

# 玉米大豆间作对玉米主要病虫害发生及其产量的影响

常玉明<sup>1,2</sup> 张正坤<sup>2</sup> 赵 宇<sup>2</sup> 刘宝权<sup>2</sup> 李启云<sup>1,2\*</sup> 陈 光<sup>1\*</sup>

(1. 吉林农业大学生命科学学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院, 农业农村部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 吉林省农业微生物重点实验室, 长春 130033)

**摘要:** 为明确玉米大豆间作模式对玉米主要病虫害发生及其产量的影响, 利用2017—2018年2年的田间小区试验及2019年的大田试验, 在作物生长期对亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*、东方黏虫 *Mythimna seperata* 和玉米大斑病等主要病虫害发生情况进行调查和统计分析, 并于收获期对间作作物产量进行测定。结果显示: 与单作玉米相比, 以被害株率、百株蛀孔数和百株活虫数为指标, 玉米大豆间作对1代亚洲玉米螟种群数量和为害程度无显著影响, 但能够显著降低2代亚洲玉米螟虫口数量和为害程度; 且玉米大豆间作对东方黏虫为害株率和百株活虫数以及玉米大斑病的病情指数均无显著影响。与单作玉米相比, 玉米大豆间作模式下玉米百粒重虽然降低, 但玉米单位面积产量能够提高9.95%以上。表明玉米大豆间作能够显著降低2代亚洲玉米螟为害, 并提高单位面积玉米产量。

**关键词:** 玉米; 大豆; 间作; 亚洲玉米螟; 东方黏虫; 玉米大斑病

## Effects of maize-soybean intercropping on the occurrence of major diseases, insect pests and the yield of maize

Chang Yuming<sup>1,2</sup> Zhang Zhengkun<sup>2</sup> Zhao Yu<sup>2</sup> Liu Baoquan<sup>2</sup> Li Qiyun<sup>1,2\*</sup> Chen Guang<sup>1\*</sup>

(1. College of Life Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin Province, China; 2. Jilin Key Laboratory of Agricultural Microbiology; Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin Province, China)

**Abstract:** To clarify the effects of the maize and soybean intercropping on maize yield and the occurrence of major diseases and insect pests, field plot experiments from 2017 to 2018 and field experiments in 2019 were conducted to investigate and statistically analyze the occurrence of important pests such as Asiatic corn borer *Ostrinia furnacalis*, oriental armyworm *Mythimna seperata* and corn leaf blight during the crop-growing period, and the maize yield was determined during the harvest period. The parameters such as the rate of damaged plants, the number of wormholes per 100 plants and the number of live insects per 100 plants were also determined. The results showed that, compared with maize monoculture, the intercropping of maize with soybean had no significant effect on the population size and the damage of the first generation of *O. furnacalis*, but significantly reduced the population size and the damage of the second generation of *O. furnacalis*. Meanwhile, there was no difference in the parameters, including the rate of damaged plants and the number of live insects per 100 plants caused by the *M. seperata*, and in the disease index of the corn leaf blight between different intercropping patterns and

maize monoculture. Compared to the maize monoculture, the 100-grain weight of maize decreased under the maize-soybean intercropping pattern, while the maize yield per unit area increased by more than 9.95%. In conclusion, the maize-soybean intercropping can increase maize yield per unit area and significantly reduce the damage of the second-generation *O. furnacalis*.

**Key words:** maize; soybean; intercropping; Asiatic corn borer; oriental armyworm; corn leaf blight

吉林省地处世界三大“黄金”玉米带之一,玉米单产和商品粮率一直居于我国第1位。玉米多年连作虽然增加了产量,但也导致了耕地肥力下降,主要表现在氮肥使用过量造成的土壤板结以及养分利用率低(李永刚等,2017),微生物环境也发生改变(孙淑荣等,2004),玉米苗期生长受到抑制(时鹏等,2010)等。同时,病虫害是影响玉米生产的重要因素,我国东北地区春玉米上主要病虫害有玉米大斑病和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 及东方黏虫 *Mythimna seperata*。玉米大斑病是由大斑毛球腔菌属 *Setosphaeria turcica* 侵染引起的叶斑类病害,由空气传播,发病严重年份玉米感病品种减产达50%(潘洪玉等,2018)。亚洲玉米螟在吉林省中西部地区主要以2代为害较重,普通发生年份造成玉米减产10%左右,严重年份减产可达30%~50%(陈立玲等,2015)。东方黏虫是鳞翅目夜蛾科的一种典型季节性远距离迁飞昆虫,也是我国及其他亚洲国家和澳洲粮食作物上的重大害虫(李而涛等,2019),在吉林省1年发生3代,使玉米严重减产甚至绝收(孙巍等,2017)。

利用间套作来构建生态位互补的作物群体,可以提高光合作用效率,充分利用自然资源,改善土壤肥力,扩大复种指数,提高群体产量和整体经济效益(Amassé et al., 2013; 刘朝茂和李成云, 2017; Liu et al., 2017)。与单作玉米相比,玉米大豆带状套作作为间作的重要模式之一,可以实现玉米总产量近乎不变或增加,还能额外收获大豆,提高了经济效益(孟凡凡等,2014;杨峰等,2015)。同时间作能够影响作物病虫害发生规律,如玉米与豆科植物间作能够降低亚洲玉米螟等蛀茎害虫为害(吕仲贤等,1991;Belay et al., 2009),且玉米大豆间作能够显著降低大豆主要病虫害的发生和为害(王玉正和岳跃海,1998;汤忠琴等,2018)。间作可以降低200多种作物叶部病害中73%的病害的病情指数(Boudreau, 2013)。晚玉米和玉米大豆间作时玉米纹枯病和玉米小斑病的发病率及病情指数均低于晚玉米单作时(叶方和黄国勤,2002)。可见玉米与豆科植物间作能够对玉米和玉米大豆主要病虫害的发生产生影响。

目前,玉米和玉米大豆间作模式对春玉米主要病虫害发生规律的影响还鲜有报道。本研究通过测定玉米大豆间作对亚洲玉米螟、东方黏虫和玉米大斑病等玉米主要病虫害发生情况及其产量的影响,以期对玉米大豆间作栽培过程中玉米主要病虫害的综合防控提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试玉米和玉米大豆品种:小区试验玉米品种为国审品种吉单558,由吉农高新技术发展股份有限公司选育并提供,对玉米大斑病的抗性为中抗水平,保苗6.0万株/hm<sup>2</sup>,适合密植,植株高度约293 cm;大田试验玉米品种为国审品种农华803,购自当地农资市场,对玉米大斑病敏感,保苗5.7万~6.3万株/hm<sup>2</sup>,适合密植,植株高度约280 cm;大豆品种为吉密豆3号,属于矮秆耐密植品种,中早熟,株高65~75 cm,适合间作(衣志刚等,2017),由吉农高新技术发展股份有限公司选育并提供。

农用机械及仪器:久保田488联合收割机,久保田农业机械(苏州)有限公司;PM 8188 NEW 谷物水分测定仪,日本KETT公司。

肥料:尿素,含氮46%,中煤鄂尔多斯能源化工有限公司;磷酸二铵,含氮18%、五氧化二磷46%,湖北宜化肥业有限公司;硫酸钾,含氧化钾50%,米高化工(长春)有限公司;氯化钾,含氧化钾60%,中化集团。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 试验设计

小区试验在吉林省公主岭市农业农村部公主岭作物有害生物科学观测实验站进行,供试地块前茬作物为玉米。试验设置单作玉米以及玉米与玉米大豆2:2间作和4:4间作3种模式,各小区均为32行,行宽63 cm,垄长20 m,每种种植模式5个重复,小区间隔1 m,随机排布。单作玉米株距24 cm,玉米和玉米大豆间作时,玉米株距为12 cm,大豆株距12 cm。大豆和玉米均采用穴播方式,每穴留1株。分别于2017年4月28日和2018年4月30日结合起垄施肥

肥,玉米底肥施用量为尿素 100 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二胺 150 kg/hm<sup>2</sup>和硫酸钾 50 kg/hm<sup>2</sup>,分别于2017年6月22日和2018年6月25日追施200 kg/hm<sup>2</sup>尿素;大豆底肥施用量为尿素 50 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二胺 100 kg/hm<sup>2</sup>和氯化钾 50 kg/hm<sup>2</sup>。玉米和大豆分别于2017年5月9日和2018年5月10日同时播种。出苗后进行人工锄草等田间管理,不使用除草剂及杀虫剂。

大田试验在吉林省农安县亿家农业合作社进行,供试地块前茬作物为玉米。鉴于2:2间作机械收割较难,试验设置以单作玉米为对照,玉米和大豆间作行比2:3,便于机械收获,面积各10 hm<sup>2</sup>,垄长100 m,行距63 cm。于2019年4月29日施底肥,玉米和大豆底肥施用量同小区试验;于2019年5月5日播种,间作玉米株距10 cm,大豆株距12 cm,单作玉米株距24 cm;2019年6月23日追施200 kg/hm<sup>2</sup>尿素。出苗后利用除草剂防除杂草,常规田间管理,但不使用杀虫剂。

### 1.2.2 亚洲玉米螟和东方黏虫的调查

根据鲁新等(2015)调查方法,分别于公主岭市1代和2代亚洲玉米螟幼虫发生期进行剥秆调查其为害情况。小区试验分别于2017年7月22日和2018年7月25日调查1代亚洲玉米螟发生情况,于2017年9月25日和2018年9月27日分别调查2代亚洲玉米螟发生情况,每个小区采用五点取样法,每点调查10株玉米,分别记录被害株数、蛀孔数和活虫数。在小区试验田发生东方黏虫时,于2018年8月10日调查2代东方黏虫的发生及为害情况,每个小区采用五点取样法,每点随机调查10株,共调查50株玉米,分别记录被害株数和活虫数。大田试验调查同样采用五点取样法,于2019年9月29日调查2代亚洲玉米螟发生情况,每点连续调查50株玉米,分别记录被害株数、蛀孔数和活虫数。基于调查的实际数据,将不同种植模式下玉米被害株数、玉米上的蛀孔数及活虫数分别转换为被害株率、百株蛀孔数和百株活虫数。

### 1.2.3 玉米大斑病的调查

在玉米抽雄后进行大斑病发生情况调查,在田间普遍发病时,参考NY/T 1248.1—2006行业标准进行玉米大斑病发生情况调查。小区试验分别于2017年9月25日和2018年9月27日各调查1次,采用五点取样法,每个小区取5个点,每个点随机调查10株,每个小区共调查50株玉米;大田试验同样采用五点取样法于2019年9月29日调查1次,每点

连续调查50株玉米。调查时,取玉米雌穗位置以上和以下各3片叶片,每株共调查6片,观察每片叶上病斑的大小和数量,根据病斑面积对每片叶的病害程度进行分级,用1~9级表示。分级标准为:1级,叶片上无病斑或仅在穗位下部叶片上有零星病斑,病斑面积占叶面积的比例少于或等于5%;3级,穗位下部叶片上有少量病斑,病斑面积占叶面积的6%~10%,穗位上部叶片有零星病斑;5级,穗位下部叶片上病斑较多,病斑面积占叶面积的11%~30%,穗位上部叶片有少量病斑;7级,穗位下部叶片或穗位上部叶片有大量病斑,病斑相连,病斑面积占叶面积的31%~70%;9级,全株叶片基本为病斑覆盖,叶片枯死。记录调查数据并计算病情指数。病情指数=Σ(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)×100。

### 1.2.4 玉米产量的测定

于2017年10月10日和2018年10月12日分别在小区试验田进行收获,采用五点取样法在每个小区选取5个点,每点取2 m长、2垄宽,每点测产面积2.6 m<sup>2</sup>,收获测量点内所有玉米穗,装入网袋中并做好标记,挂入晾晒架,直至能脱粒。脱粒后随机选取100粒,5次重复取平均值计算百粒重,采用谷物水分测定仪测定玉米籽粒中的水分含量(郭红亮等,2019),并计算产量,产量(kg/m<sup>2</sup>)=处理玉米籽粒总重(kg)/平均水分×国家标准水分(18%)。

## 1.3 数据分析

采用SPSS 26.0软件对试验数据进行统计分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 小区试验不同种植模式对亚洲玉米螟发生的影响

以玉米被害株率、百株蛀孔数和百株活虫数为指标,2017年和2018年1代亚洲玉米螟发生及为害程度均较轻(表1),且除被害株率外,2017年的百株蛀孔数和百株活虫数显著低于2018年。2017年1代亚洲玉米螟调查结果显示,2:2间作模式下玉米被害株率、百株蛀孔数和百株活虫数均显著高于单作玉米和4:4间作模式,分别为13.60%、16.80个和4.80头( $F_{2,12}=8.818, P=0.004; F_{2,12}=20.759, P<0.001; F_{2,12}=5.478, P=0.020$ );2018年1代亚洲玉米螟发生情况在单作与间作模式之间无显著差异,玉米被害株率、百株蛀孔数和百株活虫数差异均不显著( $F_{2,12}=0.295, P=0.749; F_{2,12}=0.966, P=0.408; F_{2,12}=0.972, P=0.406$ )。

表1 小区试验中玉米不同种植模式对主要病虫害发生的影响

Table 1 Effects of different planting patterns of corn on the occurrence of major insect pests and diseases in field plot experiments

2017									
处理 Treatment	1代亚洲玉米螟 1st generation of Asiatic corn borer			2代亚洲玉米螟 2nd generation of Asiatic corn borer			2代东方黏虫 2nd generation of armyworm		玉米大斑病 病情指数 Disease index of corn leaf blight
	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株蛀孔数 No. of wormholes per 100 plants	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株蛀孔数 No. of wormholes per 100 plants	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	
单作玉米 Monoculture maize	10.40± 0.75 Ba	10.80± 0.49 Bb	1.20± 0.49 Bb	43.60± 1.94 Ab	79.60± 2.71 Ab	30.00± 1.67 Ab	-	-	21.06± 2.58 Aa
玉米和大豆 间作 Maize and soybean	13.60± 0.75 Aa	16.80± 1.20 Aa	4.80± 1.02 Ab	40.00± 3.03 Aa	54.80± 3.07 Bb	17.60± 2.71 Bb	-	-	23.20± 1.64 Aa
4:4 intercropping	9.20± 0.80 Ba	9.20± 0.80 Bb	2.40± 0.75 Bb	38.40± 2.32 Ab	60.00± 5.22 Bb	19.20± 2.94 Bb	-	-	20.48± 1.77 Aa
2018									
处理 Treatment	1代亚洲玉米螟 1st generation of Asiatic corn borer			2代亚洲玉米螟 2nd generation of Asiatic corn borer			2代东方黏虫 2nd generation of armyworm		玉米大斑病 病情指数 Disease index of corn leaf blight
	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株蛀孔数 No. of wormholes per 100 plants	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株蛀孔数 No. of wormholes per 100 plants	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	
单作玉米 Monoculture maize	13.60± 1.33 Aa	20.40± 1.17 Aa	9.60± 1.47 Aa	67.60± 3.31 Aa	98.40± 3.06 Aa	63.60± 2.32 Aa	14.80± 2.15 A	12.80± 2.87 A	20.16± 1.42 Aa
玉米和大豆 间作 Maize and soybean	14.80± 1.62 Aa	17.60± 1.94 Aa	10.40± 1.72 Aa	47.20± 3.07 Ba	72.40± 2.14 Ba	40.00± 2.19 Ba	17.60± 1.17 A	16.40± 2.64 A	24.16± 1.90 Aa
4:4 intercropping	13.20± 1.62 Aa	18.00± 1.41 Aa	12.80± 1.85 Aa	46.00± 2.28 Ba	79.20± 2.65 Ba	45.20± 2.33 Ba	20.40± 2.71 A	16.40± 3.31 A	21.61± 1.21 Aa

表中数据为平均数±标准误。同列不同大写字母表示同年份不同处理之间、同行不同小写字母表示同处理不同年份之间经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different uppercase letters in the same column or different lowercase letters in the same row indicate significant difference between different treatments in the same year or between different years in the same treatment at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test, respectively.

2017年和2018年2代亚洲玉米螟的发生及为害程度均重于1代(表1),并且除2:2间作的玉米被害株率外,2017年2代玉米螟为害程度显著低于2018年。2017年2代亚洲玉米螟发生情况调查结果显示,玉米被害株率在不同种植模式间无显著差异( $F_{2,12}=1.162, P=0.346$ ),但单作玉米百株蛀孔数79.60个( $F_{2,12}=11.662, P=0.020$ )和百株活虫数30.00头( $F_{2,12}=7.260, P=0.090$ )均显著高于间作,且不同间作模式之间无显著差异。2018年2代亚洲玉米螟发生情况调查结果显示,单作玉米的被害株率( $F_{2,12}=$

17.269,  $P<0.001$ )、百株蛀孔数( $F_{2,12}=26.023, P<0.001$ )和百株活虫数( $F_{2,12}=29.569, P<0.001$ )分别为67.60%、98.40个和63.60头,均显著高于玉米大豆间作,且不同间作模式下差异不显著。

## 2.2 小区试验种植模式对2代东方黏虫发生的影响

2017年小区试验田未发生东方黏虫为害,2018年2代东方黏虫发生情况调查结果显示,相比于单作玉米,间作玉米的被害株率( $F_{2,12}=1.760, P=0.214$ )和百株活虫数( $F_{2,12}=0.495, P=0.621$ )均无显著差异,且不同间作模式间也无显著差异(表1)。

### 2.3 小区试验种植模式对玉米大斑病发生的影响

2017—2018年2年试验结果表明,无论是2:2还是4:4间作玉米与单作玉米的大斑病发生情况均无显著差异,且病情指数均较低,最高分别为23.20( $F_{2,12}=0.493, P=0.623$ )和24.16( $F_{2,12}=1.735, P=0.218$ )(表1)。

### 2.4 大田试验种植模式对玉米病虫害发生的影响

2代亚洲玉米螟发生情况调查结果表明,其发

生趋势与小区试验田相近。间作模式下玉米的被害株率与单作玉米差异不显著( $F_{1,8}=4.128, P=0.077$ ),但百株蛀孔数和百株活虫数均显著低于单作玉米,分别为26.00个和13.20头( $F_{1,8}=12.327, P=0.008; F_{1,8}=26.821, P=0.001$ )(表2)。大田和小区试验结果均表明间作能够显著降低2代亚洲玉米螟发生及为害程度。同时,间作模式下玉米大斑病发生与单作模式差异不显著( $F_{1,8}=3.292, P=0.107$ )(表2)。

表2 大田试验中玉米不同种植模式对2代亚洲玉米螟及玉米大斑病的影响

Table 2 Effects of different planting patterns of corn on the second generation of Asiatic corn borer and corn leaf blight in field experiments

处理 Treatment	2代亚洲玉米螟 2nd generation of Asiatic corn borer			玉米大斑病病情指数 Disease index of corn leaf blight
	被害株率 Rate of damaged plants/%	百株蛀孔数 No. of wormholes per 100 plants	百株活虫数 No. of live insects per 100 plants	
单作玉米 Monoculture maize	35.20±5.08 a	46.40±4.17 a	31.20±2.80 a	35.60±2.13 a
玉米大豆间作 Maize and soybean intercropping	23.20±3.01 a	26.00±4.05 b	13.20±2.06 b	43.70±3.92 a

表中数据为平均数±标准误。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.

### 2.5 小区试验种植模式对玉米产量的影响

产量测定结果表明,2017—2018年2年的间作玉米平均百粒重显著低于单作玉米( $F_{2,27}=9.208, P=0.001$ ),2:2和4:4间作模式下玉米平均百粒重分别为48.92 g和47.31 g,单作玉米平均百粒重为53.39 g;但间作玉米单位面积平均产量显著高于单作玉米

( $F_{2,27}=5.415, P=0.011$ ),在2:2和4:4间作模式下,玉米平均产量分别为2.42 kg/m<sup>2</sup>和2.32 kg/m<sup>2</sup>,单作玉米平均产量为2.11 kg/m<sup>2</sup>。间作模式下的玉米产量较单作玉米提高了9.00%以上,其中4:4间作模式下增加了9.95%,2:2间作模式下增加了14.62%(表3)。

表3 小区试验中玉米不同种植模式下的产量

Table 3 Determination of maize yield in different planting patterns in field plot experiments

处理 Treatment	平均百粒重 Average 100-grain weight/g	平均产量 Average yield/(kg/m <sup>2</sup> )	增产率 Yield increase rate/%
单作玉米 Monoculture maize	53.39±1.08 a	2.11±0.06 b	—
玉米大豆间作 Maize and soybean intercropping	2:2 47.31±1.15 b	2.42±0.08 a	14.62
	4:4	2.32±0.06 a	9.95

表中数据为平均数±标准误。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

Chen et al.(2015)研究结果表明,玉米田和大豆田较近时,大豆田越冬2代亚洲玉米螟雄成虫虫口数量显著高于玉米田,并且雄成虫很少迁离大豆田。本研究中,2017年大豆玉米2:2间作模式下1代亚洲玉米螟发生程度显著高于玉米单作和大豆玉米4:4间作模式,分析其原因可能是间作大豆上雄成虫较

多,雌成虫与雄成虫在大豆上交配后,雌成虫迁移至较近的玉米植株上产卵,导致2:2间作田亚洲玉米螟幼虫发生及为害较重。吕仲贤等(1991)研究发现玉米与花生和苜蓿等豆科植物间作能够显著控制玉米生长后期的亚洲玉米螟为害;Martin et al.(1989)研究结果也表明,玉米和大豆间作能够显著降低欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* 的发生,但随着氮肥施用

量的增加,虫口密度也在增加,并且矮秆玉米较高秆玉米上的虫口减退率更高;李立坤等(2019)也认为与单作玉米相比,玉米和大豆2:2间作模式可以显著降低玉米和大豆害虫群落的物种数、多样性指数和均匀度指数。究其原因可能是间作植物为植食性昆虫的天敌提供了更多的营养资源并有助于增加主栽作物上天敌的丰度,而天敌丰度的增加会则明显降低植食性昆虫的丰度(Gurr et al., 2016; Wan et al., 2018)。

陈斌等(2015)认为当玉米与甘蔗间作后,间作田间螟蛉盘绒茧蜂 *Cotesia ruficrus* 等3种主要寄生蜂种群密度较玉米单作田显著增加是控制亚洲玉米螟为害的重要原因;Novais et al.(2017)研究发现玉米和大豆间作后蜘蛛、瓢虫和草蛉等捕食性天敌以及寄生蜂的数量较玉米或大豆单作时增加,从而能够实现了对害虫的自然控制。在本研究中,不同栽培模式下2代玉米螟发生程度与1代虫源基数呈正相关,2代虫源基数随着1代虫源基数的增加而增加,但不同年份间作模式下2代亚洲玉米螟虫口数量都显著低于单作玉米,其原因可能是在2代亚洲玉米螟发生期,间作天敌种群数量已经明显上升,且在间作模式下高于玉米单作模式下,从而实现了害虫的生态控制作用。吉林省亚洲玉米螟主要以2代为害为主(张宏波等,2018),本研究结果也表明,2代亚洲玉米螟为害程度高于1代,因此间作能够显著降低2代亚洲玉米螟为害程度,也是实现粮食增产的重要途径。

东方黏虫是一种迁飞性、暴食性害虫,落地即产卵,孵化即为害,吉林省东方黏虫主要以2代为害,小麦、玉米和水稻等禾本科植物是东方黏虫的优异寄主,其分布广泛与否对东方黏虫种群数量的增减起到重要作用,近年来全国尤其是东北地区玉米种植面积逐年加大(江幸福等,2014),因此,即使玉米与大豆间作,在有玉米作为食物且食源充足的情况下,东方黏虫仍然在玉米植株上为害。本研究结果也表明,玉米大豆间作与单作玉米相比较,东方黏虫为害情况无显著差异。

玉米大斑病的发生与品种抗性、温湿度和田间病原蓄积量密切相关(孙丽萍等,2017),在高温高湿及田间菌源量大等条件下较易发病,如顾鑫(2017)利用宽窄行、免耕和三空栽培等模式能够通过增加空气流动和降低温度来控制病害发生。Lyimo et al.(2012)研究发现玉米和菜豆间作能够显著降低玉米

灰斑病菌 *Cercospora zea-maydis* 的田间孢子量及玉米灰斑病病情指数,分析其原因可能是菜豆阻隔了病原菌孢子的传播。本研究结果显示,小区试验和大田试验中玉米单作模式与间作模式下玉米大斑病的发生程度差异不显著。

刘朝茂和李成云(2017)认为,玉米与大豆间作,大豆能够固氮,为玉米提供营养,实现生态位的互补,使得玉米植株能够充分获得光、水和肥,从而提高光合利用率以及土地利用效率,提高作物产量。刘培等(2019)通过5年田间试验研究发现在甜玉米与大豆间作模式下,甜玉米产量均显著高于单作甜玉米;孟凡凡等(2014)对多个玉米品种与矮秆大豆进行2:2间作,发现间作模式能够实现玉米不减产或减产5%以内,并且较单作玉米多收获大豆,且不同品种玉米对间作模式下作物产量影响不同。由此可知,在进行玉米大豆间作时,选择适合间作的玉米和大豆品种是保证产量的重要因素。李立坤等(2019)研究表明,与单作玉米相比,间作玉米在施用标准肥料下的百株生物量、百株籽粒重和千粒重均显著增加,但不利于大豆产量。本研究测产结果也表明,选用东北地区主栽的高产、稳产玉米品种吉单558,在不同间作模式下玉米产量可提高9.95%~14.62%,实现在玉米增产的前提下收获了大豆,从经济效益角度来分析,玉米大豆间作优于玉米单作。

## 参 考 文 献 (References)

- Amossé C, Jeuffroy MH, David C. 2013. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: effects on performance and resource availability. *Field Crops Research*, 145(4): 78-87
- Belay D, Schulthess F, Omwega C. 2009. The profitability of maize-haricot bean intercropping techniques to control maize stem borers under low pest densities in Ethiopia. *Phytoparasitica*, 37(1): 43-50
- Boudreau MA. 2013. Diseases in intercropping systems. *Annual Review of Phytopathology*, 51: 499-519
- Chen B, He SQ, Zhang LM, Yang JC, Yan NS, Li ZY. 2015. Control efficacy of maize-sugarcane intercropping against the occurrence and the damage of *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Plant Protection*, 42(4): 591-597 (in Chinese) [陈斌, 和淑琪, 张立敏, 杨进成, 严乃胜, 李正跃. 2015. 甘蔗间作玉米对亚洲玉米螟发生为害的控制作用. *植物保护学报*, 42(4): 591-597]
- Chen LL, Zhang QH, Xue Z, Bai HY, Zhang ZD, Lü YX, Lu X. 2015. Current situation and prospect of biological control of corn borer in Jilin Province. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(4): 561-567 (in Chinese) [陈立玲, 张庆贺, 薛争, 白洪玉, 张振铎,

- 吕跃星, 鲁新. 2015. 吉林省玉米螟生物防治现状与展望. 中国生物防治学报, 31(4): 561-567]
- Chen RZ, Klein MG, Li QY, Li LB, Li PP, Sheng CF. 2015. Do second generation Asia corn borer (Lepidoptera: Crambidae) immigrate to corn fields from alternate habitats? Journal of Asia-Pacific Entomology, 18(4): 687-693
- Gu X. 2017. Effect of "three-empty" cultivation pattern on the occurrence and epidemic of northern leaf blight on maize. Heilongjiang Agricultural Sciences, (3): 45-47 (in Chinese) [顾鑫. 2017. 三空栽培模式对玉米大斑病流行的影响. 黑龙江农业科学, (3): 45-47]
- Guo HL, Chang HX, Liu YZ, Li WX, Cao JJ, Jin KP, Li D. 2019. Error analysis of measuring moisture content of corn seeds by quick measurement method. Seed, 38(8): 131-133 (in Chinese) [郭红亮, 常海霞, 刘永忠, 李万星, 曹晋军, 靳鲲鹏, 李丹. 2019. 快速测量玉米籽粒含水率的误差分析. 种子, 38(8): 131-133]
- Gurr GM, Lu ZX, Zheng XS, Xu HX, Zhu PY, Chen GH, Yao XM, Cheng JA, Zhu ZR, Catindig JL, et al. 2016. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. Nature Plants, 2(3): 16014
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, Luo LZ. 2014. Novel features, occurrence trends and economic impact of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China. Chinese Journal of Applied Entomology, 51(6): 1444-1449 (in Chinese) [江幸福, 张蕾, 程云霞, 罗礼智. 2014. 我国粘虫发生危害新特点及趋势分析. 应用昆虫学报, 51(6): 1444-1449]
- Li ET, Cao YZ, Zhang S, Li KB, Li JQ, Li XF, Zhang HR, Yin J. 2019. Control efficacy of the combined application of the entomopathogenic nematode and Bt against the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). Plant Protection, 45(6): 295-302 (in Chinese) [李而涛, 曹雅忠, 张帅, 李克斌, 李金桥, 李晓峰, 张海茹, 尹皎. 2019. 昆虫病原线虫与Bt联用对黏虫的防治效果. 植物保护, 45(6): 295-302]
- Li LK, Zuo CB, Yu FL, Wang L, Li Z, Chen FJ. 2019. Effects of monoculture and intercropping of maize and soybean with reduced use of fertilizer on crop yields, insect community composition and diversity. Journal of Plant Protection, 46(5): 980-988 (in Chinese) [李立坤, 左传宝, 于福兰, 王龙, 李卓, 陈法军. 2019. 肥料减施下玉米-大豆间作对作物产量和昆虫群落组成及多样性的影响. 植物保护学报, 46(5): 980-988]
- Li YG, Wang LY, Zhang SQ, Sun LP, Zhao TX, Xu LK. 2017. A preliminary analysis of main influencing factors on maize seedling growth under long term continuous maize cropping obstacle. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 42(2): 27-31 (in Chinese) [李永刚, 王丽艳, 张思奇, 孙丽萍, 赵同雪, 徐澜坤. 2017. 玉米连作障碍主要因子对苗期玉米生长影响的初步分析. 东北农业科学, 42(2): 27-31]
- Liu CM, Li CY. 2017. Effects of intercropping of maize with soybean and potato on leaves senescence, yield and disease control of maize. Jiangsu Agricultural Sciences, 45(6): 75-78 (in Chinese) [刘朝茂, 李成云. 2017. 玉米与大豆、马铃薯间作对玉米叶片衰老、产量及病害控制的影响. 江苏农业科学, 45(6): 75-78]
- Liu P, Shao YT, Wang ZG, Tang YL, Wang JW. 2019. Effect of nitrogen reduction on yield stability of sweet maize//soybean intercropping system in South China. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 27(9): 1332-1343 (in Chinese) [刘培, 邵宇婷, 王志国, 唐艺玲, 王建武. 2019. 减氮对华南地区甜玉米//大豆间作系统产量稳定性的影响. 中国生态农业学报, 27(9): 1332-1343]
- Liu X, Rahman T, Song C, Su BY, Yang F, Yong TW, Wu YS, Zhang CY, Yang WY. 2017. Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems. Field Crops Research, 200: 38-46
- Lu X, Zhou SX, Li LJ, Chen LL, Chang X, Zhang GH. 2015. Generation distribution change of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in Jilin Province. Journal of Plant Protection, 42(6): 978-984 (in Chinese) [鲁新, 周淑香, 李丽娟, 陈立玲, 常雪, 张国红. 2015. 吉林省不同地区亚洲玉米螟发生世代的变化. 植物保护学报, 42(6): 978-984]
- Lü ZX, Yang ZF, Wang GY, Bu WL. 1991. Intercropping of corn and legume crops to reduce the damage of corn borer. Plant Protection, 17(3): 31 (in Chinese) [吕仲贤, 杨樟法, 王桂跃, 卜卫良. 1991. 玉米与豆科作物间作减轻玉米螟为害试验. 植物保护, 17(3): 31]
- Lyimo HJF, Pratt RC, Mnyuku RSOW. 2012. An effective integrated crop management strategy for enhanced maize production in tropical agroecosystems prone to gray leaf spot. Crop Protection, 41: 57-63
- Martin RC, Arnason JT, Lambert JDH, Isabelle P, Voldeng HD, Smith DL. 1989. Reduction of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage by intercropping corn with soybean. Journal of Economic Entomology, 82(5): 1455-1459
- Meng FF, Wang B, Liu BQ, Gao SQ, Meng FM. 2014. Analysis of yield and main agronomic traits of maize in maize and soybean strip intercropping system. Crops, (3): 101-105 (in Chinese) [孟凡凡, 王博, 刘宝泉, 高淑芹, 孟凡梅. 2014. 玉米-大豆带状间作下玉米品种产量和主要农艺性状比较分析. 作物杂志, (3): 101-105]
- Novais SMA, Macedo-Reis LE, Neves FS. 2017. Predatory beetles in cacao agroforestry systems in Brazilian Atlantic forest: a test of the natural enemy hypothesis. Agroforestry Systems, 91(1): 201-209
- Pan HY, Ren FE, Zhao SL, Zhang XH, Liu JL. 2018. Screening, identification and fermentation optimization of biocontrol bacteria against *Setosphaeria turcica*. Journal of Jilin Agricultural University, 40(4): 408-415 (in Chinese) [潘洪玉, 任飞娥, 赵淑莉, 张祥辉, 刘金亮. 2018. 玉米大斑病生防细菌筛选、鉴定与发酵优化. 吉林农业大学学报, 40(4): 408-415]
- Shi P, Gao Q, Wang SP, Zhang Y. 2010. Effects of continuous cropping of corn and fertilization on soil microbial community functional diversity. Acta Ecologica Sinica, 30(22): 6173-6182 (in Chinese) [时鹏, 高强, 王淑平, 张妍. 2010. 玉米连作及其施肥对土壤微生物群落功能多样性的影响. 生态学报, 30(22): 6173-

- 6182]
- Sun LP, Zhang SQ, Zhao TX, Xu LK, Li YG. 2017. Investigation and analysis on occurrence of northern leaf blight of corn in Heilongjiang Province in 2016. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 42(4): 36–38 (in Chinese) [孙丽萍, 张思奇, 赵同雪, 徐澜坤, 李永刚. 2017. 2016年黑龙江省玉米大斑病调查与分析. *东北农业科学*, 42(4): 36–38]
- Sun SR, Wu HY, Liu CG, Zhang GZ. 2004. Effects of maize continuous cropping on composition characteristics of major soil microbiota in central agricultural region. *Journal of Maize Sciences*, 12(4): 67–69 (in Chinese) [孙淑荣, 吴海燕, 刘春光, 张桂芝. 2004. 玉米连作对中部农区主要土壤微生物区系组成特征影响的研究. *玉米科学*, 12(4): 67–69]
- Sun W, Cheng ZJ, Chen X, Su QF, Zhou JC, Gao YB. 2017. Forecasting investigation of the third-generation armyworm in Jilin Province. *Journal of Maize Sciences*, 25(3): 148–151, 156 (in Chinese) [孙崑, 程志加, 陈晓, 苏前富, 周佳春, 高月波. 2017. 吉林省三代玉米粘虫预警技术研究. *玉米科学*, 25(3): 148–151, 156]
- Tang ZQ, Shang J, Zhang L, Chen YK, Chang XL, Du JB, Yong TW, Wu XL, Yu L, Zeng SH, et al. 2018. Effects of different field configuration modes on population distribution of soybean major insect pests. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 36(3): 297–303 (in Chinese) [汤忠琴, 尚静, 张磊, 陈元凯, 常小丽, 杜俊波, 雍太文, 武晓玲, 余靛, 曾淑华, 等. 2018. 不同田间配置对套作大豆主要虫害的种群分布影响. *四川农业大学学报*, 36(3): 297–303]
- Wan NF, Cai YM, Shen YJ, Ji XY, Wu XW, Zheng XR, Cheng W, Li J, Jiang YP, Chen X, et al. 2018. Increasing plant diversity with border crops reduces insecticide use and increases crop yield in urban agriculture. *eLife*, 7: e35103
- Wang YZ, Yue YH. 1998. Efficacy of interplant and mixture sowing of maize and soybean on pest and disease management in soybean. *Plant Protection*, 24(1): 13–15 (in Chinese) [王玉正, 岳跃海. 1998. 大豆玉米间作和同穴混播对大豆病虫害发生的综合效应研究. *植物保护*, 24(1): 13–15]
- Yang F, Lou Y, Liao DP, Gao RC, Yong TW, Wang XC, Liu WG, Yang WY. 2015. Effects of row spacing on crop biomass, root morphology and yield in maize-soybean relay strip intercropping system. *Acta Agronomica Sinica*, 41(4): 642–650 (in Chinese) [杨峰, 娄莹, 廖敦平, 高仁才, 雍太文, 王小春, 刘卫国, 杨文钰. 2015. 玉米-大豆带状套作行距配置对作物生物量、根系形态及产量的影响. *作物学报*, 41(4): 642–650]
- Ye F, Huang GQ. 2002. Maize disease and pests of field ecosystems under different structures on dryland red soil. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 10(1): 54–55 (in Chinese) [叶方, 黄国勤. 2002. 红壤旱地不同农田生态系统结构对玉米病虫害的影响. *中国生态农业学报*, 10(1): 54–55]
- Yi ZG, Wang B, Liu BQ. 2017. Breeding and techniques of new soybean variety Jimidou No. 3. *Soybean Science & Technology*, (6): 34–36 (in Chinese) [衣志刚, 王博, 刘宝权. 2017. 大豆新品种吉密豆3号的选育与技术要点. *大豆科技*, (6): 34–36]
- Zhang HB, Tian CH, Yang XQ, Wang XQ, Li L. 2018. Injury determination model of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in the northeast of China. *Journal of Maize Sciences*, 26(4): 144–149 (in Chinese) [张宏波, 田春晖, 杨雪清, 王小奇, 李莉. 2018. 东北地区亚洲玉米螟危害损失测定模型研究. *玉米科学*, 26(4): 144–149]

(责任编辑:李美娟)