

王利春,李银坤,郭文忠,等.施用生物炭对西北旱区有机芥蓝生长的影响及节水效应[J].江苏农业科学,2018,46(6):97-100.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.025

# 施用生物炭对西北旱区有机芥蓝生长的影响及节水效应

王利春<sup>1,2</sup>,李银坤<sup>1</sup>,郭文忠<sup>1</sup>,曲继松<sup>3</sup>,马丽<sup>4</sup>,杨子强<sup>4</sup>

(1.北京农业信息技术中心/农业部都市农业(北方)重点实验室,北京 100097; 2.北京市农林科学院北京市工程技术研究中心,北京 100097;  
3.宁夏农林科学院,宁夏银川 750002; 4.宁夏吴忠国家农业科技园区管理委员会,宁夏吴忠 751100)

**摘要:**以白花芥蓝为试材,设置不施肥、施生物炭 10 t/hm<sup>2</sup>、施有机肥 4 t/hm<sup>2</sup>、配施生物炭 10 t/hm<sup>2</sup> + 有机肥 4 t/hm<sup>2</sup> 共 4 个处理,研究添加生物炭对西北旱区有机芥蓝生长和土壤水分状况的影响,并对土壤改良应用效果进行检验。结果表明,向土壤中添加生物炭可改善土壤的持水性,芥蓝根系层的土壤含水量增加 10% 以上;单施生物炭对有机芥蓝生长的促进作用并不明显,配施生物炭与有机肥可使芥蓝生长得到明显改善,10 月 1 日芥蓝鲜质量与单施有机肥相比增加 15.1%。因此,在西北旱区有机栽培模式下,向土壤添加生物炭具有保水和增加芥蓝产量的双重效果。

**关键词:**有机栽培;芥蓝;生物炭;持水性;土壤;西北旱区;节水效应

**中图分类号:**S635.904 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)06-0097-03

宁夏回族自治区地处我国西北地区,光能丰富、热量适中、昼夜温差大,作物病虫害少,黄河贯穿全境,灌溉条件便利,为发展有机农业提供了得天独厚的水、光、热条件<sup>[1]</sup>。近年来,宁夏回族自治区生产的有机蔬菜远销沿海及香港地区,“供港蔬菜”已成为该地区农业特色产业<sup>[2]</sup>。然而,宁夏回族自治区属半干旱地区,水资源缺少,蒸发强烈,且普遍存在土壤肥力贫瘠、有机质及速效养分含量低等问题<sup>[1,3]</sup>,而在有机生产模式下,不能通过施用化学肥料来迅速提升土壤肥力。因此,如何统筹协调有机蔬菜生产的水、肥是获得蔬菜优质高产的关键。

生物炭是在缺氧条件下由植物体不完全燃烧生成的物质,属黑炭范畴<sup>[4-5]</sup>。生物炭化学稳定性较强,可在土壤中稳定存在较长的时间,作为土壤改良剂具有改良土壤结构、增加土壤持水性和碳氮比、减少土壤养分淋溶等作用,还可以增加土壤碳汇,减少温室气体排放<sup>[6-9]</sup>,应用前景十分广泛。目前,针对西北旱区有机栽培条件下添加生物炭对土壤改良及作物生长状况改善效果的研究鲜有报道。本试验以西北供港蔬菜生产基地白花芥蓝(*Brassica alboglabra* L. H. Bailey)为材料,研究施用生物炭对土壤改良、土壤持水性及芥蓝生长的影响,为西北旱区有机蔬菜的可持续生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015 年 8 月 12 日至 10 月 11 日在宁夏回族自治区

收稿日期:2016-09-18

基金项目:“国家”科技支撑计划(编号:2014BAD05B02);国家自然科学基金(编号:41501312);北京市农林科学院青年基金(编号:QNJJ201421)。

作者简介:王利春(1982—),男,副研究员,从事设施高效栽培装备技术研究。Tel:(010)51503504;E-mail:wangle@nercita.org.cn。

通信作者:郭文忠,研究员,从事设施农业信息化技术与装备研究。Tel:(010)51503504;E-mail:guowz@nercita.org.cn。

区吴忠市孙家滩吴忠农业科技园区覆盖防虫网的拱棚内进行,试验地 0~30 cm 深度土壤的容重为 1.35 g/cm<sup>3</sup>,pH 值为 8.3,有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为 2.39、0.20、0.44、17.20 g/kg,全盐、速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 3.15、14.0、4.0、78.0 mg/kg。

### 1.2 试验材料

供试品种为帝王白花芥蓝,8 月 10 日播种,8 月 25 日间苗定植,株行距为 10 cm × 20 cm;选用的生物炭由玉米芯烧制而成,即将玉米芯通过缺氧不完全燃烧得到,碳含量约为 65.7%;有机肥为腐熟的商品牛粪,购自吴忠市绿色能源开发有限公司,全氮、速效钾、有效磷含量分别为 12.92、10.05、1.18 g/kg。

### 1.3 试验设计

试验共设 4 个处理,分别为不施任何肥料(CK)、生物炭 10 t/hm<sup>2</sup>(C)、有机肥 4 t/hm<sup>2</sup>(M)、生物炭 10 t/hm<sup>2</sup> + 有机肥 4 t/hm<sup>2</sup>(CM)。翻地前,将有机肥与生物炭一次性施入土壤。各处理水分管理方式相同,灌溉间隔时间为 3~5 d,灌溉量为 30 mm。试验小区面积为 9 m<sup>2</sup>,随机分布,每处理重复 4 次。

### 1.4 测定项目与方法

分别于 9 月 5 日、9 月 16 日、10 月 3 日分层采集土样,采用烘干法测定土壤含水量;分别于 9 月 4 日、9 月 12 日、9 月 20 日、10 月 1 日随机固定芥蓝 4 株,测定植物株高、茎粗、叶片数等生长指标;分别于 8 月 28 日、9 月 13 日、10 月 1 日随机选取芥蓝 4 株,将其从根基部剪下,测定鲜质量。

### 1.5 数据处理

采用 SPSS 19.0、Excel 2007 软件对数据进行统计分析与作图;采用最小显著差数法(LSD 法)检验差异显著性(α=0.05)。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用生物炭对土壤含水量的影响

由图 1 可见,在相同的施肥水平下,添加生物炭处理的土

壤含水量多明显高于不添加生物炭处理;只添加生物炭(C)的 0~10、10~20、20~30 cm 土壤平均含水量分别 0.132、0.111、0.123 g/g, 分别比对照(CK)处理的 0.115、0.102、0.088 g/g 高 14.8%、8.8%、39.8%;施用有机肥+生物炭

(CM)的 0~10、10~20、20~30 cm 的土壤平均含水量分别 0.133、0.097、0.113 g/g, 分别比仅施用有机肥(M)的 0.111、0.090、0.081 g/g 高 19.8%、7.8%、39.5%。

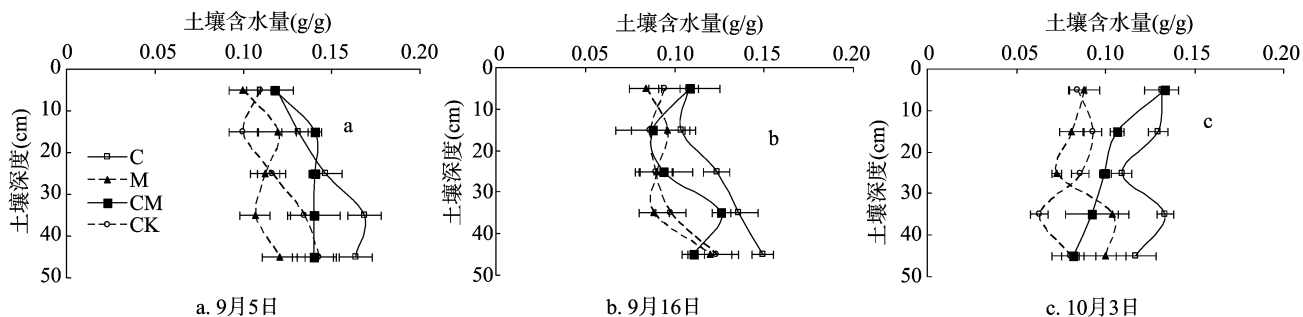
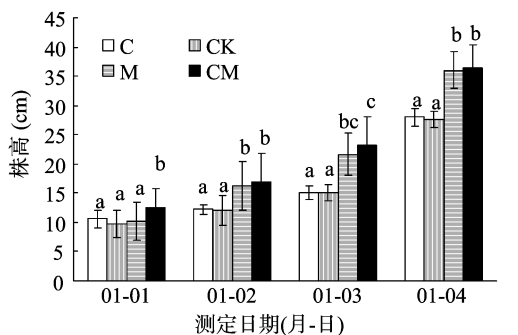


图1 施用生物炭对土壤含水量的影响

## 2.2 施用生物炭对芥蓝生长指标的影响

2.2.1 株高 由图2可见,9月4日、9月12日、9月20日、10月1日处理 M 和处理 CM 的芥蓝株高分别为 10.27、16.24、21.66、36.03 cm 和 12.60、17.00、23.20、36.51 cm,除 9月4日外,均显著高于同时期末施用有机肥的处理 C 和 CK ( $P<0.05$ );同一时期,施入有机肥的处理(处理 M、CM)其芥蓝株高相互间差异不显著( $P>0.05$ )。



同一日期柱形图中标注不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下图同

图2 施用生物炭对芥蓝株高的影响

2.2.2 叶片数 植物的叶片数与其生长发育进程密切相关。由图3可见,9月4日、9月12日、9月20日各处理芥蓝的叶片数相互间差异不显著( $P>0.05$ ),10月1日,对照处理的芥蓝叶片数显著低于其他3个处理( $P<0.05$ ),可能是在试验后期,由于对照处理没有施用有机肥而导致芥蓝出现养分胁迫、下部叶片发黄脱落。

2.2.3 茎粗 由图4可见,与对照相比,无论是向土壤中添加有机肥还是生物炭,对芥蓝茎粗的增加均有一定的促进作用,有机肥+生物炭配施处理对芥蓝茎粗增加的促进作用相对最为明显;9月4日、9月12日、9月20日、10月1日,单施生物炭处理的芥蓝茎粗分别比对照处理(CK)增加 27.2%、13.2%、12.2%、23.7%,单施有机肥处理的芥蓝茎粗分别比对照增加 29.6%、36.9%、27.0%、23.9%;9月4日、9月12日、9月20日、10月1日,有机肥+生物炭配施处理的芥蓝茎粗分别比对照增加 28.2%、60.3%、70.7%、48.6%,比单施有机肥分别增加 -1.0%、17.1%、34.4%、20.0%。

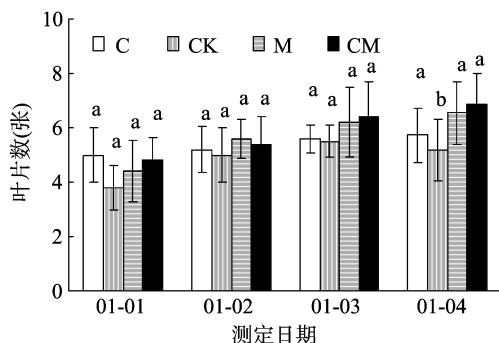


图3 施用生物炭对芥蓝叶片数的影响

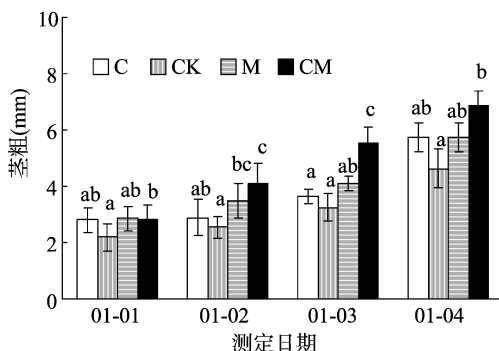


图4 施用生物炭对芥蓝茎粗的影响

## 2.3 施用生物炭对芥蓝地上部鲜质量的影响

地上部鲜质量是叶用蔬菜的有效收获部位,是评价有机栽培芥蓝种植收益的重要指标。由图5可见,在有机生产条件下,单施生物炭对芥蓝地上部鲜质量的增加促进作用并不明显,10月1日仅生物炭处理的芥蓝鲜质量为 121.12 g,而对照处理为 119.41 g,相互间差异不显著( $P>0.05$ );与对照相比,只施用有机肥虽然对增加芥蓝鲜质量有一定的促进作用,但试验后期促进效果十分有限;8月28日、9月13日、10月1日,只施用有机肥的芥蓝鲜质量分别比对照增加 55.6%、46.3%、17.3%,而有机肥+生物炭配施处理的芥蓝鲜质量相对最高,分别为 19.27、63.99、161.23 g,分别比对照增加 91.7%、153.3%、35.0%,分别比单施有机肥增加 23.2%、73.2%、15.1%。在有机栽培条件下,有机肥与生物炭配施更能促进芥蓝的生长,从而提高了有机肥的利用率。

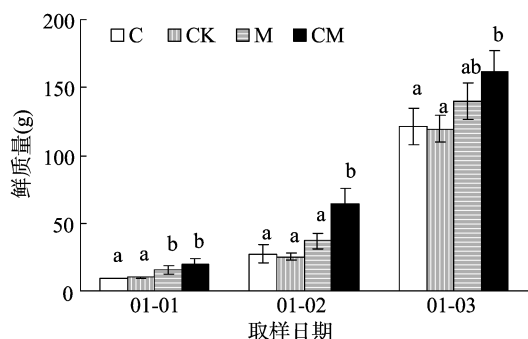


图5 施用生物炭对芥蓝地上部鲜质量的影响

### 3 结论与讨论

在西北旱区有机栽培条件下,施用生物炭的芥蓝根区含水量明显高于不施用生物炭,土壤持水性明显增加,降低了水分胁迫对作物生长的抑制,与刘方等的研究结论<sup>[10]</sup>吻合。靳泽文等研究表明,施用生物炭能够降低土壤容重,提高土壤的孔隙度,土壤饱和含水量、田间持水量和有效水含量会相应增加,凋萎系数随之减小<sup>[11]</sup>。高海英等通过土柱试验研究表明,生物炭可降低质地较轻土壤的通透性,抑制土壤水分入渗;在一定水吸力条件下,容积含水量随生物炭用量的增大而增加<sup>[12]</sup>。王丹丹等研究表明,生物炭的施用提高了田间持水量和土壤持水能力,降低了土壤的入渗性能,生物炭的掺入量越大,其效果越明显<sup>[13]</sup>。肖茜等研究发现,施用生物炭对沙质土壤的表面蒸发具有显著的抑制作用,施用生物炭的表层土壤含水量高于未施用生物炭处理<sup>[14]</sup>。

通过施用生物炭可以提高土壤持水性,改善作物根系层的土壤水分状况,但是在西北有机供港蔬菜产区,其土壤有机质和养分含量普遍较低,而生物炭经过煅烧处理后其氮、磷含量相对较低,且生物炭还具有较大的比表面积,施入土壤后可以吸附土壤中的有效养分离离子,因此,仅施加生物炭对芥蓝生长的促进效果并不明显,甚至有研究表明,当土壤中施入过量的生物炭会对作物的生长产生抑制作用<sup>[9,15-16]</sup>。此外,由于生物炭具有很高的碳氮比,而部分生物炭分解会导致氮固定<sup>[17]</sup>,从而降低了土壤的有效氮,限制了植株对有效氮的吸收,这也会影响芥蓝的生长。Lehmann 等指出,在土壤肥力较低的情况下施用黑炭,会降低氮的有效性<sup>[18]</sup>。在西北旱区,与不施肥和仅施生物炭相比,施入有机肥的芥蓝生长状况得到明显改善,这说明西北旱区有机蔬菜生产除受水分因素制约外,还受到土壤肥力的制约,但由于有机肥的肥效释放较为缓慢,故对芥蓝生长的促进作用也较为缓慢。有机肥与生物炭配施时,芥蓝鲜质量、茎粗明显优于单施生物炭和单施有机肥处理,这可能是有机肥与生物炭配施可以促进有机肥中氮的矿化,土壤供氮能力明显提高<sup>[19-22]</sup>,从而也会使作物的产量有所提高。

总之,西北旱区种植有机蔬菜过程中在土壤中添加生物炭,一方面可抑制土壤表面的水分蒸发,减少土壤水分的入渗,增加土壤的持水能力,另一方面还能加速有机肥中氮的矿化,增加土壤肥力,具有广泛的应用前景。

### 参考文献:

[1] 李生秀. 西北地区农业持续发展面临的问题和对策[J]. 干旱地

区农业研究,2003,21(3):1-10.

- [2] 彭昭之. 宁夏打造供港蔬菜基地[J]. 农产品市场周刊,2012(34):9.
- [3] 牟惟丰. 我国西北地区水资源的合理开发利用[J]. 气象科技,1991(6):1-5.
- [4] Antal M J, Gronli M. The art, science and technology of charcoal production[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research,2003,42(8):1619-1640.
- [5] Magrini - Bair K A, Czernik S, Pilath H M, et al. Biomass derived, carbon sequestering, designed fertilizers[J]. Annals of Environmental Science,2009,3(1):217-225.
- [6] 葛晓改,周本智,肖文发,等. 生物质炭输入对土壤碳排放的激发效应研究进展[J]. 生态环境学报,2016,25(2):339-345.
- [7] Lehmann J. A handful of carbon[J]. Nature,2007,447(7141):143-144.
- [8] Kuzyakov Y, Subbotina I, Chen H Q, et al. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by <sup>14</sup>C labeling[J]. Soil Biology & Biochemistry,2009,41(2):210-219.
- [9] Asai H, Samson B K, Stephan H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field Crops Research,2009,111(1/2):81-84.
- [10] 刘方,冯仕江,张雷一,等. 生物质炭对喀斯特山区连作蔬菜地土壤有效养分及水分的影响[J]. 北方园艺,2014(7):158-162.
- [11] 靳泽文,陈效民,李秋霞,等. 生物质炭对旱地红壤理化性状和水力学特性的影响[J]. 水土保持通报,2015,35(6):81-85.
- [12] 高海英,何绪生,耿增超,等. 生物炭及炭基氮肥对土壤持水性能影响的研究[J]. 中国农学通报,2011,27(24):207-213.
- [13] 王丹丹,郑纪勇,颜永毫,等. 生物炭对宁南山区土壤持水性能影响的定位研究[J]. 水土保持学报,2013,27(2):101-104,109.
- [14] 肖茜,张洪培,沈玉芳,等. 生物炭对黄土区土壤水分入渗、蒸发及硝态氮淋溶的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(16):128-134.
- [15] 张哈芝,黄云,刘钢,等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报,2010,19(11):2713-2717.
- [16] Kammann C I, Linsel S, Goessling J W, et al. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations[J]. Plant and Soil,2011,345(1/2):195-210.
- [17] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [18] Lehmann J, Pereira da Silva J J, Steiner C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. Plant and Soil,2003,249(2):343-357.
- [19] Chan K Y, van Zwieten L, Meszaros I, et al. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment[J]. Australian Journal of Soil Research,2007,45(8):629-634.
- [20] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil[J]. Plant and Soil,2007,291(1/2):275-290.
- [21] Son T K, Lee J E, Kim S K, et al. Effect of a mixture of charcoal and

吴琦,付宇辰,闫子飞,等. 喷施茉莉酸甲酯对百合花香的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):100–104.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.026

# 喷施茉莉酸甲酯对百合花香的影响

吴琦<sup>1</sup>, 付宇辰<sup>1</sup>, 闫子飞<sup>1</sup>, 王少杰<sup>1</sup>, 冷平生<sup>1,2</sup>, 胡增辉<sup>1,2</sup>

(1. 北京农学院园林学院, 北京 102206; 2. 北京林果业生态环境功能提升协同创新中心, 北京 102206)

**摘要:**为了揭示茉莉酸甲酯(MeJA)对百合花香释放的影响,使用 50、200、600  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 溶液喷施西伯利亚百合花瓣,通过顶空套袋法收集花朵挥发物,采用自动热脱附-气质联用技术对挥发物成分及其释放量进行测定。结果表明,经 200、600  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 处理后,与对照相比西伯利亚百合挥发物总释放量显著升高,而 50  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 处理则引起了挥发物释放量明显下降。其花朵释放的挥发物主要包括八大类,萜烯类挥发物平均释放量最高,酯类挥发物种类数量最多。萜烯类、醇类、醛类、酮类等物质随着 MeJA 含量的增加,释放量呈上升趋势;酯类的释放量呈现先增高后下降的趋势;脂肪烃类物质随 MeJA 溶液浓度升高,释放量先下降后升高;芳香类的释放量对 MeJA 溶液浓度的改变几乎无响应。月桂烯和罗勒烯是西伯利亚百合最主要的花香成分。月桂烯、萜品烯、丁酸乙酯、正己酸乙酯、惕各酸乙酯等花香挥发物的释放量随着 MeJA 浓度升高,表现出先升高后下降的趋势;以罗勒烯和波斯菊萜为代表的一系列花香挥发物的释放量随着 MeJA 浓度的升高逐渐升高;还存在一类化合物如萜品油烯等,对 MeJA 浓度变化无明显响应。

**关键词:**西伯利亚百合;花香;茉莉酸甲酯;浓度

**中图分类号:** S682.2+65.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0100-05

植物的花香被誉为“花卉的灵魂”,是植物花朵释放的次生代谢产物,主要是由许多低分子量、易挥发的化合物混合而成<sup>[1]</sup>。大多数花香物质属于三大类,即萜烯类化合物、芳香烃类化合物和脂肪酸衍生物,还包含一些氮或硫的化合物。挥发性香气成分主要来源于花瓣、蕊柱、花萼和蜜腺等,其他花器官也能散发少量的香气<sup>[2-3]</sup>。植物花香的组分及其相对含量与其自身的基因型、发育程度、释放部位、温度、光照和植物激素等有关。影响植物挥发物释放的植物激素种类很多,如乙烯、脱落酸类、水杨酸类、茉莉酸类等等<sup>[4-6]</sup>。目前研究的相对比较热门的激素之一是茉莉酸类激素,且已经有相应的试验结果证明茉莉酸类物质对调控植物的次生代谢作用具有显著的影响。

茉莉酸类化合物(JAs)是植物体内普遍存在的激素,包括茉莉酸(JA)及其衍生物,如茉莉酸甲酯(MeJA)及茉莉酸异亮氨酸复合物(JA-Ile)。茉莉酸最早由茉莉花中提取出来,可以作为信号分子广泛参与植物的生长发育、胁迫响应和防御反应,在植物细胞的生理过程中起着重要的信号作

用<sup>[7-8]</sup>。在大多数的研究中,施用茉莉酸类激素的常用方法是用 MeJA 溶液均匀喷洒在植物体表面,使 MeJA 经过气孔进入植物体内并被在细胞质中的酯酶水解,最终以茉莉酸形式远距离进行信号传导,诱导植物产生代谢反应。

研究表明,MeJA 能够影响植物挥发物的释放。桂连友等发现 MeJA 可以促进茶树新梢中的罗勒烯释放<sup>[9]</sup>。王立春等用不同浓度的 MeJA 喷洒马尾松后,发现单萜类物质  $\alpha$ -蒎烯和  $\beta$ -蒎烯的释放都明显高于对照<sup>[10]</sup>。廖永翠对白木香悬浮细胞进行热激处理,使内源茉莉酸含量显著增加,进而诱导了 3 种沉香倍半萜的生成,说明茉莉酸信号与沉香倍半萜的合成有直接的关系<sup>[11]</sup>。花香是植物释放出的一类重要挥发性次生代谢物,但茉莉酸对植物花香影响的研究报道较少,其调控方式和机制还不清楚。

百合(*Lilium* spp.)是百合科(Liliaceae)百合属(*Lilium*)所有种的总称,其花朵硕大,花色丰富,常具有芳香气味,有很高的观赏价值,是世界五大切花之一。为了探索茉莉酸对花香释放的影响,本试验选用浓香型东方百合西伯利亚(*Lilium* ‘Siberia’)为试验材料,经过不同浓度的 MeJA 溶液处理后,使用顶空套袋法采集花朵挥发物,利用自动热脱附-气质联用技术分析挥发物成分及含量,探究不同浓度 MeJA 溶液对西伯利亚百合花朵挥发物合成及释放的影响,为揭示茉莉酸类激素的作用机制,进而对花香进行调控和育种提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验使用荷兰进口的西伯利亚百合种球(北京荷景良

收稿日期:2017-06-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201645,31640070);北京市属高等学校创新团队建设与教师职业发展计划(编号:DHT20150503)。

作者简介:吴琦(1993—),女,北京人,硕士研究生,主要从事百合花香研究。E-mail:403743485@qq.com。

通信作者:冷平生,博士,教授,主要从事园林植物生理生态研究。E-mail:lengpsh@tom.com。

pyrogenous acid applied to the soil at different fertilizer levels on the growth and yield of rice[J]. Japanese Journal of Crop Science, 2003,72(3):345–349.

[22] Topolantz S, Ponge J F, Ballof S. Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics [J]. Biology and Fertility of Soils, 2005,41(1):15–21.