蔬菜废弃物栽培基质对番茄生长发育和营养品质的影响

李瑞琴[1,2,3]，于安芬[1,2,3]，白 滨[1,2,3]，徐 瑞[1,2,3]，丁文姣[1,2,3]

〔1. 甘肃省农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所，甘肃 兰州 730070；2. 甘肃省农业科学院 畜草与绿色农业研究所，甘肃 兰州 730070；3. 农业部农产品质量安全风险评估实验室(兰州)，甘肃 兰州 730070〕

摘 要：[目的] 了解有机生态型蔬菜栽培基质对番茄生长发育及营养品质的影响，为蔬菜废弃物微生物发酵物在生产上的推广应用提供科学依据。[方法] 采用自然条件下室外堆肥、基质研制及温室盆栽试验进行分析研究。[结果] 有机生态型基质各配方处理对番茄的株高、展幅、主茎粗、结果数、产量均有明显的促进作用，C 处理即配方为蔬菜废弃物∶玉米秸秆∶牛粪∶发酵菌剂，配比为 100∶4∶2∶0.25 的处理，其番茄的产量较对照增长了 97%，该处理番茄的干物质、有机酸、可溶性糖、维生素 C 等营养品质指标，与对照相比分别增加了 41.9%，139.6%，36.8%和 18.7%，特别是该处理番茄的可溶性固形物含量比对照增加了 57.1%。各配方处理番茄的亚硝酸盐、重金属等有害残留均低于对照，符合国家相关标准规定。[结论] 有机生态型基质各配方处理对番茄的生长发育和营养品质均有一定的促进作用。

关键词：蔬菜废弃物；栽培基质；番茄；生长发育；营养品质；有害残留

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2016)02-0110-05 **中图分类号**：S141.4

文献参数：李瑞琴，于安芬，白滨，等. 蔬菜废弃物栽培基质对番茄生长发育和营养品质的影响[J]. 水土保持通报，2016，36(2)：110-114. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.021

Tomato Growth and Its Nutritional Quality in Different Vegetable Waste Substrate

LI Ruiqin[1,2,3], YU Anfen[1,2,3], BAI Bin[1,2,3], XU Rui[1,2,3], DING Wenjiao[1,2,3]

〔1. *Agricultural Quality Standards and Testing Technology Institute, GAAS, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*; 2. *Animal Husbandy, Pasture and Green Agricultural Institute, GAAS, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*; 3. *Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products(Lanzhou), Ministry of Agriculture, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*〕

Abstract: [Objective] The growth and nutritional quality of tomato in vegetable waste cultivation matrix were tested to provide a scientific basis for the application of vegetable waste-fermented products. [Methods] Vegetable waste was composted outdoor, and after that a series of cultivation matrices based on the fermented products was used to cultivate tomato in a greenhouse. [Results] In all treatments of vegetable waste-fermented organic matrices, the height, crown size, main stem diameter, fruit quantity and yield of tomato were all observed increased. Especially, it was obvious for the C treatment, which was made from vegetable waste, corn stover, cow dung and fermentation agents with a ratio of 100∶4∶2∶0.25. Cultivated with that matrix, the tomato yield increased 97%, and in which, indices of nutritional quality as dry matter, organic acid, soluble sugar, vitamin C and soluble solid content increased 41.9%, 139.6%, 36.8%, 18.7% and 57.1% in comparison with the ones of the control. In all treatments, nitrite content, heavy metals and other harmful residues were less than the level of corresponding national standard. [Conclusion] Vegetable waste fermentation processed substrate can promote the growth of tomato and has its benefits to the fruit quality.

Keywords: **vegetable wastes; cultivation matrix; tomato; growth and development; nutritional quality; harmful residues**

收稿日期：2015-11-19 **修回日期**：2015-11-23

资助项目：国家农产品质量安全风险评估项目“蔬菜产品质量安全风险评估”(GJFP2015-201600101)；甘肃省科技重大专项(1102NKDJ031)

第一作者：李瑞琴(1969—)，女(汉族)，甘肃省西峰市人，博士，副研究员，主要研究方向为农业废弃资源综合利用、农业环境及农产品质量安全。E-mail：liruiqin_524@163.com。

通信作者：于安芬(1965—)，女(汉族)，甘肃省静宁县人，学士，副研究员，主要从事农产品质量安全风险评估工作。E-mail：985475395@qq.com。

随着蔬菜产业的日益发展,在生产过程中产生的大量蔬菜废弃物已成为一个急需解决的问题[1]。中国每年约产生 1.0×10^8 t 蔬菜废弃物,这些蔬菜废弃物占到中国城市和乡村生活垃圾的 20%～50%,不仅浪费大量资源,而且还造成严重的生态环境污染[2-3]。

目前,有关蔬菜废弃物利用的研究,大多集中在发酵温度、堆制方法以及产气性能等方面。王辉、晋小军等[4]研究了蔬菜废弃物不同堆制方法对微生物数量的影响;焦秀梅等[5]研究了温度对蔬菜废弃物厌氧发酵的影响;李鸣雷等[6]对促进农业废弃物腐解的复合微生物菌剂进行了筛选研究;刘芳等[7]以菜花、甘蓝、白菜、西红柿废弃叶与牛粪为原料,对蔬菜废弃物及其牛粪混合原料厌氧发酵产气规律和特性进行研究。蔬菜废弃物由于含有较高的水分,在堆肥过程中易造成孔隙度的减少,单纯以蔬菜废弃物堆肥,其中养分含量不足以提供植物生长所需[8]。因此,本研究前期将蔬菜废弃物添加一定量的粉碎秸秆和牛粪,并接种微生物菌剂,在堆肥过程采用好氧发酵,制成蔬菜废弃物发酵产物,作为有机生态型栽培基质原料。目前,利用农林废弃物开发研制有机栽培基质的研究已有较多报道,结论也不尽相同[9-16]。生态、环保、廉价的基质筛选仍是栽培基质研究的主要方向。本研究采用温室盆栽试验方法,开展以蔬菜废弃物发酵物配制而成的有机生态型栽培基质对番茄生长发育及营养品质的影响研究,旨在为蔬菜废弃物微生物发酵物在生产上的推广应用提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　栽培基质预处理　蔬菜废弃物发酵后熟期满后,将充分腐熟并经过暴晒后的发酵产物过 10 mm 筛,混合均匀,作为蔬菜有机生态型栽培基质。

1.1.2　供试作物　供试作物为番茄。品种为冬悦,山东寿光南溴绿享农业有限公司。供试番茄苗由临沭县农业示范园提供,番茄苗龄 80 d。

1.2　试验设计

1.2.1　试验方法　试验共设 4 个处理(表 1),每个处理重复 3 次,试验盆为长 60 cm,宽 35 cm,高18 cm 的长方体栽培槽(春霖塑业),每盆移栽株高 10 cm 左右的番茄幼苗 4 株。

1.2.2　栽培基质配方设计　栽培基质配方处理及组合详见表 1。栽培基质各配方处理的基本理化性质和养分详见表 2。处理 B 和 C 的原料和配比是相同的,但由于添加了发酵菌剂,处理 C 的全氮和有机质含量略有增加。

表 1　试验处理(栽培基质配方设计)

序号	处理	栽培基质配方
T_1	A	蔬菜废弃物
T_2	B	蔬菜废弃物∶玉米秸秆∶牛粪=100∶4∶2
T_3	C	蔬菜废弃物∶玉米秸秆∶牛粪∶发酵菌剂=100∶4∶2∶0.25
T_4	CK	无土基质

表 2　栽培基质的基本理化性质和养分

处理	全 N/%	有机质/%	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})	pH 值	全盐量/%
A	0.22	4.11	348.00	132.72	2 930	8.04	0.17
B	0.37	7.57	390.00	175.02	4 760	8.06	0.18
C	0.38	8.29	377.00	143.77	4 250	8.12	0.19
CK	0.14	2.50	86.67	250.00	186.67	7.80	0.21

1.2.3　试验管理　番茄苗子于 2014 年 1 月 23 日移栽,在甘肃省农业科学院林果花卉研究所智能温室,苗龄 60 d。按盆栽试验的常规方法,浇水、除草等管理番茄幼苗。

1.3　栽培基质对番茄生长发育的影响测定

1.3.1　叶色　从定植期开始,测定对象对应于株高,在正常一致的光照条件下,采用目测法观察植株中部完整、生长正常的最大叶片正面的颜色。与标准色卡对比,按照最大相似原则确定叶片颜色,可分 3 个等次:1 浅绿色,2 绿色,3 深绿色。

1.3.2　株高和展幅　分别在移栽后 7,30,45 d 测量株高和展幅,以移栽后的番茄株高和展幅为基数,计算株高和展幅增长率,以株高和展幅的增长率作为衡量番茄生长势的一个指标。

1.4　栽培基质对番茄产量的影响测定

从始收期到末收期,按商品果标准采收,记录果

实个数并称重，统计每个处理收获的商品果实总数和总重量。

1.5 栽培基质对番茄营养品质的影响测定

在结果盛期，从每个试验小区随机选取达到商品成熟度的、有代表性、无污染的果实10个，测定干物质、可溶性糖、有机酸和V_c含量。

1.6 栽培基质对番茄有害残留的影响测定

测定不同栽培基质配方处理中番茄的亚硝酸盐及Cd，Pb，Cr等有害残留。

1.7 数据分析

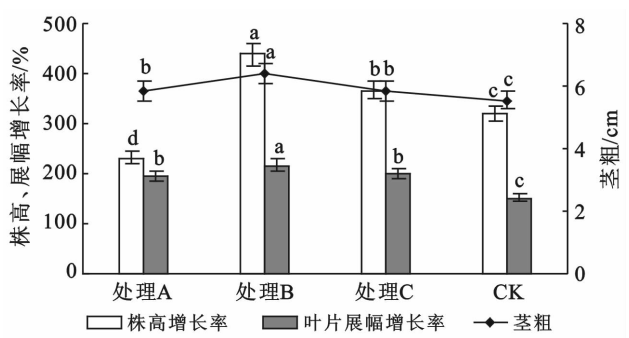
采用Excel 2007和DPS数据分析系统进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 栽培基质对番茄生长发育的影响

2.1.1 *叶色* 栽培基质配方各处理的番茄叶色分别为：C，B和A处理的番茄叶色在整个生育期一直为深绿色；而对照无土基质的番茄叶色从移栽30 d就从绿色变为浅绿色。说明处理C，处理B和处理A的基质配方养分基本能满足番茄生长发育的要求，而对照基质需要在开花结果期增施适量的肥料。

2.1.2 *株高、展幅、主茎粗* 以番茄移栽45 d后不同基质配方的株高增长率、展幅和主茎粗标志着各处理的生长势，此时由于番茄已进入始开花，与对照无土基质相比，此时的株高、展幅和主茎粗真正代表着各基质配方处理的生长势，在这一生长发育阶段，株高增长率、展幅增长率和主茎粗由大到小依次为：T_2（处理B）＞T_3（处理C）＞CK＞T_1（处理A）（图1）。



注：A处理为蔬菜废弃物发酵基质；B处理为蔬菜废弃物＋玉米秸秆＋牛粪混合发酵基质；C处理为蔬菜废弃物＋玉米秸秆＋牛粪＋微生物菌剂混合发酵基质；CK为无土栽培基质。相同小写字母表示差异不显著，不同小写字母表示差异显著。下同。

图1 蔬菜废弃物发酵基质对番茄生长发育的影响

2.2 栽培基质对番茄产量指标的影响

2.2.1 *番茄结果个数* 番茄结果个数由大到小依次为：T_3（处理C）＞T_2（处理B）＞T_1（处理A）＞CK，处理与对照之间的差异达到显著水平，其中处理C与对照之间的差异达到极显著水平（图1）。

2.2.2 *产量* 栽培基质各处理的产量与对照相比，产量增长前3位由大到小依次为：T_3（处理C）＞T_2（处理B）＞T_1（处理A）。处理C，处理B的产量分别比对照增长了97%和87.2%，处理与对照之间的差异达到显著水平，其中处理C与对照之间的差异达到极显著水平（图2）。

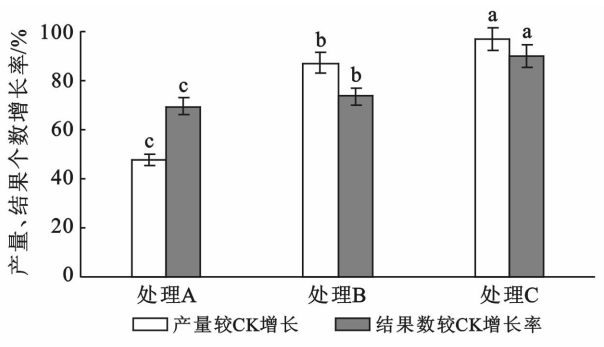


图2 蔬菜废弃物发酵基质对番茄产量的影响

2.3 栽培基质对番茄营养品质的影响

2.3.1 *干物质含量* 干物质含量可作为衡量品质和成熟度的标志，果实在成熟过程中干物质含量逐渐增加。各基质配方对番茄干物质的形成均有明显的促进作用，处理C所栽植的番茄果实的干物质含量比对照无土基质的增加了41.9%，处理与对照之间的差异达到显著水平，其中处理C与对照之间的差异达到极显著水平（表3）。

2.3.2 *可溶性固形物* 番茄的可溶性固形物含量（SSC）是指番茄汁液中溶质的质量百分比含量，据资料，番茄的可溶性固形物含量（SSC）每增加1%就相当于增加了25%的总产量。各基质配方对番茄可溶性固形物的形成均有明显的促进作用，处理C，处理B，处理A的可溶性固形物含量比对照分别增加了57.1%，42.9%和41.3%，处理与对照之间的差异达到显著水平，其中处理C与对照之间的差异达到极显著水平（表3）。

2.3.3 *有机酸* 番茄中的有机酸包括苹果酸（L-羟基丁二酸）和柠檬酸（2-羟基丙烷-1，2，3-三羧酸），有机酸和维生素C对蔬菜中的铁具有还原作用，能够促进人体对铁的吸收。各基质配方对番茄有机酸的形成均有明显的促进作用，处理C所栽植的番茄果实的有机酸含量比对照无土基质的增加了139.6%，处理与对照之间的差异达到显著水平，其中处理C与对照之间的差异达到极显著水平（表3）。

表 3　蔬菜废弃物栽培基质对番茄营养品质的影响

处理	可溶性糖/(g·kg^{-1})	有机酸/(g·kg^{-1})	可溶性固形物/(g·kg^{-1})	维生素 C/(mg·kg^{-1})	干物质/%
A	38.50	11.30	77.00	134.30	9.20
B	40.00	12.20	85.00	136.50	9.90
C	48.00	13.30	99.00	154.90	11.50
CK	35.10	5.55	63.00	130.50	8.10

2.3.4　可溶性糖　番茄果实中的可溶性糖主要是果糖和葡萄糖,可溶性糖含量的大小决定着番茄果实的风味,处理 C 所栽植的番茄果实的可溶性糖含量比对照无土基质的增加了 36.8%,处理与对照之间的差异达到显著水平,其中处理 C 与对照之间的差异达到极显著水平。

2.3.5　维生素 C　维生素 C 是番茄品质性状的重要指标。各基质配方的番茄维生素 C 含量前 3 位由大到小依次为:处理 C>处理 B>处理 A。处理 C 所栽植的番茄果实的维生素 C 含量比对照无土基质的增加了 18.7%,其中处理 C 与对照之间的差异达到极显著水平。

2.4　栽培基质对番茄有害残留的影响

参照《食品安全国家标准食品中污染物限量(GB2762-2012)》中有关有害残留限量指标,对试验栽培的番茄果实中的亚硝酸盐、铅、镉、铬进行分析评价。由表 4 可知,所有基质配方栽培的番茄果实中亚硝酸盐和铅均为未检出,与对照相比,基质栽培番茄的镉和铬含量高于对照,但未超出标准限量。

表 4　栽培基质对番茄有害残留的影响　mg/kg

处理	亚硝酸盐	铬 Cr	镉 Cd	铅 Pb
标准	20	0.500	0.050	0.10
A	未检出	0.026	0.011	未检出
B	未检出	0.024	0.009	未检出
C	未检出	0.023	0.009	未检出
CK	未检出	0.044	0.014	未检出

注:参照标准《食品安全国家标准食品中污染物限量(GB2762-2012)》。

3　结论

(1) 栽培基质各配方处理对番茄的生长发育均有一定的促进作用。对于栽培基质配方从番茄叶色、株高、展幅、结果数、产量等农艺性状和产量指标增长等方面评价,处理 C 的结果数和产量分别比对照增长了 89.8%和 97%。

(2) 栽培基质各配方处理对番茄的营养品质的形成具有明显的促进作用。与对照相比,栽培基质处理番茄的可溶性糖、有机酸、可溶性固形物、V_C、干物质显著增加,处理 C 所栽植的番茄果实的干物质、有机酸、可溶性糖、VC 比对照分别提高了 41.9%,139.6%,36.8%和 18.7%,特别是可溶性固形物的比对照无土基质的高 57.14%。据资料可知,可溶性固形物含量决定了鲜食番茄风味品质的好坏,番茄的可溶性固形物含量(SSC)每增加 1%就相当于总产量增加了 25%,培育高可溶性固形物含量的番茄是重要的育种和栽培目标之一[17]。这与牛晓丽等的研究结果一致,有机肥除能单独促进番茄可溶性固形物含量外,还能与其它肥料协同促进番茄可溶性固形物含量的增加[18]。由此可见,在对番茄营养品质的形成方面,筛选出的最佳栽培基质配方与对生长发育的促进作用是一致的,即为处理 C。

(3) 番茄果实中有害残留未超出标准限量指标。各基质配方处理的番茄果实中的亚硝酸盐、铅、镉和铬等符合国家标准限量指标要求。研制的蔬菜废弃物发酵基质的质量是安全的,在促进作物生长发育和提高营养品质的同时,还可以改善生态环境,这与有关研究相吻合,赵表明,合理施用堆肥能够有效地改善植物的生长条件和土壤的生态环境,从而提高植物对病害的抗性[19]。也有研究表明,在土壤中施用园地垃圾堆肥可极大地降低番茄根腐病发病率[20-21]。

(4) C 处理具有明显的增产和促进品质形成的作用,分析原因,处理 B 和 C 的配方原料和比例是相同的,仅添加了发酵菌剂,处理 C 的全氮和有机质含量略有增加,但引起增产和品质改善的最主要原因可能还是基质微生物的变化引起的,这部分内容将在后续研究中开展。

[参 考 文 献]

[1] 李剑,李玉奇,王涛,等.蔬菜废弃物、稻草与猪牛粪不同配比厌氧堆肥研究[J].上海交通大学学报:农业科学版,2011,29(1):54-57.

[2] 王洪涛,陆文静.农业固体废物处理处置与资源化技术[M].北京:中国环境科学出版社,2006.

[3] 朱利.中国蔬菜生产发展简况[J].蔬菜,2004(11):43-44.

[4] 王辉,晋小军,赵洁,等.蔬菜废弃物不同堆制方法对微

生物数量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2012(4):84-86.
[5] 焦秀梅,刘月敏,马华继. 温度对蔬菜废弃物厌氧发酵的影响[J]. 农业环境与发展,2013(3):82-85.
[6] 刘芳,邱凌,李自林,等. 蔬菜废弃物厌氧发酵产气特性研究[J]. 西北农业学报,2013,22(10):162-170.
[7] 李鸣雷,商鸿生,谷洁,等. 促进农业废弃物腐解的复合微生物菌剂的筛选[J]. 西北农业学报,2005,14(2):101-104.
[8] 张相锋,王洪涛,聂永丰,等. 高水分蔬菜废物和花卉、鸡舍废物联合堆肥的中试研究[J]. 环境科学,2003,24(2):147-151.
[8] 殷培杰,孙军德,石星群,等. 微生物菌剂在鸡粪有机肥料堆制发酵中的应用[J]. 微生物学杂志,2004,24(6):43-46.
[9] 李吉进,邹国元,孙钦平,等. 蔬菜废弃物沤制液体有机肥的理化性状和腐熟特性研究[J]. 中国农学通报 2012,28(13):264-270.
[10] 黄国锋,钟流举,张振钿,等. 有机固体废弃物堆肥的物质变化及腐熟度评价[J]. 应用生态学报,2003,14(5):813-818.
[11] 胡国平,曹靖,杨海兴,等. 无机氮与蔬菜废弃物耦合对土壤氮矿化的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(6):739-745.
[12] 王洪涛,陆文静. 农业固体废物处理处置与资源化技术[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
[13] 徐小军,管锡军. 农村固体废物污染控制原理与资源化技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2007.
[14] 李艳霞,王敏健,王菊思. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数及指标[J]. 环境科学,1999,20(2):98-100.
[15] 陈世和,张所明. 城市生活垃圾堆肥处理的微生物特性研究[J]. 上海环境科学,1989,8(8):17-20.
[16] 刘艳伟,吴景贵. 有机栽培基质的研究现状与展望[J]. 北方园艺,2011(10):172-176.
[17] 田赟,王海燕,孙向阳,等. 农林废弃物环保型基质再利用研究进展与展望[J]. 土壤通报,2011(2):497-501.
[18] 徐明磊. 番茄高可溶性固形物种质的创造及相关基因表达研究[D]. 重庆:西南大学,2006.
[19] 牛晓丽,周振江,李瑞,等. 根系分区交替灌溉条件下水肥供应对番茄可溶性固形物含量的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(5):893-901.
[20] 赵娜,林威鹏,蔡昆争,等. 农畜粪便堆肥对番茄青枯病、土壤酶活性及土壤微生物功能多样性的影响[J]. 生态学报,2010,30(19):5327-5337.
[21] Bending G D, Turner M K, Jones J E. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002,34(8):1073-1082.

(上接第109页)

[7] 张涛,何明珠,陈智平,等. 干旱矿区废弃地重金属生境土壤种子库时空动态[J]. 水土保持通报,2014,34(4):296-300,307.
[8] Erfanzadeh R, Hendrickx F, Maelfait J P, et al. The effect of successional stage and salinity on the vertical distribution of seeds in salt marsh soils [J]. Flora, 2010,205(7):442-448.
[9] 黄茂林,梁银丽,周茂娟,等. 陕北黄土丘陵沟壑区水土保持耕作及施肥下农田土壤种子库特征[J]. 生态学报,2009,29(7):3987-3994.
[10] 陈宇,焦菊英,王宁,等. 黄土丘陵区撂荒地不同侵蚀带土壤种子库特征[J]. 水土保持研究,2012,19(1):1-5.
[11] 白文娟,焦菊英,张振国. 黄土丘陵沟壑区退耕地土壤种子库与地上植被的关系[J]. 草业学报,2007,16(6):30-38.
[12] 张进虎,王翔宇,张亮霞,等. 天然沙冬青土壤种子库特征研究[J]. 中国农学通报,2013,29(22):78-82.
[13] 张涛,田长彦,孙羽,等. 古尔班通古特沙漠地区短命植物土壤种子库研究[J]. 干旱区地理,2006,29(5):675-681.
[14] 赵丽娅,李兆华,李锋瑞,等. 科尔沁沙地植被恢复演替进程中群落土壤种子库研究[J]. 生态学报,2005,25(12):3204-3211.
[15] 马全林,卢琦,魏林源,等. 干旱荒漠白刺灌丛植被演替过程土壤种子库变化特征[J]. 生态学报,2015,35(7):2285-2294.
[16] 李彦娇,包维楷,吴福忠. 岷江干旱河谷灌丛土壤种子库及其自然更新潜力评估[J]. 生态学报,2010,30(2):399-407.
[17] Csontos P. Seed banks: Ecological definitions and sampling considerations [J]. Community Ecology, 2007,8(1):75-85.
[18] 于顺利,蒋高明. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点[J]. 植物生态学报,2003,27(4):552-560.
[19] 袁宝妮,李登武,李景侠,等. 黄土丘陵沟壑区植被自然恢复过程中土壤种子库特征[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(6):215-222.
[20] 袁玉欣,王颖. 不同土地利用状况下土壤种子库与地表植被变化特征[J]. 中国造纸学报,2004(S):400-403.
[21] 赵凌平,程积民,王占彬. 持久种子库在黄土高原植被恢复中的作用[J]. 草业科学,2013,30(1):104-109.