理下西瓜枯萎病害程度显著下降,发病率为 5.76%,防病效果为 54.96%;T3 处理下西瓜枯萎病发病率下降至 1.42%,防病效果达到 88.90%。以上结果表明,

表 1 内生菌对西瓜苗期形态指标的影响  
Table 1 Effect of endophytes on the morphological indicators at the seedling stage

	对照 CK	处理 Treatment	增长率 Growth rate/%
株高 Plant height/cm	12.900±1.084a	14.000±2.57b	8.53
叶面积 Leaf area/cm <sup>2</sup>	31.380±1.72a	38.500±6.51b	22.69
开展度 Degree of development/cm <sup>2</sup>	74.680±12.52a	130.200±62.56b	74.34
茎粗 Stem stick/cm	0.320±0.45a	0.320±0.44a	0.00
根长 Root length/cm	9.860±2.77a	14.440±1.41b	46.45
根系数 Root coefficient	151.200±10.96a	189.200±15.62b	25.13
鲜质量 Fresh weight/g	5.254±0.56a	5.278±0.48b	0.46
叶数 Number of leaves	3.000±0.54a	4.000±0.45b	33.33

表 2 不同处理对西瓜枯萎病的防效统计  
Table 2 The statistics of disease prevention effection on watermelon *Fusarium* wilt %

处理 Treatment	病害发病率 Disease incidence	防病效果 Disease prevention effection
CK	12.79a	—
T1	5.89ab	53.95
T2	5.76b	54.96
T3	1.42c	88.90

内生菌根菌剂能够显著提高西瓜抗枯萎病的能力。

2.3 不同处理对西瓜的促生作用及收获时产量的影响

从表 3 可以看出,与对照(CK)相比,处理组的主蔓叶片数、支蔓叶片数、茎粗、支蔓数均有所增加,但差异程度不同。与 CK 相比,T1 处理坐果数增加,但差异不显著,T3 处理坐果数显著高

于 CK;但 T2 处理下的坐果数显著低于 CK,产量却比 CK 高,说明 T2 处理的西瓜单果质量高于 CK。处理组的总产量均明显高于 CK,且 T3>T1>T2,其中 T3 处理 667 m<sup>2</sup> 总产量又显著高于 T1、T2 处理,说明适当的减肥 40%加上合适的微生物菌剂可以提高西瓜的生物量及产量,达到减肥、环保、高产的目的。

表 3 不同处理对西瓜的促生作用及收获时产量的影响  
Table 3 Effects of different treatments on the promoting effect of watermelon at the harvest

处理 Treatment	主蔓叶片数 Number of main vine leaf	支蔓叶片数 Number of vine leaf	茎粗 Stem stick /mm	主蔓长 Length of main vine/mm	支蔓蔓数 Number of vine	单株坐果数 Number of fruit per plant	667 m <sup>2</sup> 总产量 667 m <sup>2</sup> yield /kg
CK	45.33±1.52a	15.67±1.528a	5.95±0.58b	119.67±5.51c	3.00±0.00a	22.67±4.93ab	1 143.90±336.68c
T1	45.67±1.23a	17.00±1.02a	6.97±0.41ab	132.33±2.51b	3.00±0.00a	24.67±4.72ab	1 278.00±85.00b
T2	46.00±1.01a	16.67±1.15a	6.88±0.13ab	162.00±2.86a	3.00±0.00a	20.33±2.52b	1 191.60±154.37b
T3	50.33±3.21b	18.00±2.14a	7.16±0.80a	165.23±5.03a	3.00±0.00a	29.00±1.02a	1 732.80±148.30a

2.4 不同处理对西瓜果实营养品质的影响

由表 4 可知,T1、T2、T3 处理西瓜的中心糖度分别比对照(CK)增加 1.80°、1.03°、2.40°,各处理显著高于 CK,且处理间差异显著。各处理组西瓜的边糖含量均显著高于 CK,T2 和 T3 处

理间边糖含量差异不显著。处理后西瓜的可溶性蛋白质含量显著比 CK 高,其中 T1、T2、T3 处理分别增加了 36.36%、54.55%、72.73%,且 T3 处理增加幅度最大。与 CK 相比,T1 处理下西瓜维生素 C 含量基本无增加,T2、T3 处理均显著高于

表4 不同处理对西瓜果实营养品质的影响

Table 4 Effects of different treatments on nutritional quality of watermelon fruits

处理 Treatment	中心糖含量 Central sugar content/(%)	边糖含量 Edge sugar /(%)	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /(mg·g <sup>-1</sup> )	维生素C含量 Vitamin C content /(mg·g <sup>-1</sup> )	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%
CK	9.50±0.20a	8.53±0.21a	0.22±0.22a	0.25±0.04a	15.57±0.68a
T1	11.30±0.40b	9.73±0.05b	0.30±0.31b	0.26±0.03a	16.54±1.01ab
T2	10.53±0.25c	10.43±0.32c	0.34±0.33bc	0.34±0.02b	18.21±0.84b
T3	11.90±0.36d	10.56±0.58c	0.38±0.38c	0.40±0.04b	22.80±0.23c

CK,处理间无显著差异。同时,西瓜的可溶性固形物含量在各处理下均明显高于CK,T3处理与其它处理差异显著。综上可知,T3处理效果最佳,即常规施肥减量40%+667 m<sup>2</sup>施内生菌根菌剂1.5 kg+667 m<sup>2</sup>施液体菌剂50 mL。

### 3 讨论

在设施西瓜栽培中土传病害严重,有害菌大量繁殖以及栽培连作障碍等问题影响蔬菜产量、品质。前人将内生菌、芽孢杆菌等微生物菌剂的促生作用应用到黄瓜、番茄等蔬菜育苗中<sup>[16-18]</sup>。该试验中,从内生菌剂处理对西瓜幼苗的影响看,内生菌剂能够显著增加西瓜幼苗的株高、叶面积、根长、根数、叶片开展度等指标,对茎粗影响不大。这可能是因为内生菌在代谢过程中分泌出促植物生长的物质如植物生长素、乙烯等,可直接促进植物生长<sup>[19-22]</sup>,提高植株壮苗指数。

微生物菌剂与化学肥料配施,并不是化学肥料越多越好,在适量减少化学肥料使用量的条件下,能够更好的发挥微生物菌剂的作用。贺冰等<sup>[23]</sup>研究表明微生物菌剂与化学肥料配施能够促进番茄幼苗地上部的生长,增加根体积、根鲜质量和根干质量。相比单一微生物菌剂,复合微生物菌剂更大程度地提高了设施栽培辣椒<sup>[24]</sup>、大蒜<sup>[25]</sup>、番茄<sup>[26]</sup>等蔬菜的品质和产量。在田间试验中,对西瓜枯萎病的调查中发现,处理2和处理3可以有效地抑制枯萎病的发生。处理3能够显著提高西瓜的产量,处理2效果不明显。但处理2和处理3下的西瓜的营养品质显著高于对照,且处理3效果好于处理2。说明在施肥减量40%的条件下,内生菌复合菌剂更好地发挥了作用,提高了西瓜的产量和营养品质,并达到了节约肥料

的效果。

综合以上试验结果,内生菌对苗期和生长期的西瓜都有明显促生作用;微生物菌剂与化学肥料配施,可提高西瓜对枯萎病的抵抗力,减少农药和化肥使用量,同时可以增产增收,提高西瓜果实的营养品质。

### 参考文献

- [1] 靳晓丹. 大棚西瓜种植技术[J]. 乡村科技, 2017(18): 51-52.
- [2] 杨玉新,王纯立,谢志刚,等. 微生物肥对土壤微生物种群数量的影响[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(s1): 169-171.
- [3] 王毓洪,高天一,张华峰,等. 设施西甜瓜连作障碍综合防控技术[J]. 中国蔬菜, 2018(11): 81-84.
- [4] 赵娟. 设施蔬菜连作障碍防控技术[J]. 上海蔬菜, 2018(2): 48-49.
- [5] 马慧,杨瑞秀,盖晓彤,等. 不同土壤处理剂对甜瓜连作障碍的修复作用[J]. 农药, 2018, 57(10): 764-767.
- [6] 朱绍坤,赵文东,孙凌俊,等. 连作障碍及缓解措施研究进展[J]. 北方果树, 2018(4): 1-3, 11.
- [7] 陈龙,梁子宁,朱华. 植物内生菌研究进展[J]. 生物技术通报, 2015, 31(8): 30-34.
- [8] 康萍芝,张丽荣,张华普,等. 不同微生物菌剂对设施瓜菜根围土壤微生物的生态效应及其促生防病作用[J]. 北方园艺, 2013(21): 132-135.
- [9] 朱英,孙权,司海丽,等. 微生物菌剂对设施番茄幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2013(19): 55-58.
- [10] 张紫肖,蒋继志,吴素玉,等. 几种内生菌促进辣椒幼苗生长及抗旱疫病的研究[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(23): 18-19.
- [11] ANDRADE-LINARES D R, GROSCH R, RESTREPO S, et al. Effects of dark septate endophytes on tomato plant performance[J]. Mycorrhiza, 2011, 21(5): 413-422.
- [12] 董浩. 哈密瓜系列产品的研制[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.
- [13] 张清华,陈昆,赵跃峰. 不同光质对西瓜幼苗光合特性、生理品质及保护酶系统的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(10): 1615-1617.
- [14] 郭秀珠,黄品湖,冯惠英,等. 微生物肥在西瓜上的试验效应

- [J]. 浙江农业科学, 2005(2): 19-20.
- [15] 李晓芳, 杨永岗, 张化生. 甜瓜叶柄可溶性固形物含量的变化[J]. 北方园艺, 2015(14): 31-34.
- [16] 赵静, 夏海波, 李艳青, 等. 根际促生菌 YHN 对番茄和茄子的促生作用研究[J]. 北方园艺, 2014(4): 30-32.
- [17] 王美琴, 卢海波, 赵立娟, 等. 核桃内生菌 HT3 对番茄和黄瓜的促生作用[J]. 山西农业科学, 2013, 41(2): 130-132.
- [18] 李哲. 芽孢杆菌促生作用及具有促生作用的挥发物质研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [19] ANEBUKKARASI K, HEMALATHA T, CHENDRAYAN. Studies on phytohormone producing ability of indigenous endophytic bacteria isolated from tropical legume crops[J]. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2013, 2(6): 127-136.
- [20] TIEN T M, GASKINS M H, HUBBELL D H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L.)[J]. Appl Environ Microbiol, 1979, 37(5): 1016.
- [21] ZAEFARIAN F, VAHIDZADEH S, RAHDARI P, et al. Effectiveness of plant growth promoting rhizobacteria in facilitating lead and nutrient uptake by little seed canary grass[J]. Revista Brasileira De Botânica, 2012, 35(3): 241-248.
- [22] 何红, 蔡学清, 兰成忠, 等. 辣椒内生菌 BS-2 在白菜体内的定殖、促生和防炭疽病作用[J]. 植物保护学报, 2004, 31(4): 347-352.
- [23] 贺冰, 赵月平, 邵秀丽, 等. 微生物菌剂与化学肥料配施对番茄幼苗生长的影响[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(5): 528-531.
- [24] 尤升波, 游银伟, 王翠萍, 等. 复合微生物制剂对辣椒品质及产量的影响[J]. 山东科学, 2006, 19(6): 89-90.
- [25] 邵秀丽. 复合微生物菌剂制备及在大蒜生产中的应用[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [26] 朱英, 孙权, 司海丽, 等. 微生物菌剂对设施番茄幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2013(19): 55-58.

## Effects of Endophytes Fertilizer on Growth of Watermelon in Facilities

WANG Xia, LIU Jinping, SUN Feifei

(Nanjing Institute of Vegetable Science in Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210042)

**Abstract:** The watermelon ‘Xiao Lan’ was selected as material, to analyze the plant height, leaf area and root length at the seedling stage and the biomass, yield and the nutritional quality of the fruit in facilities by the method of watering endophytes solution at the seedling stage and fertilizer decrement with suitable concentration of endophytes in facilities to select an efficient fertilization methods. The results showed that the  $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  concentration of endophytes could have a promotion effect and increase the plant height, leaf area and root length of watermelon seedling. The rate of watermelon wilt disease was decreased. The biomass, yield and the nutritional quality of the fruit was increased. The best effect was 40% fertilizer decrement with 1.5 kg per 667  $\text{m}^2$  endophytic bacteria fertilizer and 50 mL per 667  $\text{m}^2$  liquid bacteria.

**Keywords:** watermelon; endophytes; growth-promotion; nutritional quality