

## 伴生植物对大棚黄瓜生长及产量的影响

高荣广, 付鑫\* (山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

**摘要** 以“津绿30号”黄瓜为试材, 研究绿豆、苜蓿、萝卜、芥菜、茴香、茼蒿、蒜苗等植物伴生对土壤养分和微生物数量以及黄瓜生长和产量的影响。结果表明, 萝卜、芥菜与黄瓜伴生可增加土壤中的碱解氮和速效钾含量, 改善微生物群落; 黄瓜植株的根系活力明显增强; 黄瓜单株结果数增多, 产量明显高于对照。由此可知, 萝卜、芥菜与黄瓜伴生能够平衡土壤养分, 改善土壤生态环境, 显著提高黄瓜产量, 可作为大棚黄瓜的伴生植物。

**关键词** 黄瓜; 伴生植物; 生长; 产量

中图分类号 S642.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)01-0042-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.01.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Accompanying Plants on the Growth and Yield of Cucumber in Plastic Greenhouse

GAO Rong-guang, FU Xin (College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018)

**Abstract** Taking 'jinlù 30' as material, this experiment was conducted to study the effects of alfalfa, mung bean, radish, mustard, fennel, crown daisy and garlic bolt on soil nutrients and microbial number, as well as cucumber growth and yield. The result showed that radish and mustard increased the content of available nitrogen and phosphorus in soil and improved the microbial community. Compared with the control, the accompanying plants could improve the root activity of cucumber plants, increase fruits per plant and yield obviously. These data indicated that using radish and mustard as the accompanying plants for cucumber could balance soil nutrient, improve the soil environment, and as a consequence of enhanced the yield of cucumber effectively. Therefore, radish and mustard could be used as the companion plants for cucumber in plastic greenhouse.

**Key words** Cucumber; Accompanying plants; Growth; Yield

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是大棚内主栽蔬菜之一, 由于多年连作重茬, 导致其土传病害逐年加重。与露地栽培环境相比, 大棚内环境相对封闭, 土地利用率高, 但种植作物单一, 从而导致大棚内土壤中的养分失衡, 微生物的种类和数量发生变化, 最终导致土壤结构发生变化, 严重影响黄瓜的生长及产量<sup>[1-4]</sup>。因此如何缓解连作障碍是目前大棚黄瓜生产中亟待解决的关键问题。

目前, 国内外学者关于蔬菜的不同栽培模式研究较多。除蔬菜作物单生栽培外, 还可与其他作物进行间作、套作和伴生栽培。与单生栽培相比, 间作、套作和伴生栽培能够平衡土壤养分, 促进植物对养分的吸收, 改善土壤微生物环境<sup>[5]</sup>, 产量大幅提高, 保证了主栽蔬菜的连续生产<sup>[6-10]</sup>。与间作、套作相比, 伴生栽培是以不影响主栽作物为准则, 不以采收产品为目的栽培模式, 能够改善土壤结构, 有利于主栽作物产量的增加<sup>[11]</sup>。

不同种间植物伴生是否会形成有利的互作主要取决于二者之间的竞争和促进效应的综合结果<sup>[12-13]</sup>。研究表明, 科学合理伴生栽培可以提高作物对土壤中矿质养分的吸收<sup>[14]</sup>和降低土传病害, 有益于主栽作物的生长发育<sup>[7, 15-16]</sup>。分蘖洋葱-番茄伴生栽培能够促进番茄生长但抑制分蘖洋葱生长, 根系活力显著升高<sup>[17]</sup>。禾本科作物伴生番茄可以提高根区土壤酶活性, 改善微生物结构, 降低根结线虫的发生<sup>[18]</sup>。大麦和芥菜伴生栽培辣椒均可改善根际土壤环境,

提高土壤微生物数量<sup>[19]</sup>。高春琦等<sup>[20]</sup>研究发现, 小麦伴生, 黄瓜的长势明显增强, 单株产量增加 6.41%<sup>[21]</sup>。夏秀波等<sup>[22]</sup>研究表明, 大葱伴生可显著增强番茄植株的光合能力, 生长量明显增加。大葱、大蒜伴生黄瓜能够提高土壤养分, 增强土壤酶活性, 黄瓜植株的茎粗、节数、叶面积等显著增加, 生长势增强<sup>[23]</sup>。笔者以绿豆、苜蓿、萝卜、芥菜、茴香、茼蒿、蒜苗作为伴生植物, 播种于黄瓜行间, 研究不同伴生植物对黄瓜根系环境、生长及产量的影响, 并在此基础上筛选出适宜的设施黄瓜伴生植物, 为改善设施土壤环境、减轻连作障碍、实现设施黄瓜优质高效生产提供技术指导。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 试验于 2020 年在山东农业大学园艺实验站大拱棚内进行, 该棚内连续黄瓜种植 8 年。供试材料为‘津绿 30 号’黄瓜, 伴生植物分别为 T<sub>1</sub> 绿豆、T<sub>2</sub> 苜蓿、T<sub>3</sub> 萝卜、T<sub>4</sub> 芥菜、T<sub>5</sub> 茴香、T<sub>6</sub> 茼蒿、T<sub>7</sub> 蒜苗, 以黄瓜单作栽培为对照(CK)。供试土壤碱解氮 144.1 mg/kg, 速效磷 210.0 mg/kg, 速效钾 274.8 mg/kg, 有机质 25.2 g/kg, pH 7.1, EC 0.37 mS/cm。

**1.2 试验方法** 2020 年 8 月 23 日采用大小行定植, 大行距 70 cm、小行距 50 cm、株距 30 cm。定植后 7 d, 在垄间条播伴生植物, 常规管理。11 月 5 日拉秧。分别于 10 月 15 日(结果盛期)和拉秧后取样测定。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 生长量与产量。** 拉秧前(11 月 1 日)用直尺测定植株生长量, 按照龚建华等<sup>[24]</sup>的方法计算叶面积。9 月 20 日开始采收, 称重法测定单果重, 11 月 5 日拉秧, 按小区计产, 统计产量。

**基金项目** 山东省重大科技创新项目(2019JZZY010715)。

**作者简介** 高荣广(1966—), 男, 山东泰安人, 农艺师, 从事园艺实验站管理及蔬菜栽培研究。\* 通信作者, 博士研究生, 研究方向: 蔬菜栽培生理。

**收稿日期** 2022-01-14

**1.3.2 土壤电导率和 pH。**用取土器取 0~20 cm 土层中的土,自然风干后粉碎过筛,按土:水=1:5 测定土壤电导率和 pH<sup>[25]</sup>。

**1.3.3 土壤微生物的分离和培养。**结果盛期和拉秧后,取 0~20 cm 土层黄瓜和伴生植物之间的根区土,一部分自然风干用于土壤养分的测定,其余部分-20℃ 贮藏,用于测定土壤微生物数量。

采用平板稀释法进行微生物的分离和培养<sup>[26]</sup>。首先将土壤溶液进行梯度稀释,细菌用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌用改良高氏 1 号培养基,真菌用马丁氏培养基,分别筛选出不同微生物的合适浓度,之后按照菌落形成单位进行统计,重复 3 次,取平均值。

**1.3.4 土壤养分。**土样自然风干后过 20 目筛,用重铬酸钾容量法测定土壤有机质含量,碱解扩散法测定碱解氮含量,碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定有效磷含量,火焰分光光度法测定速效钾含量<sup>[27]</sup>。

**1.3.5 根系活力与吸收面积。**在结果盛期取黄瓜完整根系,用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定根系活力<sup>[28]</sup>,甲烯蓝法测定根系吸收面积和活跃吸收面积<sup>[29]</sup>。

**1.4 数据处理** 利用 Microsoft excel 软件进行数据的整理与作图,用 DPS 软件进行单因素方差分析,Duncan 检验法对显著性差异( $P<0.05$ )进行多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 伴生植物对大棚黄瓜根区土壤养分的影响** 从表 1 可以看出,与 CK 相比, $T_1$  和  $T_4$  处理的根区土壤有机质含量与 CK 差异不显著,其他植物伴生黄瓜的土壤有机质含量均有不同程度的降低。碱解氮含量以  $T_1$  处理最高, $T_3$ 、 $T_4$  和  $T_7$  处理其次, $T_2$ 、 $T_5$ 、 $T_6$  略低,但均显著高于 CK。各处理相比, $T_7$  处理的速效磷含量最高,且显著高于 CK, $T_5$  其次,但与 CK 差异不显著, $T_1$ ~ $T_4$  和  $T_6$  处理的速效磷含量显著低于 CK。 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 、 $T_6$  和  $T_7$  处理的土壤速效钾含量依次降低,但

均显著高于 CK, $T_1$  和  $T_2$  处理显著低于 CK。可见,苜蓿、蒜苗、萝卜和芥菜作为大棚黄瓜的伴生植物可显著提高土壤速效氮、速效磷、速效钾含量,为黄瓜的生长和产量提供了营养基础。

表 1 伴生植物对大棚黄瓜根区土壤养分含量的影响

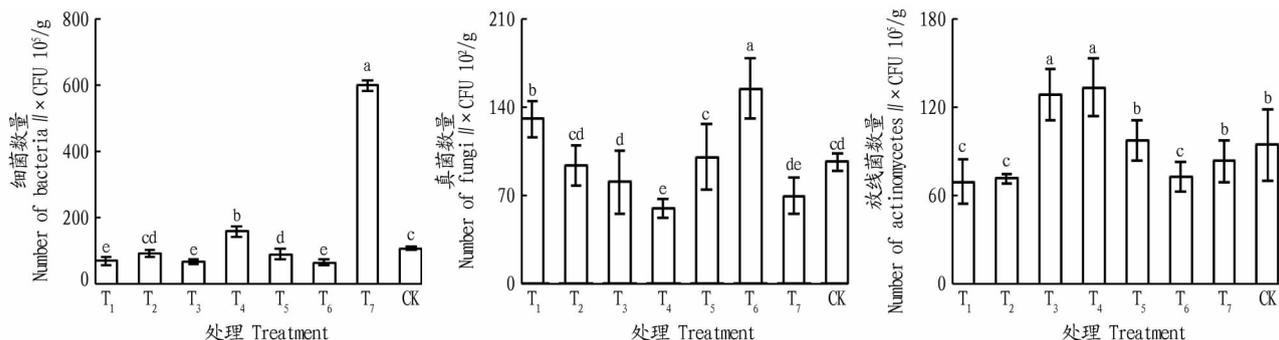
Table 1 Effects of accompanying plants on soil nutrient content of cucumber root zone in greenhouse

处理 Treatment	有机质 Organic matter g/kg	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen mg/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
$T_1$	26.2±1.3 ab	168.4±1.5 a	28.1±4.3 f	125.8±0.0 g
$T_2$	25.1±1.2 b	109.6±5.4 c	50.4±8.1 e	105.4±0.0 h
$T_3$	24.7±1.5 bc	135.5±2.5 b	116.9±5.1 cd	258.2±0.0 a
$T_4$	26.1±0.7 ab	124.3±21.3 b	128.6±5.7 c	232.7±0.0 b
$T_5$	25.5±0.3 b	106.8±10.4 c	163.1±16.3 b	225.1±3.6 c
$T_6$	23.4±0.1 d	111.3±5.9 c	106.3±8.7 d	181.8±0.0 d
$T_7$	24.0±0.0 c	126.0±8.9 b	209.5±3.5 a	156.3±0.0 e
CK	27.2±1.3 a	93.1±4.0 d	155.2±7.9 b	148.7±3.6 f

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ( $P<0.05$ ).

**2.2 伴生植物对大棚黄瓜根区土壤微生物的影响** 土壤微生物是反映土壤质量的重要指标,多数情况下,土壤微生物数量和多样性与植物抗土传病害的能力呈正相关<sup>[30]</sup>。黄瓜结果盛期测定, $T_7$  处理的细菌数量最高, $T_4$  其次,且显著高于 CK, $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_6$  处理的细菌数量较低,显著低于 CK, $T_2$  处理与 CK 差异不显著(图 1)。真菌数量以  $T_6$  和  $T_1$  处理较高,显著高于 CK; $T_4$  处理最低,且显著低于 CK,其他各处理与 CK 差异不显著。 $T_3$  和  $T_4$  处理的放线菌数量较多,且显著高于 CK, $T_1$ 、 $T_2$  和  $T_6$  较低,显著低于 CK, $T_5$ 、 $T_7$  处理与 CK 差异不显著。说明萝卜和芥菜作为伴生植物能够优化黄瓜根区土壤微生物群落,土壤质量有所改善。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )。

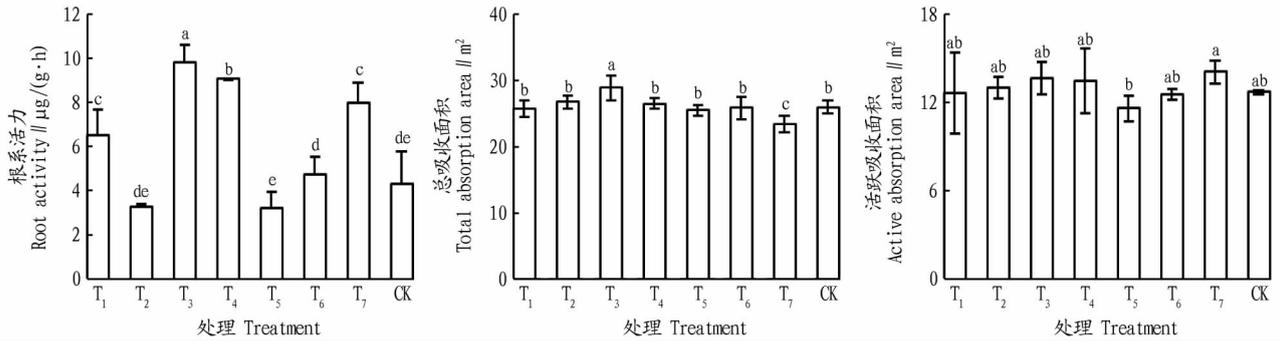
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ( $P<0.05$ ).

图 1 伴生植物对大棚黄瓜根区土壤微生物数量的影响

Fig. 1 Effect of accompanying plants on the number of soil microorganisms in the root zone of cucumber in greenhouse

**2.3 伴生植物对大棚黄瓜根系活力与吸收面积的影响** 由图 2 可知, $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_7$  处理的根系活力分别比 CK 高 51.3%、128.7%、110.9%和 77.4%, $T_2$ 、 $T_5$  和  $T_6$  处理与 CK 差异不显著,说明绿豆、萝卜、芥菜、蒜苗作为伴生植物能够

显著提高设施黄瓜的根系活力。根系总吸收面积以  $T_3$  最高,比 CK 高 11.02%, $T_7$  最低,比 CK 低 9.95%,其他处理与 CK 差异不显著;各处理的活跃吸收面积与 CK 相比差异不显著。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

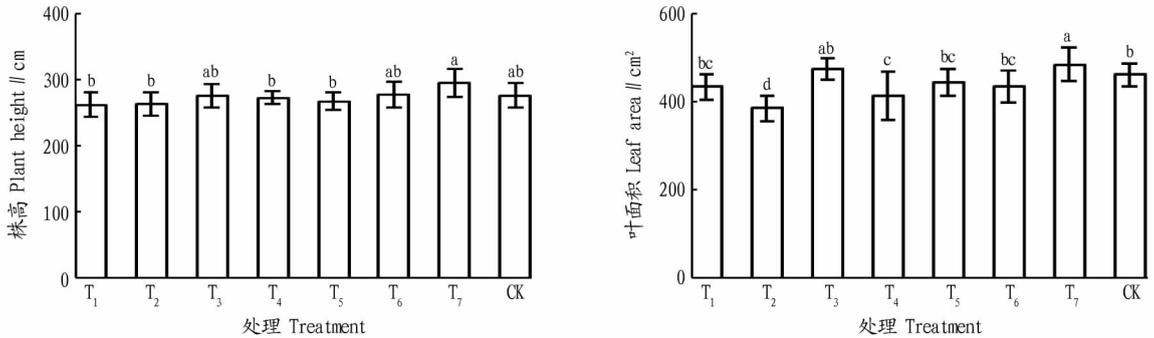
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ( $P < 0.05$ ).

图2 伴生植物对大棚黄瓜根系活力和吸收面积的影响

Fig. 2 Effect of accompanying plants on root activity and absorption area of cucumber in greenhouse

**2.4 伴生植物对大棚黄瓜生长与产量的影响** 在黄瓜结果盛期测定,各处理黄瓜的株高差异不大,但叶面积 T<sub>7</sub> 最大, T<sub>2</sub> 和 T<sub>4</sub> 较小,且显著低于 CK,其他处理与 CK 差异不显著(图3)。由表2可知, T<sub>4</sub> 处理的黄瓜单株结瓜数最多, T<sub>3</sub> 其次, T<sub>1</sub> 最低。单果质量以 T<sub>4</sub>、T<sub>6</sub> 和 T<sub>7</sub> 较高,且显著高于 CK;

T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 较低,且显著低于 CK,其他处理与 CK 差异不显著。T<sub>4</sub>、T<sub>6</sub> 和 T<sub>3</sub> 处理产量分别较 CK 增产 17.5%、7.1% 和 4.5%, T<sub>5</sub> 处理与 CK 差异不显著,其他处理产量均显著低于 CK,其中以 T<sub>1</sub> 处理的产量最低。表明芥菜、萝卜和茼蒿作为伴生植物能显著提高大棚黄瓜的产量。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ( $P < 0.05$ ).

图3 伴生植物对大棚黄瓜生长的影响

Fig. 3 Effect of accompanying plants on cucumber growth in greenhouse

表2 伴生植物对大棚黄瓜产量的影响

Table 2 Effect of accompanying plants on cucumber yield in greenhouse

处理 Treatment	单株结瓜数 Number of melons per plant	单果质量 Weight of single fruit g	产量 Yield $\text{kg}/\text{hm}^2$
T <sub>1</sub>	4.4±0.1 g	169.8±8.2 c	43 901.0±517.2 f
T <sub>2</sub>	5.1±0.1 f	169.2±10.4 c	50 710.6±710.6 e
T <sub>3</sub>	6.8±0.1 b	176.5±9.7 b	66 587.7±1 287.9 b
T <sub>4</sub>	7.0±0.2 a	193.7±10.4 a	74 875.6±860.6 a
T <sub>5</sub>	6.1±0.2 d	184.7±11.9 b	62 188.9±823.1 c
T <sub>6</sub>	6.4±0.1 c	192.2±9.8 a	68 223.4±2 042.0 b
T <sub>7</sub>	5.5±0.1 e	194.0±9.2 a	59 236.9±917.5 d
CK	6.3±0.2 c	182.4±10.3 b	63 721.1±1 320.8 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ( $P < 0.05$ ).

### 3 结论与讨论

大棚蔬菜连年种植,对土壤中的养分吸收单一,从而导

致元素失衡,有机质含量贫瘠<sup>[31]</sup>。研究发现,当黄瓜与大葱进行轮作时,土壤中的有机质和有效磷含量均明显增加<sup>[32]</sup>。伴生蒜、小麦和箭舌豌豆处理能够显著提高土壤碱解氮和有效磷含量,改善黄瓜土壤耕层环境<sup>[33]</sup>。该试验土壤养分分析表明,与黄瓜单作相比,伴生栽培后土壤有机质含量无显著变化,而苜蓿、蒜苗、萝卜和芥菜伴生栽培黄瓜可分别显著提高土壤速效氮、速效磷、速效钾含量,改善土壤养分平衡,保持较好的土壤肥力。

土壤微生物与土壤质量息息相关<sup>[34]</sup>,不同微生物可反映不同的土壤状况。土壤中的真菌主要为侵染植物的病原菌,而细菌、放线菌数量越多越能抑制有害微生物的产生,大麦、小麦伴生番茄能够显著提高细菌和放线菌数量,显著降低真菌数量<sup>[18]</sup>。采用不同的分蘖洋葱与黄瓜套作,可不同程度地改善土壤中微生物的变化,洋葱的化感潜力越强,改善效果越好<sup>[35]</sup>。该试验结果表明,芥菜、蒜苗伴生黄瓜能显著提高细菌数量,萝卜、芥菜能显著提高放线菌数量,降低真菌数量。这说明植物伴生可改善根区土壤的微生物数量,但

不同作物的效应机制不同,其中蒜苗、萝卜和芥菜伴生黄瓜对土壤微生物的改善效果最好。

根系的生长情况和活力水平直接影响地上部的生长和营养状况及产量水平<sup>[36]</sup>,根系活力越强,吸收的水分和养分越多,相对应的产量也会越高。研究表明,大葱伴生甜瓜能显著提高根系活力和总根表面,促进养分和水分的吸收,增加产量<sup>[36]</sup>。小麦伴生黄瓜可以增加黄瓜的单株产量,总产量明显高于黄瓜单生栽培<sup>[21,37]</sup>。该试验结果表明,萝卜、芥菜、蒜苗和绿豆伴生下的根系活力明显高于单作,且萝卜伴生下的根系总吸收面积显著大于黄瓜单作。此外,蒜苗伴生栽培黄瓜的长势明显优于黄瓜单作,但产量显著低于黄瓜单作,萝卜、芥菜和茼蒿伴生下的黄瓜单株结果数增加,总产量显著高于黄瓜单作。

萝卜、芥菜能够平衡土壤养分,改善土壤生态环境,提高根系活力,增加大棚黄瓜产量,可初步确定为大棚黄瓜的伴生植物。

### 参考文献

- [1] 吴凤芝,刘德,王东凯,等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜,1998(4):5-8.
- [2] 马云华,魏珉,王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报,2004,15(6):1005-1008.
- [3] 吕卫光,余廷园,诸海涛,等. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(2):119-121.
- [4] 贺丽娜,梁银丽,高静,等. 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(5):155-159.
- [5] 苏世鸣,任丽轩,霍振华,等. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(3):704-712.
- [6] INAL A, GUNES A, ZHANG F, et al. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots [J]. Plant physiology and biochemistry, 2007, 45(5):350-356.
- [7] JOHNSON M W, MAU R. Effects of intercropping beans and onions on populations of *Liriomyza* spp. and associated parasitic Hymenoptera [J]. Hawaiian entomological society, 1986, 27(15):95-103.
- [8] SUJATHA S, BHAT R, KANNAN C, et al. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India [J]. Industrial crops & products, 2011, 33(1):78-83.
- [9] ZHANG F S, LI L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency [J]. Plant and soil, 2003, 248(1/2):305-312.
- [10] ZHOU X G, YU G B, WU F Z. Effects of intercropping cucumber with onion or garlic on soil enzyme activities, microbial communities and cucumber yield [J]. European journal of soil biology, 2011, 47(5):279-287.
- [11] 赵艳凤,付文丽,魏金鹏,等. 小麦伴生对黄瓜主要病害发生及产量的影响[J]. 安徽农学通报,2014,20(18):58-60.
- [12] 刘永秀,左元梅,张福锁,等. 玉米-花生混作对改善花生铁营养及固氮的影响[J]. 土壤通报,1999,30(2):55-56.
- [13] 李隆,李晓林,张福锁. 小麦-大豆间作中小麦对大豆磷吸收的促进作用[J]. 生态学报,2000,20(4):629-633.
- [14] ZHOU W J, ZHANG Y Z, WANG K R, et al. Plant phosphorus uptake in a soybean-citrus intercropping system in the red soil hilly region of South China [J]. Pedosphere, 2009, 19(2):244-250.
- [15] CHEN Y X, ZHANG F S, TANG L, et al. Wheat powdery mildew and foliar N concentrations as influenced by N fertilization and belowground interactions with intercropped faba bean [J]. Plant and soil, 2007, 291(1/2):1-13.
- [16] 肖靖秀,周桂凤,汤利,等. 小麦/蚕豆间作条件下小麦的氮、钾营养对小麦白粉病的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):517-522.
- [17] 吴瑕,吴凤芝,周新刚. 分蘖洋葱伴生对番茄矿物质吸收及灰霉病发生的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(3):734-742.
- [18] 杨瑞娟,王腾飞,周希,等. 禾本科作物伴生对番茄根区土壤酶活性、微生物及根结线虫的影响[J]. 中国蔬菜,2017(3):38-42.
- [19] 张福建,陈昱,杨有新,等. 伴生大麦和芥菜对连作辣椒叶片保护酶活性及根际土壤环境的影响[J]. 中国蔬菜,2018(2):42-46.
- [20] 高春琦,吴凤芝. 伴生小麦对黄瓜生长及生理指标的影响[J]. 中国蔬菜,2014(10):24-28.
- [21] 韩哲. 伴生小麦提高黄瓜霜霉病抗性的生理生化机制[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [22] 夏秀波,李涛,姚建刚,等. 大葱伴生栽培对日光温室连作番茄生长、产量和光合特性的影响[J]. 长江蔬菜,2015(2):43-46.
- [23] 赵晓翠. 伴生栽培对黄瓜根区土壤环境的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2016.
- [24] 龚建华,文斌,李青峰,等. CO<sub>2</sub> 颗粒气肥对黄瓜、茄子生长发育及产量的影响[J]. 长江蔬菜,2000(12):39-40.
- [25] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [26] 沈萍,陈向东. 微生物学实验[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [27] 王友保. 土壤污染与生态修复实验指导[M]. 芜湖:安徽师范大学出版社,2015.
- [28] RUF M, BRUNNER I. Vitality of tree fine roots; Reevaluation of the tetrazolium test [J]. Tree physiology, 2003, 23(4):257-263.
- [29] 赵世杰. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.
- [30] 王茹华,周宝利,张启发,等. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响[J]. 园艺学报,2005,32(1):124-126.
- [31] 孙吉庆,盛萍萍,陈可,等. 蔬菜作物轮作对西瓜连作土壤微生物种群和土壤酶活性的影响[J]. 北方园艺,2011(16):20-22.
- [32] 吴焕涛,魏珉,杨凤娟,等. 轮作和休茬对日光温室黄瓜连作土壤的改良效果[J]. 山东农业科学,2008,40(5):59-63.
- [33] 张晓梅,程亮,韩勇,等. 五种不同伴生栽培对黄瓜耕层土壤环境的影响[J]. 北方园艺,2020(2):87-93.
- [34] 邹莉,袁晓颖,李玲,等. 连作对大豆根部土壤微生物的影响研究[J]. 微生物学杂志,2005,25(2):27-30.
- [35] 杨阳,吴凤芝. 套作不同化感潜力分蘖洋葱对黄瓜生长及土壤微环境的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(10):2627-2634.
- [36] 倪栋,陈应素,周艳丽. 大葱伴生栽培对日光温室甜瓜生理指标和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(17):141-145.
- [37] 吴凤芝,周新刚. 不同作物间作对黄瓜病害及土壤微生物群落多样性的影响[J]. 土壤学报,2009,46(5):899-906.