

DOI:10.11937/bfyy.201619046

# 秸秆覆盖还田对黄瓜土壤碳氮比和微生物的影响

胡 云, 李 明, 李 登 明, 尹 春

(内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109)

**摘 要:**以“津春改良2号”黄瓜为试材,研究了秸秆覆盖及地膜覆盖处理对温室黄瓜结果期土壤有机碳、碳氮比和微生物的影响,以期探讨秸秆还田的效果和内在机制。结果表明:覆盖 $0.72\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 秸秆量和地膜处理最为理想,可显著提高黄瓜结果初期和后期土壤有机碳含量和碳氮比,能显著提高黄瓜结果初期土壤5种微生物数量和后期细菌数;土壤中细菌数与0~20 cm处有机碳含量、碳氮比呈显著正相关,土壤20~40 cm碳氮比与纤维分解菌数呈显著负相关,而与固氮菌数呈显著正相关。

**关键词:**秸秆覆盖;黄瓜土壤;碳氮比;微生物

**中图分类号:**S 626 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0180-04

设施土壤因连年种植、高水肥施用等,常造成土壤养分失衡、病害加重,致使土壤的生产力持续降低<sup>[1-2]</sup>。生产中常采用秸秆覆盖来改善土壤微生物生长环境,以增加微生物数量<sup>[3-4]</sup>、提高有机碳和养分含量,改善土壤质量,该方法已成为当前农业可持续发展的重要方向<sup>[5-6]</sup>。目前,国内外有关土壤秸秆覆盖的报道较多,但在设施条件下开展秸秆覆盖对土壤碳氮比、微生物及其关系方面的研究尚鲜见报道。现以“津春改良2号”黄

瓜为试材,研究了不同玉米秸秆量及覆膜处理对设施黄瓜土壤碳氮比和微生物变化的影响,以期为北方寒地旱区设施土壤环境改良提供技术上的支持和一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试作物为“津春改良2号”黄瓜;供试秸秆为粉碎3 cm左右的玉米秸秆;供试日光温室东西长50 m,南北跨度为7 m。

### 1.2 试验方法

试验于2012、2013年的3—7月在内蒙古农业大学科技园区进行。试验采用田间试验和室内定量测定相结合的方法。日光温室黄瓜幼苗于4月10日定植,单垄

**第一作者简介:**胡云(1980-),女,内蒙古人,硕士,讲师,现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail:752879978@qq.com。

**责任作者:**李明(1975-),男,内蒙古人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事设施蔬菜环境调控等研究工作。

**基金项目:**内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2015MS0366)。

**收稿日期:**2016-04-18

## Breeding of a New Tomato ‘Mufan No. 1’

YANG Hongli, WANG Zichong

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou, Henan 451450)

**Abstract:** ‘Mufan No. 1’ is a new tomato  $F_1$  Hybrid of early maturity developed by crossing OD10-8 as female parent and HJ-08 as male parent. The plant has strong growth vigor with high fruit setting ability. Its fruits are uniform in size. Its fruit is bright pink in color and of round shape without shoulder. It is tolerant to storage and transportation. It is high resistance to root-knot nematode, resistance to mosaic virus disease and leaf blight. The single fruit weight is about 155 g, the content of soluble solid substance is 4.78%, the vitamin C is  $231.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  and the sugar-acid ratio is 7.5. The yield per  $667\text{ m}^2$  was 3 214 kg in regional trials, and 4 646.6 kg in demonstration fields, increased by 8.7% and 12.4% compared to the control tomato ‘Dongnong 712’. It is suitable to be cultivated in open fields and protected in early spring in Henan Province, especially areas which occurring serious root-knot nematodes diseases.

**Keywords:** tomato; ‘Mufan No. 1’;  $F_1$  hybrid

双行,每公顷种植密度为 42 000 株,以地表不覆盖为对照(CK),设覆盖地膜(D)、覆盖  $0.72 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  秸秆量(J)、覆盖  $0.24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  秸秆量+地膜( $J_1$ )、覆盖  $0.72 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  秸秆量+地膜( $J_2$ )和覆盖  $1.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  秸秆量+地膜( $J_3$ ) 5 个处理,随机排列,统一滴灌。在结果初期和后期,分别测定根际土壤细菌、纤维分解菌(细菌)、固氮菌、放线菌、真菌数量以及 0~20、20~40 cm 处有机碳和全氮含量,每处理重复 3 次。

### 1.3 项目测定

全株干物质质量测定采用烘干称重法;单株结瓜数采用计数法测得;单果质量、单株产量和总产量用千分之一天平测定;用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基平板计数法测定细菌数;CMC-Na 琼脂培养基平板计数法测定纤维分解菌数;Ashby 无氮琼脂培养基平板计数法测定固氮菌数;高氏 1 号培养基平板计数法测定放线菌数;马丁氏培养基平板计数法测定真菌数;重铬酸钾外加热法测定土壤有机碳含量;半微量凯氏定氮法测定全氮含量;碳氮比由有机碳与全氮含量比值计算。

表 1 不同处理对土壤有机碳含量的影响

Table 1 Effect of different treatments on soil organic carbon

$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

处理	结果初期		结果后期	
	0~20 cm 土壤	20~40 cm 土壤	0~20 cm 土壤	20~40 cm 土壤
$J_3$	$23.80 \pm 1.31\text{aA}$	$10.74 \pm 1.26\text{bB}$	$19.99 \pm 0.44\text{bcAB}$	$15.04 \pm 2.01\text{aAB}$
$J_2$	$21.43 \pm 0.63\text{bB}$	$13.62 \pm 0.91\text{aA}$	$22.57 \pm 1.32\text{aA}$	$16.40 \pm 0.04\text{aA}$
$J_1$	$20.40 \pm 0.16\text{bcBC}$	$9.69 \pm 0.32\text{bcBC}$	$21.29 \pm 1.84\text{abAB}$	$16.41 \pm 1.68\text{aA}$
J	$19.44 \pm 0.86\text{Cbc}$	$8.44 \pm 0.61\text{cdBC}$	$21.30 \pm 1.96\text{abAB}$	$14.41 \pm 1.60\text{aAB}$
D	$18.80 \pm 0.86\text{cCD}$	$7.50 \pm 0.82\text{dC}$	$20.74 \pm 0.34\text{abcAB}$	$10.62 \pm 2.05\text{bB}$
CK	$16.61 \pm 1.10\text{dD}$	$8.11 \pm 1.27\text{cdBC}$	$18.68 \pm 0.53\text{cB}$	$14.20 \pm 0.51\text{aAB}$

注:表中同列数据后不同大、小写字母分别表示差异达极显著( $P < 0.01$ )和显著( $P < 0.05$ )水平。下同。

### 2.2 不同处理对黄瓜结果期土壤不同深度碳氮比的影响

由表 2 可知,结果初期土壤 0~20 cm 各处理碳氮比均高于对照,其中  $J_3$  和  $J_1$  与对照差异极显著,其它处理与对照差异显著,与对照相比, $J_3$ 、 $J_2$ 、 $J_1$ 、J 和 D 处理分别高出 25.49%、14.99%、17.08%、9.93%和 12.14%;结果初期土壤 20~40 cm 碳氮比除  $J_2$  处理极显著高于对照外,其它处理均与对照差异不显著, $J_2$  较对照高出 31.60%;结果后期土壤 0~20 cm 碳氮比  $J_2$  和  $J_1$  极显著

### 1.4 数据分析

所有数据均采用 Excel 2003 软件处理,用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析、差异显著性检验和相关性分析,所得结果均为 3 次重复平均值±标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对黄瓜结果后期土壤有机碳含量的影响

从表 1 可以看出,结果初期土壤 0~20 cm 有机碳含量各处理均高于对照,与对照相比, $J_3$ 、 $J_2$ 、 $J_1$ 、J 和 D 处理分别提高 43.29%、29.02%、22.82%、17.04%和 13.18%,其中  $J_3$ 、 $J_2$ 、 $J_1$  和 J 处理与对照差异极显著,D 处理与对照差异显著;结果初期土壤 20~40 cm 有机碳含量 D 处理低于对照,但差异不显著,而  $J_2$  极显著高于对照, $J_3$  显著高于对照, $J_2$  和  $J_3$  处理分别较对照提高 67.94%和 32.43%;结果后期土壤 0~20 cm 有机碳含量各处理均高于对照,其中  $J_2$ 、 $J_1$ 、J 处理与对照差异显著,与对照相比分别提高 20.82%、13.97%和 14.03%;结果后期土壤 20~40 cm 有机碳含量除 D 处理低于对照外,其它处理均高于对照,但差异不显著。

高于对照,其它处理均与对照差异不显著, $J_2$  和  $J_1$  分别较对照高出 30.47%和 22.84%;结果后期土壤 20~40 cm 碳氮比除 D 处理低于对照外,其它处理均高于对照,但差异不显著。

### 2.3 不同处理对黄瓜结果期土壤微生物生长的影响

从表 3、4 可知,对于土壤细菌,在结果初期和后期各处理均极显著高于对照;对于纤维分解菌,结果初期 D、 $J_2$  和  $J_3$  处理均极显著高于对照,J 处理与对照差异不显著,而  $J_1$  极显著低于对照,结果后期 J 和 D 处理极显著高于对照, $J_2$  和  $J_3$  处理与对照差异不显著, $J_1$  处理显著低于对照;对于固氮菌,结果初期 D 处理与对照差异不显著,而其它各处理均极显著高于对照,结果后期,J 处理显著高于对照,D 和  $J_2$  处理极显著低于对照, $J_1$  和  $J_3$  与对照差异不显著;对于放线菌,在结果初期 D 处理极显著高于对照,而其它处理均差异不显著,结果后期各处理均极显著低于对照;对于真菌,在结果初期 D 处理与对照差异不显著,其它处理均极显著高于对照,结果后期 J 处理极显著高于对照,而其它处理均极显著低于对照。

表 2 不同处理对土壤碳氮比的影响

Table 2 Effect of different treatments on C/N of soil

处理	结果初期		结果后期	
	0~20 cm 土壤	20~40 cm 土壤	0~20 cm 土壤	20~40 cm 土壤
$J_3$	$19.84 \pm 0.93\text{aA}$	$15.12 \pm 0.88\text{abAB}$	$18.35 \pm 0.80\text{bBC}$	$18.53 \pm 2.38\text{aA}$
$J_2$	$18.18 \pm 0.66\text{bABC}$	$17.24 \pm 0.66\text{aA}$	$21.71 \pm 1.10\text{aA}$	$19.17 \pm 1.11\text{aA}$
$J_1$	$18.51 \pm 0.73\text{abAB}$	$14.53 \pm 0.62\text{bABC}$	$20.44 \pm 1.06\text{aAB}$	$18.99 \pm 0.78\text{aA}$
J	$17.38 \pm 0.58\text{bBC}$	$13.74 \pm 0.98\text{bABC}$	$17.60 \pm 0.78\text{bBC}$	$17.66 \pm 2.85\text{abA}$
D	$17.73 \pm 0.45\text{bABC}$	$10.99 \pm 1.72\text{cC}$	$18.36 \pm 0.56\text{bBC}$	$14.37 \pm 0.16\text{bA}$
CK	$15.81 \pm 1.14\text{cC}$	$13.10 \pm 2.07\text{bcBC}$	$16.64 \pm 1.61\text{bC}$	$17.46 \pm 1.09\text{abA}$

表 3 不同处理对结果初期土壤微生物数量的影响

Table 3 Effect of different treatments on soil microbial population in early stage

处理	细菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	纤维分解菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	固氮菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	放线菌/( $\times 10^5 \cdot g^{-1}$ )	真菌/( $\times 10^3 \cdot g^{-1}$ )
J <sub>3</sub>	5.90 $\pm$ 0.06aA	3.82 $\pm$ 0.04cC	3.15 $\pm$ 0.15bAB	2.85 $\pm$ 0.17bAB	2.35 $\pm$ 0.26bB
J <sub>2</sub>	5.63 $\pm$ 0.34aA	4.14 $\pm$ 0.04bB	2.99 $\pm$ 0.03bB	2.55 $\pm$ 0.69bcAB	1.53 $\pm$ 0.23dD
J <sub>1</sub>	5.49 $\pm$ 0.34aA	1.86 $\pm$ 0.05eE	3.11 $\pm$ 0.05bAB	1.66 $\pm$ 0.36cB	3.82 $\pm$ 0.10aA
J	3.11 $\pm$ 0.07cC	3.36 $\pm$ 0.08dD	3.41 $\pm$ 0.33aA	1.93 $\pm$ 0.63bcB	2.05 $\pm$ 0.08cC
D	4.30 $\pm$ 0.21bB	4.75 $\pm$ 0.25aA	0.46 $\pm$ 0.07cC	3.97 $\pm$ 0.23aA	1.06 $\pm$ 0.09eE
CK	1.47 $\pm$ 0.41dD	3.45 $\pm$ 0.02dD	0.60 $\pm$ 0.12cC	1.92 $\pm$ 0.55bcB	0.94 $\pm$ 0.03eE

表 4 不同处理对结果后期土壤微生物数量的影响

Table 4 Effect of different treatments on soil microbial population in later stage

处理	细菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	纤维分解菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	固氮菌/( $\times 10^6 \cdot g^{-1}$ )	放线菌/( $\times 10^5 \cdot g^{-1}$ )	真菌/( $\times 10^3 \cdot g^{-1}$ )
J <sub>3</sub>	4.26 $\pm$ 0.12cB	1.74 $\pm$ 0.06bCD	3.66 $\pm$ 0.06bcBC	1.19 $\pm$ 0.07cCD	1.68 $\pm$ 0.08cC
J <sub>2</sub>	4.99 $\pm$ 0.21aA	1.92 $\pm$ 0.18bBC	3.34 $\pm$ 0.11cC	1.74 $\pm$ 0.17bB	1.35 $\pm$ 0.18dD
J <sub>1</sub>	4.41 $\pm$ 0.28bcAB	1.45 $\pm$ 0.16dD	3.67 $\pm$ 0.36bcBC	1.52 $\pm$ 0.13bBC	1.12 $\pm$ 0.04eD
J	4.76 $\pm$ 0.29abAB	2.37 $\pm$ 0.05aA	4.63 $\pm$ 0.24aA	0.35 $\pm$ 0.05dE	2.36 $\pm$ 0.15aA
D	3.29 $\pm$ 0.16dC	2.23 $\pm$ 0.06aAB	2.40 $\pm$ 0.38dD	1.02 $\pm$ 0.20cD	1.31 $\pm$ 0.07deD
CK	2.73 $\pm$ 0.09eD	1.73 $\pm$ 0.08bCD	4.06 $\pm$ 0.12bAB	3.25 $\pm$ 0.24aA	2.03 $\pm$ 0.09bB

## 2.4 不同处理对黄瓜产量等指标的影响

由表 5 可知,对于全株干物质质量,各处理均高于对照,J<sub>3</sub>、J<sub>2</sub> 处理与对照差异极显著,且分别比对照提高 26.40%和 21.91%;对于单株结瓜数,各处理均高于对照,J<sub>3</sub> 和 J<sub>2</sub> 处理与对照差异极显著且均比对照提高 30.89%;对于单果质量,各处理均与对照差异不显著;对

于单株产量,各处理均高于对照,J<sub>3</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>1</sub> 处理与对照呈差异极显著水平,分别比对照提高 40.20%、39.16%、22.52%;对于总产量,各处理均不同程度高于对照,J<sub>3</sub>、J<sub>2</sub> 处理与对照差异显著,分别比对照提高 15.35%和 14.77%。果实产量各指标 J<sub>2</sub> 和 J<sub>3</sub> 处理之间无显著差异。

表 5 不同处理对黄瓜全株干物质质量、单株结瓜数和产量的影响

Table 5 Effect of different treatments on whole plant dry mass, number of fruiting and yield

处理	全株干物质质量/g	单株结瓜数/个	单果质量/g	单株产量/g	总产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
J <sub>3</sub>	66.56 $\pm$ 5.98aA	14.83 $\pm$ 0.98aA	156.98 $\pm$ 5.99aA	2 117.20 $\pm$ 90.89aA	71 381 $\pm$ 1 711aA
J <sub>2</sub>	64.20 $\pm$ 3.90abAB	14.83 $\pm$ 1.17aA	156.45 $\pm$ 6.94aA	2 101.48 $\pm$ 134.31aA	71 022 $\pm$ 4 291aA
J <sub>1</sub>	59.49 $\pm$ 5.28bcABC	12.67 $\pm$ 1.03bB	156.70 $\pm$ 7.94aA	1 850.23 $\pm$ 58.07bB	68 240 $\pm$ 3 683abA
J	53.59 $\pm$ 4.08cdC	11.67 $\pm$ 1.37bcB	155.57 $\pm$ 8.93aA	1 512.50 $\pm$ 109.51cC	65 392 $\pm$ 5 302abA
D	57.03 $\pm$ 6.88cdBC	12.33 $\pm$ 1.03bcB	154.45 $\pm$ 10.40aA	1 620.73 $\pm$ 82.17cBC	67 310 $\pm$ 6 470abA
CK	52.66 $\pm$ 6.00dC	11.33 $\pm$ 0.82cB	155.25 $\pm$ 10.60aA	1 510.15 $\pm$ 125.41cC	61 884 $\pm$ 4 454bA

## 2.5 土壤微生物数量与有机碳含量、碳氮比之间相关性的分析

由表 6 可以看出,土壤有机碳含量与细菌数呈极显著正相关,土壤 0~20 cm 碳氮比与细菌数呈显著正相关,土壤 20~40 cm 碳氮比与纤维分解菌数呈显著负相关,而与固氮菌数呈显著正相关。

表 6 土壤微生物数量和有机碳含量、碳氮比之间相关性分析

Table 6 Correlation analysis between the number of soil microbial biomass, organic carbon content and carbon nitrogen ratio

相关指标	细菌	纤维分解菌	固氮菌	放线菌	真菌
有机碳	0.835**	-0.114	0.521	-0.184	0.251
0~20 cm 土壤碳氮比	0.658*	-0.295	0.310	-0.144	-0.011
20~40 cm 土壤碳氮比	0.310	-0.676*	0.778*	-0.434	0.007

注:\*\*表示在 0.01 水平上显著相关;\*表示在 0.05 水平上显著相关。

## 3 讨论与结论

农田土壤有机碳含量及其分布是衡量土壤质量的重要指标<sup>[7]</sup>,碳氮比是衡量土壤 C、N 养分平衡状况的指

标,对土壤碳、氮循环有重要影响<sup>[8]</sup>。微生物能参与土壤养分转化和循环等生化过程并且是其中的重要动力<sup>[9-10]</sup>。因此,土壤有机碳含量、碳氮比和微生物的变化可推测土壤营养变化情况和三者间的关联程度和主导因子。

李龙等<sup>[11]</sup>研究认为,土壤有机碳含量随土层深度增加而降低,秸秆还田可提高土壤有机碳含量;刘继明等<sup>[12]</sup>研究表明,秸秆还田可增加土壤有机碳和全氮含量,并增加碳氮比,改善肥力;张雪艳等<sup>[13]</sup>研究表明,填埋秸秆和施用菌剂可有效提高设施番茄土壤碳氮比,增加有机碳,改善养分状况。该试验表明,黄瓜结果期不同秸秆量覆盖均显著提高 0~20 cm 土壤表层的有机碳含量和碳氮比,这与前人的试验结果一致。但在试验中也发现,对于 20~40 cm 土壤,结果前期有机碳含量和碳氮比仅 J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub> 显著高于对照,结果后期 J<sub>3</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>1</sub> 和 J 处理均与对照差异不显著,这说明秸秆覆盖超过一定的量并覆膜才可以影响黄瓜结果初期土壤 20~40 cm 的有机碳

含量和碳氮比。许多试验表明,秸秆覆盖还田可明显促进地表处氨化细菌、放线菌和真菌的数量<sup>[3-4,14]</sup>,该试验中不同处理在结果初期也不同量地提高了细菌、放线菌、固氮菌、纤维分解菌和真菌数量,与前人研究结果一致,但结果后期各处理在提高细菌数和纤维分解菌数的同时却降低了其它微生物种类的数量。在试验中,各处理形成的土壤含水量和温度、秸秆还田速度、根际微环境变化等情况存在差异<sup>[15]</sup>,导致土壤有机碳含量、碳氮比和微生物数量也存在不同差异。

相关性分析表明,土壤中细菌数与有机碳含量和碳氮比关系密切,适当的秸秆覆盖量和地膜覆盖通过增加土壤细菌数而调控有机碳和碳氮比,增加土壤肥力;在秸秆覆盖处理过程中,土壤固氮菌和纤维分解菌对于20~40 cm处碳氮比调控作用较为显著,固氮菌数的增多可能会消耗土壤更多的氮元素而促使20~40 cm处碳氮比增加,而纤维分解菌的增多则可能由于促进20~40 cm中有机碳量的分解而促使碳氮比减少。

在温室黄瓜结果前后期,不同秸秆量覆盖均能显著提高0~20 cm土壤表层的有机碳含量、碳氮比和细菌数。秸秆覆盖还田均显著提高结果初期5种微生物和结果后期细菌的数量。秸秆覆盖处理中土壤细菌数与有机碳含量、碳氮比关系显著正相关,土壤20~40 cm碳氮比与纤维分解菌数呈显著负相关而与固氮菌数呈显著正相关。

综合比较,0.72 kg·m<sup>-2</sup>秸秆量覆盖并覆膜的处理较为理想,与对照相比,在结果初期,可提高土壤0~20 cm处有机碳含量29.02%、碳氮比14.99%、20~40 cm处有机碳含量67.94%、碳氮比31.60%,提高土壤细菌数282.99%、纤维分解菌20.00%、固氮菌398.33%、放线菌32.81%及真菌数62.77%,在结果后期,提高土壤0~20 cm处有机碳含量20.82%及碳氮比30.47%,提高细菌数82.78%。

## Effect of Straw Coverage on C/N and Microorganisms of Cucumber Soil

HU Yun, LI Ming, LI Dengming, YIN Chun

(Vocational Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109)

**Abstract:** Cucumber was used as material, the effect of different cover of plastic film and straw on soil organic carbon, C/N and microorganisms in greenhouse were studied, to explore the best treatment and internal mechanism. The results showed that treatment of 0.72 kg·m<sup>-2</sup> straw with plastic film mulching was ideal, which significantly improved soil organic carbon content and C/N in the early and late stage, and improved the number of five kinds of microorganisms of early and late stage and bacteria of early stage. The number of soil bacteria was significantly positive correlated with the organic carbon content and C/N of 0—20 cm, and the C/N of 20—40 cm was negatively correlated with the number of fiber decomposing bacteria but positive correlated with that of nitrogen fixing bacteria.

**Keywords:** straw coverage; soil of cucumber; C/N; microorganisms

## 参考文献

- [1] 耿士均, 刘刊, 商海燕, 等. 园艺作物连作障碍的研究进展[J]. 北方园艺, 2012(7): 190-195.
- [2] 范庆峰, 张玉龙, 陈重. 保护地蔬菜栽培对土壤盐分积累及 pH 的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 103-106.
- [3] ABBONA E A, SARANDON S J, MARASAS M E, et al. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 119: 335-345.
- [4] MONTEIRO A, LOPES C M. Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 121: 336-342.
- [5] 李传章, 黄景, 高利娟, 等. 不同有机物料对土壤碳氮含量及紫甘蓝产量的影响[J]. 北方园艺, 2012(8): 4-8.
- [6] 刘迎新, 王凯荣, 谢小立, 等. 稻草覆盖对亚热带红壤旱坡地玉米早期生长的生理调节作用及其产量效应[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(4): 18-23, 56.
- [7] 李龙, 姚云峰, 秦富仓. 内蒙古赤峰梯田土壤有机碳含量分布特征及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11): 2930-2935.
- [8] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003(9): 103-109.
- [9] 李俊, 姜昕, 李力, 等. 微生物肥料的发展与土壤生物肥力的维持[J]. 中国土壤与肥料, 2006(4): 1-5.
- [10] 张逸飞, 钟文辉, 李忠佩, 等. 长期不同施肥处理对红壤水稻土酶活性及微生物群落功能多样性的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(4): 39-44.
- [11] 李龙, 姚云峰, 秦富仓. 内蒙古赤峰梯田土壤有机碳含量分布特征及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11): 2930-2935.
- [12] 刘继明, 卢萍, 徐演鹏, 等. 秸秆还田对吉林黑土区土壤有机碳、氮的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(3): 96-99.
- [13] 张雪艳, 田蕾, 王冠, 等. 秸秆反应堆与生物菌剂对番茄土壤碳氮比与酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2015(4): 165-169.
- [14] 张桂玲. 秸秆和生草覆盖对桃园土壤养分含量、微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 植物生态学报, 2011, 35(12): 1236-1244.
- [15] 李明, 崔世茂, 王怀栋. 不同地表覆盖对温室黄瓜根际土壤微生物和养分变化的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(1): 173-177.