

顾大路, 王伟中, 孙爱侠, 等. 不同轮作模式对日光温室黄瓜生长的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 874-878.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.04.025

不同轮作模式对日光温室黄瓜生长的影响

顾大路, 王伟中, 孙爱侠, 杨文飞, 杜小凤, 吴传万, 彭杰
(江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏 淮安 223001)

摘要: 为了解不同轮作模式对日光温室黄瓜生长及病害发生的影响, 分别以夏季种植水稻、空心菜(水栽)、水芹、草菇、豇豆、夏季空闲的日光温室为对象, 观察夏季种植不同作物后下茬日光温室黄瓜的产量、商品性、品质及病害发生的情况。结果表明, 与夏季闲棚相比, 不同轮作模式有促进黄瓜生长、增加黄瓜产量和提高黄瓜品质的效果, 其中以黄瓜与水稻、空心菜(水栽)、水芹轮作模式的增产和提高品质的效果最好, 其次是黄瓜与草菇轮作, 第三是黄瓜与豇豆轮作; 黄瓜与水稻、空心菜、水芹及草菇轮作可以减轻枯萎病、根腐病、根结线虫病的发生, 黄瓜与豇豆轮作对日光温室黄瓜病害的发生没有减轻效果。说明在日光温室内种植水生作物或水生栽培可以促进下茬黄瓜的生长, 增加黄瓜产量, 提高黄瓜商品性和品质, 减少连作病害的发生。

关键词: 轮作; 日光温室; 黄瓜; 产量; 品质; 水生作物

中图分类号: S642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)04-0874-05

Cucumber growth in solar greenhouse affected by rotation modes

GU Da-lu, WANG Wei-zhong, SUN Ai-xia, YANG Wen-fei, DU Xiao-feng, WU Chuan-wan, PENG Jie
(Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of the Xuhuai District of Jiangsu Province, Huai'an 223001, China)

Abstract: Six types of farming patterns (rice-cucumber, water spinach-cucumber, water fennel-cucumber, straw mushroom-cucumber, cowpea-cucumber and crop free-cucumber) were employed to investigate the effects of rotation modes on cucumber yield, commodity, quality and disease resistance in solar greenhouse. Compared to crop free-cucumber mode other five rotation modes improved cucumber growth, cucumber yield and quality, among which, rice-cucumber, water spinach-cucumber and water fennel-cucumber rotation modes presented the greatest effects, followed by straw mushroom-cucumber and cowpea-cucumber modes. The rice-cucumber, water spinach-cucumber, water fennel-cucumber and straw mushroom-cucumber rotation modes mitigated the occurrence of fusarium wilt, root rot and root knot nematode disease. Since the cucumber-aquatic crops rotation mode can improve cucumber growth, yield, commodity and quality, mitigate disease occurrence, it is a potential technical measure in overcoming the continuous cropping obstacle of cucumber in solar greenhouse.

Key words: rotation system; solar greenhouse; cucumber; yield; quality; aquatic crop

收稿日期: 2015-12-15

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(15)1044]; 江苏省协同创新基金项目(HSXT210)

作者简介: 顾大路(1972-), 男, 江苏新沂人, 硕士, 副研究员, 主要从事作物栽培技术及植物生长调节剂的研究与应用工作。
(Tel) 0517-83660771; (E-mail) gudalu666@aliyun.com

通讯作者: 彭杰, (Tel) 0517-83672613; (E-mail) hynkskyc@163.com

由于设施园艺具有技术和资本集约的特点, 可以大大提高农业资源的利用率及农产品的产量和质量, 获得较高的产出率, 不仅使单位面积产量大幅度增高, 而且保证了园艺产品尤其是蔬菜、瓜果的全年

均衡供应,是解决现代农业发展、资源及环境三大基本问题的重要途径^[1]。因此,设施园艺受到世界各国的重视,并得到迅速发展,已成为许多国家或地区国民经济的重要支柱产业。在中国,设施园艺发展也十分迅速,到2010年中国设施园艺面积达到 $3.44 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[2]。目前,中国绝大多数为不加温的节能型塑料薄膜日光温室,主要栽培黄瓜、番茄、辣椒等蔬菜作物。利用日光温室反季节种植黄瓜在江苏省得到大面积的推广应用,在淮安地区利用日光温室种植黄瓜的生产规模由当初的不足100幢,发展至2011年的15 000多幢,区域范围由淮阴区丁集镇,发展到淮安市的淮阴区、楚州区、盱眙县、金湖县、洪泽县等县区,核心区域为淮阴区的丁集镇、刘老庄乡、渔沟镇、袁集乡、五里镇、棉花庄镇等6个乡镇30个村,面积近2 000 hm^2 ,年产黄瓜 $2.6 \times 10^5 \text{ t}$,年产值 1.3×10^8 元。“淮安黄瓜”已于2011年通过国家农产品地理标志认定,这不但提高了淮安黄瓜的品牌效应,也促进了黄瓜种植区的农民增收与农业增效。

在日光温室内农户一般会多年种植同一作物或近源作物,在这种连作情况下,根系分泌物不断积累增加,病原物逐代积累,从而导致同类蔬菜作物生长缓慢、生长势弱、抗逆性差、病虫害严重、产品质量下降等连作障碍。连作障碍对设施规模化种植的可持续性和种植效益的稳定提高,提出了严峻的挑战,极大地影响了农民的收益和种植的积极性。目前普遍认为实行水旱轮作是一种防治设施作物连作障碍较为经济和科学的措施^[3-4]。同时,通过水旱轮作不仅可以很好地解决设施黄瓜连作障碍的问题,而且有利于改良土壤和保护生态环境。在生产中,应用最多的水旱轮作是日光温室黄瓜与水稻的轮作^[5-7],还有日光温室黄瓜与空心菜(水栽)、水芹的轮作^[8-10],黄瓜与番茄、彩椒的轮作^[11]以及在一些地方推广的瓜菇轮作^[12-14]。为了研究日光温室越冬黄瓜与草菇、空心菜(水栽)、水芹、水稻、豇豆轮作对黄瓜生长的影响,于2013年进行黄瓜不同轮作模式试验,以选出最佳轮作模式,为防治日光温室黄瓜连作障碍提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试黄瓜品种:津优3号,天津市黄瓜研究所育

成,是淮安地区黄瓜栽培的主要品种之一;草菇品种为Y901,上海市农业科学院食用菌研究所育成,是淮安地区草菇种植的主要品种之一;空心菜品种为泰国空心菜,南京秋天种业研究所生产;水芹品种为伏芹1号,扬州大学园艺与植物保护学院和宜兴市农林局育成;水稻品种为淮稻5号,江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所育成;豇豆品种为之豇28,为浙江农业科学院园艺研究所选育。

1.2 试验地点

试验于2013年6月在淮阴区丁集镇娘庄村(淮阴市日光温室蔬菜科技示范园)日光温室内进行。该园区的日光温室于2008年建成并开始种植越冬黄瓜。土壤为壤土,pH值8.3;土壤养分:有机质含量1.2 g/kg,全氮含量0.8 g/kg,全磷含量0.9 g/kg,速效磷含量8 mg/kg,全钾含量7 g/kg。

1.3 试验设计

试验设6个处理分别为:I,黄瓜与草菇轮作;II,黄瓜与空心菜轮作;III,黄瓜与水芹轮作;IV,黄瓜与水稻轮作;V,黄瓜与豇豆轮作;VI,夏季空闲,对照。试验设3重复,每个小区面积 31.5 m^2 ($3.5 \text{ m} \times 9.0 \text{ m}$)。

1.4 试验田栽培情况

2013年5月黄瓜收获结束后,根据试验设计分别种植草菇、空心菜(水栽)、水芹、水稻、豇豆,夏季空闲小区不翻耕不种植其他作物。小区之间筑埂并用塑料薄膜盖住小埂,塑料薄膜下埋20 cm以阻水渗透隔壁小区,2013年10月17日移栽定植黄瓜。按照试验设计进行栽培与正常管理,黄瓜育苗后与黑子南瓜嫁接(靠接法),在移栽前深翻晒垡,施足底肥,耙碎整平,做成宽110 cm、高20 cm的马鞍形高垄畦。适时定植,定植行距60 cm、株距30 cm。栽后浇定根水,覆土平畦面。在黄瓜苗移栽成活后盖地膜,并按照日光温室越冬黄瓜的吊蔓高产栽培技术进行管理。

1.5 调查项目及方法

黄瓜于10月6日播种,10月17日嫁接移栽定植。移栽后分别于2013年11月17日、2014年1月17日、2014年3月17日、2014年5月17日定株(10株)测量黄瓜株高和茎粗。收获时统计各小区黄瓜产量并折算成单产。移栽后在小区内定点调查100株黄瓜枯萎病、根腐病等发病情况,其中黄瓜枯萎病于黄瓜定植后连续调查15 d,根腐病和根结线虫病

于黄瓜收获末期进行调查。收获末期在各小区连续取 10 株健康植株测量其株高、茎粗。

采摘黄瓜时各处理小区留取样品,调查黄瓜商品性及品质。商品性包括瓜长、直径、畸形果率。黄瓜品质包括可溶性固形物含量(采用阿贝折射仪测定)、维生素 C 含量(采用 2,4-二硝基苯肼法测定)^[15]。

2 结果与分析

2.1 不同轮作模式对黄瓜植物学性状的影响

植株健壮是获得高产的基础条件。黄瓜移栽定植后,前期在长相及叶色上各处理没有区别,但是在后期夏季空闲对照、与豇豆轮作、与草菇轮作处理的黄瓜叶片颜色较早发黄,而与水稻、空心菜、水芹轮作的黄瓜叶片颜色发黄较晚。从表 1 可以看出,与水稻、空心菜、水芹等水生作物轮作的黄瓜株高及茎

粗都比与草菇、豇豆轮作和夏季空闲的黄瓜有明显的增加。经方差分析发现不同轮作模式的黄瓜株高和茎粗在前期没有显著差异,在黄瓜生长盛期和后期,不同轮作模式的黄瓜株高及茎粗之间有显著差异。这有可能与土壤质地、土壤中的养分释放能力有关,与水稻、空心菜、水芹等水生作物轮作可以去除土壤中的盐分,增加土壤通气性,改变土壤颗粒结构,有利于土壤中的养分被黄瓜吸收利用,从而促进黄瓜的生长发育。由于在种植草菇过程中应用大量生石灰,大量的钙被带入土壤中,连续种植草菇容易造成土壤板结现象,不利于黄瓜的生长。而夏季空闲、与豇豆轮作的土壤没有经过耕翻,长期处于封闭状态,土壤微生物及理化性状没有得到改善,对黄瓜的后期生长不利。说明在夏季日光温室内实行水旱轮作,可以促进黄瓜生长。

表 1 不同轮作模式对黄瓜植物学性状的影响

Table 1 The influence of rotation patterns on cucumber botanical properties

| 处理 | 株高 (cm) | | | | 茎粗 (mm) | | | |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2013-11-17 | 2014-01-17 | 2014-03-17 | 2014-05-17 | 2013-11-17 | 2014-01-17 | 2014-03-17 | 2014-05-17 |
| I | 33.8a | 152.7b | 181.3b | 236.6b | 3.2a | 4.5b | 6.8b | 8.3b |
| II | 34.4a | 161.5a | 194.1a | 243.1a | 3.3a | 4.8a | 7.1a | 8.5a |
| III | 34.2a | 154.6a | 188.4a | 245.7a | 3.3a | 4.7a | 7.2a | 8.7a |
| IV | 34.6a | 156.3a | 187.6a | 242.9a | 3.3a | 4.8a | 7.2a | 8.6a |
| V | 32.9a | 141.7bc | 170.4c | 233.5c | 3.2a | 4.3b | 6.6b | 8.2b |
| VI (CK) | 31.4a | 134.7c | 168.2c | 227.4c | 3.1a | 4.0c | 6.2c | 8.1b |

I: 黄瓜与草菇轮作; II: 黄瓜与空心菜轮作; III: 黄瓜与水芹轮作; IV: 黄瓜与水稻轮作; V: 黄瓜与豇豆轮作; VI: 夏季空闲对照。同列不同字母表示差异达到 0.05 显著水平。

2.2 不同轮作模式对黄瓜产量的影响

产量是作物种植经济的直接表现。由于日光温室黄瓜采摘次数多,只能以黄瓜采收总产量进行比较,单瓜质量以 2014 年 3 月 12 日采摘的黄瓜称量计算。从表 2 可以看出,实行轮作模式种植的黄瓜单瓜质量及产量均比夏季空闲后种植的黄瓜高,而在夏季种植水稻、空心菜、水芹后再种植黄瓜的单瓜质量及产量比夏季种植草菇、豇豆后再种植黄瓜的高,其中以黄瓜-水稻轮作种植的黄瓜产量最高,增产率为 6.63%,其次是黄瓜-空心菜轮作,增产率为 6.06%,第三是黄瓜-水芹轮作,增产率为 4.88%。方差分析结果显示,不同轮作模式对黄瓜产量的影响达显著水平。说明在夏季种植水生作物,可以改善土壤性质,提高日光温室黄瓜的单瓜质量,进而增

加黄瓜的产量。

2.3 不同轮作模式对黄瓜商品性及品质的影响

黄瓜的商品性直接决定着黄瓜的商品价值,而黄瓜的商品性由瓜长、横径粗及畸形率等决定。从表 3 可以看出,实行轮作后种植的黄瓜商品性明显好于夏季空闲后种植的黄瓜,其中以与水稻、空心菜、水芹轮作后种植的黄瓜长度最长、横径最大且畸形瓜最少,其次是与草菇轮作后种植的黄瓜,第三是与豇豆轮作后种植的黄瓜,不同轮作模式之间的差异达显著水平。说明在日光温室内实行轮作可以改善黄瓜的商品性,而与水稻、空心菜、水芹等水生作物轮作改善黄瓜商品性的效果更好。

随着生活水平的提高,人们越来越注重农产品的品质。黄瓜的品质主要由可溶性固形物、维生素 C、

硝酸盐等含量决定。在日光温室实行轮作可以提高黄瓜的可溶性固形物和维生素 C 含量,降低硝酸盐的含量,水旱轮作处理与黄瓜-豇豆轮作、夏季空闲对照之间差异达显著水平(表 3)。说明在夏季日光温室内进行水旱轮作可以明显改善黄瓜的品质。

表 2 不同轮作模式对黄瓜产量性状的影响
Table 2 The influence of rotation patterns on cucumber yield traits

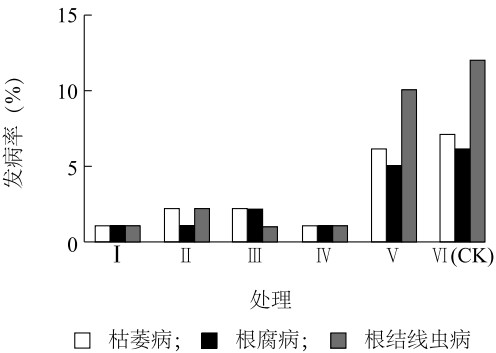
| 处理 | 单瓜质量 (g) | 单瓜增质量 ¹⁾ (g) | 产量 (kg/hm ²) |
|---------|-------------|----------------------------|-----------------------------|
| I | 245.4ab | 9.1 | 155 691.0b |
| II | 250.2a | 13.9 | 158 725.5a |
| III | 248.7a | 12.4 | 156 946.5b |
| IV | 253.1a | 16.8 | 159 567.0a |
| V | 242.6b | 6.3 | 153 262.5c |
| VI (CK) | 236.3c | — | 149 650.5c |

各处理见表 1 注。同列不同字母表示差异达到 0.05 显著水平。¹⁾与对照相比单瓜质量增加量。

表 3 不同轮作模式对黄瓜商品性及品质的影响
Table 3 The influence of rotation patterns on cucumber commodity and quality

| 处理 | 瓜长 (cm) | 横径 (cm) | 畸形瓜率 (%) | 可溶性固形物含量 (%) | 维生素 C 含量 (mg/kg) | 硝酸盐含量 (mg/kg) |
|---------|------------|------------|-------------|-----------------|---------------------|------------------|
| I | 30.6b | 3.0a | 9.2bc | 1.85bc | 90.9b | 129.5c |
| II | 31.0a | 3.0a | 8.4c | 1.91a | 93.3a | 129.3c |
| III | 30.8b | 3.1a | 8.5c | 2.01a | 92.8a | 130.7c |
| IV | 31.2a | 3.1a | 8.8c | 1.86bc | 91.7b | 131.6c |
| V | 30.3bc | 3.0b | 10.4b | 1.82c | 87.5c | 143.7b |
| VI (CK) | 30.1c | 3.0b | 13.1a | 1.78c | 86.4c | 157.3a |

各处理见表 1 注。同列不同字母表示差异达到 0.05 显著水平。



各处理见表 1 注。
图 1 不同轮作模式对黄瓜病害发生的影响
Fig.1 The influence of rotation patterns on cucumber disease occurrence

2.4 不同轮作模式对黄瓜病害的影响

轮作是克服设施蔬菜连作障碍的最有力技术措施之一。而日光温室黄瓜连作障碍病害主要有枯萎病、根腐病和根结线虫病等,病害的发生直接影响黄瓜的生长和产量。从图 1 可以看出,在夏季日光温室内种植水稻、空心菜、水芹和草菇可以减少黄瓜枯萎病、根腐病和根结线虫病的发生,而夏季种植豇豆与夏季空闲处理的黄瓜枯萎病、根腐病和根结线虫病的发生率相当,说明在夏季日光温室内种植水稻、空心菜、水芹和草菇有防治黄瓜连作障碍病害的效果,与豇豆(旱作物)轮作则没有防治效果。其原因为在夏季日光温室内种植水生作物可以通过高温水烫杀、水淹等杀死土壤中部分病菌和根结线虫成虫,减少枯萎病、根腐病和根结线虫的发生;种植草菇可以通过提高土壤 pH 值创造不利于病菌、根结线虫生长发育环境,减少病害的发生。

3 讨论

连续多年种植同一作物会造成次生物质和盐分过分积累以及土壤养分不平衡,影响作物的生长发育。利用不同作物对养分的需求特性进行轮作可以均衡土壤养分,避免某种盐分的过分积累,在一定程度上可以避免土壤次生盐渍化的发生,促进作物的生长^[16],本试验结果也验证了这一结论。但是不同作物轮作模式的效果不同,从本试验结果可以看出,设施黄瓜与水生作物轮作对黄瓜生长的促进效果好于黄瓜与草菇、旱作物轮作。

连作不仅影响日光温室黄瓜的产量,也影响黄瓜品质^[17]。不同作物的轮作可以增加黄瓜产量,改

善黄瓜品质^[18]。本试验结果与庄严等^[19]、吴凤芝等^[20]、刘守伟等^[21]、于高波等^[22]的试验结果相同。但是不同轮作模式对黄瓜产量及品质的影响不同,其中以水生作物与黄瓜轮作的效果最好。夏季种植水生作物引进外来水源浇灌,可以淹水洗盐、压盐,减轻土壤次生盐渍化;通过灌水,促使土壤养分均衡分布,改良土壤理化性质;水旱轮作能改变土壤微生物系统结构,提高土壤酶活性,为黄瓜生长提供有益的生长小环境;利用夏季高温提高水温,烫杀病菌和根结线虫成虫,减轻连作障碍病害的发生,从而为黄瓜生长发育提供良好的生态环境,增加黄瓜产量,提高黄瓜品质。

连作易造成各种病害的发生,影响作物的生长、产量和品质。轮作是防治设施蔬菜连作障碍的有效措施之一,但是从本试验结果可以看出,轮作也不能完全解决连作障碍病害发生的难题。一些土壤病害是以病菌通过土壤、灌溉水、病株残体等方式进行传播;根结线虫是以虫卵、幼虫在土壤中越冬,通过土壤、病株残体、灌溉水等途径传播。在夏季日光温室内进行水旱轮作,通过高温水淹可以杀死部分病菌和根结线虫幼虫,却无法杀灭根结线虫的虫卵,只能使连作障碍病害得到减轻。瓜菇轮作中种植草菇能提高土壤 pH 值,形成不利于病菌和根结线虫幼虫生长发育的环境,杀死部分病菌和根结线虫幼虫,从而减轻连作病害的发生。从综合与生态防治角度出发,可以集成水旱轮作与生物药剂防治技术,即夏季在日光温室内进行水旱轮作杀死部分病菌和根结线虫幼虫,在黄瓜生长期间通过施用生物农药、生物肥料(菌肥)杀死病菌与根结线虫虫卵,从而防治连作障碍病害。

参考文献:

- [1] 郭世荣,孙 锦,束 胜,等.国外设施园艺发展概况、特点及趋势分析[J].南京农业大学学报,2012,35(5):43-52.
- [2] 郭世荣,孙 锦,束 胜,等.我国设施园艺概况及发展趋势[J].中国蔬菜,2012(18):1-14.
- [3] 袁建玉,周增辉,张 娜,等.设施蔬菜水旱轮作前后耕作层土壤盐分和 pH 值的变化[J].江苏农业科学,2014,42(3):301-303.
- [4] 赵海涛,李良俊,殷朝珍,等.水生蔬菜轮作对大棚草莓连作土壤性质的影响[J].江苏农业学报,2014,30(2):289-295.
- [5] 刘仕华,张荣耀,王文庆.黄瓜水稻轮作高效栽培技术[J].汉 中科技,2008(3):35.
- [6] 全文凯.日光温室黄瓜复种水稻高产高效栽培技术[J].农业科技通讯,2010(11):158-159.
- [7] 张丽华.日光温室黄瓜复种水稻栽培技术[J].农业工程技术(温室园艺),2008(5):39.
- [8] 顾大路,孙爱侠,杨文飞,等.不同种植密度对夏季日光温室空心菜生长的影响[J].中国农学通报,2015,31(22):88-92.
- [9] 顾大路,单宏业,朱云林,等.夏闲日光温室水芹高产栽培技术[J].广西农学报,2012,27(6):56-57.
- [10] 王 波,廖丽霞,陈小兵,等.设施黄瓜与水芹水旱轮作栽培技术[J].蔬菜,2015(4):57-61.
- [11] 何 志,董文斌,覃 挺,等.广西大棚蔬菜高效栽培新模式探索[J].南方农业学报,2014,45(2):274-277.
- [12] 邢后银,徐 冉,宛汉斌,等.日光温室“越冬黄瓜-草菇”抗连作障碍栽培技术[J].农技服务,2007(3):32,99.
- [13] 赵德万,王桂楼,苗 环.淮安市日光温室瓜菇轮作高效栽培技术[J].现代农业科技,2007(17):51-52.
- [14] 柯希欢,李 霞,张 琛,等.菇-热-酶-肥新型栽培方式对大棚黄瓜形态、生理和产量的影响[J].江苏农业学报,2015,31(4):877-882.
- [15] 顾大路,梁晓辉,吴洪生.生物有机肥在日光温室黄瓜上的应用效果研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2012,24(5):5-9.
- [16] 吴艳飞,张雪艳,李 元,等.轮作对黄瓜连作土壤环境和产量的影响[J].园艺学报,2008,35(3):357-362.
- [17] 吴凤芝,赵凤艳,刘元英.设施蔬菜连作障碍原因综合分析与防治措施[J].东北农业大学学报,2000,31(3):241-247.
- [18] 刘 静,吴凤芝,吕 涛.设施条件下不同轮套作对黄瓜产量及品质的影响[J].北方园艺,2008(12):44-46.
- [19] 庄 严,吴凤芝,杨 阳,等.轮套作对黄瓜土壤微生物多样性及产量的影响[J].中国农业科学,2009,42(1):204-209.
- [20] 吴凤芝,王学征.设施黄瓜设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系[J].中国农业科学,2007,40(10):2274-2280.
- [21] 刘守伟,于慧颖,吴凤芝.不同蔬菜根际细菌群落多样性及轮作效应[J].北方园艺,2012(12):103-106.
- [22] 于高波,吴凤芝,周新刚.小麦、毛茛子与黄瓜轮作对土壤微生物生态环境及产量的影响[J].土壤学报,2011,48(1):175-184.

(责任编辑:张震林)