

大豆/玉米间作模式及施肥水平对大豆霜霉病及大豆与玉米生长的影响

高翔¹, 吴满¹, 潘汝谦^{1,2}, 廖红¹

(1. 华南农业大学 根系生物学研究中心, 广东 广州 510642; 2. 华南农业大学 细菌与杀菌剂研究室, 广东 广州 510642)

摘要:研究了大豆/玉米间作模式及施肥对大豆霜霉病的发生发展及大豆与玉米生长的影响。结果表明:大豆/玉米间作能够显著降低大豆霜霉病的发病率和病情指数;而且在间作体系中,施肥处理大豆霜霉病的发病率和病情指数均低于未施肥处理。大豆/玉米间作显著影响大豆和玉米的生长,不同施肥处理间大豆和玉米的地上部生物量差异显著。施肥显著促进玉米的生长,在间作和单作中施肥处理的玉米地上部生物量均显著高于未施肥处理;施肥处理对单作大豆地上部生物量影响不显著;在间作体系中施肥处理大豆的地上部生物量显著低于未施肥处理。

关键词:大豆;玉米;间作;大豆霜霉病;施肥

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2011)06-0964-04

Effects of Soybean/Maize Intercropping and Fertilization on Development of Soybean Downy Mildew and Growth of Soybean and Maize

GAO Xiang¹, WU Man¹, PAN Ru-qian^{1,2}, LIAO Hong¹

(1. Root Biology Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642; 2. Laboratory of Bacteria and Fungicides, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of soybean and maize intercropping and fertilization on development of soybean downy mildew and growth of soybean and maize. The incidence, disease index and shoot biomass of different treatments were calculated and determined. The results indicated that soybean and maize intercropping significantly reduced incidence and disease index of soybean downy mildew. Furthermore, in the intercropping system, the incidence and disease index of soybean downy mildew was decreased with fertilization. Fertilization obviously increased maize shoot biomass in intercropping and monoculture. Fertilization had no significant effect on soybean growth in monoculture, and soybean shoot biomass with fertilizer were less than no fertilizer treatment in intercropping system.

Key words: Soybean; Maize; Intercropping; Soybean downy mildew; Fertilization

农业管理措施是植物病害防治的基础,运用合理的农业管理措施可以大大减少化学药剂的使用,近年来成为研究热点^[1-3]。间作是农业生产中历史悠久的一种栽培方式,是多植物、多层次、多功能的人工复合群体。间作体系能够利用不同植物在生长过程中形成的“时间差”和“空间差”,有效地发挥光、肥、水、热等有限农业资源的生产潜力,特别是提高土壤养分的吸收利用效率,在农业生产中占有重要地位^[4-6]。间作能够减轻植物病害的发生,已经得到了广泛的认同^[7-8]。大豆与玉米间作,是比较常见的作物间作栽培方式之一。目前,对间作体系中养分竞争及间作优势的研究已有一些报道^[9-11],而利用间作体系防治病害,以及对间作体系

中病害的发生与养分供应关系的研究则鲜有报道。

大豆霜霉病(*Peronospora manshurica*)是广东省大豆普遍发生的重要病害之一^[12],主要危害叶片。发病严重时,引起叶片的大量脱落,同时影响豆荚的饱满,从而降低大豆的产量。目前防治大豆霜霉病主要是使用化学药剂,而化学药剂的大量施用,不仅对环境造成严重的污染,也对大豆的食品安全问题产生了极大的影响。因此,有必要运用科学的农业措施,减少病害的危害。

该文以大豆与玉米为试验材料,研究了大豆/玉米间作模式及施肥水平对大豆霜霉病的发生和与玉米生长的影响,为大豆生产及病害的防治提供科学依据。

收稿日期:2011-07-14

基金项目:美国麦氏(McKnight)基金会作物合作研究项目(05-780)。

第一作者简介:高翔(1983-),男,在读博士,研究方向为植物营养与植物病理的相互作用。E-mail: gxkochung@stu.scau.edu.cn。

通讯作者:潘汝谦(1965-),男,副教授,硕士生导师,从事植物真菌病害及防治研究。E-mail: panrq@scau.edu.cn。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试大豆为华南农业大学育成的春大豆品种粤春 03-3,为霜霉病高感品种。玉米为广东省农科院作物研究所育成的糯玉米单交种粤紫糯 3 号。

有机肥(氮磷钾比例为 6:5.5:4.5,有机质含量为 20%),尿素(含 N 46%),三元复合肥(氮磷钾比例为 15:15:5),叶面肥(包括硼砂、硫酸锌和硫酸镁),均购于华南农业大学新富农生物有限公司。重过磷酸钙(含 P_2O_5 46%),购于云南云天化国际化工股份有限公司。

1.2 试验设计

试验于 2008 年春季在广东省梅州市蕉岭县试验田进行,该地区属于亚热带海洋性季风气候,年均气温 20.9℃,年降水量 1 627 mm,春季和夏季气温高,潮湿多雨。供试土壤为酸性红壤, pH 5.85,有机质 2.36%,速效氮 98.6 $mg \cdot kg^{-1}$,速效磷 26.7 $mg \cdot kg^{-1}$,速效钾 112.5 $mg \cdot kg^{-1}$ [13]。

试验采取大豆和玉米单作和/或大豆/玉米间作两种种植方式。起垄栽培每畦宽 1 m,长 50 m。大豆单作每畦种植 3 行,株距为 15 cm,行距为 30 cm;玉米单作每畦种植 2 行,株距为 30 cm,行距为 70 cm。大豆/玉米间种时,每条畦种植玉米 2 行,在玉米内侧种植大豆,大豆玉米的行距为 5 cm,再在玉米中间处补充 1 行大豆,每条畦共种植 3 行大豆;其中玉米行距为 70 cm,株距为 30 cm;大豆行距为 30 cm,株距为 15 cm。大豆每公顷种植约 18 万株,玉米每公顷种植约 6 万株。每小区面积约 667 m^2 。

试验设 3 个施肥水平:T1,不施肥;T2,施有机肥 1 500 $kg \cdot hm^{-2}$;T3,施有机肥 750 $kg \cdot hm^{-2}$ 和重过磷酸钙 750 $kg \cdot hm^{-2}$ 。有机肥和磷肥在整地前撒施在土壤表面,然后用翻耕机混匀。在玉米大喇叭口期追肥尿素 75 $kg \cdot hm^{-2}$ 三元复合肥 75 $kg \cdot hm^{-2}$ 。在大豆花期前 14 d,统一喷施叶面肥 1 次,叶面肥配方为硼砂、硫酸锌和硫酸镁,施用量($kg \cdot hm^{-2}$)分别为 B 1.5、Zn 2.5、Mg 5.0。播种采用穴播,大豆每穴 2 粒,玉米每穴 1 粒。在作物生育期,灌溉、杂草及病虫害防治等均按常规管理方法统一进行。试验采用二因素随机区组设计,5 次重复。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 大豆霜霉病的发病率与病情指数的调查

初荚期(2008 年 6 月 1 日)进行病害调查,在不同处理小区按 S 型挑选 5 个样品调查点,每个点选取 10 株大豆,每株选 10 张成熟叶片进行病害调查,每个处理调查 500 张叶片。目测记录大豆霜霉病的发病严重度。大豆霜霉病发病严重度的分级标准为:0 级为不发病叶片;1 级为发病面积占叶片面积的 10% 以下;2 级为发病面积占叶片面积的 11% ~ 20%;3 级为发病面积占叶片面积的 21% ~ 50%;4 级为发病面积占叶片面积的 51% ~ 70%;5 级为发病面积占叶片面积大于 71%。以发病率和病情指数表示病害的发生发展和严重程度。发病率和病情指数的计算如下 [14]:

$$\text{发病率}(\%) = (\text{发病的叶片数} / \text{调查的总叶片数}) \times 100$$

$$\text{病情指数} = 100 \times \Sigma(\text{各病级叶数} \times \text{各病级代表值}) / (\text{调查总叶数} \times \text{最高病级代表值})$$

1.3.2 大豆和玉米的生物量测定

在大豆初荚期采样。在小区中间选取 2 株最能代表整个小区长势的植株进行生物量测定。取回植株后先在实验室内 105℃ 下杀青 30 min,然后于 75℃ 下烘干 2 d,测定植株的生物量,取 2 株的平均值作为单株生物量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SAS 8.1 统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 大豆/玉米间作和不同施肥处理对大豆霜霉病的影响

从表 1 可知,相同施肥处理间作体系大豆霜霉病发病率和发病指数均低于单作,大豆/玉米间作体系中大豆霜霉病的平均发病率为 41.8%;而大豆单作体系平均为 61.1%,间作体系比单作体系大豆霜霉病的平均发病率降低了 31.2%。大豆/玉米间种体系中大豆霜霉病的病情指数平均为 15.3,而大豆单作体系平均为 29.3,间作体系比单作体系大豆霜霉病的病情指数降低了 47.8%。

单作中 T2 和 T3 处理的发病率和病情指数均高于 T1,但差异不显著。间作体系中 T2 和 T3 的发病率和病情指数显著低于 T1。综合分析,间作体系中 T3 处理的大豆霜霉病发病率和病情指数最低。

表1 间作和施肥对大豆霜霉病发病率和病情指数的影响

Table 1 Effects of soybean/maize intercropping and fertilization on soybean downy mildew incidence and disease index

施肥水平 Fertilizer treatments	发病率 Incidence %		病情指数 Disease index	
	单作 Mono-culture	间作 Intercropping	单作 Mono-culture	间作 Intercropping
T1 不施肥 Check treatment	56.8 ± 4.6a	46.1 ± 1.6a	27.6 ± 3.5a	18.1 ± 0.9a
T2 施有机肥 Organic fertilizer	65.5 ± 8.7a	41.1 ± 1.3b	31.6 ± 1.9a	15.4 ± 1.2ab
T3 施有机肥 + 重过磷酸钙 Organic fertilizer plus calcium superphosphate	60.9 ± 6.2a	38.2 ± 0.9b	28.6 ± 3.3a	12.3 ± 0.9b

表中数据为5个重复的平均值及其标准误。经邓肯氏新复极差法方差分析,同列数值后具有不同字母表示相同栽培模式之间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

The values in the table are average of five replicates with standard error. Values in the same column with different letter are significantly different at 0.05 ($P < 0.05$). The same below.

2.2 大豆/玉米间作和施肥对玉米、大豆生长的影响

从表2可知,相同施肥处理下,玉米间作的地上部生物量均低于单作。不施肥条件下,间作体系中的大豆地上部生物量高于单作,但在施肥的T2和T3处理中,间作大豆地上部生物量低于单作大豆。

施肥显著促进玉米地上部的生长。从表2可知,单作和间作玉米的地上部生物量均表现为T3 > T2 > T1,且处理间差异达显著水平;单作大豆地上部生物量表现为T3 > T2 > T1,但处理间差异不显著;间作体系中T2和T3处理大豆地上部生物量显著低于未施肥的T1处理。

表2 种植模式和施肥对大豆和玉米地上部生物量的影响

Table 2 Effects of plant mode and fertilization on soybean and maize shoot biomass

施肥水平 Fertilizer treatments	大豆地上部生物量 Soybeanshoot biomass/g · plant ⁻¹		玉米地上部生物量 Maizeshoot biomass/g · plant ⁻¹	
	单作 Mono-culture	间作 Intercropping	单作 Mono-culture	间作 Intercropping
T1 不施肥 Check treatment	19.3 ± 2.1a	21.9 ± 1.1a	56.7 ± 5.5c	51.3 ± 2.1c
T2 施有机肥 Organic fertilizer	21.6 ± 1.9a	18.7 ± 1.0b	99.5 ± 5.3b	80.7 ± 7.2b
T3 施有机肥 + 重过磷酸钙 Organic fertilizer plus calcium superphosphate	24.2 ± 1.9a	14.1 ± 0.9c	126.2 ± 7.2a	107.3 ± 6.1a

3 讨论

大豆/玉米间作,增加了生物的多样性,从而减少了病害的发生。霜霉病的发生和危害与光照、降雨和温度有关系,病菌的孢子囊萌发与光照长短成正比,与露滴存在的时间长短关系密切^[15]。大豆是霜霉病病原菌的寄主,当大豆与霜霉病的非寄主作物玉米间作时,生长高大的玉米可作为天然的物理屏障,不仅阻碍了病原菌的传播,还减少了病原孢子的光照时间,因此,大豆/玉米间作影响了病原菌侵染寄主作物大豆,降低了大豆霜霉病的发生。

研究发现,在大豆/玉米间作体系中增施磷肥降低了大豆霜霉病的发生,可能是因为增施磷肥,增加了玉米地上部的生长,高大的玉米植株增加了对大豆叶片的遮光面积,同时玉米叶片阻碍了病原菌的传播,这都可能是减少大豆霜霉病发生与危害的原因。

合理的大豆/玉米间作,由于株型及生理生态方面的差异,从而有时空与水肥利用互补作用,获得比单作更高的经济效益^[16]。玉米是高秆作物,可以利用上部较强的光照,而矮秆作物大豆则可以利用下层较弱的光照,这样可以充分的利用光能,增

加植物对光能的利用。玉米是须根系,分布较浅;而大豆是直根系,根较深,二者可以充分利用土壤的养分,利用大豆根瘤菌的固氮能力,吸收更多的氮,从而增加玉米的产量。可见玉米是间种体系中受益者,大豆是贡献者。玉米是需肥量大的作物,在大豆/玉米间作体系中,玉米对养分的竞争能力强^[17]。在该试验中,不管是单作还是间作,玉米的地上部生物量均随着施肥量的增加而提高,在大豆/玉米间作体系中,增施肥料会增强玉米对大豆养分资源的竞争。

在该试验条件下,施肥没有显著增加单作大豆的地上部生物量,而在大豆/玉米间作体系中,反而造成大豆地上部生物量的降低。可以看出,在大豆单作和间作的过程中并非施肥越多产量越高,应根据土壤和品种情况合理施肥。

参考文献

- [1] Gan Y T, Siddique K H, MacLeod W J, et al. Management options for minimizing the damage by ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.) [J]. *Field Crops Research*, 2006, 97: 121-134.
- [2] Gil S V, Harob R, Oddinoc C, et al. Crop management practices in the control of peanut diseases caused by soil-borne fungi [J]. *Crop Protection*, 2008, 27: 1-9.
- [3] 孔垂华. 植物与其它有机体的化学作用-潜在的有害生物控制途径 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40 (4): 712-720. (Kong C H. Chemical interactions between plant and other organisms; a potential strategy for pest management [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40 (4): 712-720.)
- [4] Redday M S, Willey R W. Growth and resource use studies in an intercrop of pearl millet/ground nut [J]. *Field Crops Research*, 1981, 4 (1): 13-24.
- [5] Midmore D J. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity [J]. *Field Crops Research*, 1993, 34 (3-4): 357-380.
- [6] Morris R A, Garrity D P. Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients [J]. *Field Crops Research*, 1993, 34 (3-4): 319-334.
- [7] Zhu Y, Chen H, Fan J, et al. Genetic diversity and disease control in rice [J]. *Nature*, 2000, 406: 718-722.
- [8] Hao W, Ren L, Ran W, et al. Allelopathic effects of root exudates from watermelon and rice plants on *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. *Plant and Soil*, 2010, 336: 485-497.
- [9] Barber S A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach [M]. New York: Wiley Interscience, 1995: 414-416.
- [10] 李隆, 杨思存, 张福锁, 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. (Li L, Yang S C, Zhang F S, et al. Interspecific competition and facilitation in wheat/soybean intercropping system [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10 (2): 197-200.)
- [11] 李隆, 李晓林, 张福锁, 等. 小麦大豆间作条件下作物养分吸收利用对间作优势的贡献 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2000, 6 (2): 140-146. (Li L, Li X L, Zhang F S, et al. Uptake and utilization of nitrogen, phosphorus and potassium as related to yield advantage in wheat/soybean intercropping [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2000, 6 (2): 140-146.)
- [12] 刘惕若, 辛惠普, 李庆孝. 大豆病虫害 [M]. 北京: 农业出版社, 1979. (Liu X R, Xin H P, Li Q X. Soybean disease and pest [M]. Beijing: Agricultural Press, 1979.)
- [13] 劳家桢. 土壤农业化学分析手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1988: 229-299. (Lao J C. Manual of soil agrochemical analysis [M]. Beijing: Agricultural Press, 1988: 229-299.)
- [14] 方中达. 植病研究方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998, 46. (Fang Z D. The method on studies of plant pathology [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998: 46.)
- [15] Thomas C E. Influence of dew on downy mildew of cantaloupes in south Texas [J]. *Phytopathology*, 1977, 67: 1368-1369.
- [16] 马骥, 马淑云, 程寅生, 等. 玉米大豆间作效应分析 [J]. *西北农业大学学报*, 1994, 22 (4): 80-84. (Ma J, Ma S Y, Cheng Y S, et al. An analysis of effect of intercropping of maize with soybean [J]. *Acta Universitatis Agriculturae Boreali-Occidentalis*, 1994, 22 (4): 80-84.)
- [17] 唐劲驰, Mboreha I A, 余丽娜, 等. 大豆根构型在玉米/大豆间作系统中的营养作用 [J]. *中国农业科学*, 2005, 38 (6): 1196-1203. (Tang J C, Mboreha I A, She L N, et al. Nutritional effects of soybean root architecture in a maize/soybean intercropping system [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38 (6): 1196-1203.)