

沼渣有机无机复混肥对小白菜生长及品质的影响

董志新¹, 刘奋武¹, 续珍², 刘秀珍¹, 张吴平¹, 卜玉山¹

(1. 山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801; 2. 中国农业大学 资源环境学院, 北京 100091)

摘要:以小白菜为研究对象,通过盆栽试验,研究了沼渣有机无机复混肥对小白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* L.)生长及品质的影响。结果表明:不同施肥处理均促进了小白菜的生长,与不施肥(CK)相比,小白菜产量提高了20.9%~69.0%,其中猪粪沼渣有机无机复混肥处理小白菜产量最高,分别为352.28 g/盆和349.33 g/盆,秸秆沼渣有机无机复混肥次之;沼渣与商品有机肥处理对降低小白菜硝酸盐含量,提高小白菜还原型维生素C含量和水溶性糖含量效果优于无机肥处理和沼渣有机无机复混肥处理,沼渣有机无机复混肥处理又要好于无机肥处理。与无机肥处理相比,沼渣有机无机复混肥处理小白菜植株硝酸盐含量降低了7.8%~56.7%,水溶性糖含量提高了13.1%~23.6%,还原型维生素C含量提高了18.0%~38.2%。

关键词:沼渣;有机无机复混肥;小白菜;硝酸盐;还原型维生素C;叶绿素;水溶性糖

中图分类号:S 141.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0001-05

随着农产品安全问题的日益突出,人们对农产品品质有了较高的要求。在现代农业生产中,化肥的长期大量施用,尤其是氮素化肥,造成农产品品质下降、经济效益降低、土壤板结、肥料利用率降低等系列问题^[1-2]。大量研究表明,有机肥在增加土壤养分、增强土壤微生物活性、降低土壤重金属毒性和改善作物品质等方面具有不可替代的作用^[3-4]。沼渣富含有机质、腐殖酸和多种微生物、酶类等活性物质,是良好的土壤改良剂,能改善土壤理化性状,促进团粒结构形成,降低土壤容重,提高土壤的有机质含量和肥力,有利于农业的可持续发展^[5]。研究结果表明,有机物料与化肥科学配合,可以调节化肥养分的转化、释放和供应,可以改善土壤的理化性状,调节土壤酶活性,减少氮损失,减缓土壤中磷的固定,提高土壤供肥能力^[6]。杨极武等^[7]同样证实,通过合理稀释或调配处理,施用沼肥可提高蔬菜、果树产量,显著降低叶菜类蔬菜中硝酸盐含量,增加果蔬中维生素C、有机酸和糖分含量。杨润新等^[8]研究发现,施有机无机复混肥能改善辣椒果实性状,提高辣椒果实蛋白质、全糖和还原型维生素C含量,改善果实品质,提高辣椒产量。

该研究为充分发挥沼肥的作用,通过盆栽试验,研究了不同有机质和养分含量的沼渣有机无机复混肥对小白菜生长、产量及品质的影响,并与商品有机肥料相比较,为沼渣复混肥在农业上的合理高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试猪粪沼渣和秸秆沼渣采自于高平市不同沼气池。尿素(宁夏丰友化工股份有限公司,总氮 $\geq 46\%$)、磷酸一铵(四川宏达股份有限公司, N $\geq 11\%$ 、P₂O₅ $\geq 44\%$)、硫酸钾(山西钾肥有限责任公司, K₂O $\geq 45\%$)、商品有机肥1:金百地精制有机肥(山西昌鑫生物农业科技有限公司,有机质 $\geq 30\%$,总养分含量 $\geq 4\%$)、商品有机肥2:精准有机肥(山西省太谷县化肥厂,有机质 $\geq 40\%$,总养分含量 $\geq 5\%$)。供试土壤采自山西农业大学资源环境学院试验站,供试沼渣及土壤的理化性状见表1。供试作物为小白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* L.),品种为“新五月曼”。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用小白菜的盆栽试验,设不施肥(CK)、无机肥、有机无机复混肥1、有机无机复混肥2、有机无机复混肥3、有机无机复混肥4、猪粪沼渣、秸秆沼渣、商品有机肥1、商品有机肥2等10个处理(见表2)。其中②、③、⑥处理养分含量相等,均为N 12%、P₂O₅ 8%、K₂O 6%,③、⑤、⑦处理有机质含量相等,均为25%,④、⑥、⑧处理有机质含量相等,均为30%。每处理3次重复。

第一作者简介:董志新(1987-),男,山西洪洞人,硕士研究生,研究方向为施肥与环境。E-mail:kong_zhuangcun@163.com.

责任作者:卜玉山(1957-),男,教授,博士生导师,现主要从事有机废弃物的资源化利用等研究工作。E-mail:yushan_bu@126.com.

基金项目:山西省留学归国资助项目(2013-重点7);山西省攻关资助项目(20130313007-3)。

收稿日期:2014-07-04

表 1

供试沼渣及土壤的理化性状

Table 1

Physical and chemical properties of the experimental biogas residue and soil

供试材料 Experimental material	有机质 Organic matter/%	全 N Total N /(g · kg ⁻¹)	全 P Total P /(g · kg ⁻¹)	全 K Total K /(g · kg ⁻¹)	碱解 N Alkali N /(mg · kg ⁻¹)	有效 P Available P /(mg · kg ⁻¹)	速效 K Available K /(mg · kg ⁻¹)	pH 值 pH value
土壤 Soil	1.18	0.74	0.71	22.90	24.48	19.89	137.86	8.40
猪粪沼渣 Pig manure residue	46.58	26.03	37.18	5.63	1 530.20	1 680.29	3 441.40	7.13
秸秆沼渣 Straw residue	60.26	19.41	11.41	22.11	627.28	2 536.75	8 555.60	7.71

表 2

施肥处理及肥料施用量

Table 2

Fertilization treatment and the dosage of fertilization

处理编号 Treatment No.	施肥处理 Fertilization treatment	肥料施用量 Dosage of fertilization/(g · kg ⁻¹ 土)						有机质含量 Organic matter content/%	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		商品有机肥	猪粪沼渣	秸秆沼渣	尿素	磷酸一铵	硫酸钾		
①	不施肥(CK)	—	—	—	—	—	—	—	—
②	无机肥	—	—	—	0.61	0.18	0.14	—	12 : 8 : 6
③	有机无机复混肥 1	—	0.57	—	0.22	0.08	0.13	25	12 : 8 : 6
④	有机无机复混肥 2	—	0.68	—	0.159	0.035	0.13	30	9 : 7 : 6
⑤	有机无机复混肥 3	—	—	0.44	0.3	0.16	0.10	25	16 : 8 : 5
⑥	有机无机复混肥 4	—	—	0.52	0.21	0.16	0.11	30	12 : 8 : 6
⑦	猪粪沼渣	—	0.57	—	—	—	—	25	—
⑧	秸秆沼渣	—	—	0.52	—	—	—	30	—
⑨	商品有机肥 1	1.00	—	—	—	—	—	30	—
⑩	商品有机肥 2	1.00	—	—	—	—	—	40	—

1.2.2 试验方法 试验于 2013 年 9—11 月在山西农业大学资源环境试验站温室内进行。试验用盆为底径 25 cm、口径 27 cm、高 30 cm 的塑料盆。9 月 8 日装盆施肥,每盆装土 10 kg,按设计处理称取供试材料混匀后均匀混入土壤,随机排列。9 月 10 日播种,9 月 14 日出苗,10 月 8 日进行间苗,每盆留苗 20 株,11 月 16 号收获。栽培期间每 2 d 浇水 1 次,每次 500 mL,其它措施按大棚蔬菜管理。收获后将小白菜叶子和根部清洗干净,取新鲜叶片进行品质指标叶绿素、还原型维生素 C、硝酸盐、水溶性糖含量的测定,测定株高、根长、地上部分鲜重及干重、地下部分鲜重及干重。

1.3 项目测定

叶绿素含量采用丙酮-乙醇提取法^[9]测定;还原型维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[9]测定;水溶性糖含量采用 H₂SO₄-蒽酮法^[9]测定;硝酸盐含量采用水杨酸-H₂SO₄ 法^[10]测定。

1.4 数据分析

试验数据处理及分析采用 Excel 和 DPS 7.5 软件,多重比较采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 沼渣有机无机复混肥对小白菜生长和产量的影响

由表 3 可以看出,所有施肥处理均不同程度地促进了小白菜生长和提高了产量,产量比 CK 提高了 20.9%~69.0%,且沼渣有机无机复混肥处理③~⑥比无机肥处理②、沼渣处理⑦、⑧和有机肥处理⑨、⑩效果更好,沼渣有机无机复混肥处理③、④效果又好于⑤、⑥。等 N 含量的处理②、③、⑥相比,沼渣有机无机复混肥处理③与⑥对小白菜生长的促进作用显著好于纯无机肥处理②。等有机质含量的处理③、⑤、⑦之间相比,以及④、⑥、⑧之间相比,沼渣有机无机复混肥处理③、⑤效果显著好于沼渣处理⑦,沼渣有机无机复混肥处理④、⑥效

表 3

沼渣有机-无机复混肥对小白菜生长的影响

Table 3

Effect of biogas residue organic-inorganic fertilization on the growth of pak-choi

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	根长 Root length /cm	地上鲜重 Aboveground fresh weight/(g · 株 ⁻¹)	地上干重 Aboveground dry weight/(g · 株 ⁻¹)	地下鲜重 Underground fresh weight/(g · 株 ⁻¹)	地下干重 Underground dry weight/(g · 株 ⁻¹)	产量 Production /(g · 盆 ⁻¹)
①	15.95e	5.49d	10.17d	0.51c	0.25d	0.03c	208.43d
②	20.10bc	5.92cd	14.33b	0.66b	0.32cd	0.06b	292.89b
③	23.77a	6.47a	17.11a	0.80a	0.51a	0.08a	352.28a
④	22.97a	6.40ab	17.03b	0.78ab	0.44b	0.06b	349.33a
⑤	20.37b	6.27abc	14.80b	0.68b	0.33c	0.06b	302.75b
⑥	20.95b	6.51ab	14.95b	0.70b	0.35c	0.07b	306.12b
⑦	18.26d	6.21bc	12.41c	0.53c	0.30cd	0.06b	254.11c
⑧	17.28de	6.01abc	12.34c	0.52c	0.29d	0.05b	252.46c
⑨	18.54cd	6.02abc	12.33c	0.53c	0.28d	0.05bc	252.08c
⑩	18.70cd	6.07bc	12.51c	0.54c	0.30cd	0.06b	256.03c

果显著好于沼渣处理⑧。表明沼渣有机无机复混肥处理中有机肥与无机肥具有良好的配合效果。

2.2 沼渣有机无机复混肥对小白菜叶绿素含量的影响

由图 1 可以看出,所有施肥处理均不同程度的提高了小白菜植株叶绿素含量。无机肥处理②、猪粪沼渣复混肥处理③、④以及商品有机肥处理⑩之间的小白菜叶绿素含量差异不显著,但均显著高于秸秆沼渣复混肥处理⑤、⑥、沼渣处理⑦、⑧以及商品有机肥处理⑨。秸秆沼渣复混肥处理⑥的小白菜叶绿素含量与沼渣处理⑦以及商品有机肥处理⑨差异不显著,但显著高于秸秆沼渣复混肥处理⑤和沼渣处理⑧。可见,猪粪沼渣有机无机复混肥对提高小白菜叶绿素含量的效果显著好于秸秆沼渣有机无机复混肥,且猪粪沼渣的效果也略好于秸秆沼渣。

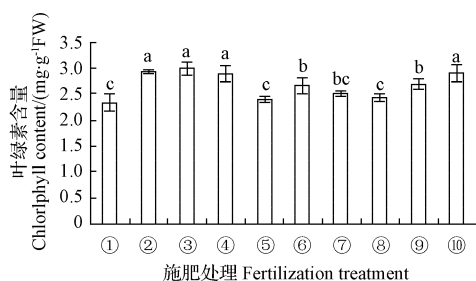


图 1 沼渣有机无机复混肥对小白菜叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effect of biogas residue organic-inorganic fertilization on chlorophyll content of pak-choi

2.3 沼渣有机无机复混肥对小白菜硝酸盐含量的影响

由图 2 可以看出,所有施肥处理均不同程度地增加了小白菜植株硝酸盐含量,且以无机肥处理②小白菜硝酸盐含量最高为 775.72 mg/kg,显著高于其它施肥处理,其次是秸秆沼渣有机无机复混肥处理⑤和⑥,分别为 715.00 mg/kg 和 626.41 mg/kg,且有机质含量高和 N 素含量低的沼渣有机无机复混肥处理④和⑥的小白菜硝酸盐含量显著低于有机质含量低和 N 素含量高的沼渣有机无机复混肥处理③和⑤。沼渣处理⑦、⑧的小白菜硝酸盐含量与不施肥处理①差异不显著,但均显著低于其余施肥处理,靳亚忠等^[11]的研究结果也表明,作

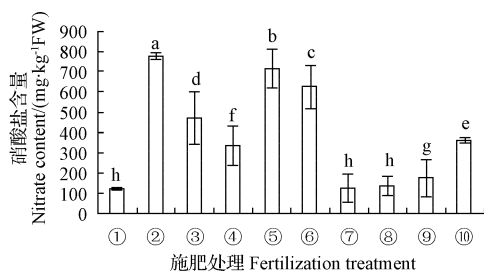


图 2 沼渣有机无机复混肥对小白菜硝酸盐含量的影响

Fig. 2 Effect of biogas residue organic-inorganic fertilization on nitrates content of pak-choi

物硝酸盐含量与肥料中 N 素含量有直接的关系。等 N 素处理②、③、⑥相比,无机肥处理②的小白菜硝酸盐含量显著高于沼渣有机无机复混肥处理③、⑥,焦晓光等^[12]研究结果也表明,与无机复合肥相比较,添加一定比例的沼渣,能够显著降低白菜的硝酸盐含量。这与沼渣有机无机复混肥协调土壤养分供应以及显著促进小白菜生长有关。

2.4 沼渣有机无机复混肥对小白菜还原型维生素 C 含量的影响

由图 3 可知,施肥对小白菜还原型维生素 C 含量影响差异显著。秸秆沼渣处理⑧小白菜维生素 C 含量显著高于不施肥处理①,猪粪沼渣处理⑦小白菜还原型维生素 C 含量也高于不施肥处理①,但差异不显著,其余施肥处理小白菜维生素 C 含量均显著低于不施肥处理①,且以无机肥处理②小白菜还原型维生素 C 含量最低为 1.33 mg/kg。商品有机肥处理⑨和⑩小白菜还原型维生素 C 含量与秸秆沼渣有机无机复混肥处理⑥差异不显著,但显著高于其余沼渣有机无机复混肥处理和无机肥处理,有机质含量高和 N 素含量低的沼渣有机无机复混肥处理④和⑥的小白菜还原型维生素 C 含量也略高于有机质含量低和 N 素含量高的沼渣有机无机复混肥处理③和⑤。表明小白菜还原型维生素 C 含量随肥料中有机质含量增加和养分含量减少而呈增加趋势。

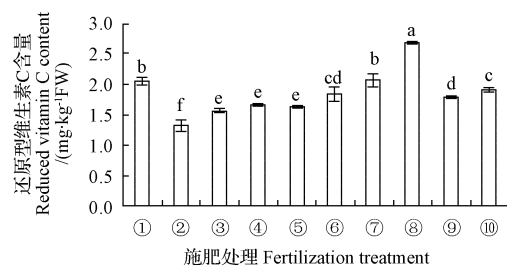


图 3 沼渣有机无机复混肥对小白菜还原型维生素 C 含量的影响

Fig. 3 Effect of biogas residue organic-inorganic fertilization on reduced vitamin C content of pak-choi

2.5 沼渣有机无机复混肥对小白菜水溶性糖含量的影响

由图 4 可知,施肥对小白菜水溶性糖含量影响差异显著。无机肥处理②和沼渣有机无机复混肥处理③、④、⑤、⑥的小白菜水溶性糖含量显著低于不施肥处理①,而沼渣处理⑦、⑧和商品有机肥处理⑨、⑩的小白菜水溶性糖含量较不施肥处理①分别增加了 5%、34%、23%、9%,有机质含量高和 N 素含量低的沼渣有机无机复混肥处理④和⑥的小白菜水溶性糖含量也相对高于有机质含量低和 N 素含量高的沼渣有机无机复混肥处理③和⑤。可能是由于沼渣和有机肥处理大量有机质存在下,无机养分特别是氮素不足影响了蛋白质的形

成,从而导致小白菜水溶性糖含量的累积,张志红等^[13]的研究结果也表明,小白菜在不施肥的不利环境条件下积累了较多可溶性糖。可见,增施有机肥料和降低速效化学肥料特别是氮肥的施用量会增加小白菜可溶性糖的含量。

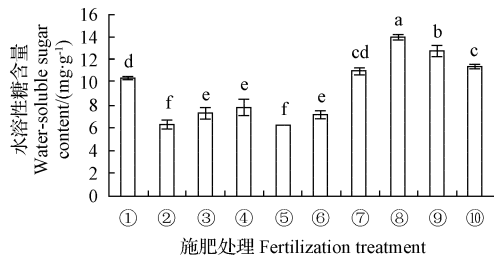


图4 沼渣有机无机复混肥对小白菜水溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effect of biogas residue organic-inorganic fertilization on water-soluble sugar content of pak-choi

3 结论

不同施肥处理均促进了小白菜生长和产量的提高,小白菜产量比CK提高了20.9%~69.0%,且沼渣有机无机复混肥处理效果优于无机肥、沼渣和商品有机肥处理,以猪粪沼渣有机无机复混肥处理的小白菜产量最高,分别为352.28 g/盆和349.33 g/盆,秸秆沼渣有机无机复混肥次之。

施肥处理均不同程度地提高了小白菜植株叶绿素含量,以无机肥处理与猪粪沼渣有机无机复混肥处理提高小白菜叶绿素含量效果最好,其次为商品有机肥处理,而秸秆沼渣有机无机复混肥处理和沼渣处理效果相近。

相比CK各施肥处理的小白菜硝酸盐含量均有所增加,以无机肥处理增加最大。但与无机肥处理相比较,其余施肥处理的小白菜硝酸盐含量均显著下降,降低了7.8%~84.5%,沼渣和商品有机肥处理显著低于沼渣有机无机复混肥处理,且以沼渣处理下降幅度最大,与CK差异不显著,其次是商品有机肥。猪粪沼渣有机无机复混肥处理下降的幅度大于秸秆沼渣有机无机复混肥。

与CK相比,无机肥处理、沼渣有机无机复混肥处理、商品有机肥处理小白菜还原型维生素C含量均显著降低,以无机肥处理降低幅度最大,而沼渣处理小白菜

还原型维生素C含量有所增加。与无机肥处理相比较,沼渣有机无机复混肥处理小白菜还原型维生素C含量显著增加,高了13.1%~23.6%,且秸秆沼渣有机无机复混肥处理小白菜还原型维生素C含量高于猪粪沼渣有机无机复混肥处理。

无机肥处理、沼渣有机无机复混肥处理的小白菜水溶性糖含量较CK显著降低,而沼渣处理和商品有机肥处理较CK显著增加。沼渣有机无机复混肥处理的小白菜水溶性糖含量较无机肥处理有所增加,增加了18.0%~38.2%。且猪粪沼渣有机无机复混肥处理小白菜水溶性糖含量高于秸秆沼渣有机无机复混肥处理。

综合比较各施肥处理对小白菜生长、产量及品质的影响,沼渣配合一定比例的无机肥料,可促进小白菜生长,改善小白菜品质,提高产量。

参考文献

- [1] 张乃明. 施肥对蔬菜中硝酸盐累积量的影响[J]. 土壤肥料, 2001(2): 37-38.
- [2] 张杰, 孙钦平, 魏宗强, 等. 沼渣和沼液对油菜生长及氮素利用率的影响[J]. 北方园艺, 2009(11): 26-29.
- [3] Carpenter-Boggs L, Kennedy A C. Reganold organic and biodynamic management effects on soil biology[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(5): 1651-1659.
- [4] Bolna N S, Adriano D C. Effects of organic amendments on the reduction and phyto-availability of chromate in mineral soil[J]. Journal of Environmental Quality, 2003, 32(1): 120-128.
- [5] 朱磊, 卢剑波. 沼气发酵产物的综合利用[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(S1): 176-180.
- [6] 赵秉强, 林治安, 冀建华, 等. 有机复合肥养分高效优化技术研究[J]. 磷肥与复肥, 2008, 23(5): 39-42.
- [7] 杨极武, 冯万贵, 安恒军, 等. 沼气、沼液和沼渣在蔬菜生产中的应用[J]. 北方园艺, 2006(3): 80-81.
- [8] 杨润新, 邹雪峰, 肖光明, 等. 有机无机复混肥对辣椒产量和品质的影响[J]. 现代农业科学, 2013(3): 79-80.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 68-70.
- [10] 白昕, 李亚男, 刘双全. 有机沼液生物肥对蔬菜品质的影响研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(8): 75-78.
- [11] 靳亚忠, 何晓蕾, 何淑平, 等. 有机肥和无机肥配施对小白菜生长和硝酸盐累积的影响[J]. 北方园艺, 2009(11): 30-32.
- [12] 焦晓光, 邓莹, 赵武雷. 不同施肥处理对小白菜品质及产量的影响[J]. 黑龙江大学工程学报, 2011(2): 71-73.
- [13] 张志红, 林贵英, 何涛. 沼渣改性复混肥对小白菜生长及品质的影响[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(S2): 25-29.

Effect of Organic-inorganic Fertilization Blended by Biogas Residue on the Growth and Quality of Pak-choi

DONG Zhi-xin¹, LIU Fen-wu¹, XU Zhen², LIU Xiu-zhen¹, ZHANG Wu-ping¹, BU Yu-shan¹

(1. College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801; 2. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100091)

外源 NO 对低温胁迫下番茄种子萌发和幼苗生长的影响

于秀针^{1,2}, 张彩虹^{1,2}, 姜鲁艳^{1,2}, 吐尔逊娜依·热依木江^{1,2}, 马艳³, 马彩雯^{1,2,3}

(1. 新疆农业科学院 农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆设施农业工程与装备技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830091; 3. 新疆农业科学院 农业工程公司, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘 要:以鲜食番茄品种‘欧亚多’种子和幼苗为试材, 对种子进行不同浓度(0.05、0.10、0.50、1.00、1.50 mmol/L) SNP(NO 供体硝普钠)浸泡后进行低温(18±1)℃处理; 对幼苗施用不同浓度(0.1、0.5、1.0、1.5 mmol/L)的 SNP 并进行低温(12±1)℃/(8±1)℃处理, 以研究外源 NO 对低温胁迫下番茄种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明:0.05、0.10 mmol/L 的 SNP 处理提高了低温胁迫下番茄种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数, 其中 0.05 mmol/L 的 SNP 处理效果最好; 施用不同浓度 SNP(0.10~1.00 mmol/L)可不同程度地缓解低温对番茄幼苗的株高、茎粗、叶片数、鲜重、干重及根系活力的抑制, 其中 0.50 mmol/L 的 SNP 处理对根系活力影响效果最好, 其余指标为 1.00 mmol/L 的 SNP 处理效果最好。

关键词:番茄; NO; 低温胁迫; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号:S 641.204⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0005-04

番茄是新疆设施生产的主栽作物之一。在设施番茄的生长发育过程中, 温度对其生长发育起着至关重要

的作用, 番茄是一种喜温蔬菜, 对温度反应敏感, 在番茄早春育苗、定植期间的低温往往造成其生长发育受阻, 严重影响成株期的生长发育、早期产量和果实的商品性^[1]。低温已成为新疆设施番茄取得稳产与高产的主要障碍因子之一。

NO 作为一种新的植物生长调节物质, 在植物的生理活动中起到了重要作用, 这些生理活动涉及到植物生长发育以及死亡的各个方面, 近年来, NO 在植物抗逆性上的应用越来越受到研究者的关注。已有大量的试验证明, NO 参与了植物生长发育的各个方面以及植物的

第一作者简介:于秀针(1985-), 女, 硕士, 园艺师, 现主要从事设施栽培与生理等研究工作。E-mail: yxzshz@126.com.

责任作者:马彩雯(1965-), 女, 硕士, 研究员, 现主要从事设施农业综合技术等研究工作。E-mail: xjmcw2010@sina.com.

基金项目:新疆自治区科技支撑计划资助项目(201130104); 国家自然科学基金资助项目(51368060); 新疆自治区高新技术研究发展计划资助项目(201211114)。

收稿日期:2014-07-10

Abstract: Using pak-choi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* L.) as material, a pot experiment was conducted to study the effect of different biogas residue organic-inorganic fertilizations on the growth and quality of pak-choi. The results showed that fertilization promoted the growth of pak-choi and the yields of pak-choi increased by 20.9%—69.0% compared with control. The yields of pak-choi were the highest in the treatment of organic-inorganic fertilizations blended by pig manure biogas residue and were 352.28 g/pot and 349.33 g/pot respectively, followed by the treatments of organic-inorganic fertilizations blended by straw biogas residue. The treatments of biogas residues and commercial organic fertilizations were better than the treatments of inorganic fertilization and organic-inorganic fertilizations blended by biogas residues in reducing the nitrate content and increasing the contents of reduced VC and water-soluble sugar in pak-choi, and the treatments of organic-inorganic fertilizations blended by biogas residues were better than inorganic fertilization treatment. Compared with inorganic fertilization treatment, the treatments of organic-inorganic fertilizations blended by biogas residues reduced the nitrate contents of pak-choi by 7.8%—56.7%, increased the water soluble sugar contents by 13.1%—23.6%, and increased the reduced VC contents by 18.0%—38.2%.

Keywords: biogas residue; organic-inorganic fertilization; pak-choi; nitrate; reduced VC; chlorophyll; water soluble sugar