

# 猪粪堆肥提取液对棉花生长和养分代谢的影响

徐大兵, 王秋君, 沈其荣, 黄启为

(南京农业大学江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室, 南京 210095)

**摘要:** 为了研究猪粪堆肥提取液的促生效果, 通过盆栽试验研究了分别浇施以  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸钾和水为浸提剂提取的猪粪堆肥提取液(分别简称为 K 和 W)对棉花生长的影响。结果表明: (1)施用 K 和 W 能显著增加棉花植株的株高、果枝数、蕾数、棉铃数。籽棉产量分别比清水对照(CK)增加了 2.30 倍和 1.86 倍, 但是 K 和 W 两者之间差异不显著。(2)棉花现蕾期、花铃期和吐絮期的植株生物量分别比 CK 增加了 71.4% 和 52.9%、114.2% 和 83.5%、106.1% 和 90.5%, 氮磷钾累积量与 CK 比较显著增加。K 处理的棉花在现蕾期和花铃期的植株干重显著高于 W 处理。(3)从现蕾期到吐絮期, 棉花植株功能叶硝酸还原酶活性随之增加, 而可溶性蛋白含量却随之降低。与 CK 比较, 施用 K 和 W 能显著增加不同时期棉花植株功能叶片硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量。花铃期 K 处理的功能叶硝酸还原酶活性显著高于 W 处理。K 处理和 W 处理的棉花功能叶可溶性蛋白含量分别比 CK 增加了 1.24 倍和 3.01 倍(现蕾期)、59.1% 和 40.0%(花铃期)。(4)施用两种猪粪堆肥提取液, 在一定程度上都能增加棉花叶片可溶性糖和淀粉含量, 但各处理间差异不显著。上述结果表明, 猪粪堆肥提取液能明显改善棉花植株的生长发育, 显著增加棉花产量, 可以作为优质有机液体肥料。

**关键词:** 猪粪堆肥, 提取液, 棉花

中图分类号: S145.2      文献标志码: A      文章编号: 1672-2043(2010)07-1239-08

## Effects of Pig Manure Compost Extracts on the Growth and Nutrient Utilization of Cotton Plant

XU Da-bing, WANG Qiu-jun, SHEN Qi-rong, HUANG Qi-wei

(Jiangsu Key Laboratory for Solid Organic Waste Utilization, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The study was carried out to reveal the influence of pig manure compost(PMC) extracts on the growth and yields of plant. Pot experiments were carried out to study the effect of PMC solution extracted by water(W) or  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  potassium sulfate(K) on the growth of cotton plant. The results were as follows: (1) Plant height, numbers of frute branch and bud and boll of cotton plant significantly increased in K and W treatments. The yields of seed cotton increased by 2.30 and 1.86 times in K and W treatments, respectively compared with water control (CK). (2) The biomass of cotton plant increased by 71.4% and 52.9% in budding stage, 114.2% and 83.5% in flowering-boll stage and 106.1% and 90.5% in opening ball stage in K and W treatments, respectively, compared with CK. Accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium were statistically higher than CK. The weight of dry mass of cotton plant in budding and flowering-boll stages of K treatment was statistically higher than W treatment. (3) The nitrate reductase activity(NRA) of functional leaves of cotton plant increased with the development of cotton plant, while the soluble protein content(SPC) of functional leaves of cotton plant decreased. Compared with CK, the NRA and SPC of functional leaves of cotton plants in different stages significantly increased by application of K and W. The NRA of functional leaves of cotton plants on flowering-boll stage in K treatment was significantly higher than W treatment. The SPC of functional leaves of cotton plant by application of K and W increased by 1.24 times and 3.01 times in budding stage, 59.1% and 40.0% in flowering-boll stage, respectively, compared with CK. (4) The contents of soluble sugar and starch increased to a certain extent by application of K and W, but there were no significant difference among the three treatments. It concludes that PMC extracts can be used as a kind of liquid and effective organic fertilizer, significantly improve the growth of cotton plant, thus increase the yields of cotton plant.

**Keywords:** pig manure compost; extract; cotton

收稿日期: 2010-01-07

基金项目: 农业部农业公益性行业科研专项(200803031); “948”项目(2006-G62); 国家科技部支撑计划(2006BAD10B05); “973”项目(2007CB109304)

作者简介: 徐大兵(1983—), 男, 江苏淮安人, 博士研究生, 研究方向为植物营养与病害。E-mail: dlabing\_xu@163.com

通讯作者: 黄启为 E-mail: qwhuang@njau.edu.cn

棉花是我国重要的经济作物之一,在国民经济和日常生活中占有重要地位。为了提高棉花产量和改善棉花品质,除采用优良品种和先进的栽培管理措施外,合理施肥具有举足轻重的作用。目前而言,虽然各种化学肥料在数量上可以满足棉花生长对不同营养元素的需求,但是,如何合理增施有机肥,达到降低成本和提高品质的效果,就显得尤为重要了。

由于棉花生育期较长,对养分需求量较大,养分吸收的高峰期主要是在花铃期<sup>[1]</sup>,因此,在棉花不同生育期特别是花铃期喷施液体肥料能够显著提高棉花产量、改善棉花品质<sup>[2-3]</sup>。结合喷灌或滴灌来进行叶面喷施或浇施液体肥料作为棉花施肥的一种辅助施肥方式,具有有效调节施用肥料的种类、数量、比例及时期,减少养分淋失,提高养分利用效率等特点,越来越受到人们的关注<sup>[4-7]</sup>。

液体肥料种类繁多,不同的液体肥料由于原料和生产工艺等不同,生产成本往往差异比较大<sup>[8]</sup>。实践证明,猪粪堆肥提取液作为一种天然的有机液体肥料,由于生产工艺简单、成本低、兼具生防和肥效双重作用而具有十分广阔的应用前景<sup>[9]</sup>。猪粪堆肥提取液(compost tea 或者 compost extracts)是指有机物料(猪粪和秸秆)堆制腐熟后经过不同方法浸提后的提取液,其浸提效果与堆肥和浸提剂的比例、浸提时间以及浸提剂的种类有关<sup>[10]</sup>。用水做浸提剂不仅能够提取出堆肥中的速效养分,还能够提取或产生一些促生物质,例如,腐植酸、铁载体和类植物激素,这些物质对作物的生长都具有促进作用,而用稀盐溶液浸提能够充分提取出堆肥中的养分。

到目前为止,国内外大量报道的都是各种畜禽粪便和固体废弃物堆制后的堆肥提取液生防效果<sup>[11-16]</sup>,以及叶面喷施或者浇施秸秆和果实废弃物及蚯蚓堆置后的堆肥提取液的促生效果<sup>[17-18]</sup>,而对于浇施猪粪堆肥提取液的肥效方面的报道却不多见。本研究以腐熟猪粪堆肥为原料,分别以水和 0.5 mol·L<sup>-1</sup> 硫酸钾作为浸提剂,研究两种浸提剂提取的猪粪堆肥提取液浇施对棉花生长的影响,既为猪粪堆肥提取液的肥料化

应用提供相应的理论依据,又为规模化养殖后的畜禽粪便等废弃物资源化的利用提供更多的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 材料

供试土壤:水稻土,其基本理化性状为:有机质 17.7 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 1.63 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷 31.1 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 145.7 mg·kg<sup>-1</sup>。

供试作物:棉花,品种为苏杂 3 号。

供试肥料:猪粪堆肥,由猪粪和秸秆腐熟而成(江苏田娘农业科技有限公司提供),其主要成分及含量分别为:有机质 37.2%,全氮 2.81%,全磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 8.00%,全钾(K<sub>2</sub>O) 2.79%。硫酸钾为市售的粉状硫酸钾(含钾 50%)。

#### 1.1.2 猪粪堆肥提取液的制备

浸提剂种类:水和 0.5 mol·L<sup>-1</sup> 硫酸钾,堆肥与浸提剂比例为 1:8,每个处理重复 3 次。

猪粪堆肥提取液的制备方法:具体方法见《用于液体肥料的堆肥浸提液提取工艺参数》<sup>[10]</sup>。浸提出的猪粪堆肥提取液,先经双层纱布过滤,滤液直接用来施肥。同时测定滤液中有机质、全氮、全磷和全钾含量,其结果见表 1。

### 1.2 试验设计与方法

#### 1.2.1 试验设计

处理 1:清水对照(简称 CK);处理 2:水浸提猪粪堆肥提取液(简称 W);处理 3:0.5 mol·L<sup>-1</sup> 硫酸钾浸提猪粪堆肥提取液(简称 K)。每个处理重复 20 次。

#### 1.2.2 盆栽试验

盆钵内直径 28 cm,高 26 cm,每盆装土 10 kg,土壤(未施基肥,其目的用以研究猪粪堆肥提取液的最大促生效果)混匀后装盆,浇水,待用。试验于 2008 年 8 月 10 日至 2008 年 12 月 5 日在江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室的温室内进行。2008 年 8 月 10 日播种,每盆播 6 粒棉花种子,待其出苗后间苗,每盆留 3 株棉苗。猪粪堆肥提取液稀释

表 1 猪粪堆肥提取液的养分含量

Table 1 Nutrient contents of compost extracts

处理 Treatment	有机质/g·L <sup>-1</sup> Organic matter	全氮/mg·L <sup>-1</sup> Total nitrogen	全磷/mg·L <sup>-1</sup> Total phosphorus	全钾/g·L <sup>-1</sup> Total potassium
W	3.54	425.2	123.9	1.21
K	1.72	350.6	160.6	30.84

注:W 表示用水做浸提剂提取的猪粪堆肥提取液,K 表示用 0.5 mol·L<sup>-1</sup> 硫酸钾溶液做浸提剂提取的猪粪堆肥提取液,下同。

Note:W:compost extracted by water,K:compost extracted by 0.5 mol·L<sup>-1</sup> potassium sulfate,The same as follows.

10 倍后浇施, 每次每盆共施 200 mL 稀释液, 2008 年 9 月 5 日开始浇施, 每隔 7 d 浇施一次, 共浇施 14 次。各处理水分管理一致。以后分别于现蕾期(2008 年 10 月 1 日)、花铃期(2008 年 11 月 1 日)和吐絮期(2008 年 12 月 27 日)采集植株样, 每次采集 5 盆样品。

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 猪粪堆肥提取液养分含量测定

有机质测定参照有机肥养分测定农业行业标准<sup>[19]</sup>和鲍士旦主编《土壤农化分析》<sup>[20]</sup>, 先将猪粪堆肥提取液充分混匀, 取 2.00 mL 猪粪堆肥提取液, 加 5.0 mL 重铬酸钾, 6.0 mL 浓硫酸沸水浴 30 min 后硫酸亚铁滴定, 重复 10 次。

全氮、全磷、全钾测定的前处理: 先将猪粪堆肥提取液充分混匀, 取 2.00 mL 猪粪堆肥提取液, 浓硫酸-双氧水煮沸, 定容到 100 mL 待测。全氮用连续流动自动分析仪(Auto Analyzers 3, Bran+Luebbe Germany)测定; 全磷用钼锑抗比色法 722 分光光度计测定; 全钾用 FP640 火焰光度计测定。重复 10 次。

#### 1.3.2 花铃期棉花生物性状的调查

采样前一天测量棉花株高(茎基部至棉花植株顶端生长点的距离), 调查果枝数、蕾数和棉铃数。

#### 1.3.3 植株成分测定

植株氮磷钾测定: 植株样品采收后, 称鲜样重, 立即 105 °C 杀青 30 min, 70 °C 烘干至恒重, 称其干重。植株氮磷钾的测定分析参考鲍士旦主编《土壤农化分析》<sup>[20]</sup>。植株养分吸收(氮、磷、钾)累积量等于养分含量乘以植株干物质质量。叶绿素的含量用 SPAD 值来表示, 用 SPAD-502 叶绿素仪测定棉花倒三叶(从上往下第三片叶)的 SPAD 值。测定完成后立即采收, 并用于测定硝酸还原酶活性和可溶性蛋白的

含量。

硝酸还原酶活性的测定: 采取棉花倒三叶, 采用离体法, 参考《植物生理生化试验原理和技术》<sup>[21]</sup>的方法根据标准曲线计算反应液中所产生的  $\text{NO}_2^-$ -N 总量。酶活性以单位时间鲜重产生的  $\text{NO}_2^-$ -N 量计算, 单位为  $\text{NO}_2^-$ -N  $\mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法, 详见《植物生理生化试验原理和技术》<sup>[21]</sup>。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法, 参考李合生主编的《植物生理生化试验原理和技术》<sup>[21]</sup>。淀粉含量测定采用蒽酮比色法, 具体见萧浪涛和王三根主编的《植物生理学实验技术》<sup>[22]</sup>。

### 1.4 统计分析

试验结果用算术平均数和标准误表示测定结果的精密度( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ )。利用 Microsoft Excel 2003 软件、SPSS13.0 数据分析软件进行试验数据的统计计算、统计检验和方差分析等工作。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对棉花籽棉产量和不同时期地上部生物量和生物性状的影响

不同处理对棉花籽棉的产量影响不同, CK 处理的籽棉产量为  $(2.75 \pm 0.52) \text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ , W 处理的籽棉产量为  $(7.87 \pm 0.44) \text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ , K 处理籽棉产量为  $(9.07 \pm 0.57) \text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ , 后两个处理分别比 CK 处理增加了 1.86 倍和 2.30 倍, 并显著高于 CK 处理。虽然 K 处理籽棉产量较 W 处理的籽棉产量高出 15.2%, 但是两处理之间没有统计差异。

随着生育期的推进, 棉花地上部鲜重和干重都呈现逐渐增加的趋势(表 2)。两种猪粪堆肥提取液处理

表 2 不同处理对不同生育时期棉花地上部生物量的影响

Table 2 The effects of different treatments on shoot mass of cotton plant on different stage

时期 Stage	处理 Treatments	鲜重/ $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ Fresh weight	干重/ $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ Dry weight
现蕾期 Budding	CK	26.09 $\pm$ 4.16b	4.32 $\pm$ 0.64c
	W	39.90 $\pm$ 3.04a	7.95 $\pm$ 0.60b
	K	44.73 $\pm$ 5.33a	9.34 $\pm$ 1.10a
花铃期 Flowering-boll	CK	24.12 $\pm$ 3.19b	5.17 $\pm$ 0.93c
	W	44.26 $\pm$ 5.02a	7.96 $\pm$ 0.88b
	K	51.66 $\pm$ 6.78a	10.00 $\pm$ 1.80a
吐絮期 Opening boll	CK	33.31 $\pm$ 1.93b	7.35 $\pm$ 0.35b
	W	63.46 $\pm$ 9.87a	11.37 $\pm$ 1.92a
	K	68.66 $\pm$ 6.40a	13.21 $\pm$ 2.93a

注: 每纵列数值后标不同字母表示在 5% 水平差异显著, 下同。

Note: Values followed by different letters in each column are significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan test. The same as follows.

都能显著增加地上部的鲜重,W和K处理在棉花现蕾期、花铃期和吐絮期的鲜重分别较CK处理增加了52.9%和71.4%、83.5%和114.2%、90.5%和106.1%,但同一时期两种猪粪堆肥提取液处理之间的棉花鲜重并没有达到显著差异水平。对棉花地上部干重而言,W和K处理在现蕾期、花铃期和吐絮期分别较CK处理增加了84.0%和116.2%、54.0%和93.4%、54.7%和79.7%,其中,K处理的棉花地上部干重在现蕾期和花铃期显著地高于W的处理,吐絮期两种处理之间的棉花地上部干重虽然没有显著差异,但与W处理比较,K处理的干重增加了16.2%。

通过考察花铃期棉花的生物性状,发现施用两种猪粪堆肥提取液都能显著增加棉花株高、果枝数、蕾数和棉铃数(表3)。就株高而言,与CK相比,K处理和W处理分别增加了12.0 cm和10.2 cm,两处理之间在统计上则没有显著差异。

## 2.2 不同处理对棉花植株不同生育时期地上部氮、磷、钾累积量的影响

与CK处理比较,两种浸提剂的猪粪堆肥提取液处理在现蕾期、花铃期和吐絮期都能显著地促进棉花植株地上部氮、磷、钾养分的累积(表4)。对于棉花植株地上部氮素累积量来说,K处理和W处理在现蕾期、花铃期和吐絮期分别比CK处理提高了144.3%和75.8%、62.7%和61.2%、62.9%和57.5%,K处理的棉花植株地上部全氮累积量在现蕾期较W处理的高

出39.0%,差异达到显著水平,而在花铃期和吐絮期全氮累积量仅提高了0.94%和3.4%,差异不显著。棉花植株地上部磷钾累积量在不同生育时期表现出相同的趋势:两种浸提剂的猪粪堆肥提取液处理均显著地高于CK处理,K处理显著地高于W处理。

## 2.3 不同处理对棉花不同生育期功能叶硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量的影响

硝酸还原酶是植物体内氮同化的关键酶之一,其活性的提高有利于植物氮的同化吸收和产量的形成。与清水对照比较,两种浸提剂的猪粪堆肥提取液处理都能显著地提高棉花功能叶硝酸还原酶的活性(图1)。在现蕾期,K处理与W处理棉花功能叶硝酸还原

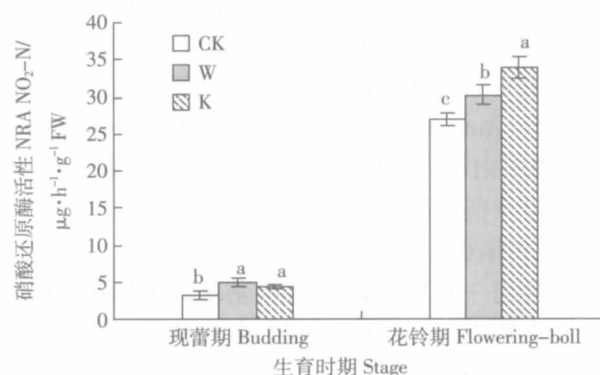


图1 不同处理对棉花不同生育时期功能叶硝酸还原酶活性的影响

Figure 1 The effects of different treatments on NRA of cotton plant leaves in different stages

表3 不同处理对棉花生物学性状的影响

Table 3 The effects of different treatments on biological characters of cotton plant

处理 Treatments	株高/cm·plant <sup>-1</sup> Plant height	果枝数/个·plant <sup>-1</sup> No. of fruiting branch	蕾数/个·plant <sup>-1</sup> Buds	铃数/个·plant <sup>-1</sup> Bolls
CK	61.9±1.85b	3.5±0.71b	4.9±0.99b	2.4±0.55b
W	72.1±7.36a	5.1±0.74a	7.5±1.65a	4.6±0.55a
K	73.9±6.52a	5.5±0.53a	7.5±1.27a	5.0±0.10a

表4 不同处理条件下棉花不同生育时期地上部养分的累积量

Table 4 The accumulation of nutrient of shoot of cotton plant in different stages by different treatments

时期 Stage	处理 Treatments	氮累积量/mg·plant <sup>-1</sup> N uptake	磷累积量/mg·plant <sup>-1</sup> P uptake	钾累积量/mg·plant <sup>-1</sup> K uptake
现蕾期 Budding	CK	26.13±2.85c	1.36±0.20c	15.84±1.43c
	W	45.94±3.39b	3.03±0.19b	43.38±2.01b
	K	63.84±9.91a	3.99±0.54a	74.16±10.77a
花铃期 Flowering-boll	CK	73.34±5.13b	8.27±0.21c	62.16±5.87c
	W	118.23±9.57a	11.93±1.14b	138.15±3.86b
	K	119.34±2.47a	16.93±1.69a	221.72±9.73a
吐絮期 Opening boll	CK	75.59±2.63b	9.30±0.35c	88.61±17.60c
	W	119.07±11.91a	14.01±0.66b	223.38±32.76b
	K	123.13±13.16a	17.65±2.21a	318.06±56.40a



酶的活性分别比 CK 增加了 35.2%、50.0% ,而在花铃期 ,分别增加了 26.0%、12.5% ,而且在现蕾期 K 处理与 W 处理棉花功能叶硝酸还原酶的活性并没有显著性差异 ,只是在花铃期两者之间差异显著。从现蕾期到花铃期 ,3 个处理的棉花功能叶硝酸还原酶活性也随着增加 ,花铃期的棉花功能叶硝酸还原酶活性较现蕾期同处理的硝酸还原酶活性分别增加了 29.6、25.4 和 23.7 个酶活单位。

蛋白质是植物氮代谢的产物之一 ,因此 ,蛋白质含量的高低在一定程度上也反映了叶片对氮的同化能力。本试验结果(图 2)表明 ,施用猪粪堆肥提取液的处理较 CK 处理能够显著提高现蕾期和花铃期棉花功能叶可溶性蛋白含量。K 处理和 W 处理的棉花功能叶可溶性蛋白含量在现蕾期分别比对照提高了 1.24 倍和 3.01 倍 ,两种猪粪堆肥提取液的处理之间差异显著 ;在花铃期分别比对照提高了 59.1%和 40.0%。花铃期与现蕾期比较 ,K 处理和 W 处理的棉花功能叶可溶性蛋白含量都随之减少 ,W 处理的棉花功能叶可溶性蛋白含量减少的幅度显著高于 K 处理的减少幅度 ,而 CK 处理的棉花功能叶可溶性蛋白含量却随之增加 ,但是两时期差异不显著。

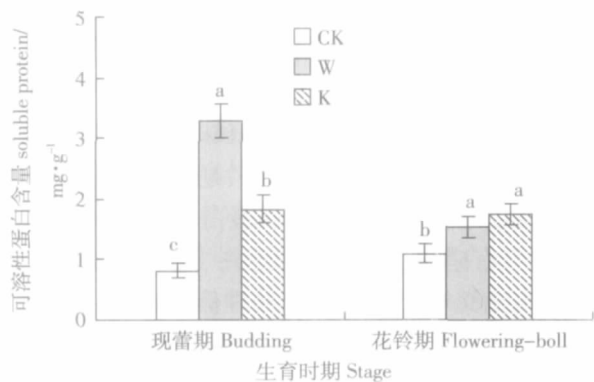


图 2 不同处理条件下不同生育时期的棉花功能叶可溶性蛋白的含量

Figure 2 Soluble protein content of cotton plant leaves in different stages under different treatments

## 2.4 不同处理对不同生育期棉花叶片可溶性糖和淀粉含量的影响

可溶性糖和淀粉是植株重要的碳代谢产物 ,植株体内淀粉和糖的含量受光合生产、碳代谢及氮代谢的共同影响。试验结果(表 5)表明 ,与 CK 处理相比较 ,两种浸提剂猪粪堆肥提取液都能在一定程度上提高棉花叶片可溶性糖和淀粉的含量 ,但各处理之间差异都未达到显著水平。就可溶性糖含量而言 ,

表 5 不同处理条件下不同生育时期棉花叶片可溶性糖和淀粉的含量

Table 5 The content of soluble sugar and starch of cotton plant leaves in different stages under different treatments

时期 Stage	处理 Treatments	可溶性糖/% Soluble sugar	淀粉/% Starch
现蕾期 Budding	CK	6.31±0.70a	13.23±0.85a
	W	7.14±0.50a	13.40±1.61a
	K	6.85±0.88a	13.38±1.44a
花铃期 Flowering-boll	CK	5.04±0.51a	5.02±0.56a
	W	5.40±0.73a	5.72±0.51a
	K	5.24±0.52a	5.52±0.99a

K 处理和 W 处理在现蕾期和花铃期棉花叶片含量分别比 CK 提高了 8.6%和 13.2% ,4.0%和 7.1%。而 K 处理和 W 处理在现蕾期和花铃期棉花叶片淀粉含量分别比对照提高了 1.1%和 1.3% ,10.0%和 13.9%。从现蕾期到花铃期 ,3 个处理的棉花功能叶可溶性糖和淀粉含量也随着减少 ,花铃期的棉花叶片可溶性糖含量较现蕾期的同处理分别减少了 23.5%、24.4%和 20.1% ,淀粉含量则下降得更快 ,分别减少了 58.7%、57.3%和 62.1%。

## 3 讨论

### 3.1 不同处理对棉花籽棉产量和不同时期地上部生物量和生物性状的影响

Gamaley 等<sup>[23]</sup>以经过蚯蚓处理的牛粪堆肥提取液作叶面肥 ,连续 6 年在玉米、番茄、萝卜、燕麦、卷心菜和向日葵等作物上喷施后 ,其产量比对照处理(未喷施猪粪堆肥提取液而喷清水)分别增加了 50%、21%、23%、16%、35%和 50%。本试验的结果再次说明了堆肥提取液能够增加作物的产量。

在本试验中 ,K 处理和 W 处理的棉花籽棉产量和生物量都没有达到显著差异水平 ,这并不是试验的重复性差所造成的。究其原因 ,由于①盆栽土壤本身的基础肥力不高 ,在种植棉花的整个时期也未施任何基肥和追肥。②棉花又是一种生育期长、需肥较多的作物。长江中下游地区高氮水平皮棉产量为 1 500 kg·hm<sup>-2</sup> ,需吸收氮 18.68 kg、五氧化二磷 5.73 kg、氧化钾 15.28 kg ,氮、磷、钾比例约为 1:0.31:0.82<sup>[24]</sup>。所以 ,本试验条件下 ,棉花生长特别是后期生长所需要的养分主要依赖于所浇的猪粪堆肥提取液 ,提取液数量多则提供的养分多、肥效好。猪粪堆肥提取液中不仅含有氮磷钾大量元素 ,还含有腐植酸和各种微量营养元

素<sup>[23]</sup>,能够为棉花的生长发育提供各种所需养分。K处理的浇施总养分比W处理的浇施总养分高(尤其是钾量,表1),所以,K处理的籽棉产量和吐絮期的棉花地上部干重都高于W处理(表2)。施钾不仅能够增加棉花植株的干物质累积量,而且还能防止棉花早衰<sup>[25]</sup>。但是,由于每次浇施的猪粪堆肥提取液的总量有限,K处理和W处理之间的养分总量差别不大,加上同一处理前后两次浇施时间又间隔1周,故棉花后期生长实际上是处于接近胁迫的养分环境中,因此,K处理的籽棉产量和吐絮期的棉花地上部干重与W处理之间有可能达不到显著差异水平。

### 3.2 不同处理对棉花植株不同生育时期地上部氮、磷、钾累积量的影响

本试验条件下,虽然 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸钾浸提的猪粪堆肥提取液比水浸提的猪粪堆肥提取液含有高量的钾,但两处理在花铃期和吐絮期的棉花地上部氮素的累积量并没有差异,这可能是由于水浸提的猪粪堆肥提取液中含有一些促生物质如植物激素、氨基酸、铁载体等<sup>[26]</sup>,这些物质也促进了棉花的氮代谢,从而增加氮素的累积,其效果与钾的促生效果相当。吐絮期棉株较高的钾浓度有利于氮钾养分的平衡,促进氮素的同化和有机营养物质的转运<sup>[25]</sup>。

### 3.3 不同处理对棉花功能叶氮代谢的影响

在植物生长期间,供应适量的氮素能够促进植物生长发育,并获得高产。就棉花功能叶硝酸还原酶活性(图1)和可溶性蛋白的含量(图2)而言,现蕾期W处理要高于K的处理,主要是由于水浸提的猪粪堆肥提取液比 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸钾浸提的猪粪堆肥提取液含有较高的氮所致。这是因为在适量施氮水平下,随着施氮量的增加,棉花功能叶片中硝酸还原酶的活性会表现出增加的趋势<sup>[27]</sup>,可溶性蛋白的含量也逐渐增加<sup>[28]</sup>。

值得注意的是:花铃期的棉花功能叶的硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量,两施肥处理不同,其中K处理要高于W处理。这主要是由于花铃期棉花对钾的需求量加大,水浸提的猪粪堆肥提取液中含有的钾不能够满足棉花对钾的需求,使得养分代谢可能不平衡。 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸钾浸提的猪粪堆肥提取液中含有较多的钾,能够为棉花的生长提供较多的钾素营养。在一定的施钾水平下随着施钾量的增加,棉花功能叶硝酸还原酶的活性是逐渐增加<sup>[29-30]</sup>。随着生育时期的推进,施用猪粪堆肥提取液处理的硝酸还原酶的活性逐渐增加,但是棉花功能叶可溶性蛋白的含

量却逐渐减少,这可能是由于氮代谢的产物大量地转移到棉桃中,从而表现出叶片的可溶性蛋白含量降低,这也说明了水浸提的猪粪堆肥提取液处理的棉花代谢能力要高于对照处理,这与陈后庆等<sup>[31]</sup>的研究结果相似。

### 3.4 不同处理对棉花地上部碳代谢的影响

糖类是棉花植株通过光合作用转变来的主要碳水化合物,施钾影响棉花叶片中的糖类代谢。从现蕾期到花铃期,棉花功能叶的可溶性糖和淀粉含量降低,这可能是由于在花铃期碳代谢的产物被用于器官建成所致。孙红春等<sup>[32]</sup>研究结果表明,不论供氮水平的高低如何,棉花主茎功能叶可溶性糖和淀粉的含量从蕾期到花铃期均呈现逐渐降低的趋势。

## 4 结论

K处理的棉花各生物学形状、不同生育时期地上部鲜重和籽棉产量都高于W处理,但是,两处理之间差异不显著。K处理的棉花地上部干重在现蕾期和花铃期都显著高于W处理。

K处理的棉花地上部养分(氮磷钾)累积量在现蕾期、花铃期和吐絮期都高于W处理。

从现蕾期到吐絮期,棉花植株功能叶硝酸还原酶活性随之增加,而可溶性蛋白含量却随之降低。现蕾期两种施肥处理的棉花植株功能叶硝酸还原酶活性没有显著差异,W处理的棉花植株功能叶可溶性蛋白的含量显著高于K处理。花铃期K处理的棉花功能叶硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量都高于W处理,其中只有硝酸还原酶活性达到了显著差异水平。

施用猪粪堆肥提取液的处理能够在一定程度上增加棉花植株地上部可溶性糖和淀粉的含量(与对照比较),但是这种增加的效果并没有达到显著差异水平。

### 参考文献:

- [1] 刑竹,申建波,郭建华,等.高产棉花营养吸收规律及钾肥效果研究初报[J].土壤肥料,1994,7(4):25-27.  
XING Zhu, SHEN Jian-bo, GUO Jian-hua, et al. The research of rule of nutrition absorption and effects of potassium fertilizer[J]. *Soils and Fertilizers*, 1994, 7(4): 25-27.
- [2] 皇甫霆,王保聚,陈亚伟,等.新型液肥“丰满乐”在棉花上应用效果[J].中国棉花,2000,27(11):19-20.  
HUANG Pu-ting, WANG Bao-ju, CHEN Ya-wei, et al. The effects of cotton of new liquid manure “Feng Man Le”[J]. *China Cotton*, 2000, 27(11): 19-20.

- [3] 陶龙红, 王友好, 房传胜. 新型海藻叶面肥在作物上的应用效果[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(15): 3755-3756.  
TAO Long-hong, WANG You-hao, FANG Chuan-sheng. Applications of seaweed extract in agricultural production[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2006, 34(15): 3755-3756.
- [4] 马富裕, 周治国, 郑重, 等. 新疆棉花膜下滴灌技术的发展与完善[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 202-208.  
MA Fu-yu, ZHOU Zhi-guo, ZHENG Zhong, et al. The development and improvement of drip irrigation under plastic film on cotton[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2004, 22(3): 202-208.
- [5] 闫映宇, 赵成义, 盛钰, 等. 膜下滴灌对棉花根系、地上部分生物量及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 970-976.  
YAN Ying-yu, ZHAO Cheng-yi, SHENG Yu, et al. Effects of drip irrigation under mulching on cotton root and shoot biomass and yield[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(4): 970-976.
- [6] 李伶俐, 马宗斌, 王文亮, 等. 苗期喷施氮、锌肥对麦套夏棉某些生理特性及产量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(1): 33-35.  
LI Ling-li, MA Zong-bin, WANG Wen-liang, et al. Effect of spraying nitrogen and zinc in seedling stage on some physiological characteristics and yield of summer cotton[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2004, 38(1): 33-35.
- [7] 郭新正. 棉花膜下滴灌施肥技术及苗期冻伤研究[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2005: 1-9.  
GUO Xin-zheng. Drip fertilization beneath mulched film and frostbite of cotton at seedling stage[D]. Xi'an: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2005: 1-9.
- [8] 黄燕, 汪春, 衣淑娟. 液体肥料的应用现状与发展前景[J]. 农机化研究, 2006(2): 198-200.  
HUANG Yan, WANG Chun, YI Shu-juan. The application situation of liquid fertilizer and its developmental prospects[J]. *Agriculture Machine Research*, 2006(2): 198-200.
- [9] Scheuerell S, Mahaffee W. Compost teas for plant disease control: Production, application, and results[C]. Denver, CO: ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting, Nov. 5th, 2003.
- [10] 徐大兵, 田亨达, 张丽, 等. 用于液体肥料的猪粪堆肥提取液提取工艺研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1189-1195.  
XU Da-bing, TIAN Heng-da, ZHANG Li, et al. Technology of extraction of compost extracts to make liquid fertilizer[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2009, 15(5): 1189-1195.
- [11] 朱开建, 王博, 方文珍, 等. 堆肥浸提物和堆肥茶抑制爪哇根结线虫的盆栽试验[J]. 长江大学学报(自科版), 2006, 3(1): 116-122.  
ZHU Kai-jian, WANG Bo, FANG Wen-zhen, et al. Suppressive capacity of compost extracts and compost tea against the root-knot nematode *meloidogyne javanica* on tomato in potting tests[J]. *Journal of Yangtze University(Nature Science Edit)*, 2006, 3(1): 116-122.
- [12] 马利平, 高芬, 乔雄梧. 家畜沤肥浸渍液对黄瓜枯萎病的防治及作用机理探析[J]. 植物病理学报, 1999, 29(3): 270-274.  
MA Li-ping, GAO Fen, QIAO Xiong-wu. Efficacy of compost extracts to cucumber wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cucumerinum*) and its mechanisms[J]. *Acta phytopathologica Sinica*, 1999, 29(3): 270-274.
- [13] AL-Dahmani J H, Abbasi P A, Miller S A, et al. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions[J]. *Plant Disease*, 2003, 87(8): 913-919.
- [14] EL-Masry M H, Khalil A I, Hassouna M S, et al. In situ and in vitro suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2002, 18(6): 551-558.
- [15] Scheuerell J S, Mahaffee W F. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *pythium ultimum*[J]. *Phytopathology*, 2004, 94(11): 1156-1163.
- [16] Siddiqui Y, Meon S, Ismail R, et al. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)[J]. *Scientia Horticulturae*, 2008, 117(1): 9-14.
- [17] Keeling A A, McCallum K R, Beckwithling C P. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors[J]. *Bioresource Technology*, 2003, 90(2): 127-132.
- [18] Zaller J G. Foliar spraying of vermicompost extracts: Effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field grown tomatoes[J]. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, 24(2): 165-180.
- [19] NY525—2002 有机肥料养分测定农业行业标准[S].  
NY525—2002 Organic fertilizer nutrients in the agricultural industry standards[S].
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000.  
BAO Shi-dan. Analytic of soil and the agriculture chemistry (Third edition)[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.
- [21] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.  
LI He-sheng. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [22] 萧浪涛. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.  
XIAO Lang-tao. Experiment techniques of plant physiological[M]. Beijing: China Agriculture Education Press, 2005.
- [23] Gamaley A V, Nadporozhskaya M A, Popov A I, et al. Non-root nutrition with vermicompost extracts as the way of ecological optimization[J]. *Developments in Plant and Soil Sciences, Plant Nutrition*, 2001, 92: 862-863.
- [24] 董合林. 我国棉花施肥研究进展[J]. 棉花学报, 2007, 19(5): 378-384.  
DONG He-lin. Research progress on fertilization technology of cotton[J]. *Cotton Science*, 2007, 19(5): 378-384.
- [25] 梁德印, 徐美德, 王晓琪, 等. 钾营养对棉花养分吸收和干物质积累的影响[J]. 中国农业科学, 1992, 25(2): 69-74.  
LIANG De-yin, XU Mei-de, WANG Xiao-qi, et al. Effect of potassium fertilization on nutrient uptake and dry matter accumulation of cotton[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1992, 25(2): 69-74.
- [26] Arancon N Q, Edwards C A, Dick R, et al. Vermicompost tea production and plant growth impacts[J]. *Biocycle*, 2007, 48(11): 51-52.
- [27] 勾玲, 闰洁, 韩春丽, 等. 氮肥对新疆棉花产量形成期叶片光合

- 特性的调节效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 488-493.
- GOU Ling, RUN Jie, HAN Chun-li, et al. Effects of nitrogen rates on photosynthetic characteristics and yield of high-yielding cotton in Xinjiang[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(5): 488-493.
- [28] 孙红春, 冯丽肖, 谢志霞, 等. 不同氮素水平对棉花不同部位——铃叶系统生理特性及铃重空间分布的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(8): 1638-1645.
- SUN Hong-chun, FENG Li-xiao, XIE Zhi-xia, et al. Physiological characteristics of boll-leaf system and boll weight space distributing of cotton under different nitrogen levels[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(8): 1638-1645.
- [29] 郭英, 孙学振, 宋宪亮, 等. 钾营养对棉花苗期生长和叶片生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 363-368.
- GUO Ying, SUN Xue-zhen, SONG Xian-liang, et al. Effects of potassium nutrition on growth and leaf physiological characteristics at seedling stage of cotton[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(3): 363-368.
- [30] 马宗斌, 李伶俐, 朱伟, 等. 施钾对不同基因型棉花光合特性及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1129-1134.
- MA Zong-bin, LI Ling-li, ZHU Wei, et al. Effects of potassium application on the photosynthetic characteristics, yield and fiber properties of different genotypic cotton[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(6): 1129-1134.
- [31] 陈后庆, 刘燕, 张祥, 等. Bt转基因棉氮代谢生理变化的研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2004, 25(4): 20-24.
- CHEN Hou-qing, LIU Yan, ZHANG Xiang, et al. Study on the physiological change of nitrogen metabolism in Bt transgenic cotton[J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Sciences Edition)*, 2004, 25(4): 20-24.
- [32] 孙春红, 李存东, 周彦珍. 不同氮素水平对棉花功能叶生理特性、植株性状及产量构成的影响[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(6): 9-14.
- SUN Hong-chun, LI Cun-dong, ZHOU Yan-zhen. Effects of different levels of nitrogen on physiological characteristics of function leaf and plant traits and yield components of cotton[J]. *Journal of Agriculture University of Hebei*, 2005, 28(6): 9-14.