

DOI:10.11937/bfyy.201614007

不同浓度的褐球固氮菌对水培生菜的影响

沈 军¹, 武英霞¹, 杨 帆², 张梦杰¹, 顾慧环¹

(1. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 新乡医学院 微生物教研室, 河南 新乡 453003)

摘 要:以美国大速生菜为试材,在营养液中添加不同浓度的褐球固氮菌,研究了其对生菜叶片数、叶长、叶宽、茎粗、产量等形态指标和叶绿素、维生素 C、硝态氮含量等生理指标的影响,为提高水培生菜的产量和品质提供参考依据。结果表明:施用褐球固氮菌均可以促进生菜的生长发育,其中以 300 倍和 400 倍效果最好;均降低了营养液的 pH 和显著降低了 EC 值;400 倍液褐球固氮菌可以提高生菜的叶绿素含量,但显著增加了叶片中硝态氮的含量,500 倍液褐球固氮菌可以极显著提高维生素 C 的含量。

关键词:水培;褐球固氮菌;生菜

中图分类号:S 636.206⁺.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)14-0030-03

微生物肥料在高产、优质和高效农业的持续发展中起着重要的作用^[1]。固氮细菌是其中十分重要的功能群之一,相比化肥具有成本低、使用安全、持续效果好、增产稳定、非再生能源消耗少、对环境和食品安全、经济效益高等特点^[2]。生菜是水培的主要作物,具有良好的经济效益,但易积累硝酸盐,严重危害人体健康^[3]。微生物菌剂在蔬菜生产中得到了较广泛的应用^[4-9],但在水培中的应用尚鲜见报道。该试验研究了不同浓度的褐球固氮菌对水培状态下生菜的影响,对提高水培蔬菜的产量和品质具有重要指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试美国大速生菜,由邢台市双龙种苗有限公司提供。供试褐球固氮菌(*Azotobacter chroococcum* Beijerinck)由新乡医学院微生物教研室提供,为液体型,浓度为 4.5 g · L⁻¹。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 4—6 月在河南科技学院园艺园林学院蔬菜实验室进行。参考莫拉德配方配制营养液,具体为 A 液:Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 945 mg · L⁻¹、KNO₃ 607 mg · L⁻¹;B 液:NH₄H₂PO₄ 115 mg · L⁻¹、MgSO₄ ·

7H₂O 493 mg · L⁻¹;C 液:H₃BO₃ 2.86 mg · L⁻¹、MnSO₄ · H₂O 1.61 mg · L⁻¹、ZnSO₄ · 7H₂O 0.22 mg · L⁻¹、CuSO₄ · 5H₂O 0.08 mg · L⁻¹、(NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O 0.02 mg · L⁻¹、NaFe-EDTA 30 mg · L⁻¹。其中大量元素采用 1/2 的剂量,微量元素采用 1/5 剂量,每个水培筐可容纳 6 L 营养液,待幼苗长至三叶一心时,定植在水培筐中,每筐定植 24 株生菜。使用 24 h 程控定时器控制充氧设备,每隔 30 min 充氧 1 次,1 次 30 min。

试验共设 5 个处理,分别为对照(CK,不添加褐球固氮菌),200(将菌液稀释 200 倍,下同)、300、400、500 倍液浓度,每隔 7 d 加 1 次菌液,每次加入量为 50 mL,共加入 3 次,每次加入菌液之前对生菜和营养液随机取样测定。

1.3 项目测定

叶数(叶长 3 cm 以上);叶长、叶宽、茎粗用游标卡尺法测定;产量为每个处理收获时的总产量。营养液 pH 和电导率以 1:5 饱和浸提法测定;叶绿素含量用 80%丙酮提取法测定;维生素 C 含量用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定;硝态氮含量用水杨酸硝化法测定。

1.4 数据分析

采用 DPS 数据处理系统软件(3.0)和 Excel 进行数据处理和分析,对所有指标均采用 Duncan's 新复极差法检验,进行显著性($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$)比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对生菜形态指标的影响

由表 1 可以看出,施用褐球固氮菌均可以促进生菜的生长,其中以 400 倍处理的效果最好,叶长、叶宽、茎粗与对照达到了差异显著水平,但未达到差异极显著水平;与 200、300、500 倍液相比,叶片数、叶长、叶宽均未达

第一作者简介:沈军(1976-),男,博士,讲师,现主要从事设施园艺和无土栽培等研究工作。E-mail:george947@163.com.

基金项目:河南科技学院重点资助项目(207010613002);河南科技学院青年教师资助项目(201010714002);河南省现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(S2010-03-G06);河南省科技攻关重点资助项目(112102110023)。

收稿日期:2016-02-14

到差异显著水平,但与 500 倍液的茎粗达到了差异显著水平。

表 1 不同处理对生菜形态指标的影响

Table 1 Effect of form index on different treatments

处理 Treatment	叶片数 Leaf number /片	叶长 Leaf length /cm	叶宽 Leaf width /cm	茎粗 Stem diameter /cm	24 株产量 Yield of 24 plants /g
CK	5.25aA	8.79bA	3.13bA	0.26bA	480
200 倍	6.25aA	11.01abA	4.61abA	0.30abA	640
300 倍	6.50aA	12.39aA	4.99abA	0.34abA	760
400 倍	6.75aA	13.41aA	5.68aA	0.41aA	784
500 倍	5.50aA	10.15abA	4.14abA	0.25bA	560

注:同列小写字母表示差异显著;不同大写字母表示差异极显著。

Note: The lowercase letter indicates significant difference at 0.05 level; the capital letter indicates significant difference at 0.01 level.

2.2 不同处理对营养液 pH 和电导率的影响

2.2.1 不同处理对营养液 pH 的影响 由图 1 可以看出,根据莫拉德配方配制的营养液初始 pH 较高,均在 8.0 以上,其中 500 倍液最高,达到了 8.3;200 倍液最低,为 8.0。在营养液中加入不同浓度的褐球固氮菌后,其 pH 均降低到 7.0 以下,200 倍液的 pH 最低,为 6.5。

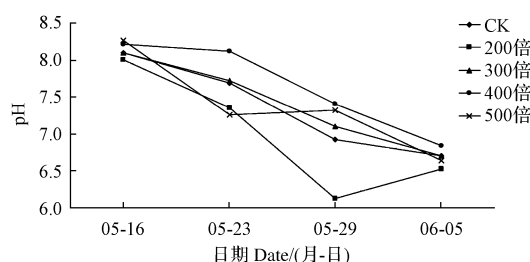


图 1 不同浓度的褐球固氮菌对营养液 pH 的影响

Fig. 1 Effect of different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on nutrient solution pH

2.2.2 不同处理对营养液电导率的影响 由图 2 可以看出,在营养液中添加褐球固氮菌后,营养液的 EC 值表现出先上升后逐渐下降的趋势。在 5 月 23 日达到峰值,其中以对照的 EC 值最高,达到了 $1.82 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$;400 倍液最低,为 $1.55 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$;第 3 周下降的较快,基本下降 $0.2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,之后趋于平稳。200 倍液和 400 倍

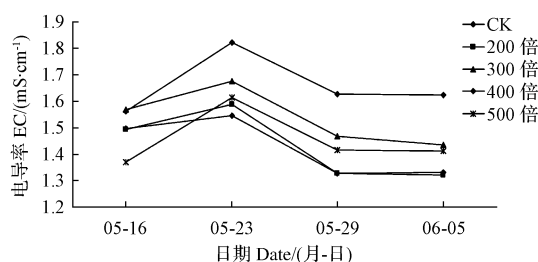


图 2 不同浓度的褐球固氮菌对营养液电导率的影响

Fig. 2 Effect of different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on nutrient solution EC

液 EC 值最低,为 $1.3 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,300 倍液和 500 倍液的 EC 值为 $1.4 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,对照的 EC 值为 $1.6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

2.3 不同浓度褐球固氮菌对生菜生理指标的影响

2.3.1 不同浓度褐球固氮菌对生菜叶绿素含量的影响

通过图 3 可以看出,施用 400 倍褐球固氮菌的生菜叶绿素含量最高,达到了 $39.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,300 倍的其次,为 $37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。施用 200 倍液和 500 倍液的低于 CK。经方差分析,各处理均未达到显著性差异。

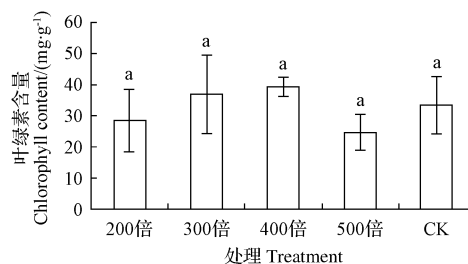


图 3 不同浓度褐球固氮菌对生菜叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effect of different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on chlorophyll content of lettuce

2.3.2 不同浓度的褐球固氮菌对生菜维生素 C 含量的影响

从图 4 可以看出,与 CK ($29.83 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 相比,400 倍和 500 倍液处理极显著的提高了维生素 C 的含量,以 500 倍液最高,达到了 $47.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,比 CK 增加了 58.6%。200 倍液和 300 倍液处理与 CK 相比,维生素 C 含量有所降低,以 200 倍液处理维生素 C 含量最低,为 $8.59 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。经方差分析,500 倍液与 400 倍液处理达到了显著差异水平,但未达到极显著差异水平。500 倍液与 CK 达到了极显著差异水平。CK 与 200 倍液、300 倍液之间达到了极显著性差异水平,200 倍液与 300 倍液之间未达到显著差异水平。

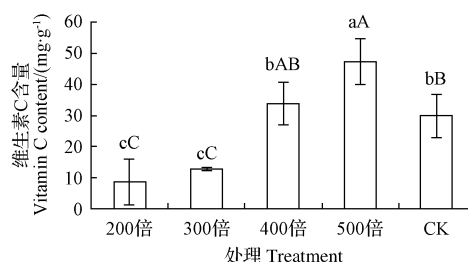


图 4 不同浓度的褐球固氮菌对生菜维生素 C 含量的影响

Fig. 4 Effect of different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on vitamin C content of lettuce

2.3.3 不同浓度的褐球固氮菌对生菜硝态氮含量的影响

由图 5 可以看出,400 倍液 ($3.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 比对照 ($3.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 高 $0.06 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,其余的处理均低于对照,其中 500 倍液最低,比对照低 $0.22 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。经方差分析,400 倍液与对照达到了差异显著水平,但未达到极显著差异水平;200、300、500 倍液与对照之间存在极

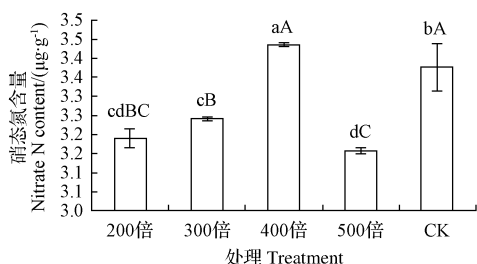


图5 不同浓度的褐球固氮菌对生菜硝态氮含量的影响

Fig.5 Effect of different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on nitrate N content of lettuce

显著差异。

3 讨论与结论

微生物肥料种类繁多,施用方法各异,对蔬菜、粮食等作物起到了增产和提高品质的效果^[10]。该试验在水培状态下施用褐球固氮菌,对生菜的叶数、叶长、产量等均起到了促进作用,以稀释400倍浓度的效果最好,可见施用褐球固氮菌对叶菜类蔬菜有明显的增产作用,与陶光灿等^[11]、马红梅等^[12]的研究结果一致。

生菜适宜的pH在5.8~6.6,适宜的EC值1.4~1.6 mS·cm⁻¹,施用褐球固氮菌使营养液的pH从8.0左右降低至7.0以下,同时维持了适宜的EC值,满足了生菜生长的需要,说明在营养液中施用褐球固氮菌,可以改善营养液的化学性质,从而促进蔬菜的生长发育。

300倍液和400倍液的褐球固氮菌提高了生菜的叶绿素含量,但200倍和500倍液却降低了生菜的叶绿素含量;500倍液提高了58.6%的维生素C含量,而降低了硝酸盐含量,且效果极显著。这与卢秉林等^[13]、韩文星等^[14]关于固氮菌能够促进作物生长的研究结果相一致。

该试验中以400倍液处理对生菜产量和品质的促进效果最好,可为水培无公害叶菜类蔬菜提供参考。

参考文献

- [1] 袁田,熊格生,刘志,等.微生物肥料的研究进展[J].湖南农业科学,2009(7):44-47.
- [2] HONG S R, YIN M H. High-efficiency vitrification protocols for cryo-preservation of *in vitro* grown shoot tips of rare and endangered plant *Emmenanthe henryi* Oliv. [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2009, 99(2): 217-226.
- [3] 任广涛,张海霞,金荣荣,等.大豆蛋白肽对水培叶用莴苣硝酸盐含量的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(2):24-27.
- [4] 李元芳.微生物肥料及其在蔬菜上的应用[J].中国蔬菜,2001(5):1-3.
- [5] 王朋,刘丹,梁文举.微生物肥料对绿色食品蔬菜品质的影响[J].农业环境保护,2002,21(6):562-563.
- [6] 朱小芳,马怜森,程炳林.农天使牌复合微生物肥料在中晚熟大白菜上应用效果研究[J].上海农业科技,2005(4):78-79.
- [7] 何永梅,肖建桥.几种微生物肥料在蔬菜生产上的正确应用[J].南方农业,2009(1):36-38.
- [8] 于恩晶,高丽红,陈青云.微生物菌剂与有机肥配施对日光温室小白菜产量和品质的影响[J].北方园艺,2010(7):57-59.
- [9] 耿广东,谢兵,李莉,等.VA菌根对黄瓜幼苗生长及生理特性的影响[J].长江蔬菜,2008(11):29-31.
- [10] 王素英,陶光灿,谢光辉,等.我国微生物肥料的应用研究进展[J].中国农业大学学报,2003,8(1):14-18.
- [11] 陶光灿,王素英,王玉平,等.芽胞杆菌属(*Bacillus* sp.) 10株细菌混合制剂对4种作物出苗及苗期生长的影响[J].应用与环境生物学报,2003,9(6):598-602.
- [12] 马红梅,谢英荷,洪坚平,等.固氮菌与氮配施对生菜及油菜产量和品质的影响[J].应用与环境生物学报,2011,17(3):376-378.
- [13] 卢秉林,王文丽,李娟,等.圆褐固氮菌对春小麦产量和氮肥利用效率的影响[J].核农学报,2010,24(3):599-604.
- [14] 韩文星,姚拓,席琳乔,等.PGPR菌肥制作及其对燕麦生长和品质影响的研究[J].草业学报,2008,2(2):75-84.

Effect of Different Concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck on Hydroponic Lettuce

SHEN Jun¹, WU Yingxia¹, YANG Fan², ZHANG Mengjie¹, GU Huihuan¹

(1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxing, Henan 453003; 2. Department of Microbiology, Xinxing Medical College, Xinxing, Henan 453003)

Abstract: The America high speed lettuce was used as test materials, different concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck were added into the nutrient solution, the effects of solution on form indexes which were leaf number, leaf length, leaf width, stem diameter and yield, etc. and physiology indexes which were content of chlorophyll, amino acid and nitrate N were measured, in order to improve the yield and quality of lettuce. The results showed that the pH was decreased and the EC value was significantly lowered by adding the *Azotobacter chroococcum* Beijerinck into the nutrient solution which could contribute to the growth of lettuce in which the 300 times and 400 times were the best. The contents of chlorophyll was increased and the nitrate N was significantly increased in hydroponic lettuce by adding 400 times the concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck. The vitamin C content was increased by adding 500 times the concentration of *Azotobacter chroococcum* Beijerinck.

Keywords: hydroponics; *Azotobacter chroococcum* Beijerinck; lettuce