

王夏雯, 余翔, 乔俊卿, 等. 西瓜茬后种植稻麦对土壤微生物数量和西瓜枯萎病发生的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(6): 1291-1295.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2015.06.015

西瓜茬后种植稻麦对土壤微生物数量和西瓜枯萎病发生的影响

王夏雯¹, 余翔¹, 乔俊卿², 吴绍军¹, 孟佳丽¹, 刘邰洲², 姜若勇¹

(1.江苏省农业科学院宿迁农科所, 宿迁 223831; 2.江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014)

摘要: 为了探究稻麦轮作对西瓜茬后土壤微生物状况和后茬西瓜枯萎病发生的影响, 本研究采用选择性培养基和可培养微生物计数等方法, 对西瓜茬后不同稻麦轮作茬次的田块进行了土壤微生物数量分析和西瓜枯萎病发病率调查。结果显示, 西瓜茬后种植稻麦对土壤微生物有影响, 种植 1 茬水稻后, 细菌和放线菌数量显著增加, 真菌数量显著降低, 随后又趋于平衡; 西瓜茬后种植稻麦对土壤中西瓜枯萎病致病菌——尖孢镰刀菌具有抑制作用, 随种植年限的增加抑制效果表现明显; 西瓜茬种植稻麦后再种西瓜, 枯萎病发生率大幅降低, 连续种植 3 茬水稻 2 茬小麦后, 西瓜枯萎病发病率降低到 2.1%, 连续种植 5 茬水稻 4 茬小麦后, 西瓜枯萎病发病率仅为 1.0%。研究结果还发现, 水稻根系分泌物能够有效抑制尖孢镰刀菌孢子萌发, 培养 12 h 时抑制率达到 80.9%。因此西瓜-稻麦轮作是缓解西瓜枯萎病发生的一种有效措施。

关键词: 西瓜; 稻麦轮作; 尖孢镰刀菌; 枯萎病

中图分类号: S651 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)06-1291-05

Effect of rice-wheat rotation after watermelon season on the amount of soil microbes and the incidence of *Fusarium* wilt

WANG Xia-wen¹, YU Xiang¹, QIAO Jun-qing², WU Shao-jun¹, MENG Jia-li¹, LIU You-zhou²,
JIANG Ruo-yong¹

(1. *Suqian Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China*; 2. *Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China*)

Abstract: The soil microbe counting and the incidence of watermelon *Fusarium* wilt were investigated to study the effect of rice-wheat rotation after watermelon season. The results showed that, after the first rice season, bacteria and actinomyces increased and leveled off while fungi was inhibited notably and bottomed up. Rice-wheat rotation exerted an inhibitory effect on *Fusarium oxysporum* in soil and the effect became stronger over years. The incidence of *Fusarium* wilt decreased noticeably to 2.1% after 3 rice seasons and 2 wheat seasons. And after 5 rice seasons and 4 wheat seasons, the incidence was only 1.0%. The exudates of rice root inhibited spore germination of *F. oxysporum*, and the inhibition rate after 12 h was as high as 80.9%. It was indicated that rice-wheat rotation is an effective way to control *Fusarium* wilt in the following watermelon season.

收稿日期: 2015-09-17

基金项目: 苏北科技发展计划-科技富民强县项目 (BN2013074); 宿迁市农业科技自主创新项目

作者简介: 王夏雯(1982-), 女, 甘肃平凉人, 硕士, 助理研究员, 主要从事西瓜新品种选育与栽培技术研究, (E-mail) xiawen77@163.com

通讯作者: 姜若勇, (E-mail) jssyjry@163.com; 刘邰洲, (E-mail) shitouren88888@163.com

creased noticeably to 2.1% after 3 rice seasons and 2 wheat seasons. And after 5 rice seasons and 4 wheat seasons, the incidence was only 1.0%. The exudates of rice root inhibited spore germination of *F. oxysporum*, and the inhibition rate after 12 h was as high as 80.9%. It was indicated that rice-wheat rotation is an effective way to control *Fusarium* wilt in the following watermelon season.

Key words: watermelon; rice-wheat rotation; *Fusarium*

oxysporum; *Fusarium wilt*

西瓜是中国主要水果作物,栽培面积居世界首位,占世界西瓜栽培总面积的 45%。由尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp.*niveum*) 侵染所致的西瓜枯萎病^[1-2],是危害西瓜生产最严重的病害,中国每年发生面积约 2.5×10^5 hm²,重茬地发病率可达 30%,严重地块发病率达 80%,往往造成大幅减产甚至绝收。近年随着西瓜产业化、规模化进程加快,重茬连作等因素导致西瓜枯萎病日益加剧,成为制约西瓜产业进一步发展的瓶颈。

肖媛元等^[3]、吴学宏等^[4]研究发现,西瓜与水稻轮作可降低西瓜枯萎病发生率,缓解西瓜连作障碍,逐渐被种植户接受和应用^[5]。本课题组发现,西瓜茬后连续种植数年稻麦再种西瓜罕有枯萎病发生。据此,本研究采用选择性培养基培养,可培养微生物计数等方法,初步探究西瓜茬后连续种植 1 年、2 年、3 年、4 年、5 年稻麦对土壤中尖孢镰刀菌等微生物数量和西瓜枯萎病发生的影响及水稻根系分泌物对尖孢镰刀菌生长的影响,从微生态的角度阐释西瓜-稻麦轮作模式对防治西瓜枯萎病的作用机理,为该模式推广应用提供理论支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试西瓜品种为京欣 1 号,水稻品种为宁粳 4 号,小麦品种为淮麦 20。

1.2 试验设计

试验于 2009—2014 年在宿迁市洋北镇西瓜试验基地进行。试验田位于洋北镇槐树村,面积约 5 400 m²,土壤为沙壤土,有机质 3.88%,全氮 0.245%,全磷 0.132%,全钾 4.1%,速效氮 310.4 mg/kg,速效磷 67.2 mg/kg,速效钾 279.3 mg/kg。2009 年春季试验田全部种植西瓜,之后各处理分茬次进行稻麦轮作并开展土壤微生物分析和西瓜枯萎病发生情况调查。试验田设 T0、T1、T2、T3、T4、T5 共 6 个处理,T0 为 2009 年种植西瓜;T1 为 2009 年西瓜茬后,种植 1 茬水稻;T2 为 2009 年西瓜茬后,种植 2 茬水稻 1 茬小麦;T3 为 2009 年西瓜茬后,种植 3 茬水稻 2 茬小麦;T4 为 2009 年西瓜茬后,种植 4 茬水稻 3 茬小麦;T5 为 2009 年西瓜茬后,种植 5 茬水稻 4 茬小麦。每个处理面积约 900 m²,分别平

均分割为 3 个重复小区。西瓜及稻麦种植均为常规栽培。西瓜采用三膜一帘竹拱大棚,于 1 月上旬穴盘育苗,2 月中旬移栽,6 月下旬拉秧;水稻于 5 月上旬播种,7 月上旬移栽,10 月上中旬收获;小麦于 10 月上中旬播种,次年 6 月收获。

1.3 土壤微生物及西瓜枯萎病菌数量调查

用 5 点采样法,采集 T0~T5 处理 20 cm 耕层土壤,用于土壤微生物数量调查。T0 处理于 2009 年西瓜收获后采集,T1~T5 处理分别于 2010—2014 年水稻收获后采集。采用稀释平板法测定土壤细菌、真菌、放线菌以及尖孢镰刀菌的数量。土壤细菌数量测定采用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌数量测定采用马丁氏培养基,放线菌数量测定采用改良高氏一号培养基^[6],尖孢镰刀菌数量采用 Komada^[7]的选择性培养基。

1.4 西瓜枯萎病发病情况调查

T1~T5 处理分别于 2010—2014 年春季再种植西瓜时调查西瓜枯萎病发病率。西瓜株行距为 0.4 m×2.0 m,每个处理 3 次重复。基肥施用优质腐熟有机肥 37.5 t/hm²,45% 硫酸钾型复合肥 450 kg/hm²;追肥施用 45% 硫酸钾型复合肥 300 kg/hm²。西瓜苗移栽后 35 d 和 65 d 调查西瓜枯萎病发病率。

发病率 = 小区发病株数 / 小区总株数 × 100%

1.5 水稻根系分泌物对尖孢镰刀菌孢子萌发的影响调查

将水稻种子用 3% 次氯酸钠溶液浸泡消毒 2 min,无菌水催芽,待根系长出 1~2 cm 后,按照 6 棵水稻苗 24 ml MS 培养液的比例,将水稻移入灭菌 MS 培养液中,24 ℃ 静置培养,每天 12 h 光照和 12 h 黑暗,8 d 后(水稻 2~3 叶期)收集 MS 培养液,用 0.22 μm 孔径滤膜过滤除菌,4 ℃ 保存备用。取 25 μl 尖孢镰刀菌孢子液(浓度为 1 ml 1×10⁶ 个孢子)加入 500 μl 上述灭菌的水稻根系分泌物中,26 ℃ 静置培养,分别在培养 12 h、24 h 后观察孢子萌发情况。以 MS 培养基培养尖孢镰刀菌孢子为空白对照,3 次重复。

孢子萌发率 = 萌发的孢子数 / 总孢子数 × 100%

1.6 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 软件进行统计分析,Duncan's 新复极差法分析不同处理间

的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 西瓜茬后种植稻麦对土壤细菌、真菌、放线菌数量的影响

土壤中可培养微生物数量(表1)显示:种植1茬水稻后,土壤中细菌和放线菌数量显著升高,而真菌数量显著降低。即,细菌数量从西瓜刚收获完的 4.50×10^6 CFU/g 迅速增加到 1.41×10^7 CFU/g,增加达213%;放线菌数量也增加了40%,而真菌数量下降了56%,2年稻麦种植后土壤中微生物数量渐趋稳定。以上结果说明,西瓜茬后种植稻麦对土壤微生态有显著影响。

表1 西瓜茬后稻麦种植茬次对土壤中细菌、真菌、放线菌的影响

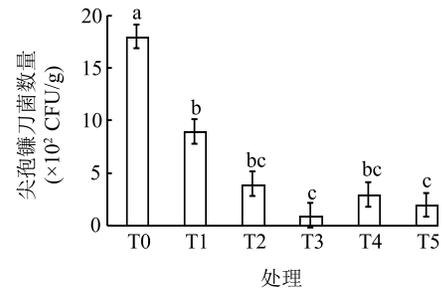
Table 1 Effect of rice-wheat rotation modes after watermelon season on the amount of culturable microorganisms

处理	微生物数量		
	细菌 ($\times 10^5$ CFU/g)	真菌 ($\times 10^3$ CFU/g)	放线菌 ($\times 10^4$ CFU/g)
T0	45 ± 4.359c	41 ± 3.536b	30 ± 3.210c
T1	141 ± 9.000a	18 ± 1.732c	42 ± 2.645b
T2	58 ± 3.518b	47 ± 2.886a	54 ± 3.605a
T3	63 ± 8.889b	38 ± 3.536b	43 ± 1.527b
T4	49 ± 9.291c	51 ± 2.645a	58 ± 3.785a
T5	53 ± 9.289bc	50 ± 1.414a	47 ± 3.432b

T0为2009年种植西瓜;T1为2009年西瓜茬后,种植1茬水稻;T2为2009年西瓜茬后,种植2茬水稻1茬小麦;T3为2009年西瓜茬后,种植3茬水稻2茬小麦;T4为2009年西瓜茬后,种植4茬水稻3茬小麦;T5为2009年西瓜茬后,种植5茬水稻4茬小麦。同一列不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

2.2 西瓜茬后种植稻麦对土壤西瓜尖孢镰刀菌数量的影响

尖孢镰刀菌的分离培养结果(图1)显示:西瓜种植后,随着稻麦种植年限的增加,土壤样品中尖孢镰刀菌数量总体呈逐渐降低趋势。西瓜种植后当季的土壤中尖孢镰刀菌的数量最高,达到 1.8×10^3 CFU/g。当种植1茬水稻后,土壤中尖孢镰刀菌数量降低到 9×10^2 CFU/g。随后T2~T5处理土壤中尖孢镰刀菌数量维持在 $1 \times 10^2 \sim 4 \times 10^2$ CFU/g。以上结果表明,稻麦种植对土壤中尖孢镰刀菌具有抑制作用,且随种植年限的增加抑制效果呈累加效应。



处理T0、T1、T2、T3、T4、T5见表1注;不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

图1 西瓜茬后种植稻麦茬次对土壤尖孢镰刀菌数量的影响

Fig.1 Effect of rice-wheat rotation modes after watermelon season on the amount of *Fusarium oxysporum*

2.3 西瓜茬后稻麦种植茬次对西瓜枯萎病发病率的影响

西瓜枯萎病发病率的调查结果(表2)显示:西瓜茬后种植1茬水稻再种植西瓜,移栽后35 d和65 d西瓜枯萎病田间发病率分别为2.3%和13.7%,随着稻麦种植年限的增加,西瓜枯萎病发病率迅速下降,在连续交替种植5茬水稻、4茬小麦后,再种植西瓜,移栽65 d田间枯萎病发病率仅为1.0%,说明,西瓜茬后连续种植稻麦可有效降低西瓜枯萎病发生率,且种植年限越久效果越好,此结果与土壤中西瓜尖孢镰刀菌数量变化趋势基本一致。

表2 西瓜茬后稻麦种植茬次对西瓜枯萎病发病率的影响

Table 2 Effect of rice-wheat rotation modes after watermelon season on the incidence of *Fusarium wilt*

处理	西瓜枯萎病发病率(%)	
	移栽后35 d	移栽后65 d
T1	2.3a	13.7a
T2	0.9b	5.6b
T3	0.4c	2.1c
T4	0d	1.3d
T5	0d	1.0d

处理T0、T1、T2、T3、T4、T5见表1注;同一列不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

2.4 水稻根系分泌物对尖孢镰刀菌孢子萌发的影响

水稻根系分泌物对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的影响的试验结果(表3)显示,尖孢镰刀菌在含水稻根系分泌物的MS培养液和其10倍稀释液中分别培养12 h后,孢子萌发率分别为11.3%和38.0%,与

对照相比,孢子萌发抑制率分别为 80.9% 和 35.7%;尖孢镰刀菌在含水稻根系分泌物的 MS 培养液和其 10 倍稀释液中分别培养 24 h 后,孢子萌发率分别为 30.6% 和 70.7%,与对照相比,孢子萌发抑制率分别为 57.7% 和 2.2%。以上结果表明,水稻根系分泌物能够抑制分生孢子的萌发,这有利于降低土壤中尖孢镰刀菌孢子萌发率,减少病原菌基数,从而控制枯萎病的发生和蔓延。

表 3 水稻根系分泌物对西瓜枯萎菌分生孢子萌发的影响

Table 3 Effect of the rice root exudates on the germination of *F. oxysporum* spore

处理	西瓜枯萎病菌分生孢子萌发率 (%)	
	12 h	24 h
含水稻根系分泌物的 MS 培养液	11.3 ± 2.41c	30.6 ± 1.60b
含水稻根系分泌物的 MS 培养液 10 倍稀释液	38.0 ± 2.00b	70.7 ± 1.99a
MS 培养液 (CK)	59.1 ± 11.7a	72.3 ± 3.46a

同一列不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

3 讨论

3.1 西瓜茬后种植稻麦对土壤微生物数量的影响

植物微生物学理论认为,植物与存在于体表和体内的微生物群落组成了一个动态平衡的生态系统,一旦平衡遭破坏,则发生植物病害^[8]。西瓜枯萎病是西瓜种植上常见的一种重要病害,已有报道西瓜根系分泌物能诱集尖孢镰刀菌,促进其生长和繁殖^[10],造成西瓜枯萎病的严重发生。西瓜茬后种植稻麦,不同的生态环境必然对土壤中微生物数量产生影响。本试验结果显示,种植 1 茬水稻后,细菌数量增加了 213%,放线菌数量增加了 40%,真菌数量降低了 56%。这可能是因为 1 茬水稻的种植打破了西瓜茬土壤有利于病原菌生存的生态环境,促使有益细菌或拮抗细菌数量显著升高,抑制尖孢镰刀菌的繁殖,导致真菌数量显著降低。而种植稻麦第 2 年至第 5 年后,在大幅度降低了土壤尖孢镰刀菌数量后,土壤中各类微生物数量趋向稳定,这可能是因为稻麦栽培建立了与其适应的土壤微生物环境,微生物群落达成了新的动态平衡^[9]。

3.2 西瓜茬后种植稻麦对土壤中尖孢镰刀菌和西瓜枯萎病发生的影响

已有研究结果表明,水稻与多种蔬菜作物轮作

均可缓解土传病害引起的连作障碍,如李金红等^[10]报道,利用水稻和番茄轮作,可有效减少番茄枯萎病的发生。杨祥田等^[11]研究发现,草莓和水稻轮作可改善土壤微生物区系,促进草莓增产,减轻草莓枯黄萎病的发生。柯用春等研究发现淹水环境能杀灭西瓜尖孢镰刀菌,减少其在土壤中的数量^[12]。本研究结果显示,西瓜茬后连续种植稻麦能显著降低土壤中尖孢镰刀菌的数量,尤其是前 2 年,土壤中尖孢镰刀菌的数量变化最为明显,第一年降低 50.0%,第 2 年降低 77.8%。这可能是由于水稻生长期内的淹水环境抑制了土壤中尖孢镰刀菌的生长和繁殖。

枯萎病发病率调查结果显示,西瓜茬后种植 1 茬水稻,后茬西瓜的枯萎病发病率降低到 13.7%,种植 2 茬水稻 1 茬小麦,后茬西瓜的枯萎病发病率降至 5.6%,种植 3 茬水稻 2 茬小麦,后茬西瓜的枯萎病发病率降至 2.1%。因此建议,西瓜茬后连续种植 3 年稻麦后可再次种植西瓜。

3.3 水稻根系分泌物对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的影响

据报道,非寄主作物的根系分泌物会对土传致病菌的萌发、繁殖产生抑制作用^[13-18],本研究结果显示,水稻根系分泌物可以抑制西瓜尖孢镰刀菌分生孢子萌发,这可能是连续种植稻麦后,土壤中尖孢镰刀菌数量降低的另外一个原因。

参考文献:

- [1] 赵萌,李敏,王淼焱,等.西瓜连作对土壤主要微生物类群和土壤酶活性的影响[J].微生物学通报,2008,35(8):1251-1254.
- [2] 王小慧,张国漪,张鹏,等.生防菌根系定殖竞争作用对西瓜枯萎病发病机理的影响[J].微生物学通报,2012,39(11):1603-1613.
- [3] 肖媛元,许如意,王镇,等.海南省西瓜-杂交水稻南繁制种高效轮作栽培模式[J].长江蔬菜,2012(15):38-39.
- [4] 吴学宏,卢志军,王晶晶,等.西瓜枯萎病综合防治研究进展[J].植物保护,2011,37(4):27-32.
- [5] 姜若勇,张黎杰,臧建阳.水萝卜-西瓜(番茄)-水稻高效栽培模式[J].上海蔬菜,2012(2):41-42.
- [6] 朱俊杰,王楠,郁雪平,等.生防菌 *Pseudomonas fluorescens* 2P24 对甜瓜根围土壤微生物的影响[J].中国农业科学,2010,43(7):1389-1396.
- [7] KOMADA H. Development of a selective medium for quantitative isolation of fusarium oxysporum from natural soil[J]. Review of Plant Protection Research, 1975, 8: 114-125.
- [8] 梅汝鸿.植物生态学[M].北京:中国农业出版社,1998:48-72.

- [9] 韩雪,吴凤芝,潘凯,等.根系分泌物与土传病害关系之研究综述[J].中国农学通报,2006,22(2):316-318.
- [10] 李金红,吴敏.春提早番茄-水稻高效轮作种植技术[J].现代农业科技,2009(7):56-57.
- [11] 杨祥田,周翠,李建辉,等.不同轮作方式下大棚草莓产量及土壤生物学特性[J].中国生态农业学报,2010,18(2):312-315.
- [12] 柯用春,王爽,任红,等.强化还原处理对海南西瓜连作障碍土壤性质的影响[J].生态学杂志,2014,33(4):880-884.
- [13] WALKER T S, BAIS H P, GROTEWOLD E, et al. Root exudation and rhizosphere biology[J]. Plant Physiology, 2003, 132: 44-51.
- [14] VAN DER KRIFT T A J, KUIKMAN P J, MÖLLER F, et al. Plant species and nutritional-mediated control over rhizodeposition and root decomposition[J]. Plant and Soil, 2001, 228: 191-200.
- [15] BAIS H P, PARK S-W, WEIR T L, et al. How plants communicate using the underground information superhighway[J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(1): 26-32.
- [16] 吴凤芝,安美君.西瓜枯萎病抗性及其嫁接对根际土壤微生物数量及群落结构的影响[J].中国农业科学,2011,44(22):4636-4644.
- [17] BAIS H P, PRITHIVIRAJ B, JHA A K, et al. Mediation of pathogen resistance by exudation of antimicrobials from roots[J]. Nature, 2005, 434: 217-221.
- [18] PARK S, TAKANO Y, MATSUURA H, et al. Antifungal compounds from the root and root exudate of Zea mays[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2004, 68(6): 1366-1368.

(责任编辑:陈海霞)