

## 施用蚯蚓粪对草莓生长和土壤肥力的影响

于跃跃<sup>1</sup>,王胜涛<sup>1</sup>,金强<sup>1</sup>,徐振同<sup>2</sup>,秦晓娇<sup>3</sup>,贾小红<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>北京市土肥工作站,北京 100029;<sup>2</sup>北京市丰台区农科所,北京 100070;

<sup>3</sup>北京金维多科技有限公司,北京 100074)

**摘要:**通过布置蚯蚓粪用量试验,设置对照、每公顷施用 15、30、45、60 t 处理,研究蚯蚓粪对草莓生长和产量的影响,以及对土壤的培肥效果。结果表明:蚯蚓粪对草莓植株性状影响较小,但是提高了果实固形物含量,低用量处理显著降低了硝酸盐含量,提高了草莓品质;蚯蚓粪可以提高草莓产量,每公顷草莓产量提高 221.1~1458.3 kg,产量增加量和蚯蚓粪用量呈显著正相关关系,产量增加量主要发生在前期;蚯蚓粪可以明显培肥土壤,蚯蚓粪可增加土壤有机质幅度 4.5%~10.4%;当蚯蚓粪每公顷用量大于 30 t 时,土壤碱解氮、有效磷含量显著高于对照处理;土壤养分和草莓性状指标的相关性分析表明,果实硝酸盐含量和土壤碱解氮、pH 呈显著性负相关关系,草莓产量和土壤有机质、有效磷、速效钾呈极显著性正相关关系,表明土壤养分的增加利于提高草莓产量。

**关键词:**蚯蚓粪;草莓;果实品质;培肥土壤

中图分类号:S19

文献标志码:A

论文编号:2013-1920

### Effect of Vermicompost Application on Soil Fertility Improvement and Strawberry Growth

Yu Yueyue<sup>1</sup>, Wang Shengtao<sup>1</sup>, Jin Qiang<sup>1</sup>, Xu Zhentong<sup>2</sup>, Qin Xiaojiao<sup>3</sup>, Jia Xiaohong<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Beijing Soil and Fertilizer Working Station, Beijing 100029;

<sup>2</sup>Fengtai Agriculture Research Institute, Beijing 100070;

<sup>3</sup>Beijing Jinweiduo Science and Technology Ltd, Beijing 100074)

**Abstract:** To study the effects of soil fertility, as well as the impact on the production and yield of strawberries, different amount of vermicompost experiment included control treatment, 15, 30, 45, 60 t treatment. The results showed that: the vermicompost improve strawberry production, the production of one hectare increased 221.1–1458.3 kg, increasing the amount had a significant positive correlation between the using amount of vermicompost. Vermicompost had a less effect on strawberry plant growth, but increased the content of total sugar, 15 t, 30 t treatment significantly reduced the nitrate content of improved quality of strawberries. Vermicompost could fertilize the soil, soil organic matter increase significantly from 4.5% to 10.4%. When the vermicompost amount was greater than 30 t, the content of soil alkaline nitrogen, available phosphorus was significantly higher than the control treatment. Correlation analysis showed that nitrogen, pH had significantly negative correlation with fruit nitrate content, strawberry yield had a significantly positive correlation with soil organic matter, available P, available K, showed that with the increase of soil nutrients could improve the yield of strawberry.

**Key words:** vermicompost; strawberries; fruit quality; improve soil fertility

**基金项目:**北京市农委科研资助项目“优质草莓土壤调控技术试验与示范”(20100609)。

**第一作者简介:**于跃跃,男,1986年出生,内蒙古人,农艺师,硕士,从事有机肥推广研究。通信地址:100029北京市西城区裕民中路6号北楼425北京市土肥工作站, Tel: 010-82078441, E-mail: bjtuifeizhan@126.com。

**通讯作者:**贾小红,男,1967年出生,陕西人,推广研究员,博士,从事土壤培肥及有机肥推广。通信地址:100029北京市西城区裕民中路6号北楼308北京市土肥工作站, Tel: 010-82078417, E-mail: 1103037085@qq.com。

**收稿日期:**2013-07-12, **修回日期:**2013-08-20。

## 0 引言

蚯蚓粪具有颗粒小、稳定性高、通水透气性好、表面积大等特点,蚯蚓粪含有大量可溶性盐、腐殖质类<sup>[1-2]</sup>、氨基酸、多糖类和生物酶等成分<sup>[3-4]</sup>。蚯蚓粪可促进土壤团粒结构的形成<sup>[5]</sup>,增加土壤微生物种群结构和数量,增强土壤生物活力<sup>[6-7]</sup>。众多研究表明,施用蚯蚓粪有助于作物生长,研究发现,蚯蚓粪可以显著增加连作土壤中番茄幼苗的地上部干重和根系鲜重;蚯蚓粪能不同程度地提高不同作物包括谷物、豆科植物、花卉、蔬菜及其他大田作物的种子发芽率。虽然有众多报道研究蚯蚓粪对作物生长的影响<sup>[8-10]</sup>,但是蚯蚓粪对草莓生长的研究鲜见报道<sup>[6]</sup>。

草莓生长期长达8、9个月,整个生长期持续进行营养和生殖生长,需要大量的肥料投入,一方面大量肥料的投入降低草莓品质,提高草莓硝酸盐含量,并减少草莓储存时间<sup>[11-12]</sup>,另一方面大量的肥料明显增加了土壤盐分含量,长期种植会直接导致土壤盐渍化、土壤板结,降低土壤质量,并制约草莓产业发展,而施用蚯蚓粪有可能在培肥土壤的同时,促进草莓生长。因此,本研究通过设置蚯蚓粪不同用量,研究蚯蚓粪对土壤肥力和草莓品质及其产量的影响,以期对草莓的合理种

植提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验布置

田间试验在位于北京市丰台区李家峪村的大棚温室中进行(116.13°E、39.83°N),温室试验面积为400 m<sup>2</sup>,温室从2011年开始种植草莓,之前为温室种植,温室地表覆盖地膜,土壤为褐土,质地为砂壤。试验用草莓品种为‘红颊’,定植密度为行距20 cm,株距15 cm,畦宽80 cm。2011年9月25日定植,苗期在2011年11月中旬,盛花期在2011年12月中旬,2012年1月30日采收第1次果,持续到2012年5月15日。试验设置5个处理,每个处理3个重复小区,随即排列,每3畦为1个小区。5个处理分别为对照(不施用蚯蚓粪)、T2(蚯蚓粪15 t/hm<sup>2</sup>)、T4(蚯蚓粪30 t/hm<sup>2</sup>)、T6(蚯蚓粪45 t/hm<sup>2</sup>)、T8(蚯蚓粪60 t/hm<sup>2</sup>)。蚯蚓粪来自北京大环顺鑫蚯蚓养殖场,以牛粪为主要原料,经过蚯蚓60天处理。蚯蚓粪2011年9月12日均匀撒施地表,试验过程中定期滴灌水溶肥,所有处理追肥施肥量保持一致,每公顷氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)纯养分总用量分别为1125 kg、750 kg、1350 kg,化肥在开花期之后每周施用1次。试验地和蚯蚓粪基本理化性质如表1。

表1 试验土壤和蚯蚓粪基本性质

	容重/(g/cm <sup>3</sup> )	有机质/(g/kg)	碱解氮/(mg/kg)	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	pH	EC/(μS/cm)
蚯蚓粪	1.35	42.3	188.4	256.3	228.6	7.8	455.9
土壤	1.52	15.9	118.9	91.8	179.3	7.0	301.2

### 1.2 采样与数据分析方法

在苗期测定草莓植株性状,株高(cm)为草莓根部地面至中心点最高处;盛花期时测定开花比例,以每个小区为单位计算开花株数占小区草莓总株数比例;以每个小区为单位,累计测定草莓产量(kg),再以小区草莓株数换算为每公顷草莓的重量(每公顷有90000株草莓)。草莓第1茬果品质量最高,测定草莓果实品质,全氮采用硫酸-过氧化氢消煮,标酸滴定;全磷采用硫酸-过氧化氢消煮,钒钼黄比色法;全钾采用硫酸-过氧化氢消煮,火焰光度计测定;固形物是阿贝折光仪分析法;硝酸盐是紫外吸收法。

在苗期(2011年11月28日)取0~20 cm表层土壤,取样点位于2株草莓之间,每个处理取3个点,四分法混合,样品4℃保存。测定以下指标:有机质采用外源加热法测定;碱解氮采用扩散法测定;有效磷采用钼锑抗比色法测定;速效钾采用火焰光度计法测定;固液比为1:10,用PB-10PH计测定pH、DJS-C型电导率仪测

定EC值。

株高为12株草莓测定的平均值,草莓品质和土壤性质为3个重复的平均值。

### 1.3 数据分析

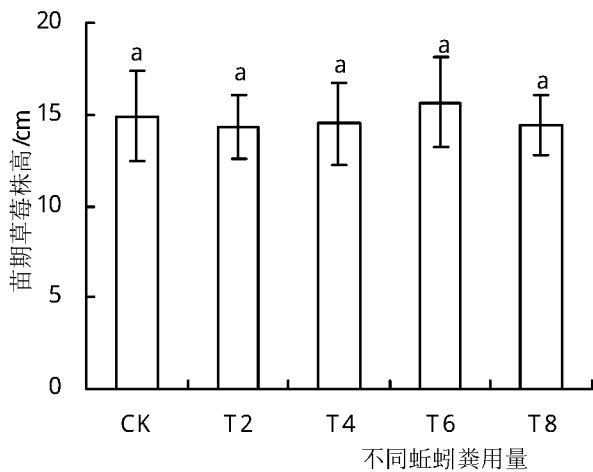
数据采用SPSS 15.0软件分析,对不同处理之间草莓植株性状、土壤养分指标进行方差分析;并对土壤理化性质和草莓品质做Person相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 草莓植株性状

株高(图1)作为反映草莓的表观指标,一定程度上可以反映植株的生长状况。不同处理的草莓苗期株高变化趋势一致,随着时间的推移逐渐增加;CK、T2、T4、T8处理株高没有差异,平均值分别为16.08、15.93、16.0、15.58 cm, T6处理平均值为17.08 cm,略高于前4个处理,但是不同处理之间没有差异。

开花比例是衡量和判断草莓关键生育期的比较有效的指标之一。盛花期开花比例越高表明草莓生长情



竖线表示标准差,不同字母代表处理间达0.05显著性差异,LSD分析。

下同

图1 草莓定植后株高

况越良好。由图2可以看出,CK处理开花比例最低,为49.19%;随着蚯蚓粪用量的增加,开花比例逐步在增加,T2处理开花率为65.43%,T4、T6、T8处理开花率显著高于对照处理,分别为71.57%、75.21%、73.69%,表明蚯蚓粪可以提前草莓开花期,提前比例和蚯蚓粪用量呈正相关关系。

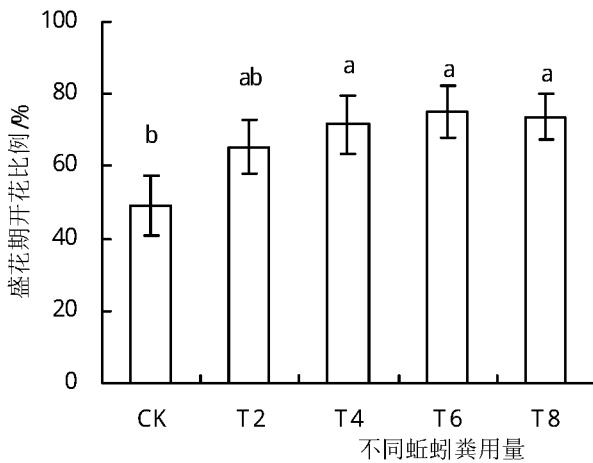


图2 盛花期草莓开花率

## 2.2 草莓产量

产量是作物最重要的指标之一,产量高相对意味着管理水平高,收益高。结果(图3)可以看出,草莓收获期很长,达到4个月,草莓采收间隔3~5天;草莓产量成波浪形变化,其中第1次产量最高,最后产量逐渐下降,最后1次产量最低。不同处理之间产量差异明显,对照产量最低,中前期处理曲线大多处于最下方,后期曲线位于上方;随着蚯蚓粪用量的加大,草莓中、

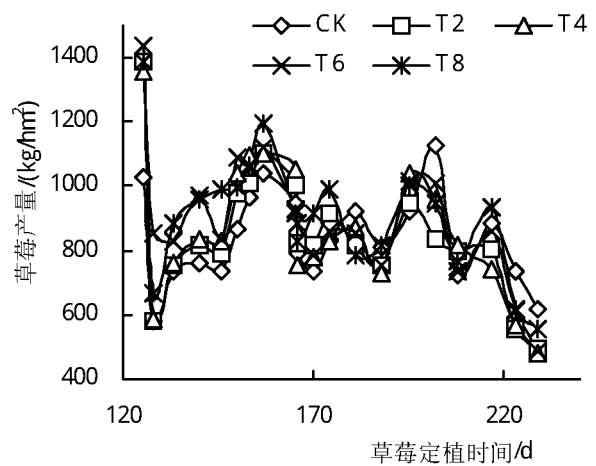


图3 草莓收获期产量曲线图

前期的产量在增加,到了收获后期蚯蚓粪处理草莓产量略低于对照处理。

蚯蚓粪处理增加草莓产量,相比对照,从低到高处理每公顷(每公顷定植草莓90000株)依次增加了221.1、455.55、1210.35、1458.3 kg,分别增加了1.31%、2.71%、7.19%、8.66%。蚯蚓粪处理改变草莓收获产量的分配,表现在蚯蚓粪主要增加草莓中前期产量,而在生长后期蚯蚓粪处理的草莓产量低于对照处理。相比对照处理,蚯蚓粪处理从低到高在收获前2个月增加草莓产量依次为961.2、997.5、1639.05、1780.95 kg,而在收获期后2个月则减少了741.3、543.3、430.05、324 kg。

## 2.3 草莓果实品质

由第1茬果草莓品质结果(表2)可以看出,蚯蚓粪处理没有明显增加草莓鲜果氮磷钾养分含量;蚯蚓粪处理有增加固形物含量的趋势,相比对照增加幅度在0.5%~0.62%,但是和对照处理没有显著差异,同时固形物的增加量和蚯蚓粪用量之间没有相关性;蚯蚓粪处理降低草莓果实硝酸盐含量,特别是T2、T4处理显著降低了硝酸盐含量,显著低于T6、T8、对照处理,T6、T8处理也降低了硝酸盐含量,但是和对照无显著差异。

表2 草莓第1茬果品质

处理	全氮/%	全磷/%	全钾/%	固形物/%	硝酸盐/(mg/kg)
CK	0.14±0.01a	0.10±0.01a	0.50±0.04a	10.25±0.6a	167.81±26.1a
T2	0.12±0.02a	0.10±0.01a	0.48±0.07a	10.97±0.5a	118.88±14.2b
T4	0.12±0.01a	0.09±0.01a	0.54±0.03a	10.75±0.5a	118.34±12.5b
T6	0.14±0.03a	0.09±0.01a	0.47±0.01a	10.17±0.8a	149.40±18.1a
T8	0.13±0.02a	0.10±0.01a	0.48±0.03a	10.82±0.9a	157.94±33.2a

### 2.4 土壤养分

草莓为浅根系植物,因此土壤环境的改善直接并能快速利于草莓的生长。蚯蚓粪的施用增加了土壤有机质含量,增加幅度在4.5%~10.4%,蚯蚓粪处理显著高于对照处理(表3);蚯蚓粪同时增加了土壤碱解氮、有效磷速效养分含量,增加幅度分别在11.7%~28.6%

和73.9%~92.4%,当蚯蚓粪用量大于30 t时,碱解氮含量显著高于对照处理,而硝态氮含量差异不明显,表明蚯蚓粪含有大量水溶性有机氮<sup>[1]</sup>;蚯蚓粪也增加了土壤速效钾含量,增加幅度在27.9%~42.1%,但是和对照处理差异不显著;蚯蚓粪施用有增加土壤pH和降低土壤EC值的趋势,和对照处理相比差异不显著。

表3 草莓苗期土壤养分指标

处理	碱解氮/(mg/kg)	有机质/(g/kg)	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	硝态氮/(mg/kg)	pH	EC/(μS/cm)
CK	125.7±21.3c	16.8±1.1b	82.8±28.9b	181.0±67.3a	31.8±9.7a	7.0±0.1a	259.0±27.5a
T2	140.3±17.7bc	17.4±0.9ab	144.0±13.1a	231.4±41.8a	35.1±10.4a	7.1±0.2a	223.3±12.3a
T4	161.7±10.4ab	18.4±1.0a	159.3±25.7a	257.3±62.7a	30.4±14.4a	7.2±0.2a	245.7±33.5a
T6	174.3±20.3a	18.3±0.3a	167.3±10.8a	243.9±35.8a	32.2±5.6 a	7.3±0.6a	236.7±10.7a
T8	160.3±17.6ab	18.5±0.7a	164.0±22.6a	236.5±25.5a	29.4±3.0 a	7.3±0.2a	244.7±23.5a

### 2.5 土壤理化性质和草莓品质相关性分析

相关性分析结果(表4)表明,草莓果实养分含量和土壤初期养分含量没有相关性,特别是全氮和全钾养分;草莓果实全磷和土壤有机质、pH呈显著性负相关关系。果实硝酸盐含量和土壤碱解氮、pH呈显著性负相关关系,这也进一步验证蚯蚓粪可以降低果实硝酸盐含量。果实硝酸盐含量和EC值呈显著性正相关关系。草莓产量和土壤有机质、有效磷、速效钾呈极显著性正相关关系,表明土壤养分的增加利于提高草莓产量。

有减产的趋势,应适当配合喷施叶面肥。

蚯蚓粪增加了土壤肥力,有机质含量增加,速效养分氮、磷、钾含量均有大幅度增加,草莓果实产量和蚯蚓粪用量、草莓产量和土壤养分含量分别呈显著性正相关关系。综合考虑土壤养分和草莓产量方面的情况,蚯蚓粪每公顷30~45 t为最佳施用量。

### 4 讨论

蚯蚓粪对草莓株高没有显著影响,但是蚯蚓粪大大提高草莓开花率,特别是用量大于30 t处理显著增加开花率,这可能是由于蚯蚓粪中的含有大量赤霉素、细胞分裂素和乙烯酸等调节植物生长的物质<sup>[12]</sup>,这些物质促进草莓开花。蚯蚓粪处理提高草莓固形物含量,蚯蚓粪含有的微生物以及各种有益成分,促进草莓的光合作用以及自身物质的合成和转化,提高草莓含糖量。低用量的蚯蚓粪显著降低草莓硝酸盐含量,研究发现氮肥用量与硝酸盐含量呈显著正相关关系,但是配施有机肥可以降低硝酸盐含量,可能由于一方面有机肥养分释放缓慢,另一方面有机肥促进土壤反硝化过程<sup>[6]</sup>,减少了土壤中硝态氮。

表4 苗期土壤理化性质和草莓性质之间的相关系数

	全氮	全磷	全钾	固形物	硝酸盐	产量
碱解氮	-0.176	-0.256	0.233	-0.114	-0.599	0.467
有机质	0.035	-0.664 <sup>**</sup>	-0.483	-0.072	-0.369	0.721 <sup>**</sup>
有效磷	-0.055	-0.502	-0.270	-0.430	-0.366	0.918 <sup>**</sup>
速效钾	-0.356	-0.348	-0.144	-0.440	-0.039	0.719 <sup>*</sup>
硝氮	0.242	0.428	0.149	0.308	-0.015	-0.070
pH	-0.011	-0.551 <sup>*</sup>	0.006	-0.277	-0.519 <sup>*</sup>	0.711
EC	-0.341	-0.261	0.080	-0.050	0.537 <sup>*</sup>	-0.080

注: \*和\*\* 分别代表在P<0.05和P<0.01水平显著性相关。

### 3 结论

蚯蚓粪对草莓植株形状影响较小,但是明显提高草莓品质,增加了果实固形物含量0.5%~0.62%;显著降低了硝酸盐含量,降低幅度26.2%~41.5%。

蚯蚓粪增加草莓鲜果产量,每公顷增加221.1~1458.3 kg,增加量主要发生在草莓产果的前期,增加了春节期间草莓上市量,增加了种植者的收入,但是后期

蚯蚓粪的施用增加草莓的产量,而且增产幅度和蚯蚓粪用量呈正相关关系,这是由于蚯蚓粪含有大量的有效养分,同时含有大量的微生物,微生物进一步活化土壤中的有效养分<sup>[13-14]</sup>,同时有研究发现,蚯蚓粪可提高团聚体含量,降低粘粒含量<sup>[15]</sup>,使草莓根系有良好的生存条件,增加养分吸收,进而增加产量。蚯蚓粪处理主要增加草莓前期的产量,在草莓生育期后期反而减少草莓的产量,同时蚯蚓粪用量越大的处理在后期减产的幅度越小,这和蚯蚓粪处理提前草莓开花期的结果相符合,蚯蚓粪提高草莓对养分的吸收,增加草莓

的产量,但是蚯蚓粪草莓的后续生长能力相比对照有所降低,这可能受到草莓本身生理形状的影响,前期长势较好会抑制后期生长,进而在后期降低草莓产量,生产中可以适当结合喷施叶面肥来保障后期产量。

蚯蚓粪对土壤有很好的培肥作用,提高了土壤有机质、速效养分的含量,特别是有效磷含量显著增加,这和其他有机肥培肥土壤效果相似,李祥云等<sup>[16]</sup>研究表明牛粪可增加土壤有机质和碱解氮含量,鸡粪增加土壤有效磷和速效钾含量。草莓产量和土壤有机质、有效磷、速效钾呈极显著性正相关关系,蚯蚓粪的施用增加了土壤养分含量,提高了草莓产量,每公顷施用30~45 t效果较好。

### 参考文献

- [1] Garg P, Gupta A, Satya S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study[J]. *Bioresource technology*.2006.97:391-395.
- [2] Gunadi B, Edwards C A. The effect of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Esenia foetida* (Savigny) (Lumbricidae) [J]. *Pedo- biologia*.2003.47 (4):321-330.
- [3] 中村好男.养殖蚯蚓改良土壤抑制病害[J]. *中国农技推广*.2001(1): 18-21.
- [4] 赵伟,涂艳丽,王飞.土壤微生物活菌数与生物量的关系研究[J]. *安徽农业科学*.2005.33(12):2285.
- [5] 黄福珍,张与真,杨夫瑞.蚯蚓改土及综合利用[A].裘明华.蚯蚓的养殖与利用[M].重庆:重庆出版社.1984:28-36.
- [6] 王霞,胡锋,李辉信,等.秸秆不同还田方式下蚯蚓对旱作稻田土壤碳、氮的影响[J]. *生态环境*.2003.12(4):462-466.
- [7] Edwards C A, Bohlen P J. *Biology and Ecology of Earthworms*[M]. London: Chapman and Hall.1996.
- [8] Bansal S, Kapoor K K. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*[J]. *Bioresource technology*.2000.73:95-98.
- [9] Atiyeh R M, Arancon N Q, Edeards C A. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds[J]. *Bioresource Tecnology*.2002.81:103-108.
- [10] 尚庆茂,张志刚.蚯蚓粪基质在西瓜穴盘育苗中的应用研究[J]. *中国蔬菜*.2006(1):14-16.
- [11] 吕振宇,马永良.蚯蚓粪有机肥对土壤肥力与甘蓝生长、品质的影响[J]. *中国农学通报*.2005(12):236-240.
- [12] Brown G G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity[J]. *Plant and Soil*.1995.170:209-231.
- [13] 胡亚林,黄宇,汪思龙,等.凋落物化学组成对土壤微生物学性状及土壤酶活性的影响[J]. *生态学报*.2005.25(10):2662-2668.
- [14] 李辉信,胡锋,仓龙,等.蚯蚓堆制处理对牛粪性状的影响[J]. *农业环境科学学报*.2004.23(3):588-593.
- [15] 袁新田,焦加国,朱玲,等.不同秸秆使用方式下接种蚯蚓对土壤团聚体及其中碳分布的影响[J]. *土壤*.2011.43(6):968-974.
- [16] 李祥云,宋朝玉,王瑞英,等.不同畜禽粪肥及不同用量对大葱生长的影响[J]. *中国土壤和肥料*.2006(6):45-47.