

网络出版时间:2014-04-25 15:48

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.018

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.018.html>

不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜 生长及产量的影响

袁冬贞^{1,2}, 廖允成¹, 赵建兴², 霍子华², 杨 飞², 刘 杨¹

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省农业技术推广总站, 陕西 西安 710003)

[摘 要] **【目的】**针对当前秸秆生物反应堆菌种使用较为杂乱的问题,筛选适用于陕西关中地区温室黄瓜种植的秸秆生物反应堆的配套菌种。**【方法】**选取 7 种不同来源的菌种,测定不同菌种对日光温室土壤温度、黄瓜农艺性状、产量和抗病性等指标的影响,以不放置菌种为对照,对其效果进行综合评价。**【结果】**与对照相比,7 个菌种均能提高温室土壤温度,促进黄瓜生长发育,提高黄瓜产量,降低黄瓜白粉病的发病率。其中经世明生物反应堆专用菌种 001、秸秆生物降解专用菌种和来自西北农林科技大学植物保护学院的 Z1 处理后,土壤温度分别较对照提高 3.3, 3.1, 2.4 °C, 黄瓜株高分别较对照增加 26.8, 22.2, 25.0 cm, 单果质量分别较对照增加 44.9, 32.9, 26.9 g, 白粉病病情指数分别较对照降低 18.88, 10.38, 6.07, 增产率分别为 32.5%, 27.1%, 21.0%。**【结论】**在关中地区黄瓜日光温室栽培中,世明生物反应堆专用菌种 001 综合表现最为突出。

[关键词] 秸秆生物反应堆; 配套菌种; 温室黄瓜; 陕西关中

[中图分类号] S642.204⁺.7

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)05-0171-06

Effects of straw bio-reactors with different microbial strains on the growth and yield of cucumber in greenhouse

YUAN Dong-zhen^{1,2}, LIAO Yun-cheng¹, ZHAO Jian-xing²,
HUO Zi-hua², YANG Fei², LIU Yang¹

(1 College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Agricultural Technology Promotion Station of Shaanxi, Xi'an, Shaanxi 710003, China)

Abstract: **【Objective】**The experiment was conducted to investigate and screen the optimal microbial strain for cucumber planted in greenhouse at Guanzhong, Shaanxi, in order to solve the confusion in use of bioreactor microbial strains. **【Method】**Seven microbial strains from different sources were used for treatments and the treatment without any microbial strain was used as control. Agronomic traits, yield and disease resistance of cucumber and soil temperature were measured and the effect of microbial strain was evaluated synthetically. **【Result】**Compared with the control, 7 microbial strains all increased the temperature of soil, promoted the growth and yield of cucumber, and reduced the disease incidence of powdery mildew. Shiming special straw bioreactor landfill microbial strain 001(T3), straw bioreactor landfill degradation of special microbial strain and Z1 of Northwest A&F University increased the soil temperature in the greenhouse by 3.3, 3.1, and 2.4 °C, increased the plant height by 26.8, 22.2, and 25.0 cm, increased the single fruit weight by 44.9, 32.9, and 26.9 g, reduced the disease index by 18.88, 10.38, and 6.07, and increased

[收稿日期] 2013-07-12

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31171506)

[作者简介] 袁冬贞(1975—), 女, 陕西西安人, 在读博士, 主要从事耕作与栽培研究。E-mail: dong75dong@126.com

[通信作者] 廖允成(1969—), 男, 安徽六安人, 教授, 博士生导师, 主要从事耕作与栽培研究。E-mail: yunchengliao@163.com

the yield by 32.5%, 27.1%, and 21.0%, respectively. 【Conclusion】 Shiming special straw bioreactor landfill microbial strain 001 was recommended for cucumber planting in greenhouse at Guanzhong, Shaanxi.

Key words: straw bio-reactor; corollary strain; cucumber in greenhouse; Guanzhong, Shaanxi

秸秆生物反应堆技术是利用微生物菌种将农作物秸秆定向转化成作物生长所需要的二氧化碳、热量、抗病孢子、有机和无机养料等,达到改善设施内土壤理化性状、提高作物光合效率、促进作物生长发育及提早成熟、减少化肥和农药施用量的目的,从而获得高产、优质、早熟农产品的现代农业生物工程创新技术^[1-3]。研究表明,应用该技术后能够有效解决冬季温室内的低温冷害、二氧化碳亏缺、连作重茬障碍等限制设施瓜菜生产的突出问题^[3-4]。

黄瓜是经济价值高、栽培面积广、深受广大生产者和消费者喜爱的蔬菜品种^[5-7]。黄瓜作为喜温性蔬菜,一般光合作用最适温度为 25~30℃,二氧化碳饱和点不高于 1 600 $\mu\text{L/L}$,而在设施生产中,棚体密闭及低温和低 CO_2 是制约其高产优质的主要因素^[8-10]。有研究表明,应用秸秆生物反应堆技术可以较好地解决这一问题^[11-14]。但实践表明,该技术的应用效果与配套使用的菌种关系密切,且不同菌种的使用效果不尽相同。在实际生产中,与秸秆生物反应堆技术配套应用的菌种品种多乱杂,根据生产实际情况选择合适的菌种,是秸秆生物反应堆技术成功推广应用的关键,但目前针对陕西关中地区这一特定环境适用菌种的研究还鲜见报道。为此,本研究选择了陕西省生产中应用广泛的 7 种微生物菌种,通过栽培试验和室内环境因子测定,研究了秸秆生物反应堆技术配套应用不同菌种对温室黄瓜生长环境及产量的影响,以期为秸秆生物反应堆技术在关中地区温室蔬菜生产中的应用及配套菌种的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌种品种有:西北农林科技大学植物保护学院的 Z1(T1)、西安德龙生物科技有限公司的腐杆菌(T2)、山东天合生物工程有限公司的世明生物反应堆专用菌种 001(T3)、福建宁德市益荣生物工程有限公司的“卢博士”有机液肥(T4)、辽宁宏阳生物有限公司的秸秆生物降解专用菌种(T5)、沈阳市绿源生物研究所的秸秆发酵复合菌剂(T6)、北京三农嘉华有机生物技术有限公司的有机物料腐熟剂(T7)。以不使用菌种为对照(CK),试验于

2009-11—2010-06 在陕西渭南华县毕家乡拾村的 3 个日光温室中进行,供试日光温室结构一致,土壤条件相同,管理措施一致,温室长为 50 m,宽为 8 m。采用行下内置式秸秆生物反应堆,黄瓜品种为津优 30 号。

1.2 方法

2009-11-01 开沟,8 个处理按单因子试验设计,随机区组排列,重复 3 次,每小区 3 畦,畦长 7.5 m,宽 1.8 m,小区面积 40.5 m^2 。日光温室东西走向,畦长与棚长垂直,在每小区之间从南至北、由棚顶至地面挂一塑料膜,设置保护区,消除各处理之间小气候差异的影响。

本研究采用行下内置式反应堆,具体操作为开沟、铺秸秆、撒菌种、覆土、浇水、整垄、打孔和定植。11-01,在小行位置(种植行)开沟,沟宽 60 cm,沟深 25 cm,开沟长度与行长相等,开挖土壤按等量分置沟的两边。每小区开 3 条沟,种植 3 畦。开沟完毕后,在沟内铺放玉米秸秆,厚度 30 cm,铺完踏实后,沟两头露出 10 cm 秸秆茬。将试验固体菌种(包括 T1、T3、T5、T6、T7,用量 120 kg/hm^2 ,使用前按 1 kg 菌种掺 20 kg 麦麸,加水 20 kg,混合拌匀,堆积 4 h)均匀撒在秸秆上,并用铁锨轻拍一遍,使菌种与秸秆均匀接触;液体菌种稀释相应倍数(其中 T2 用量 75 kg/hm^2 ,菌种稀释 200 倍;T4 用量 15 kg/hm^2 ,菌种稀释 100 倍)后,均匀喷洒在秸秆上。将沟两边的土回填于秸秆上,覆土厚度 25 cm,形成种植垄,并将垄面整平。覆土 3 d 后,在垄间浇水,湿透秸秆。浇水 3 d 后,将垄间和垄面分别找平,秸秆上土层厚度保持 20 cm 左右。在垄上按 30 cm $\times$ 20 cm 的面积用 12 号钢筋打 2 行孔,深度以穿透秸秆层为准,以促进氧气发酵和秸秆转化。距浇第一水 10 d 后再浇一次水,每次浇水必须浇匀。11-20 定植,定植后 6 d 浇一次透水。待能进地时迅速打一遍孔,以后打孔位置与前次错位,生长期内每月打孔 1~2 次。

1.3 评价指标及测定方法

1.3.1 土壤温度 2009-12-20 早上 08:30,用水银温度计在每处理内的中轴线上,按照南、北、中部测定黄瓜根部 10 cm 地温,以 3 点平均值作为观察值。

1.3.2 秸秆层厚度 试验中秸秆层铺设厚度统一

为 30 cm。2010-06-05,对经过秸秆反应堆分解的秸秆剖面厚度进行测定。用标尺在每处理内的中轴线上,按照南、北、中部,挖开秸秆生物反应堆土层,测量分解后秸秆的剩余厚度,以 3 点平均值作为观察值。

1.3.3 黄瓜生长性状和产量 2010-03-01,在每处理内按照对角线确定 5 个点,以交叉点为中心向南北两侧成对连续考察,共计 10 株,分别考察株高、茎粗和单果质量。

1.3.4 黄瓜病害发生情况调查 白粉病是当地黄瓜生产中的主要病害,3—4 月份是高发期。03-15,测定温室内黄瓜白粉病的发生情况。黄瓜白粉病病情分级标准^[15]为:0 级,全株无病;1 级,全株 1/4 以下的叶片有少数病斑;2 级,全株 1/2 以下的叶片有少量病斑或 1/4 以下的叶片有较多的病斑;3 级,全株 3/4 以下的叶片发病或部分叶片变黄枯死;4 级,全株 3/4 以上的叶片发病或 1/4 以上叶片变黄枯死。

根据调查结果,按以下公式计算病情指数、发病

率和相对防效:

病情指数 = $\Sigma[(\text{各级病株数} \times \text{相对应级数值})]/(\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}) \times 100$;

发病率 = $\text{染病株数} / \text{调查总株数} \times 100\%$;

相对防效 = $(\text{对照区病情指数} - \text{处理区病情指数}) / \text{对照区病情指数} \times 100\%$ 。

1.4 数据处理

所有试验数据均采用 SPSS 19.0 软件和 Microsoft Office Excel 2003 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同菌种秸秆生物反应堆对温室土壤温度的影响

由表 1 可知,与对照相比,各菌种处理均不同程度地提高了土壤温度,但不同菌种间存在差异。处理 T3 和 T5 对土壤温度的提高幅度较大,与对照相比分别提高 3.3 和 3.1℃;其次是 T1,较对照提高了 2.4℃。

表 1 不同菌种秸秆生物反应堆对温室土壤温度、秸秆厚度和黄瓜生长的影响
Table 1 Effects of straw bio-reactors with different microbial strains on soil temperature and cucumber growth in greenhouse

处理 Treatments	10 cm 土壤 温度/℃ 10 cm soil temperature	秸秆厚度/cm Thickness of straw	黄瓜生长指标 Growth indices of cucumber			黄瓜成熟期 Mature period of cucumber	
			株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	单果质量/g Single fruit weight	采收日期 Date of harvest	提前成熟时间/d Days to promote mature
T1	16.4 ab	3.1 a	183.2±4.3 ab	7.3±0.4 a	183.2±6.3 bc	01-11	5
T2	16.2 b	3.0 ab	172.3±6.2 bc	7.3±0.5 a	172.8±7.1 de	01-14	2
T3	17.3 a	2.6 b	185.0±4.3 a	8.0±0.1 a	201.2±2.3 a	01-10	6
T4	15.5 bc	3.1 a	168.4±7.1 cd	7.4±0.2 a	167.6±4.2 e	01-14	2
T5	17.1 a	2.5 b	180.4±5.1 ab	7.5±0.2 a	189.2±3.2 b	01-09	7
T6	15.8 b	3.3 a	174.3±7.1 abc	7.3±0.3 a	183.2±2.7 bc	01-17	1
T7	16.1 b	2.9 ab	176.0±5.8 abc	7.6±0.4 a	178.1±5.7 cd	01-13	3
CK	14.0 c	3.5 a	158.2±7.3 d	5.9±0.7 b	156.3±6.4 f	01-16	0

注:同列数据后标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note: Different lowercase letters in each column indicate significant difference ($P<0.05$). The same below.

2.2 不同菌种秸秆生物反应堆对秸秆分解效果的影响

由表 1 可以看出,各菌种处理较对照秸秆的分解效果好,其秸秆厚度均有所减少。对照处理的秸秆厚度为 3.5 cm,T5、T3、T7、T2、T1、T4、T6 菌种处理的秸秆厚度分别较对照下降 1.0、0.9、0.6、0.5、0.4、0.4 和 0.2 cm,其中 T3、T5 处理的秸秆厚度与对照的差异达到了显著水平。

2.3 不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜生长的影响

从表 1 可以看出,应用不同菌种的秸秆反应堆后,黄瓜的株高、茎粗等生长情况明显优于对照,但以世明生物反应堆专用菌种 001 的效果最为明显,

黄瓜平均株高较对照提高 26.8 cm,平均茎粗较对照增加 2.1 mm,单果质量较对照增加了 44.9 g。其他菌种也不同程度地促进了黄瓜生长,增加了黄瓜单果质量。

2.4 不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜成熟期的影响

由表 1 可知,各处理以 T5 成熟采收最早,较对照提前 7 d 成熟;其次是 T3 和 T1,分别较对照提前 6 和 5 d 成熟,其他处理与对照成熟时间较为接近。

2.5 不同菌种秸秆生物反应堆对黄瓜产量的影响分析

由表 2 可知,7 个菌种处理均可以提高黄瓜产量,其中 T3、T5、T1 处理的产量较高,均达 105

kg/hm² 以上,显著高于对照,而其他菌种处理的产量与对照差异未达显著水平。

表 2 不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜产量的影响

Table 2 Effects of straw bio-reactors with different microbial strains on the yield of cucumber in greenhouse

处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Output	增产率/% Rate of increase the production	处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Output	增产率/% Rate of increase the production
T1	105 375 abc	21.0	T5	110 685 ab	27.1
T2	96 480 bcd	10.8	T6	93 345 cd	7.2
T3	115 455 a	32.5	T7	95 760 bcd	9.9
T4	101 280 abcd	16.3	CK	87 105 d	0

7 个菌种处理中,以 T3 的增产效果最为明显,增产率达到 32.5%;T5 和 T1 的增产效果稍逊于 T3。结合前文研究结果可知,这 2 个处理提高地温的作用较 T3 弱,其地温较 T3 分别低 0.2 和 0.9℃;另外,其对黄瓜生长的促进作用也不及 T3 强,综合表现不如 T3。T4 是液体有机肥,虽操作简便,但其提高地温的作用没有其他菌种明显,对黄瓜的生长促进作用稍弱。T2、T6、T7 处理的增温作用和对秸秆的分解作用相当,综合表现相似,增产效果差

异不大。

2.6 不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜白粉病的影响

由图 1 可知,本试验除 T6 处理外,其余 6 种菌种处理(T1、T2、T3、T4、T5、T7)的黄瓜白粉病发病率及病情指数均低于对照 CK。其中 T3 处理效果最为明显,发病率为 33.27%,病情指数仅为 24.44,均为最低值,而其相对防效最高,达到 42.12%,显著高于其他处理,表明 T3 的生防效果最好。

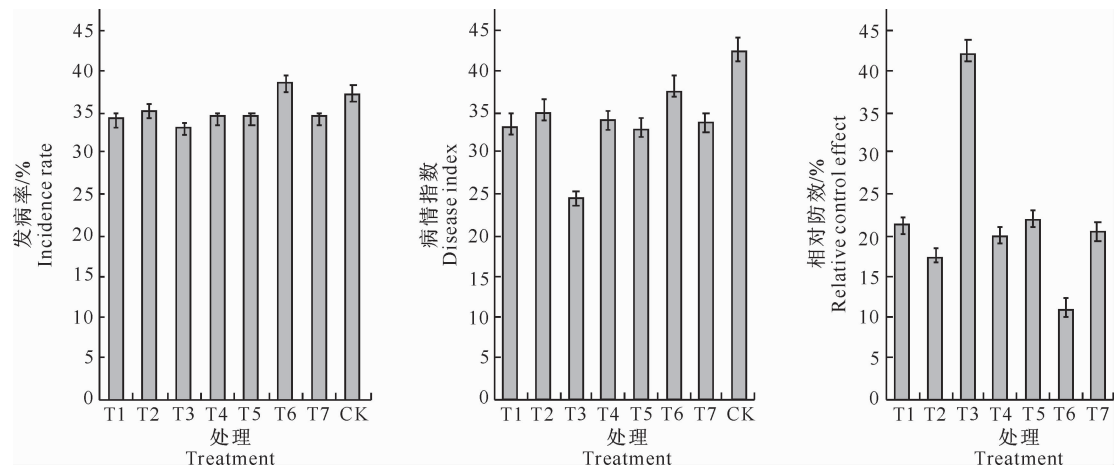


图 1 不同菌种秸秆生物反应堆对温室黄瓜白粉病发病情况的影响

Fig. 1 Effects of straw bio-reactors with different microbial strains on the powdery mildew of cucumber in greenhouse

3 讨论

菌种通过分解植物秸秆,可以达到释放 CO₂、提高地温、防治土传病害、有机改良土壤的作用^[16-19]。

冬季低温是设施黄瓜生产所面临的主要问题之一,本研究通过比较 7 种秸秆生物反应堆配套用菌种后发现,7 种菌种均能使温室土壤温度有不同程度的提高,表明应用秸秆生物反应堆技术能够提高土壤温度,这与前人的研究结果^[20-26]基本一致。在供试 7 个菌种中,处理 T3(山东天合生物工程有限公司的世明生物反应堆专用菌种 001)对土壤温度的提高幅度最大,其次是 T5(辽宁宏阳生物有限公司的秸秆生物降解专用菌种)和 T1(西北农林

科技大学植物保护学院的 Z1)。

应用秸秆生物反应堆能够提高土壤温度、改善土壤理化性质、提高温室内的 CO₂ 浓度,可通过改善植株生长环境促进植株光合作用,进而促进植株生长并提高产量^[27-28]。本研究结果表明,不同菌种处理对黄瓜株高、茎粗、单果质量均有明显的提高作用,其中处理 T3、T5、T1 作用最好,产量均超过 105 kg/hm²,与对照相比增产率均在 20% 以上。这表明秸秆生物反应堆可以显著促进黄瓜生长,进而提高黄瓜产量。同时,各菌种处理均使黄瓜成熟期提前,收获期延长,从而进一步提高了产量。

由于设施中的相对高温高湿环境,导致植物病害发生较为频繁,黄瓜病害发生严重是制约设施黄

瓜生产的另一个主要因素^[29]。应用秸秆生物反应堆技术,可以有效提高作物抗病能力,降低作物病害的发病率^[12]。本研究结果显示,除 T6 处理外,其余 6 种菌种处理的温室黄瓜白粉病发病率均低于对照,且 7 种菌种处理温室黄瓜白粉病的病情指数均低于对照。其中 T3 处理的发病率为 33.27%,病情指数仅为 24.44,均为最低值,而其相对防效最高,达到 42.12%,显著高于其他处理,表明 T3 菌系的生防效果最好。

综上所述,对温室黄瓜栽培来讲,供试的 7 种菌种在秸秆生物反应堆上应用时,均有增加地温、提高产量、降低作物发病程度的效果,尤以 T3、T5 和 T1 表现最为明显,与对照之间达到了显著性差异水平。其中山东天合生物工程有限公司的世明生物反应堆专用菌种 001(T3)因其在陕西及其他省份使用多年,应用效果稳定,在本试验中综合效果优于其他参试菌种,因此可在关中地区温室黄瓜生产中示范推广。秸秆生物降解专用菌种(T5)效果次之,但目前市场上单位面积使用价格较世明生物反应堆专用菌种 001 低 50%左右,可在效益稍低的作物上使用。由于 Z1 生产的时间较短,在应用技术上还需进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] Eklind Y, Kirchmann H. Compositing and storage of organic household waste with different litter amendments [J]. Nitrogen Turnover and Losses Bioresource Technology, 2000, 74(2): 125-133.
- [2] 李军见. 秸秆生物反应堆技术在西安地区的应用效果及应用方法研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
Li J J. Studies on the application method and effect of straw bioreactor technology in Xi'an [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2010. (in Chinese)
- [3] 刘杰才, 崔世茂, 杨文秀, 等. 秸秆生物反应堆技术对大棚黄瓜光合性能的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2010, 31(3): 85-88.
Liu J C, Cui S M, Yang W X, et al. Effects straw stalk biology reactor on photosynthetic performance of cucumber production in large plastic house [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition, 2010, 31(3): 85-88. (in Chinese)
- [4] 曹长余, 韩秀玲, 高秀美. 秸秆生物反应堆技术对日光温室番茄应用效果的研究 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(8): 82-83.
Cao C Y, Han X L, Gao X M. Research of the application for straw bio-reactor on tomato in greenhouse [J]. Anhui Agricultural Science Bull, 2007, 13(8): 82-83. (in Chinese)
- [5] 徐全辉, 赵强. 秸秆生物反应堆技术的应用对温室生态环境因子的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 129-130.
Xu Q H, Zhao Q. Effect of straw bioreactor landfill technology on eco-environmental factors in greenhouse [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(24): 129-130. (in Chinese)
- [6] 赵海燕. 中国蔬菜产业国际竞争力研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2003.
Zhao H Y. A reasearch into the international competitiveness of Chinese vegetable industry [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2003. (in Chinese)
- [7] 杨顺江. 中国蔬菜产业发展研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
Yang S J. Studies on the development of vegetable industry in China [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2005. (in Chinese)
- [8] 王红彬, 崔世茂, 王明喜, 等. CO₂ 施肥条件下高温对温室黄瓜光合性能的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(2): 114-118.
Wang H B, Cui S M, Wang M X, et al. Effects of high temperature on greenhouse cucurnber photosynthetic efficiency under CO₂ enrichment [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition, 2007, 28(2): 114-118. (in Chinese)
- [9] Gent M P N. Yield of greenhouse tomato in response to supplemental nitrogen and potassium [J]. Acta Horticulture, 2004, 633: 341-348.
- [10] 邵庆炉. 设施型农作制度研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2002.
Gao Q L. Study on installation farming system [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F university, 2002. (in Chinese)
- [11] 高文永. 中国农业生物质能源评价与产业发展模式研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
Gao W Y. Study on evaluation and industry development models of agriculture bioenergy in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese)
- [12] 艾海舰, 朱铭强, 亢福仁, 等. 生物反应堆技术在榆林市设施蔬菜上的应用效益分析 [J]. 北方园艺, 2011(17): 68-70.
Ai H J, Zhu M Q, Kang F R, et al. Application benefit analysis of bioreactor landfill technology on facility vegetables in Yulin [J]. Northwest Agriculture and Forestry, 2011(17): 68-70. (in Chinese)
- [13] 万恩梅, 张永平, 王彦明, 等. 秸秆生物反应堆技术在大棚果树上的应用 [J]. 陕西农业科学, 2010(6): 107-109.
Wan E M, Zhang Y P, Wang Y M, et al. Straw bio-reactor technology in the greenhouse fruit trees on application [J]. Shaanxi Agricultural Sciences, 2010(6): 107-109. (in Chinese)
- [14] 毕于运. 秸秆资源评价与利用研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
Bi Y Y. Study on straw resources evaluation and utilization in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese)
- [15] 全国农业技术推广服务中心. 农作物有害生物测报技术手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 347.
National Agricultural Technology Extension Service Center. Report to technical manual measuring biological pests [M].

- Beijing: Chinese Agriculture Press, 2006: 347. (in Chinese)
- [16] 吴红艳, 王智学, 陈 飞. 秸秆生物降解菌对秸秆菌群与纤维素酶活力的影响 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(6): 3506-3507. Wu H Y, Wang Z X, Chen F. Influence of biodegradation strains of straw on its flora and cellulose activity [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(6): 3506-3507. (in Chinese)
- [17] 李洪连, 黄俊丽, 袁红霞. 有机改良剂在防治植物土传病害中的应用 [J]. 植物病理学报, 2002, 32(4): 289-295. Li H L, Huang J L, Yuan H X. Advancaces in control of plant soil-borne diseases by organic amendments [J]. Plant Pathology, 2002, 32(4): 289-295. (in Chinese)
- [18] 葛红莲, 赵红六, 郭坚华. 植物土传病害微生物农药的研究开发进展 [J]. 安徽农业学报, 2004, 32(1): 153-155. Ge H L, Zhao H L, Guo J H. Progress in research and development of plant soil-borne diseases of microbial pesticides [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2004, 32(1): 153-155. (in Chinese)
- [19] 吴铁航, 李振高. 土壤微生物在持续农业中的作用与应用前景 [J]. 土壤学进展, 1995, 32(4): 29-36. Wu T H, Li Z G. Soil microbial role in sustainable agriculture and application prospects [J]. Progress in Soil Science, 1995, 32(4): 29-36. (in Chinese)
- [20] 付乃旭. 秸秆生物发酵对日光温室辣椒越冬栽培的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010. Fu N X. Effects of straw bio-fermentation on the pepper over-winter cultivation in solar greenhouse [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese)
- [21] 宋尚成, 朱凤霞, 刘润进, 等. 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤微生物数量和土壤酶活性的影响 [J]. 微生物学通报, 2010, 37(5): 696-700. Song S C, Zhu F X, Liu R J, et al. Effects of straw bio-reactor on microorganism population and soil enzyme activity in the watermelon replant soil [J]. Acta Micrabiologica Sinica, 2010, 37(5): 696-700. (in Chinese)
- [22] 郭敬华, 石琳琪, 董灵迪, 等. 秸秆生物反应堆对日光温室黄瓜生育环境及产量的影响 [J]. 河北农业科学, 2009, 13(5): 17-19. Guo J H, Shi L Q, Dong L D, et al. Effects of straw bio-reactor on the growth environment and yield of cucumber in solar greenhouse [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2009, 13(5): 17-19. (in Chinese)
- [23] 谢其标, 陆上岭, 王 艳. 秸秆焚烧和秸秆次生污染危害及控制利用 [J]. 环境科技, 2009, 22(S2): 113-114. Xie Q B, Lu S L, Wang Y. Control and use of straw burning and secondary pollution [J]. Environmental Science and Technology, 2009, 22(S2): 113-114. (in Chinese)
- [24] 苏 瑜, 黄连光, 王秀敏. 秸秆焚烧现状与对策探讨 [J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(3): 113-114. Su Y, Huang L G, Wang X M. Analysis on present condition and countermeasures of straw burning [J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2012, 53(3): 113-114. (in Chinese)
- [25] 朱 彬, 苏继锋, 韩志伟, 等. 秸秆焚烧导致南京及周边地区一次严重空气污染过程的分析 [J]. 中国环境科学, 2010, 30(5): 585-592. Zhu B, Su J F, Han Z W, et al. Analysis of a serious air pollution event resulting from crop residue burning over Nanjing and surrounding regions [J]. China Environmental Science, 2010, 30(5): 585-592. (in Chinese)
- [26] 蔡晓布, 钱 成, 张 元, 等. 西藏中部地区退化土壤秸秆还田的微生物变化特征及其影响 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 463-468. Cai X B, Qian C, Zhang Y, et al. Microbial characteristics of straw-amended degraded soils in central Tibet and its effect on soil fertility [J]. Applied Ecology, 2004, 15(3): 463-468. (in Chinese)
- [27] 陈道华, 刘庆玉, 艾 天, 等. 施用沼肥对室内土壤理化性质影响的研究 [J]. 可再生能源, 2007, 25(1): 23-25. Chen D H, Liu Q Y, Ai T, et al. Effects of anaerobic fermentation residues on physical and chemical properties of soil in greenhouse [J]. Renewable Energy, 2007, 25(1): 23-25. (in Chinese)
- [28] 孙振友, 宗成顺, 王卫东, 等. “四位一体”高产高效农业技术的试验 [J]. 中国沼气, 2000, 18(2): 37-39. Sun Z Y, Zong C S, Wang W D, et al. “Four-in-one” high-yield and efficient agricultural technology trials [J]. China Biogas, 2000, 18(2): 37-39. (in Chinese)
- [29] 李宝聚. 我国蔬菜病害研究现状与展望 [J]. 中国蔬菜, 2006(1): 1-5. Li B J. Research and prospect of China's vegetable diseases [J]. Chinese Vegetables, 2006(1): 1-5. (in Chinese)