

施用氯化钾提高玉米对茎腐病的抗性

何萍, 李文娟, 金继运

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 农业部植物营养与
养分循环重点开放实验室, 北京 100081)



摘要: 采用田间试验研究氯化钾施用对玉米茎腐病抗性的影响, 结果表明增施钾肥可有效提高玉米产量, 降低玉米茎腐病发病率, 提高玉米茎髓和叶片钾素含量。回归分析发现, 玉米茎髓和穗位叶片钾素含量与玉米茎腐病发病率呈现显著负相关。表明通过合理施用钾肥能够提高玉米对茎腐病的抗性。

关键词: 钾; 玉米; 茎腐病

玉米茎腐病是一种危害严重的土传病害, 在我国和世界范围内普遍发生。该病害在美国、加拿大、印度、法国、南斯拉夫等20多个国家均有发生, 在我国玉米产区尤为严重。据在广西、浙江、湖北、河北、山东、辽宁、吉林等18个省区调查, 常年发病率10%~20%, 严重年份可达50%以上, 减产25%以上, 并严重影响玉米品质, 是玉米生产中继大斑病、小斑病、丝黑穗病之后又一个亟待解决的重要病害(李春霞等, 2001; 曹如槐等, 1996)。

增施钾肥可有效提高玉米抗茎腐病的能力。玉米茎腐病是一种典型的土传病害, 由于病原菌的种类和来源多种多样, 对于茎腐病没有单一的控制措施, 也没有一个品种是完全抗茎腐病的。应用化学防治方法无法有效控制该病害。因此, 茎腐病及其他土传病害防治中常采用选用抗病品种和合理施肥等综合防治技术体系(温瑞等, 2000; Krauss & Soberanis, 2002; Grewal et al, 2002)。各种施肥措施中, 以施用钾肥防治该病害的效果最为显著。李红等(2004)研究表明, 施钾(10公斤 K_2O /亩)分别使三个玉米品种四密25、郑单21和通油1号的茎腐病发病率由不施钾的11.4%、7.2%和13.8%降低到1.8%、1.4%和2.4%。许多研究资料均证明施用钾肥能大大提高玉米茎腐病抗性(Marschner, 1995; 李红等, 2004; 尹艳和何黎明, 2004; Bullock et al, 1990; Zuber, 1986; Bayaron, 1989), 但迄今, 有关钾素对玉米茎腐病抗性机制却少见报道。

本文通过研究人工接菌后施钾对玉米茎髓和叶片钾素含量的影响, 揭示钾素营养与玉米茎腐病抗性的关系, 为合理施钾控制玉米茎腐病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用田间小区试验, 布置在吉林省刘房子镇的一块玉米连作的缺钾土壤上, 土壤速效钾含量为50.85毫克/公斤。试验设3个施钾处理: K_0 、 K_1 、 K_2 , 其 K_2O 用量分别为0、8和16公斤/亩。各处理施氮磷量均相同, 分别为13.3公斤N/亩和8公斤 P_2O_5 /亩。根据土壤养分测试结果, 补充缺乏的S(1.3公斤/亩)、Zn(0.7公斤/亩)、Cu(0.07公斤/亩)。所有养分均作底肥条施。小区面积20平方米, 3次重复。玉米品种采用中抗品种(吉单180)和感病品种(吉单327)。2005年4月29日播种, 播种时土壤接菌(菌种为禾谷镰刀菌), 播种密度为3333株/亩。分别于播种后第99、111、126、146天(分别为玉米抽雄期、灌浆期、蜡熟期、成熟期)采取玉米地上第二茎髓组织和叶片样品, 分析

植株钾素含量。收获前，以玉米整株青枯为标准，调查茎腐病发生率。

1.2 植株分析与数据处理

植株钾素含量采用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮，原子吸收方法测定。采用 SPSS 10.0 软件进行处理间的多重比较分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 施钾对玉米发病率和产量的影响

不管是感病品种还是抗病品种，施钾均显著提高玉米产量，降低茎腐病发病率。对于抗病品种吉单 180 来说， K_0 、 K_1 和 K_2 处理的茎腐病发病率分别为 24.6%、13.7% 和 12.4%，施钾和不施钾处理之间玉米茎腐病发病率达到 5% 显著性差异， K_1 和 K_2 处理的相对免疫效果达到 44.4% 和 49.6%；而对感病品种吉单 327 而言， K_0 、 K_1 和 K_2 处理的茎腐病发病率分别为 34.1%、17.1% 和 12.3%， K_1 和 K_2 处理的相对免疫效果达到 50.0% 和 63.8%（表 1）。可见施钾均能降低玉米茎腐病发病率，其中 K_2 处理免疫效果优于 K_1 处理。感病品种吉单 327 发病率高于抗病品种吉单 180，但施钾后感病品种抗病效果优于抗病品种。

表 1 不同钾处理对玉米发病率和产量的影响

| 处理 | 吉单 180 | | | | 吉单 327 | | | |
|-------|------------|-------------|--------------|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|
| | 发病率 (%) | 免疫效果 (%) | 产量 (公斤/亩) | 增产 (%) | 发病率 (%) | 免疫效果 (%) | 产量 (公斤/亩) | 增产 (%) |
| K_0 | 24.6 a | - | 474 c | - | 34.1 a | - | 462 c | - |
| K_1 | 13.7 b | 44.4 | 611 a | 28.8 | 17.1 b | 50.0 | 570 a | 23.4 |
| K_2 | 12.4 b | 49.6 | 574 a b | 20.1 | 12.3 b | 63.8 | 523 a b | 13.2 |

注：同一列中不同字母表示处理之间在 $p=0.05$ 水平下差异显著

2.2 施钾对玉米植株钾含量的影响

2.2.1 施钾对地上第二节茎髓钾素含量的影响

从图 1 中可以看出，不论是感病品种还是抗病品种，在各个生育期，茎髓中钾素含量均表现为 $K_2 > K_1 > K_0$ ，表明施钾直接提高玉米第二茎节髓部组织的钾素含量，而不施钾处理则第二茎节髓部组织钾素含量明显低于各施钾处理。与不接菌处理相比，接菌后 K_2 处理钾素含量明显提高，这种趋势在抽雄期和成熟期表现尤为突出。

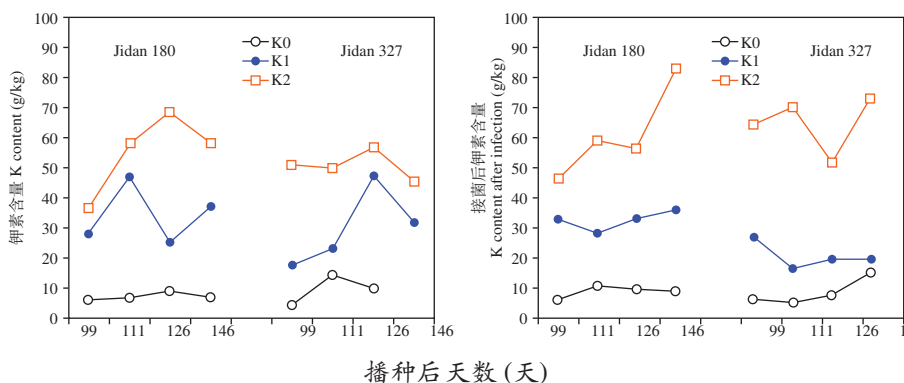


图 1 不同施钾处理对各生育期地上第二节茎髓钾素含量的影响

2.2.2 施钾对穗位叶片钾素含量的影响

与茎髓中钾素含量趋势有所不同，玉米穗位叶片中钾素含量随生育进程呈下降趋势，表明伴随玉米后期籽粒灌浆，穗位叶片中的钾素在向籽粒或根系中转移而导致叶片钾素含量下降。如图 2 所示，穗位叶片中钾素含量表现为 $K_2 > K_1 > K_0$ ，由此导致不施钾处理第二茎髓中钾素含量明显低于各施钾处理 (图 2)。不管是抗病品种还是感病品种，接菌与不接菌处理间的变化较为一致。不同品种之间穗位叶片钾素含量差异不明显。

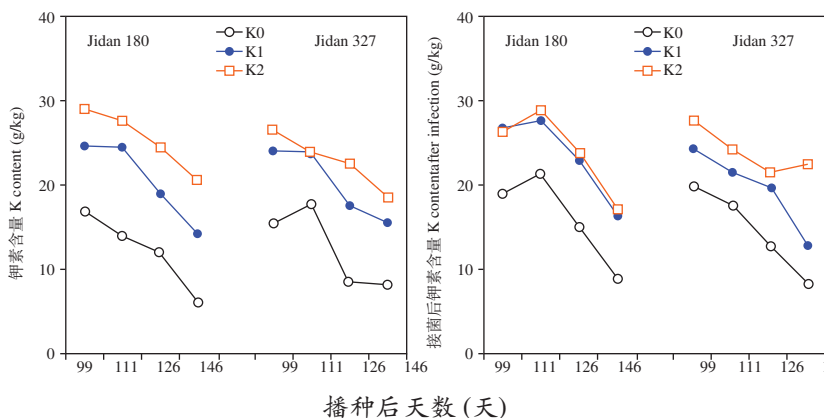


图 2 不同施钾处理对各生育期穗叶钾素含量的影响

2.2.3 玉米茎腐病发病率与植株钾素含量之间的相关性

无论在茎髓还是穗叶中，钾素含量都与植株的发病率呈显著的负相关，且灌浆期时茎髓中钾素含量与发病率之间负相关达到极显著水平 (表 2)。抽雄期到灌浆期是玉米茎腐病的高发期，此期保持较高的钾素含量对于提高玉米对茎腐病的抗性至关重要，有利于控制玉米茎腐病的发生。

表 2 发病率与钾含量之间的相关性

| 钾含量 (%) | | 抽雄期 | 灌浆期 | 蜡熟期 | 成熟期 |
|---------|----|-----------|------------|-----------|-----------|
| 发病率 | 茎髓 | -.650 (*) | -.711 (**) | -.696 (*) | -.610 (*) |
| | | 0.022 | 0.009 | 0.012 | 0.035 |
| | 穗叶 | -.646 (*) | -.641 (*) | -.655 (*) | -.685 (*) |
| | | 0.023 | 0.025 | 0.021 | 0.014 |

· 相关性达 5% 显著水平

·· 相关性达 1% 显著水平

3 讨论与结论

钾对植物病虫害的影响目前国内外已有许多报道。Don M. Huber, 从 1180 份报道中得出, 所有的矿质营养元素都对植物病害产生影响, 合理施用矿质营养元素可以有效的降低病害的发生 (Don M. Huber, 1996)。从他的研究中, 我们看到钾素可以对 196 种植物病害产生影响, 对其中的 144 种病害都有明显的抑制作用 (Don M. Huber, 1996)。如合理施用钾肥能明显提高柠檬对流胶病的抗性, 降低茶树炭疽病、轮斑病和云纹叶枯病 3 种病原菌的侵染率; 降低枇杷茎腐病的发病率 (魏胜林等, 1996; 阮建云, 2003; 蔡宗启等, 2001)。叶面喷施 KCl 可以降低小麦白粉病的发病症状 (Kettlewell, 2000)。施用钾肥能提高山茱萸叶片的钾浓度, 有利于保持其叶片的健康, 抵御炭疽病的发生 (Holzmueller et al, 2007), 抑制玉米茎腐病 (李莫然等, 1995; 梅丽艳等, 1995)。

研究表明, 钾素对植物的形态结构有显著影响, 进而影响到病菌侵染的难易程度。钾能改善作物组织结构, 增厚厚角组织细胞, 使厚壁细胞木质化及增加纤维素含量, 提高叶片的硅化度 (Marschner, 1986), 从而有效阻碍病菌入侵; 钾还可以改变植物生化过程, 促进蛋白质合成, 减少病原菌所需碳源和氮源 (李兰辉, 1989)。相反, 在缺钾植物中会积累大量的非有机态氮, 而这些非有机态氮恰恰会成为病原菌的氮源 (Kim Polizotto, 2005)。研究指出, 作物对真菌和细菌病害的抗性常依赖于氮/钾比。肖靖秀等 (2005) 研究指出, 增施钾肥有效降低小麦锈病发病率 46.15% - 59.10%, 小麦锈病的发生与小麦体内氮素营养呈现极显著的正相关, 而与钾素营养没有明显的相关关系。董艳等 (2007) 研究表明, 维持烟草叶片适宜的氮钾比对于有效防治烤烟病害至关重要。当烤烟烟叶氮钾比 > 2 时, 烤烟对炭疽病的抵抗能力下降。

本研究表明, 增施钾肥可有效提高玉米产量, 降低玉米茎腐病发病率, 提高玉米茎髓和叶片钾素含量。其可能的原因是钾素改善了玉米的机械组织强度, 从而有效阻止病原菌的侵入。回归分析发现, 玉米茎髓和穗位叶片钾素含量与玉米茎腐病发病率呈现显著负相关。但钾素是通过何种机制提高玉米茎腐病抗性则有待于深入研究。

参考文献:

1. Holzmueller, Shibu Jose, Michel A. Jenkins, Influence of calcium, potassium, and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose, *Plant Soil* (2007) 290:189-199
2. Huber, Management of nutrition to control plant pathogens, *Botany & Plant Pathology*, 1996: 1-2.

3. Kettlewell, J. W., Cook and D. W. Parry, Evidence for an osmotic mechanism in the control of powdery mildew disease of wheat by foliar-applied potassium chloride, *European Journal of Plant Pathology* 106: 297-300, 2000.
4. Marschner H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*[M]. London: Academic Press, 1986. 341~368
5. Onuorah Effect of Mineral Nutrition on the Fusarium Brown Foot-rot of Wheat, *Plant and Soil*, 1969(1):99-104
6. Polizzotto Nutrient Management May Help Plants Fight Asian Soybean Rust, *PCS Sales Agri-views*, spring 2005
7. 蔡宗启, 林革等, 增施钾肥对枇杷茎腐病的影响试验, *福建农业科技*, 2001, 5:35
8. 董艳, 董坤, 范茂攀, 赵平, 林克惠. 氮钾营养与氮钾平衡对几种烤烟病害的影响. *中国农学通报*, 2007, 23(1):302-304
9. 李红, 沙洪林, 宋淑云, 张伟, 晋齐鸣, 李羽, 王秀波. 应用足量钾肥和高效种衣剂防治玉米茎腐病的试验研究. *吉林农业大学学报*, 2004, 26(4):360-362。
10. 李兰辉, 施用钾肥能增强油菜抗逆性[M]. *四川农业科技*, 1989. 122-123
11. 李莫然, 梅丽艳等, 黑龙江省玉米青枯病发生危害调查及钾肥防病研究. 1994, *黑龙江农业科学*, 2:12-16
12. 梅丽艳等, 钾肥对玉米青枯病及其产量的影响, *黑龙江农业科学*, 1995, 6:22-24
13. 阮建云, 石元值, 马立锋, 吴洵, 钾营养对茶树几种病害抗性的影响, *土壤*, 2003, 2:165-167
14. 魏胜林, 秦烜南, 氮钾水平与多酚氧化酶活性对柠檬流胶病抗性的影响, *西南农业大学学报*, 1996, 18(1):6-9
15. 温瑞等, 磷、钾、蔗糖对玉米茎腐病的田间防治效果, 1999, 3(3):26-27
16. 肖靖秀, 郑毅, 汤利, 李隆, 朱有勇, 杨进成. 小麦蚕豆间作系统中的氮钾营养对小麦锈病发生的影响. *云南农业大学学报*, 2005, 20(5):640-645