

DOI:10.11937/bfyy.201508043

西兰花优化施肥及适宜微生物肥料筛选

刘会玲^{1,2}, 梁 硕^{1,2}, 王艳群^{1,2}, 王树涛^{2,3}, 陈亚恒^{2,3}, 彭正萍^{1,2}

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071001;

3. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以西兰花为试材,采用室内盆栽试验,设置了习惯施肥、优化无机肥与不同微生物肥配施处理,进行优化施肥措施筛选。结果表明:优化施肥处理提高西兰花株高、茎粗,地上部干重、鲜重,总干重、鲜重等生物学性状;提高土壤速效磷、速效钾含量;增加土壤微生物数量;促进植株吸收氮磷钾养分。施用含有细菌的微生物肥料能显著提高土壤细菌含量。与单施无机肥料相比,增施微生物肥料降低植株氮含量,提高钾含量;其中丰满园生物肥效果较好。

关键词:西兰花;优化施肥;微生物肥料

中图分类号:S 635.306⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0162-04

西兰花被誉为“蔬菜皇冠”,其食用部分是花蕾和少量幼嫩茎叶,富含蛋白质、膳食纤维、脂肪、矿物质、维生素和胡萝卜素等多种营养成分,具有较高的营养价值^[1]。西兰花茎叶作为水产、畜禽等动物饲料,可提高动物的生产性能和肉、蛋、奶品质。例如降低鸡肉胆固醇含量,提高肌苷酸含量,改善肉质^[2];降低蛋黄胆固醇水平,改善鸡蛋、鸭蛋品质^[3-4];改善牛奶品质^[5]。除营养功效外,西兰花还有杀菌、防止感染、防癌抗癌等医疗保健功效。

西兰花喜冷凉气候,在河北省张家口市坝上冷凉地区已形成规模化种植和出口。西兰花幼苗期氮素需求相对较多;营养生长期需充足的养分,以促进叶簇的旺盛生长,累积较多的同化物,为花球发育打下基础;花芽开始分化以后对 P、K 需要量相对增加。西兰花所需 N、P、K 比例为 14:5:8。坝上地区的调查结果表明,当地农民的习惯施肥是鸡粪有机肥 9 000 kg/hm²、掺混肥 (30-8-5)750 kg/hm²,N、P、K 比例为 15:4:2.5,氮肥用量相对偏高,磷肥用量偏低,钾肥用量相对不足,没有实现按需施肥,整体施肥结构不合理;同时由于当地连作地块较多,出现产量低、品质差等重茬障碍。针对这些问题,现采用室内盆栽试验,设置优化无机肥、配合施用不同微生物肥料处理,优化施肥技术体系,改善重茬障

碍,以期蔬菜降低生产成本、提高生产效益,实现土地持续利用和农业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试西兰花品种为“耐寒优秀”。

供试肥料分别为化学肥料尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 16%)、氯化钾(含 K₂O 60%),微生物肥料丰满园生物肥 1、丰满园生物肥 2、巨微生物肥 1、巨微生物肥 2。

供试土壤取自张家口坝上沽源县平定堡镇新民村西兰花种植基地,典型栗钙土。土壤理化性状为碱解氮 41.2 mg/kg、速效磷 14.2 mg/kg、速效钾 114.9 mg/kg、有机质 20.6 g/kg、pH 8.38。

1.2 试验方法

采用盆栽试验,于 2014 年 2—4 月在河北农业大学资源与环境学院人工光照培养室进行,设置 6 个处理(表 1),每个处理重复 4 次。各处理均施用等量的有机肥(24 g/盆)。盆的规格 Ø17.5 cm×15 cm。按照施肥方案将每盆用肥料与土(2 kg)混匀后装好。西兰花采用穴盘育苗,4 片真叶时每盆移栽幼苗 1 株,随机排列,定期交换盆位置,每天进行人工光照 12 h,定植后生长 50 d。生长期间,定期定量浇水。除施用肥料不同外,其它措施保持一致,减少除肥料外其它因素的影响。

1.3 项目测定

测定西兰花株高、茎粗、各器官干鲜重;用常规农化分析方法测定植株氮、磷、钾养分含量,土壤碱解氮、速效磷、速效钾、有机质含量^[6];测定脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性^[7];用稀释平板法测定土壤中真菌、细菌和放线菌数量^[8]。

第一作者简介:刘会玲(1973-),女,硕士,讲师,研究方向为农业资源利用。E-mail:13831224799@126.com.

责任作者:彭正萍(1974-),女,博士,教授,现主要从事植物营养生理与施肥等研究工作。

基金项目:河北省科技计划资助项目(13226419D-4)。

收稿日期:2015-01-20

表 1 施肥方案

处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	丰满园生物肥 1 Fengmantun fertilizer 1	丰满园生物肥 2 Fengmantun fertilizer 2	巨微生物肥 1 Juwei fertilizer 1	巨微生物肥 2 Juwei fertilizer 2
1. 习惯施肥	598	160	37.4				
2. 优化施肥 1	276	320	176				
3. 优化施肥 2	276	320	176	2 000			
4. 优化施肥 3	276	320	176		2 000		
5. 优化施肥 4	276	320	176			300	
6. 优化施肥 5	276	320	176				180

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 17 软件进行数据处理及方差分析。

2 结果与分析

2.1 优化施肥配施微生物菌剂对西兰花生物学性状的影响

从表 2 可以看出,与习惯施肥相比,各优化施肥处理株高、茎粗、叶片数以及植株地上部、地下部的干鲜重均增加。各处理株高从大到小依次为 3>4>5>6>2>1;与习惯施肥相比,各优化施肥处理的株高平均增加 10.5%,只有处理 2 增加 5.7%,其余处理增加均在 10%以上,效果显著。各处理茎粗从大到小依次为 3>4>

5>2>6>1;与习惯施肥相比,各优化施肥处理的茎粗增加 5.6%~12.1%,平均增加 8.8%,处理 3、4 的茎粗增加显著。各优化施肥处理的叶片数平均增加 1.5%;各优化施肥处理的植株地上部、地下部干鲜重均有不同程度地提高,处理 2~5 增加均在 20%以上,处理 3 增加超过 35%,处理 6 增加只有 8%左右。各处理的干重、鲜重大到小依次为 3>4>2>5>6>1。

处理 3 对西兰花的茎粗、株高、干鲜重等指标的增与习惯施肥处理都达到差异显著水平,表现最好;其次是处理 4。与习惯施肥比较,优化施肥处理对西兰花生物学性状促进作用大小顺序是 3>4>5>2>6。

表 2 不同处理的西兰花生物学性状

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /mm	叶片数 Leaf number	地上部鲜重 Aboveground fresh weight /(g·株 ⁻¹)	总鲜重 Total fresh weight /(g·株 ⁻¹)	地上部干重 Aboveground dry weight /(g·株 ⁻¹)	总干重 Total dry weight /(g·株 ⁻¹)
1	18.38b	8.76b	23.00a	39.07b	46.29c	4.65b	4.93b
2	19.43ab	9.34ab	23.33a	49.33ab	59.62ab	6.07ab	6.53ab
3	20.73a	9.76a	23.50a	53.18a	63.17a	6.53a	6.98a
4	20.55a	9.82a	23.25a	48.45ab	57.59ab	6.43a	6.82a
5	20.53a	9.49ab	23.33a	46.99ab	56.23ab	5.92ab	6.28ab
6	20.33a	9.25ab	23.33a	41.19ab	49.57bc	5.06ab	5.36ab

注:同列数字后不同字母表示差异显著,达 0.05 水平,下同。
Note: Different lowercase letters in the same row show significant difference at 0.05 level.

2.2 优化施肥配施微生物菌剂对土壤养分的影响

表 3 表明,与习惯施肥相比,各优化施肥处理土壤碱解氮、有机质含量差异不显著;优化施肥各处理土壤速效磷含量提高 10.22~18.33 mg/kg,平均 14.36 mg/kg,提升 29.46%;其中处理 5、6 作用显著,分别提高 17.08 mg/kg

和 18.33 mg/kg;其它处理增加 10.22~13.14 mg/kg,但差异不显著;优化施肥各处理土壤速效钾含量提高 24.46~29.42 mg/kg,平均 25.79 mg/kg,提升 15.54%,与习惯施肥间差异显著,但各优化施肥处理间差异不显著。

表 3 不同处理的土壤养分

处理 Treatment	碱解氮含量 Alkali-hydrolyzable nitrogen content /(mg·kg ⁻¹)	速效磷含量 Rapidly available phosphorus content /(mg·kg ⁻¹)	速效钾含量 Rapidly available potassium content /(mg·kg ⁻¹)	有机质含量 Organic matter content /(g·kg ⁻¹)
1	190.37 a	48.75 b	165.93 b	22.66a
2	193.55 a	58.97 ab	190.40 a	23.72a
3	194.53 a	61.89 ab	190.39 a	23.32a
4	192.08 a	61.76 ab	190.39 a	22.78a
5	193.37 a	65.83 a	192.07 a	21.89a
6	189.63 a	67.08 a	195.35 a	22.20a

2.3 优化施肥配施微生物菌剂对土壤生物学性状的影响

由表 4 可知,各优化施肥处理的氮肥用量低于习惯施肥,各优化施肥处理土壤脲酶活性均低于习惯施肥,平均降低 6.34%,但差异不显著。处理 2 土壤过氧化氢酶活性高于习惯施肥,处理 4、5 低于习惯施肥,处理 3、6 与习惯施肥含量相同;方差分析表明,优化施肥各处理与习惯施肥差异不显著。优化施肥处理的碱性磷酸酶活性平均上升 3.33%,其中处理 2、4 的土壤碱性磷酸酶活性均高于习惯施肥,其它处理与习惯施肥相同。

优化施肥处理的土壤细菌、真菌、放线菌数量均比习惯施肥有不同程度的提高,各处理真菌和放线菌数量差异不显著,细菌含量差异显著。与习惯施肥比,处理 2、3 的土壤细菌数量分别增加 4.24%、9.17%,处理 4、5、

6 分别增加 134.75%、99.50%、111.22%,其中处理 4 提高幅度最大。处理 4、5、6 施用的微生物肥料中微生物是细菌,因此细菌数量较处理 1、2、3 有明显提高,提高约 1 倍,差异达到显著水平。各处理细菌数量排序为 4>6>5>3>2>1,处理 4、5、6 的 3 种微生物肥料对土壤细菌含量影响差异不显著。各优化施肥处理的土壤真菌含量较习惯施肥提高 6.53%~14.46%,平均 10.40%,其中处理 4 提高最多,为 14.46%。

优化施肥处理的土壤放线菌数量较习惯施肥提高 2.21%~10.09%,平均 5.74%;其中处理 3 提高最多,为 10.09%。处理 3 微生物肥料中的微生物是放线菌,因此,处理 3 的放线菌数量高于其它处理;与其它处理相比,未达到差异显著水平。

表 4

不同处理的土壤生物学性状

Table 4

Soil biological characters of different treatments

处理 Treatment	脲酶 Urease /(NH ₃ -N μg·g ⁻¹ ·(24h) ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase /((0.1 mol/L KMnO ₄) mL·g ⁻¹)	碱性磷酸酶 Phosphatase /(P ₂ O ₅ mg·g ⁻¹)	细菌 Bacteria /(×10 ⁶ 个·g ⁻¹)	真菌 Fungi /(×10 ⁶ 个·g ⁻¹)	放线菌 Actinomycete /(×10 ⁶ 个·g ⁻¹)
1	2.06 a	1.75 a	0.92 a	21.93 b	17.77 a	3.17 a
2	1.97 a	1.80 a	0.98 a	22.86 b	19.70 a	3.34 a
3	2.00 a	1.75 a	0.92 a	23.94 b	19.24 a	3.49 a
4	1.77 a	1.70 a	0.94 a	51.48 a	20.34 a	3.24 a
5	1.89 a	1.72 a	0.90 a	43.75 a	18.93 a	3.34 a
6	1.99 a	1.75 a	0.91 a	46.32 a	19.88 a	3.35 a

2.4 优化施肥配施微生物菌剂对西兰花养分吸收的影响

由表 5 可知,处理 2 植株氮含量显著高于其它处理,与习惯施肥相比,处理 3~6 降低了植株氮含量。优化施肥处理磷含量略低于习惯施肥处理,钾含量高于习惯施肥;处理 3、5 的钾含量显著高于习惯施肥。

与习惯施肥相比,各优化施肥处理的氮、磷、钾吸收量均增加,氮吸收量平均提高 26.21%,其中处理 2~5 提高 19.20%~40.29%;处理 2、3 的氮吸收量显著提高,

处理 4、5、6 提高效果不显著。各优化施肥处理的磷吸收量平均提高 9.47%,其中处理 2、3、5 分别提高 13.55%、13.30%、11.85%,与习惯施肥比差异不显著。各优化施肥处理的钾吸收量平均提高 63.86%,其中处理 3、4、5 分别提高为 116.79%、56.84%、73.52%;处理间差异显著,处理 2~5 的钾吸收量显著高于习惯施肥,处理 6 与习惯施肥差异不显著。

表 5

不同处理西兰花养分吸收

Table 5

Nutrient absorption by broccoli of different treatments

处理 Treatment	氮含量 Nitrogen content /%	氮吸收量 Nitrogen absorption content /(mg·株 ⁻¹)	磷含量 Phosphorus content /%	磷吸收量 Phosphorus absorption content /(mg·株 ⁻¹)	钾含量 Potassium content /%	钾吸收量 Potassium absorption content /(mg·株 ⁻¹)
1	4.48 b	208.42 b	0.53 a	24.73 a	4.22 c	196.0 d
2	4.82 a	292.40 a	0.46 a	28.08 a	4.76 bc	289.1 bc
3	4.38 b	286.06 a	0.43 a	28.02 a	6.51 a	424.9 a
4	4.16 b	267.61 ab	0.39 a	25.46 a	4.78 bc	307.4 bc
5	4.20 b	248.43 ab	0.47 a	27.66 a	5.75 ab	340.1 ab
6	4.39 b	220.75 ab	0.52 a	26.14 a	4.86 bc	244.3 cd

3 结论与讨论

西兰花生物学性状的增加能增强植株的抗病性、环境适应能力、结球品质^[9]。该试验中 5 个优化施肥处理均增加了植株的株高、茎粗,地上部干重、鲜重,总干重、鲜重等生物学性状,有利于增强植株的抗逆性,从而提

高产量和改善品质。氮肥过量造成植株生长过旺,叶片数反而有所降低^[10-11];该试验中习惯施肥处理施氮量较优化施肥高,叶片数略有下降。

硝酸盐含量随氮肥量的增加而增加^[11-12]。习惯施肥处理施氮量较优化施肥高 1 倍,因此可能出现其蔬菜硝酸盐含量较高的情况;另外,习惯施肥处理较优化施

肥土壤碱解氮含量低、蔬菜氮吸收量少,氮肥利用率低,存在氮肥浪费以及挥发、淋失污染环境的风险。施用微生物肥料的处理3~6相对于处理1、2则降低了植株氮含量。钾是品质元素且能增强植株的抗逆性,硝酸盐含量随钾肥量的增加而降低^[12]。增施微生物肥料的处理3~5西兰花钾吸收量均高于处理2,有利于改善品质和增强抗性。

无机肥料对土壤酶的间接影响主要通过植物、土壤动物和微生物表现,各优化施肥处理均增加了土壤中微生物量。适宜施用无机肥料增强土壤酶活性;但高量尿素使脲酶受到抑制,高量磷肥能抑制磷酸酶活性^[7]。该试验中习惯施肥较优化施肥施氮量高、磷肥用量低,其脲酶含量较高、磷酸酶含量较低,说明其尿素用量和磷肥用量尚未抑制脲酶活性和磷酸酶活性。

处理4、5、6微生物肥料中的微生物是细菌,其土壤细菌数量较处理1、2、3有明显提高,说明施用含有细菌的微生物肥料能显著提高土壤细菌含量。处理5、6土壤速效磷、速效钾含量提高效果明显,说明该细菌在此试验条件下具有一定的解磷解钾作用,可以活化土壤中部分磷和钾,使其成为有效态,供植物吸收利用。

综合考虑西兰花的生物学性状、养分吸收情况和土壤的养分状况、生物学性状,以及其可能对产量和品质产生的影响,该试验中处理3、4、5的各项指标均较好,以

处理3效果最好。因该研究是室内试验,影响因素相对于田间试验要少,可控性强,田间试验是否有一致的表现,还需要进一步的试验验证,以便进行大面积的推广应用。

参考文献

- [1] 勾雪娇,袁云香,吴翠平,等. 西兰花的实用价值分析[J]. 农产品加工,2012(4):72-73.
- [2] 胡彩虹,钱仲仓,刘海萍,等. 西兰花茎叶粉对绿牧快大型草鸡生长性能和肉质的影响[J]. 动物营养学报,2010,22(1):194-200.
- [3] 郑卫兵,潘红英,王德刚,等. 西兰花茎叶粉对仙居三黄鸡蛋品质、受精率和孵化率的影响[J]. 草业科学,2010,27(30):148-152.
- [4] 李志兰,左安燕,胡彩虹. 西兰花茎叶粉对蛋鸭生产性能和蛋品质的影响[J]. 畜牧与兽医,2010,42(9):37-39.
- [5] 易贤武. 西兰花茎叶粉作为反刍动物饲料的可行性研究[D]. 杭州:浙江大学,2009.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [8] 陈子英. 水稻根系微生物的主要特性[J]. 微生物学报,1963,9(2):186-192.
- [9] 杨眉,于凤泉,李志强,等. 生物肥对西兰花产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2010(3):24-25.
- [10] 黄蔚. 氮肥用量对西兰花产量、商品性和抗性的影响[J]. 浙江农业科学,2014(3):352-353.
- [11] 诸海燕,吕卫光,余廷园. 不同氮肥用量对青花菜品质和产量的影响[J]. 北方园艺,2006(1):6-7.
- [12] 刘金元. 氮磷钾对青花菜产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2011(15):57-58.

The Optimized Fertilization and Screening of Suitable Microbial Fertilizer on Broccoli

LIU Hui-ling^{1,2}, LIANG Shuo^{1,2}, WANG Yan-qun^{1,2}, WANG Shu-tao^{2,3}, CHEN Ya-heng^{2,3}, PENG Zheng-ping^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 2. Key Laboratory for Farmland Eco-Environment of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 3. College of Land Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking broccoli as test materials, using the habit fertilizer application and different optimized fertilization treatments, screening for the optimized fertilization measure by potted planting experiment indoor were studied. The results showed that the optimized fertilization treatments improved the biological characters of broccoli, such as the plant height, stem diameter, dry and fresh weight; improved the content of soil available phosphorus and available potassium; increased the number of soil microorganisms; improved the nutrients absorption of nitrogen phosphorus and potassium, etc. Applying microbial fertilizer containing bacteria could significantly increase the content of soil bacteria. Compared with just applying inorganic fertilizers, applying inorganic fertilizer and also applying microbial fertilizer, reduced plant nitrogen content, improved potassium content. The effect of 'fengmantun' biological fertilizer was better than other microbial fertilizers.

Keywords: broccoli; optimized fertilization; microbial fertilizer