

小麦间作玉米和豆类对白粉病的控制效果

武英鹏, 原宗英, 刘敏捷, 张治家, 侯 玉, 唐翼锋

山西农业大学植物保护学院/农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 山西 太原

收稿日期: 2021年10月15日; 录用日期: 2021年11月15日; 发布日期: 2021年11月22日

摘 要

为明确基于物种多样性原理的小麦白粉病防控技术, 2017~2019年, 在农业部太原作物有害生物科学观测实验站, 进行了小麦间作玉米和豆类作物控制小麦白粉病试验。结果表明, 小麦间作玉米和豆类可以降低小麦白粉病发生过程病茎率和最终严重度。当单作区小麦白粉病病茎率达100%时, 小麦间作玉米、青豆、黑豆的白粉病病茎率分别比单作小麦区下降61.25%、5.50%、14.00%。总体看, 间作行数增加病茎率下降。间作玉米区和大豆区小麦旗叶严重度较单作区分别下降10.05%和10.37%, 倒二叶严重度较单作区分别下降13.91%和20.49%, 倒三叶严重度较单作区分别下降32.00%和32.21%。T检验表明, 间作玉米区和单作区比较, 小麦倒三叶严重度在0.05水平差异显著($p < 0.05$)。旗叶和倒二叶差异不显著。间作大豆区和单作区比较, 小麦倒二叶严重度在0.05水平差异显著($p < 0.05$)。旗叶和倒三叶差异不显著。间作玉米区和间作大豆区相比, 小麦上三叶严重度差异都不显著。干旱条件下间作玉米和间作大豆相比对小麦白粉病最终严重度的降低优势不突出。间作玉米区、大豆区较单作区对小麦白粉病的相对防效, 旗叶为21.88%、22.58%, 倒二叶为20.61%、30.36%, 倒三叶为45.10%、45.39%。

关键词

生物多样性, 物种多样性, 小麦白粉病, 间作

Control Effect of Intercropping Using Maize and Legumes against Wheat Powdery Mildew

Yingpeng Wu, Zongying Yuan, Minjie Liu, Zhijia Zhang, Yu Hou, Yifeng Tang

College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University/Key Laboratory of Agricultural Integrated Pest Management in Shanxi, Taiyuan Shanxi

Received: Oct. 15th, 2021; accepted: Nov. 15th, 2021; published: Nov. 22nd, 2021

文章引用: 武英鹏, 原宗英, 刘敏捷, 张治家, 侯玉, 唐翼锋. 小麦间作玉米和豆类对白粉病的控制效果[J]. 农业科学, 2021, 11(11): 1005-1012. DOI: 10.12677/hjas.2021.1111135

Abstract

In order to make clear the control effect of intercropping using maize and Legumes against wheat powdery mildew based on the principle of species diversity, in 2017~2019, at crop pest scientific observation and experiment station in Taiyuan, Ministry of Agriculture, disease control experiments of wheat intercropped with maize and legumes were carried out. The result showed that wheat intercropped with maize and legumes can reduce diseased stem rate in the process of occurrence and final severity of powdery mildew. When the diseased stem rate of wheat powdery mildew in monocropping plot reached 100%, the percentage of it in intercropping maize, green bean and black bean plot decreased by 61.25%, 5.50% and 14.00%, respectively. In general, the number of intercropping lines increased and the percentage of diseased stems decreased. Compared with monocropping plot, the severity of the flag leaf in intercropping maize plot and soybean plot decreased 10.05% and 10.37%, respectively. The severity of the second leaf decreased 13.91% and 20.49%, respectively. The severity of the third leaf decreased 32.00% and 32.21%, respectively. The t-test showed that the difference of severity of the third leaf between intercropping maize plot and monocropping plot was significant at 0.05 level ($p < 0.05$). There was no significant difference of the flag leaf and the second leaf of it. Comparing the intercropping soybean plot and monocropping plot, there was significant difference in severity between the second leaf at 0.05 level ($p < 0.05$). There was no significant difference of the flag leaf and the third leaf of it. Comparing the intercropping maize plot and intercropping soybean plot, the difference of severity was not significant. Under drought conditions, intercropped maize is compared to intercropped soybeans. The advantage of reducing the final severity of wheat powdery mildew was not obvious. Comparing the intercropping maize plot, soybean plot and monocropping plot, the relative control effect on wheat powdery mildew of the flag leaves was 21.88% and 22.58%, respectively. The second leaf of it was 20.61% and 30.36%, respectively. The third leaf of it was 45.10% and 45.39%, respectively.

Keywords

Biodiversity, Species Diversity, Wheat Powdery Mildew, Intercropping

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

小麦白粉病是专性寄生菌 *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* 导致的小麦生产上常发气传病害。培育和种植抗性品种以及化学防治仍然是目前的主要防控方法。化学防治导致的病原菌抗药性和环境问题日显突出。随着公众对健康和面粉品质的日益关注，急需采取各种“非农药”防治手段控制有害生物。减少或杜绝农用化学品投入，促进生态农业的发展。

国内基于物种多样性原理的控病技术已有相关报道。内容涉及玉米和辣椒多样性间作、玉米和魔芋多样性间作、麦类和蚕豆多样性间作、玉米和马铃薯多样性间作等[1]。小麦与其它作物间作方面，曹世勤[2]进行了感病小麦生产品种与其它作物(玉米、油菜、马铃薯、辣椒)间种防治小麦条锈病和白粉病研究。结果表明，小麦与玉米间种处理，对条锈病和白粉病的相对防效分别在 16.73%~45.69%和 14.74%~36.99%。小麦与油菜间种处理，对条锈病和白粉病的相对防效分别在 5.89%~28.86%和

11.74%~18.37%。认为小麦与玉米、小麦与油菜间作模式在甘肃陇南值得推广利用。雷雨[3]研究报道,在雅安地区,小麦/蚕豆、小麦/蒜白粉病病指较小麦净作分别降低了 19.62%和 58.74%。在简阳地区,小麦间作蚕豆、豌豆、马铃薯白粉病病指较小麦净作分别降低了 54.26%、49.42%、27.07%。彭化贤[4]等试验认为,小麦与大麦间栽能有效地控制小麦条锈病的发生,延缓发病期 3~10 d。间栽对小麦白粉病控制效果为 19.50%~21.70%。乔鹏[5]等研究认为,小麦蚕豆间作条件下小麦白粉病发病率及病情指数均低于单作,各抗性品种相对防效在 0.76%~81.49%之间,以分蘖期的控病效果最好。肖靖秀[6]等报道认为,间作套种在抗病虫害方面具有优势,已成为生物防治病虫害综合体系中的重要技术措施。有关基于物种多样性原理控制小麦白粉病的技术在山西省的应用效果未见报道。

2017~2019 年,本研究结合当地种植习惯开展了小麦间作玉米、豆类控制白粉病方面试验,以期对基于物种多样性原理控制小麦白粉病的技术提供借鉴。

2. 材料和方法

2.1. 试验地概况

试验地位于山西省晋中市榆次区东阳镇东阳村的农业部太原作物有害生物科学观测实验站(N: 112°40'E; 37°32'N, 海拔 799.4~804.6 m)。年平均气温 9.7℃。年平均降水量 440.7 mm。地势平坦,土壤肥力中等均衡,常年施有机肥和复合肥,常种作物小麦。灌溉便利,属于小麦白粉病常发地。在小麦整个生长季节,施肥、灌溉、除草等同当地大田,试验地未用其他措施防治病虫害。试验地为一独立的种植空间,周边为其它农作物和果园。

2.2. 供试品种

2.2.1. 小麦品种

晋麦 66 号[7],高感白粉病,山西省农业科学院作物科学研究所供种。

2.2.2. 玉米品种

大丰 3306,山西大丰种业有限公司供种。

2.2.3. 豆类品种

2017 年大豆:辽豆 34,辽宁省沈阳市大丰种业开发有限公司供种;黑豆:黑珍珠,辽宁省铁岭市于氏种子有限公司供种;青豆:于之秀翠绿,辽宁省铁岭市于氏种子有限公司供种;2018 年大豆:晋科 2 号,山西省农业科学院作物科学研究所供种。

2.3. 田间试验设计

2.3.1. 小麦间作玉米

2017 年试验:2017 年 9 月 30 日播种小麦,预留次年玉米间作区。2018 年 6 月 25 日小麦收获。设小麦间作玉米 2 行区、3 行区、4 行区、5 行区 4 个处理,玉米小区面积:2 行区 0.9 m×10 m,3 行区 1.5 m×10 m,4 行区 2 m×10 m,5 行区 2.5 m×10 m。每一处理种 3 组,重复 3 次。小麦小区面积:2.5 m×10 m,条播,行距 50 cm,每小区用种量 375 g;在试验区外围设同一小麦品种保护区。在上年预留的间作区,2018 年 4 月 16 日播种玉米。穴播 1~2 粒,株距 20 cm,行距 50 cm,出苗后每穴留单株。

2018 年试验:2018 年仅设小麦间作玉米 4 行区。2018 年 10 月 10 日播种小麦,预留间作玉米 4 行区。2019 年 6 月 26 日小麦收获。2019 年 4 月 23 日在预留区播种玉米。方法同 2017 年试验。每一处理种 3 组,重复 3 次。在试验区外围设同一小麦品种保护区。

2.3.2. 小麦间作豆类

2017 年试验: 2017 年 9 月 30 日播种小麦, 预留下年豆类间作区。小麦小区面积: $2.5\text{ m} \times 10\text{ m}$, 条播, 行距 50 cm , 每小区用种量 375 g ; 2018 年 4 月 16 日播种豆类, 大豆设 2 行区、3 行区、4 行区、5 行区 4 个处理, 青豆设 2 行区、4 行区、6 行区、7 行区 4 个处理, 黑豆设 4 行区、5 行区 2 个处理。穴播 1~2 粒, 株距 10 cm , 行距 40 cm , 出苗后每穴留单株。每一处理种 3 组, 重复 3 次。小区面积: 2 行区 $0.9\text{ m} \times 10\text{ m}$, 3 行区 $1.3\text{ m} \times 10\text{ m}$, 4 行区 $1.7\text{ m} \times 10\text{ m}$, 5 行区 $2.1\text{ m} \times 10\text{ m}$, 6 行区 $2.5\text{ m} \times 10\text{ m}$, 7 行区 $3.3\text{ m} \times 10\text{ m}$ 。在试验区外围设同一小麦品种保护区。

2018 年试验: 小麦播种时间同 2.3.1, 仅设小麦间作大豆 5 行区, 预留下年大豆间作区。2019 年 4 月 23 日播种大豆。方法同 2017 年试验。每一处理种 3 组, 重复 3 次。在试验区外围设同一小麦品种保护区。

2.4. 调查方法

小麦白粉病病情调查

小麦白粉病菌通过高感品种诱发感染获得。

1) 病茎率调查

各间作区和对照区(小麦单作区)采用大五点取样, 每点 20 茎, 共 100 茎。按下式计算病茎率:

$$\text{病茎率} = \text{发病茎数} / \text{调查总茎数} \times 100\%。$$

当单作区病茎率达 100% 时, 调查间作玉米区、间作豆类区小麦白粉病病茎率。

2) 严重度调查

调查方法: 间作玉米区、间作豆类区、单作区, 各自大五点取样, 每点 20 株, 计 100 株。于小麦灌浆期植株上部 3 片叶保绿显症时挂牌定点观察, 记载小麦旗叶、倒二叶、倒三叶最终严重度[8]。

3) 相对防效(%)调查

根据间作区和单作区最终严重度计算小麦间作玉米、豆类对小麦白粉病的相对防效。

$$\text{相对防效}(\%) = (\text{单作区严重度均值} - \text{间作区严重度均值}) / \text{单作区严重度均值} \times 100\%。$$

2.5. 数据处理与分析方法

病茎率的统计按常规百分数数据记载。严重度平均值参照朱孝达[9]的方法进行数据处理, 用平均值 $\pm$ 标准差表示。采用 T 检验进行间作严重度成组数据平均值比较。Microsoft Excel 制表作图。

3. 结果和分析

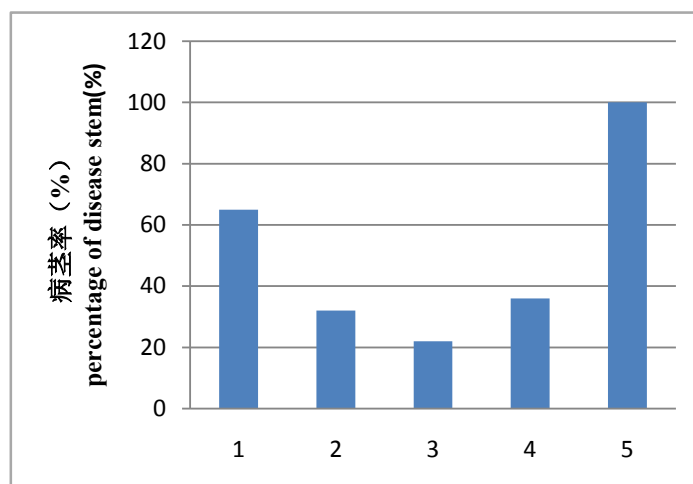
3.1. 小麦间作玉米对小麦白粉病病茎率的影响

2018 年 5 月 17 日调查, 单作区小麦白粉病病茎率为 100.00%。小麦间作玉米 2 行区、3 行区、4 行区、5 行区小麦白粉病病茎率分别为 65.00%、32.00%、22.00%、36.00%。分别比小麦单作区下降 35.00%、68.00%、78.00%、64.00%。本次试验除间作 5 行区较 4 行区病茎率上升 14.00% 外, 随间作行数增加病茎率均下降。结果见图 1。

3.2. 小麦间作豆类对小麦白粉病病茎率的影响

2018 年 5 月 16~17 日调查小麦单作区病茎率为 100.00%。间作黑豆 4 行区、5 行区小麦白粉病病茎率分别为 99.00%、73.00%, 比小麦单作区分别下降 1.00%、27.00%。间作青豆 6 行区、7 行区小麦白粉

病病茎率分别为 98.00%、91.00%，比小麦单作区分别下降 2.00%、9.00%。2018 年 5 月 29 日~6 月 1 日调查间作豆类区小麦白粉病进一步侵染情况。单作区病茎率为 100.00%。间作大豆 2 行区、3 行区、4 行区、5 行区病茎率分别为 100.00%、100.00%、97.00%、100.00%，间作青豆 2 行区、4 行区、6 行区、7 行区均达 100.00%。由此可见，间作豆类可以降低小麦白粉病发生过程的病茎率。总体看间作行数增加病茎率下降。对后期病茎率降低效果不佳。结果见图 2、图 3。

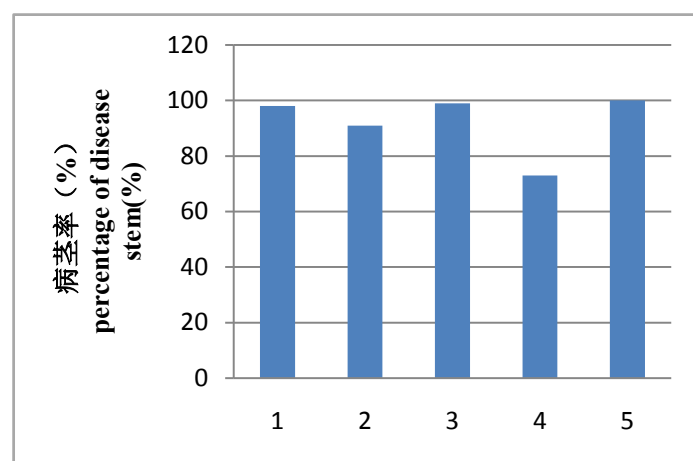


注：1 玉米 2 行区；2 玉米 3 行区；3 玉米 4 行区；4 玉米 5 行区；5 单作小麦区

Notes: 1 Maize 2 lines; 2 Maize 3 lines; 3 Maize 4 lines; 4 Maize 5 lines; 5 Monocropping

Figure 1. Effect of wheat-maize intercropping on the percentage of wheat powdery mildew stem (%)

图 1. 小麦间作玉米对白粉病病茎率的影响

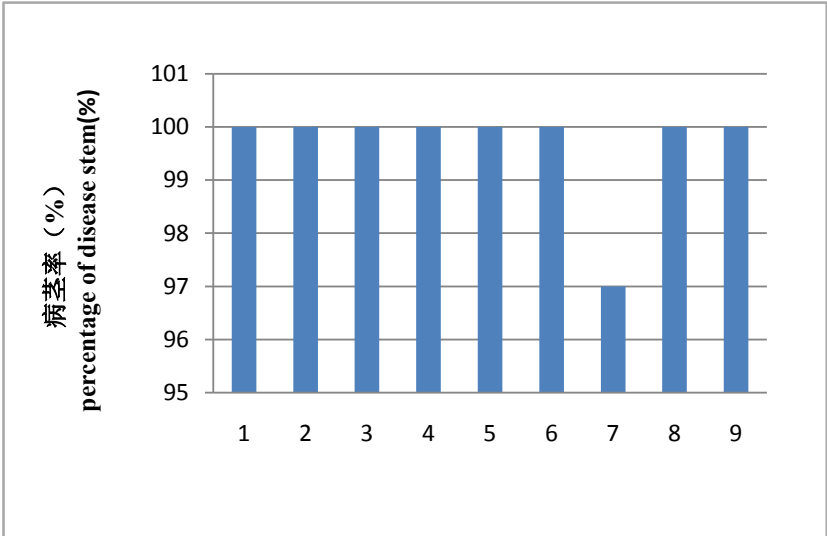


注：1 青豆 6 行区；2 青豆 7 行区；3 黑豆 4 行区；4 黑豆 5 行区；5 单作小麦区

Notes: 1 Green bean 6 lines; 2 Green bean 7 lines; 3 Black bean 4 lines; 4 Black bean 5 lines; 5 Monocropping

Figure 2. Effect of wheat-legumes intercropping on the percentage in the process of wheat powdery mildew diseased stem (%)

图 2. 小麦间作豆类对小麦白粉病发生过程病茎率的影响



注：1 青豆 2；2 青豆 4；3 青豆 6；4 青豆 7；5 大豆 2；6 大豆 3；7 大豆 4；8 大豆 5；9 单作小麦区
Notes: 1 Green bean 2 lines; 2 Green bean 4 lines; 3 Green bean 6 lines; 4 Green bean 7 lines; 5 Soybean 2 lines; 6 Soybean 3 lines; 7 Soybean 4 lines; 8 Soybean 5 lines; 9 Monocropping plot

Figure 3. Effect of wheat-Legumes intercropping on the percentage of wheat powdery mildew diseased stem in the late
图 3. 小麦间作豆类对小麦白粉病后期病茎率的影响

3.3. 小麦间作玉米和大豆对不同叶位小麦白粉病最终严重度(%)和相对防效(%)的影响

2019 年 6 月 19 日调查结果表明，小麦间作白粉菌非寄主作物玉米和大豆可以降低小麦白粉病最终严重度。间作玉米区和大豆区旗叶严重度较单作区分别下降 10.05%、10.37%，倒二叶严重度较单作区分别下降 13.91%、20.49%，倒三叶严重度较单作区分别下降 32.00%、32.21%。T 检验表明，间作玉米区和单作区比较，倒三叶严重度差异显著($p < 0.05$)。旗叶和倒二叶严重度差异不显著。间作大豆区和单作区比较，倒二叶严重度差异显著($p < 0.05$)。旗叶和倒三叶严重度差异不显著。间作玉米区和间作大豆区相比，同一叶位小麦白粉病最终严重度差异不显著。间作玉米区、大豆区较单作区对小麦白粉病的相对防效，旗叶分别为 21.88%、22.58%，倒二叶分别为 20.61%、30.36%，倒三叶分别为 45.10%、45.39%。结果见表 1、表 2、表 3。

Table 1. T-test of the final severity (%) of different leaf positions in the same period in the intercropping maize and monocropping plots

表 1. 间作玉米区与单作区同期不同叶位最终严重度(%)T 检验和相对防效(%)

叶位	单作区	间作玉米区	t	相对防效(%)
Leaf Position	Monocropping plot	Intercropping maize plot		
1	45.93 ± 11.87	35.88 ± 29.10	0.715	21.88
2	67.48 ± 8.31	53.57 ± 22.42	1.164	20.61
3	70.96 ± 2.70	38.96 ± 17.62	3.279	45.10

注： $t_{0.05(7)} = 2.365$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(7)} = 3.499$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。
Notes: $t_{0.05(7)} = 2.365$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(7)} = 3.499$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。

Table 2. T-test of the final severity (%) of different leaf positions in the same period in the intercropping soybean and monocropping plots**表 2.** 间作大豆区与单作区同期不同叶位最终严重度(%)T 检验和相对防效(%)

叶位	单作区	间作大豆区	t	相对防效(%)
Leaf Position	Monocropping plot	Intercropping soybean plot		
1	45.93 ± 11.87	35.56 ± 22.63	0.811	22.58
2	67.48 ± 8.31	46.99 ± 12.73	2.696	30.36
3	70.96 ± 2.70	38.75 ± 23.23	0.086	45.39

注: $t_{0.05(7)} = 2.365$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(7)} = 3.499$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。

Notes: $t_{0.05(7)} = 2.365$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(7)} = 3.499$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。

Table 3. T-test of the final severity (%) of different leaf positions in the same period in the intercropping maize and intercropping soybean plots**表 3.** 间作玉米区与大豆区同期不同叶位最终严重度(%) T 检验

叶位	间作玉米区	间作大豆区	t
Leaf Position	Intercropping maize plot	Intercropping soybean plot	
1	35.88 ± 29.10	35.56 ± 22.63	0.017
2	53.57 ± 22.42	46.99 ± 12.73	0.51
3	38.96 ± 17.62	38.75 ± 23.23	0.013

注: $t_{0.05(6)} = 2.447$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(6)} = 3.707$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。

Notes: $t_{0.05(6)} = 2.447$, $t_{0.05(8)} = 2.306$, $t_{0.01(6)} = 3.707$, $t_{0.01(8)} = 3.355$ 。

4. 讨论

小麦/玉米、小麦/豆类间作代表了禾本科/禾本科、禾本科/豆科两种间作方式,在干物质积累和肥料利用方面均有间作优势[9] [10] [11] [12]。基于生物多样性中物种多样性控病原理的小麦间作白粉菌非寄主作物方面,按本试验所试间作行数,小麦间作玉米和豆类可以降低小麦白粉病发生过程中的病茎率和最终严重度。其中,间作玉米区较单作区小麦白粉病病茎率下降 35.00%~64.00%,最终严重度下降 10.05%~32.00%。间作豆类区较单作区小麦白粉病病茎率下降 1.00%~27.00%,最终严重度下降 10.37%~32.21%。与国内同类研究基于病情指数的统计方法有所不同,本试验基于小麦上三叶最终严重度统计病情,但都证明了间作的控病效果。

2019 年春旱,导致间作玉米对小麦白粉病最终严重度的降低优势不突出。间作玉米区和间作大豆区相比,小麦白粉病最终严重度差异不显著。应本着既要通过间作小麦白粉菌非寄主作物提高小麦千粒重和产量又尽量不减少小麦播种面积的原则,综合考虑间作行数。小麦间作不同行数玉米和豆类对小麦单位行长穗数和千粒重的影响以及通过这一途径提高小麦产量和间作总体经济效益的效果需进一步明确。还需要对间作理论与技术的理想群体构建及模式形成等在控病方面进行探索,包括带型、幅宽、间距、共生作物的时间差、空间差等因素[13] [14] [15]。间作作物覆膜栽培对主栽作物病原菌的空间阻隔效果也应做进一步试验。

本试验仅就小麦间作玉米和豆类对小麦白粉病的控制效果进行了探讨,间作对主栽作物小麦全生育期其它有害生物的影响以及对间作作物本身有害生物的影响仍需进一步研究。应针对山西省目前实施的有机旱作农业实践,在应用基于生物多样性原理和技术控制有害生物方面进行有益的探索。

基金项目

国家重点研发计划项目(2017YFD0201700, 2018YFD0200404); 山西省重点研发计划项目(201703D221011-3)。

参考文献

- [1] 朱有勇. 农业生物多样性控制作物病虫害的效应原理与方法[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2012: 37-39.
- [2] 曹世勤. 甘肃省小麦品种抗条锈病和白粉病基因分析及应用[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012: 98.
- [3] 雷雨. 四川西南部小麦白粉病菌群体遗传多样性及间作对白粉病流行的影响[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2013: 27.
- [4] 彭化贤, 刘波微, 罗林明, 等. 间栽和混播对作物病害的防治效果[J]. 西南农业学报, 2006, 19(6): 1058-1062.
- [5] 乔鹏, 汤利, 郑毅, 等. 不同抗性小麦品种与蚕豆间作条件下的养分吸收与白粉病发生特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1086-1093.
- [6] 肖靖秀, 郑毅. 间套作系统中作物的养分吸收利用与病虫害控制[J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 150-154.
- [7] 唐朝晖, 张兰萍, 赵桂萍, 等. 超高产小麦新品种晋麦 66 的选育[J]. 作物杂志, 2001(3): 43.
- [8] 原宗英, 武英鹏. 山西省小麦区试品种抗病性鉴定[J]. 山西农业科学, 2016, 44(9): 1338-1341.
- [9] 朱孝达. 田间试验与统计方法[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2000: 79, 195.
- [10] 李隆, 金绍龄, 张丽惠, 等. 小麦/玉米带田中光捕获、利用及干物质积累特点[J]. 西北农业大学学报, 1996, 24(5): 42-48.
- [11] 叶优良, 李隆, 索东让. 小麦/玉米和蚕豆/玉米间作对土壤硝态氮累积和氮素利用效率的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(1): 377-383.
- [12] 杜春风, 曹瑾, 马琨, 等. 间套作栽培作物种间关系研究进展[J]. 农业科学研究, 2017, 38(2): 67-72.
- [13] 李隆, 杨思存, 孙建好, 等. 小麦/大豆间作中作物种间的竞争作用和促进作用[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 197-200.
- [14] 陈国栋, 万素梅, 冯福学, 等. 带型对小麦间作玉米产量和种间竞争力的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(7): 990-997.
- [15] 林文. 作物复合群体结构与高产光合生理生态研究概况[J]. 福建稻麦科技, 2003, 21(4): 7-10.