

不同轮作模式对花生病虫害及产量的影响

赵庆雷 信彩云 王瑜 阴筱 刘奇华 林香青*

(山东省水稻研究所, 山东省水稻工程技术研究中心, 济南 250100)

摘要:为探明水旱轮作模式对花生土传病虫害及其产量的影响,设水旱轮作不施药、水旱轮作减施药、旱旱轮作常规施药和旱旱轮作不施药(CK)4种处理,于2014—2016年对花生果腐病、白绢病和蛴螬虫害的发生情况进行调查,并对花生产量及其构成因素进行考种分析。结果表明,水旱轮作不施药处理的花生果腐病病情指数和发病率分别较CK显著降低90.40%和96.55%,防控效果达96.34%;水旱轮作减施药处理对花生果腐病的防控效果为81.49%;旱旱轮作常规施药处理对花生果腐病无防控效果。水旱轮作和旱旱轮作常规施药处理对白绢病均无防控效果。水旱轮作不施药、水旱轮作减施药和旱旱轮作常规施药处理对蛴螬的防控效果分别为63.80%、65.50%和66.20%。水旱轮作不施药与旱旱轮作常规施药处理相比,株结果数、株果重和产量分别显著降低15.03%、12.14%和6.33%,株饱果数和出仁率分别显著提高13.88%和3.01%,株根瘤个数显著提高166.22%;水旱轮作减施药与旱旱轮作常规施药处理相比,株结果数、株果重、产量、百仁重和出仁率均无显著差异,株饱果数显著提高14.33%,株根瘤个数显著提高122.97%。表明水旱轮作模式对花生果腐病和蛴螬有较理想的防控效果,且使花生产量结构明显优化,根瘤菌数量显著提高。

关键词:水旱轮作;花生;蛴螬;果腐病;产量结构

Effects of different rotation patterns on peanut diseases, pests and yield

Zhao Qinglei Xin Caiyun Wang Yu Yin Xiao Liu Qihua Lin Xiangqing*

(Shandong Provincial Engineering and Technology Research Center for Rice, Shandong Rice Research Institute, Jinan 250100, Shandong Province, China)

Abstract: To clarify the influence of paddy-upland rotation on soil-transmitted pests, diseases and peanuts yield, four types of treatments, including paddy-upland rotation without pesticides, paddy-upland rotation reduction pesticides, dry rotation with pesticides and dry rotation without pesticides (CK), were adopted. The occurrence of peanut pod rot, *Sclerotium* blight and grubs were investigated from 2014 to 2016, and peanut yield and its components were analyzed. The results showed that the disease index and morbidity of peanut pod rot from paddy-upland rotation without pesticides were 90.40% and 96.55% significantly lower than that of CK, the control efficacy achieved 96.34%, the control efficacy from paddy-upland rotation reduction pesticide was 81.49%, and the treatment of dry rotation with pesticides had no effect on control of peanut pod rot. There was no prevention and control effect on peanut *Sclerotium* blight in paddy-upland crop rotation and dry crop rotation with pesticides. The control efficacy of the non-pesticide application in paddy-upland rotation and pesticide-reducing in paddy-upland rotations treatments to peanut grubs were 63.80% and 65.50%, respectively, and the treatment of dry rotation with pesticides also had a good control efficacy of 66.20%. Compared with the conventional treatment of dry rotation with pesticide, the number of peanut pod per plant, pod weight per plant and yield

基金项目: 山东省农业科学院青年科研基金(2016YQN12), 山东省重点研发计划(2016GNC111005; 2017GNC11112)

*通信作者 (Author for correspondence), E-mail: linxq2012@163.com

收稿日期: 2017-07-10

from the treatment of paddy-upland rotation without pesticides significantly decreased by 15.03%, 12.14% and 6.33%, respectively; and the number of full pod per plant and kernel rate significantly increased by 13.88% and 3.01%, while the number of rhizobia increased by 166.22%. No significant differences were found in the number of peanut pod per plant, pod weight per plant, yield, kernel weight and kernel rate between the treatments of paddy-upland rotation reducing pesticides and conventional dry rotation with pesticide application; the number of full pod per plant significantly increased by 14.33% while the number of rhizobia significantly increased by 122.97%. The result indicated the paddy-upland rotation could control efficiently peanut pod rot and grubs, improve the peanut yield structure, while significantly increased the number of rhizobia.

Key words: paddy-upland rotation; peanut; grub; peanut pod rot; yield structure

花生是我国主要的油料作物和重要的食用植物蛋白来源,也是重要的出口创汇作物(陈少婷等,2010;王才斌等,2013)。我国花生种植面积达502万hm²,总产量达1 430万t,约占世界年产量的60%以上(李晓等,2011)。近年来,花生连年种植导致果腐病、白绢病、蛴螬等土传病虫害发生严重(李立杰,2015),花生果腐病一般发病田产量损失为15%左右,重病田可致绝收(李术臣等,2010);花生白绢病病原菌齐整小核菌 *Sclerotium rolfsii* 适应性强,在土壤中能存活多年(杨广玲等,2004);蛴螬不仅造成花生减产,而且导致品质变差,经济价值降低(段爱菊等,2011)。受环境条件的影响和制约,土传病虫害危害隐蔽且防控难,防治土传病虫害一直是花生生产中的难题(王辉等,2006)。当前的主要防控方法有选用抗耐病品种、药剂拌种以及土壤药剂处理和灌根,但防治效果均不理想,且容易对花生产生药害和导致农残超标。因此,制定生态、安全、高效的地下病虫害防控技术是当前花生生产迫切需要解决的问题。

水旱轮作是指水稻、水生蔬菜等水生农作物与旱作物轮换种植的一种耕作制度。水旱轮作不仅可以改善土壤理化性状,活化土壤养分,而且对土壤病虫害特别是土传病虫害具有明显的防控效果。目前,已有较多通过水旱轮作防控作物病虫害的研究报道,如洪文英等(2016)发现菜菱轮作对地下害虫防控效果十分显著;侯伟等(2015)认为白菜-水空心菜轮作和青菜-慈姑轮作可显著降低白菜软腐病和青菜根肿病的发病率和病情指数;郭靖等(2016)研究结果显示,在我国华南地区冬种马铃薯能够有效减少来年早稻田福寿螺的发生量,福寿螺成、幼螺平均减退率分别为76.79%和70.83%;棉花-水稻轮作可大幅提高土地产出率,减轻害虫为害(王景宏等,2008)。关于花生水旱轮作的相关报道多为科普

性栽培技术(周政法等,2008;徐国环和官国科,2011),而对水旱轮作模式下花生土传病虫害的发生特征及其机理尚未展开系统研究。

基于此,本研究针对山东省花生产区因连年种植导致病虫害加剧的现状,分析水旱轮作对花生土传病虫害、产量及其构成指标的影响,以期为花生病虫害的绿色防控和山东省花生产业的健康发展提供一定的数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料

供试作物:花生品种为花育22,由山东高远花生科技有限公司提供;水稻品种为圣稻2572,由山东省水稻研究所提供;小麦品种为济麦22,由山东鲁研农业良种有限公司提供。

供试药剂及化肥:50%多菌灵(carbendazim)可湿性粉剂,山东罗邦生物农药有限公司;50%氰戊·辛硫磷(phoxim)乳油,安阳市全丰农药化工有限责任公司。花生专用肥(氮、磷、钾总含量≥21%),河北绿丰肥业集团有限公司

1.2 方法

1.2.1 试验设计

田间试验于2014—2016年在山东省农业科学院饮马泉试验基地进行,土壤为沙壤土。根据山东花生主要种植模式和施药习惯,共设4种处理:(1)水旱轮作不施药处理:5月10日水稻育秧,6月20日插秧,翌年6月15日种植花生,10月15日种植小麦,小麦收获后再种植水稻,花生生长全生育期不施药;(2)水旱轮作减施药处理:作物种植顺序及种植日期同水旱轮作不施药处理,花生生长全生育期施农药量为常规用量的60%;(3)旱旱轮作常规施药处理:6月15日种植花生,10月15日种植小麦,翌年小麦收获后再种植花生,花生生长全生育期农药按常规用量

施用;(4)旱旱轮作不施药处理(CK):作物种植顺序及种植日期同旱旱轮作常规施药处理,花生生长全生育期不施农药,作为对照处理。每个小区面积为6 m×10 m,随机区组排列。重复3次。

试验田中水稻、小麦进行常规管理。常规栽培管理措施:起垄前均匀撒施花生专用肥1 125 kg/hm²(氮、磷、钾总含量≥21%),栽培过程中采用覆膜起垄种植,每垄2行,垄宽80 cm,行距32 cm,穴距16 cm。常规防控病虫害方法及药剂用量:播种前将约为种子量0.4%的50%多菌灵可湿性粉剂和种子量0.2%的50%辛硫磷乳油加适量水混匀拌种,晾干种皮后播种。全苗后用50%多菌灵可湿性粉剂1 000倍液喷雾,药液用量600 kg/hm²。

1.2.2 不同轮作处理后花生病虫害调查

本试验主要调查3种病虫害,包括花生果腐病、白绢病和地下害虫蛴螬。2015年8月15日采用对角线五点取样法(周如军等,2014),每点随机抽取80穴,取样深度约20 cm,调查病虫害严重度,计算病情指数。取样时将整穴花生连根拔出,并捡拾残留在土壤中的花生,一并放入网袋中。

病害调查:2种病害的发生等级参考Shokes et al.(1998)的方法并稍加修改:0级为不发病;1级为零星发病;2级为危害面积小于等于总调查量的1/4;3级为危害面积大于总调查量的1/4,小于等于总调查量的1/2;4级为危害面积大于总调查量的1/2。病情指数=Σ(各级病株数×病级数)/(调查总株数×最高病级数)×100;发病率=发病株数/调查总株数×100%;防控效果=(空白对照区平均发病率-处理区平均发病率)/空白对照区平均发病率×100%(管磊等,2016)

虫害调查:蛴螬为害的发生等级参考江玉萍等

(2013)和李晓等(2016)的方法并稍加修改:0级为荚果完整,无被害状;1级为荚果表皮有被害痕迹;2级为荚果有被害小洞,但果仁完整,不影响产量;3级为荚果有被害大洞,果仁被害1/2,影响产量;4级为荚果、籽仁均被害1/2以上。1株花生中受害最严重的荚果受害等级为该株花生的受害等级,荚果受害指数=Σ(各级受害株数×受害级别)/(调查总株数×最高受害级别)×100;虫害率=受害株数/调查总株数×100%;防控效果=(空白对照区平均虫害率-处理区平均虫害率)/空白对照区平均虫害率×100%。

1.2.3 花生产量相关指标测定

2015年于花生种植季成熟期每处理随机选取10株花生植株,重复3次,观察其性状,分别测定主茎高、株有效分枝数、株根瘤个数、株结果数、株饱果数、株果重、百仁重、出仁率等,每小区量取生长一致的4 m²区域收获花生荚果,待荚果晒干后称重,换算成标准含水量10%,计算产量。

1.3 数据分析

试验数据采用Excel 2003和SPSS 11.5进行统计分析,用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同轮作模式对花生病虫害的影响

不同轮作模式下花生果腐病的发病特征存在显著差异(表1)。其中水旱轮作不施药处理下的发病最轻,病情指数和发病率分别较对照处理显著降低90.40%和96.55%,防控效果达96.34%;其次是水旱轮作减施药处理,其病情指数和发病率分别较对照处理降低78.93%和81.49%,防控效果达81.49%;旱旱轮作常规施药处理的病情指数和发病率分别较对照处理提高208.75%和175.14%。

表1 不同轮作模式对花生果腐病的影响

Table 1 Incidence of peanut pod rot in different rotation modes

处理 Treatment	各发病等级株数					发病率 Incidence rate (%)	病情指数 Disease index	防控效果 Control efficacy (%)
	0	1	2	3	4			
水旱轮作不施药 Paddy-upland rotation without pesticides	82.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.53±0.31 c	0.48±0.21 c	96.34
水旱轮作减施药 Paddy-upland rotation reduction pesticides	72.4	1.4	0.6	0.0	0.2	2.68±1.41 c	1.06±0.22 c	81.49
旱旱轮作常规施药 Dry rotation with pesticides	60.0	27.0	9.2	4.4	2.4	39.84±8.26 a	15.53±3.12 a	-175.14
对照CK	78.8	10.2	3.6	0.6	0.6	14.48±5.38 b	5.03±0.14 b	-

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

不同轮作模式下花生白绢病均发病较轻。水旱轮作不施药、水旱轮作减施药和旱旱轮作常规施药处理下花生白绢病的病情指数和发病率均低于对照处理,且未达显著水平,说明水旱轮作对花生白绢病无防控效果(表2)。

不同轮作模式下花生遭受地下害虫蛴螬的为害

存在显著差异(表3)。为害最严重的为对照处理;经水旱轮作不施药和水旱轮作减施药处理后地下害虫蛴螬的虫害率和荚果受害指数与对照处理相比显著降低,对蛴螬的防控效果分别达63.80%和65.50%;旱旱轮作常规施药处理下花生遭受蛴螬的为害较轻,其防控效果达66.20%(表3)。

表2 不同轮作模式对花生白绢病的影响

Table 2 Influence of different rotation modes on peanut Sclerotium rolfsii

处理 Treatment	各发病等级株数 Plants of each incidence level					发病率 Incidence rate (%)	病情指数 Disease index	防控效果 Control efficacy (%)
	0	1	2	3	4			
水旱轮作不施药	82.0	2.6	0.2	0.0	0.0	2.97±0.65 a	0.80±0.17 a	-158.26
Paddy-upland rotation without pesticides								
水旱轮作减施药	72.4	3.0	0.0	0.2	0.0	3.26±0.68 a	0.95±0.37 a	-183.48
Paddy-upland rotation reduction pesticides								
旱旱轮作常规施药	103.0	2.2	0.4	0.0	0.0	2.33±0.19 a	0.67±0.11 a	-102.61
Dry rotation with pesticides								
对照 CK	88.4	1.4	0.0	0.0	0.0	1.15±0.22 a	0.52±0.06 a	-

表中数据为平均数±标准差。同列相同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异不显著。Data are mean±SE. The same letters in the same column indicate no significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

表3 不同轮作模式对花生蛴螬为害的影响

Table 3 Effects of different rotation patterns on the damage of peanut grubs

处理 Treatment	荚果受害等级株数 Plant number attacked by insect					虫害率 Injury rate (%)	荚果受害指数 Injury index	防控效果 Control efficacy (%)
	0	1	2	3	4			
水旱轮作不施药	80.2	3.8	0.2	1.2	0.4	3.62±0.45 b	2.10±0.20 b	63.80
Paddy-upland rotation without pesticides								
水旱轮作减施药	87.4	1.2	1.0	0.6	0.0	3.45±0.15 b	1.59±0.51 b	65.50
Paddy-upland rotation reduction pesticides								
旱旱轮作常规施药	103.0	4.0	0.2	0.2	1.0	3.38±1.42 b	1.30±0.36 b	66.20
Dry rotation with pesticides								
对照 CK	63.8	2.4	1.0	4.0	4.6	10.00±0.42 a	6.51±0.58 a	-

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

2.2 不同轮作模式对花生产量的影响

2.2.1 花生产量及其构成因素

水旱轮作不施药处理与旱旱轮作常规施药处理相比,株结果数、株果重和产量分别显著降低15.03%、12.14%和6.33%,但株饱果数和出仁率这2个产量结构相关性状显著提高13.88%和3.01%;水旱轮作减施药处理与旱旱轮作常规施药处理相比,株结果数、株果重、产量、百仁重和出仁率均无显著差异,但株饱果数显著提高14.33%;旱旱轮作常规施药处理在株结果数、株果重和产量方面表现优

于其它处理,但在株饱果数、百仁重、出仁率等品质相关性状方面表现较差。对照处理的各指标表现均较差(表4)。

2.2.2 花生部分生理指标表现

在各种轮作模式中,水旱轮作不施药处理与旱旱轮作常规施药处理相比,主茎高无显著差异,株有效分枝数显著降低12.94%,株根瘤个数显著提高166.22%;水旱轮作减施药处理与旱旱轮作常规施药处理相比,株有效分枝数降低9.85%,株根瘤个数显著提高122.97%;旱旱轮作常规施药处理的株有

效分枝数较其它处理显著提高,株根瘤个数显著降低(表5)。

表4 不同轮作模式对花生产量及其构成因素的影响

Table 4 Effects of different rotation modes on peanut yield and its constituent factors

处理 Treatment	株结果数 Pod number per plant	株饱果数 Full pod number per plant	株果重 Pod weight per plant (g)	百仁重 100-kernel weight (g)	出仁率 Kernel rate (%)	产量 Yield (t/hm ²)
水旱轮作不施药 Paddy-upland rotation without pesticides	19.61±0.59 b	17.56±0.92 a	21.21±1.03 b	75.78±2.22 a	72.79±1.19 a	4.88±0.31 b
水旱轮作减施药 Paddy-upland rotation reduction pesticides	21.00±0.88 ab	17.63±0.67 a	22.50±1.09 ab	72.04±3.92 ab	72.12±0.52 ab	5.04±0.60 ab
旱旱轮作常规施药 Dry rotation with pesticides	23.08±1.23 a	15.42±0.42 c	24.14±1.39 a	70.01±1.14 ab	70.66±0.55 b	5.21±0.30 a
对照 CK	18.62±0.45 b	16.42±0.51 b	18.93±1.04 c	68.45±1.01 b	71.54±1.46 ab	4.07±0.40 c

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

表5 不同轮作模式对花生部分生长指标的影响

Table 5 Comparison of growth indicators of peanut in different rotation modes

处理 Treatment	主茎高 Main stem height (cm)	株有效分枝数 Branch number per plant	株根瘤个数 Root nodule number per plant
水旱轮作不施药 Paddy-upland rotation without pesticides	46.67±2.13 a	7.60±0.57 b	9.85±0.81 a
水旱轮作减施药 Paddy-upland rotation reduction pesticides	48.60±1.76 a	7.87±0.33 b	8.25±0.73 ab
旱旱轮作常规施药 Dry rotation with pesticides	47.70±3.24 a	8.73±0.32 a	3.70±0.55 c
对照 CK	44.93±1.41 b	7.63±0.47 b	7.38±0.43 b

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

轮作是我国农业生产中最主要的一种种植模式,其具有调节土壤肥力、均衡利用土壤养分(钱晨晨等,2017)和防治病虫草害等作用(孙跃春等,2012)。水旱轮作能改善土壤的通气性,消除有毒物质,有利于有益生物的繁殖活动,能增加土壤微生物的数量及其活性(徐幼平等,2013)。洪文英等(2016)研究表明,水旱轮作模式在防治作物地下病虫害的方面效果显著。本试验也获得类似结果,水旱轮作模式对花生果腐病防控效果高达96.34%,发病率控制在3%以下,明显优于常规施药处理,这可能由于该模式通过种植水稻在土壤中创造了厌氧环境,而诱发花生果腐病的病菌包括镰刀菌等多为好氧菌(于洪宝和马春荣,2009),无法在厌氧环境中长期生存。本研究中常规施药处理对果腐病无防控效果,说明化学药剂多菌灵可能无法抑制镰刀菌的生存和繁殖。

本研究中,水旱轮作处理和常规施药处理对花生白绢病均无防控效果,可能是诱发花生白绢病的病原菌齐整小核菌对厌氧环境不敏感(傅俊范等,2014),且化学药剂多菌灵对其也无防控效果。孙天福等(1993)研究表明,水稻-花生轮作可明显降低蛴螬为害程度,这与本研究中水旱轮作处理对地下害虫蛴螬具有较理想的防控效果的结论一致,可能因为在水旱轮作模式下水稻季通过灌水形成保水层在土壤中创造了厌氧环境,对蛴螬种群不利。

刘桢(2014)发现,与红壤旱地相比,水旱轮作地区的花生荚果产量要高出18.1%~72.3%,籽仁产量高出19.3%~76.7%,且总分枝数、荚果饱满程度都优于红壤旱地。与本研究结果类似,即水旱轮作处理株饱果数、百仁重、出仁率等产量结构指标均优于常规施药处理,说明水旱轮作模式有利于花生产量结构的改善和外观品质的提升(王兴祥等,2010)。本研究中水旱轮作处理在株有效分枝数、株结果数、株果重和产量等方面表现要稍差于常规施药处理,与

刘桢(2014)的结论存在差异,这可能是由于本试验水旱轮作处理时间较短,其改土肥田效应还未完全显现出来,也可能与二者试验地土壤、气候等条件差异有关,具体原因还有待于进一步研究。

周克瑜等(1998)认为,由于根瘤菌的繁殖和生存需要氧气,水旱轮作模式因减少了土壤中的氧气含量,会减弱根瘤菌的活动和固氮能力,而本试验结果表明,水旱轮作处理没有减弱根瘤菌的活动能力,反而促进了根瘤菌的繁殖,提高了其生存能力,原因可能有2个方面,一是水旱轮作处理减少了农药的施用量,改善了根瘤菌的繁殖生存环境,二是水旱轮作通过种植水稻形成厌氧环境,消除还原有毒物质,本试验所用土壤为旱地土壤,尚未形成犁底层,无法长期保水,水稻季采取的灌水方式为间歇式灌水,土壤中形成的短期厌氧环境未对根瘤菌的生存构成不良影响。

参考文献 (References)

- Chen ST, Zheng YX, He B, Huang XW, Ge FQ. 2010. The strategic position of modern peanut industry. *Guangdong Agricultural Sciences*, 37(4): 48–49 (in Chinese) [陈少婷, 郑奕雄, 何斌, 黄湘文, 葛孚桥. 2010. 论现代花生产业的战略地位. 广东农业科学, 37(4): 48–49]
- Duan AJ, Han RH, Wang LX, Wang SZ, Liu ST. 2011. Experiment of different pesticides on preventing and controlling underground pests in peanut field. *Journal of Peanut Science*, 40(4): 37–40 (in Chinese) [段爱菊, 韩瑞华, 王利霞, 王淑枝, 刘顺通. 2011. 不同药剂拌种对花生地下害虫的防治试验. 花生学报, 40(4): 37–40]
- Fu JF, Liu B, Zhou RJ, Wang SW. 2014. Identification of biological characteristics of *Sclerotium rolfsii* causing peanut stem rot in Liaoning Province. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 36(5): 635–640 (in Chinese) [傅俊范, 刘波, 周如军, 王思文. 2014. 辽宁花生白绢病病原鉴定及其生物学研究. 中国油料作物学报, 36(5): 635–640]
- Guan L, Guo BB, Wang XK, Li BX, Zhang DX, Liu F. 2016. Seed-coating treatment of four fungicides against peanut crown rot and root rot diseases. *Journal of Plant Protection*, 43(5): 842–849 (in Chinese) [管磊, 郭贝贝, 王晓坤, 李北兴, 张大侠, 刘峰. 2016. 苯醚甲环唑等杀菌剂包衣种子防治花生冠腐病和根腐病. 植物保护学报, 43(5): 842–849]
- Guo J, Luo H, Zhang JE, Luo MZ, Zhao BL. 2016. Effects of paddy-upland rotation on control of *Pomacea canaliculata* and rice yield. *Journal of South China Agricultural University*, 36(1): 48–53 (in Chinese) [郭靖, 罗颖, 章家恩, 罗明珠, 赵本良. 2016. 水旱轮作防控福寿螺的效果及对水稻产量的影响. 华南农业大学学报, 36(1): 48–53]
- Hong WY, Wu YJ, Wang AJ, Zhu XY. 2016. Decomposition effect and comprehensive benefit evaluation of vegetables-water caltrop rotation for continuous cropping obstacle. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 57(10): 1715–1717 (in Chinese) [洪文英, 吴燕君, 汪爱娟, 朱徐燕. 2016. 菜-菱水旱轮作对连作障碍的消解效应及综合效益评价. 浙江农业科学, 57(10): 1715–1717]
- Hou W, Cheng HG, Jing WM, Xin X, Shi WZ. 2015. Effect of paddy-upland rotation on relieving continuous cropping obstacle in greenhouse vegetable cultivation. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 61(1): 72–74 (in Chinese) [侯伟, 程海刚, 景炜明, 辛鑫, 史卫中. 2015. 水旱轮作栽培对缓解设施蔬菜连作障碍的影响. 陕西农业科学, 61(1): 72–74]
- Jiang YP, Ju Q, Jiang XJ, Zhao ZQ, Li X, Lü JJ, Jiang YS, Ni WL, Chen ZD, Wang GT. 2013. Survey of peanut yield loss caused by white grub and its effect factors analysis. *Journal of Peanut Science*, 42(4): 42–46 (in Chinese) [江玉萍, 鞠倩, 姜晓静, 赵志强, 李晓, 吕敬军, 姜言生, 倪婉莉, 陈志德, 王国桐. 2013. 蚜螬危害花生产量损失调查及发生因子分析. 花生学报, 42(4): 42–46]
- Li LJ. 2015. Causes of peanut continuous cropping obstacle and prevention and control technology in Xingcheng City. *Modern Agricultural Science and Technology*, (9): 49–50 (in Chinese) [李立杰. 2015. 兴城市花生连作障碍发生原因及防控技术. 现代农业科技, (9): 49–50]
- Li SC, Jia HM, Zhao JY, Chen D. 2011. Pathogens identification and pathogenicity of peanut pod rot in Hebei Province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(5): 37–39 (in Chinese) [李术臣, 贾海民, 赵聚莹, 陈丹. 2011. 河北省花生果腐病病原鉴定及致病性研究. 河北农业科学, 15(5): 37–39]
- Li X, Gong QX, Ju Q, Jiang XJ, Zhao ZQ, Chen QS, Qu MJ. 2011. Preliminary study on control effect of new low-toxic pesticides against peanut underground pests. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 23(5): 94–96 (in Chinese) [李晓, 宫清轩, 鞠倩, 姜晓静, 赵志强, 陈全森, 曲明静. 2011. 新型低毒杀虫剂防治花生地下害虫初步研究. 江西农业学报, 23(5): 94–96]
- Li X, Shi CR, Ju Q, Jiang XJ, Qu MJ, Su WH, Chen HL, Zuo LH. 2016. Study on peanut yield loss caused by grubs and its economic threshold 李晓 2016. *Journal of Peanut Science*, 45(2): 54–57 (in Chinese) [李晓, 石程仁, 鞠倩, 姜晓静, 曲明静, 苏卫华, 陈浩梁, 左羚华. 2016. 蚜螬为害花生的产量损失及经济阈值研究. 花生学报, 45(2): 54–57]
- Liu Z. 2014. Growth and development and yield of different peanut cultivars grown in paddy-upland crops rotation soil and upland red earth soil. Master Thesis. Changsha: Agricultural University of Hunan (in Chinese) [刘桢. 2014. 不同花生品种在水旱轮作地和红壤旱地的生长发育和产量差异. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学]
- Qian CC, Huang GQ, Zhao QG. 2017. Application advance of rotation fallow system in China. *Journal of Agriculture*, 7(3): 37–41 (in Chinese) [钱晨晨, 黄国勤, 赵其国. 2017. 中国轮作休耕制度的应用进展. 农学学报, 7(3): 37–41]
- Shokes FM, Weber Z, Gorbet DW, Pudelko HA, Taczanowski M. 1998. Evaluation of peanut genotypes for resistance to southern stem rot

- using an agar disk technique. Peanut Science, 25: 12–17
- Sun TF, Liu MF, Guan GK, Wu GT. 1993. Effect of peanut-rice rotation on soil improvement. Soils, (4): 219–221 (in Chinese) [孙天福, 刘明富, 官国科, 吴根堂. 1993. 花生-水稻轮作的改土效应. 土壤, (4): 219–221]
- Sun YC, Chen JT, Guo LP, Zhu BC. 2012. Control of medicinal plant soil-borne diseases by crop rotation: a review. Modern Chinese Medicine, 14(10): 37–41 (in Chinese) [孙跃春, 陈景堂, 郭兰萍, 朱宝成. 2012. 轮作用于药用植物土传病害防治的研究进展. 中国现代中药, 14(10): 37–41]
- Wang CB, Zheng YP, Liang XY, Wang JG, Zheng YM, Sun XW, Feng H, Wu ZF, Sun KX. 2013. Effects of fertilization on soil fertility indices and yield of dry-land peanut. Acta Ecologica Sinica, 33 (4): 1300–1307 (in Chinese) [王才斌, 郑亚萍, 梁晓艳, 王建国, 郑永美, 孙学武, 冯昊, 吴正峰, 孙奎香. 2013. 施肥对旱地花生主要土壤肥力指标及产量的影响. 生态学报, 33(4): 1300–1307]
- Wang H, Shi YM, Xu DK. 2006. Control effect of 5% diazinon GR on underground pests of peanut. Journal of Peanut Science, 35(1): 38–40 (in Chinese) [王辉, 石延茂, 徐德坤. 2006. 5% 二嗪磷颗粒剂对花生地下害虫防治效果简报. 花生学报, 35(1): 38–40]
- Wang JH, Wang K, Zuo WH. 2008. Studies on cotton-rice rotation in the coastal area of Jiangsu Province. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 24(6): 797–799 (in Chinese) [王景宏, 王凯, 左文慧. 2008. 江苏省沿海地区棉花-水稻轮作研究. 江苏农业学报, 24 (6): 797–799]
- Wang XX, Zhang TL, Dai CC. 2010. Advance in mechanism and countermeasures of peanut succession monocropping obstacles. Soils, 42(4): 505–512 (in Chinese) [王兴祥, 张桃林, 戴传超. 2010. 连作花生土壤障碍原因及消除技术研究进展. 土壤, 42(4): 505–512]
- Xu GH, Guan GK. 2011. Plastic filming of peanut-hybrid late rice-winter cabbage efficient cultivation techniques. China Seed Industry, (7): 57–58 (in Chinese) [徐国环, 官国科. 2011. 地膜花生-杂交晚稻-冬菜水旱轮作高效种植技术. 中国种业, (7): 57–58]
- Xu YP, Cai XZ, Zhu XX. 2013. Comparative analysis of microbial community structures in soils from rice-upland crop rotation fields by PLFA profile technique. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 25 (5): 1056–1061 (in Chinese) [徐幼平, 蔡新忠, 祝小祥. 2013. 水旱作物轮作田块土壤中微生物群落结构的PLFA法比较分析. 浙江农业学报, 25(5): 1056–1061]
- Yang GL, Wang JX, Liu W. 2004. Influence of 9 herbicides on peanut pathogen *Sclerotium rolfsii*. Journal of Plant Protection, 31(4): 406–410 (in Chinese) [杨广玲, 王金信, 刘伟. 2004. 9种除草剂对花生白绢病病菌的影响. 植物保护学报, 31(4): 406–410]
- Yu HB, Ma CR. 2009. Research progress on *Fusarium* mycotoxins in cereals. Grain and Oil Storage Technology Communications, 25 (4): 49–51 (in Chinese) [于洪宝, 马春荣. 2009. 谷物中镰刀菌属真菌毒素研究进展. 粮油仓储科技通讯, 25(4): 49–51]
- Zhou KY, Shi SL, Du LJ, Cao YC, Sun GQ, Xing GX. 1998. Variations of $\delta^{15}\text{N}$ value in shoots, roots and nodules of N₂-fixing plants. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 12(2): 105–111 (in Chinese) [周克瑜, 施书莲, 杜丽娟, 曹亚澄, 孙国庆, 邢光熹. 1998. 豆科固氮植物植株茎叶、根和根瘤的 $\delta^{15}\text{N}$ 值变异. 核农学报, 12(2): 105–111]
- Zhou RJ, Xu Z, Wang DZ, Yang FY, Xue CY, Fu JF. 2014. Occurrence and epidemic dynamics of early leaf spot of peanut in Liaoning Province. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 36(4): 533–537 (in Chinese) [周如军, 徐喆, 王大洲, 杨凤艳, 薛彩云, 傅俊范. 2014. 辽宁花生褐斑病发生及时间流行动态模型研究. 中国油料作物学报, 36(4): 533–537]
- Zhou ZF, Zhao H, Hu GH, Chen XZ. 2008. Peanut-rice efficient cultivation techniques. New Countryside, (4): 15 (in Chinese) [周政法, 赵洪, 胡国海, 陈新招. 2008. 花生-水稻复种高效栽培技术. 新农村, (4): 15]

(责任编辑:王璇)