

杜军利, 梁 岳, 卢福岗, 等. 玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种光合性能及生物量的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(4): 735-740.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.04.003

玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种光合性能及生物量的影响

杜军利, 梁 岳, 卢福岗, 詹秋文, 武德功, 余海兵, 黄保宏, 李文阳
(安徽科技学院农学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 为了阐明玉米蚜刺吸危害对不同抗性玉米品种光合性能及生物量的影响, 在对 4 个玉米品种进行抗蚜级别鉴定的基础上, 比较研究了这 4 个玉米品种在玉米蚜为害 5 d 后光合指标和生物量的变化。结果显示: 4 个玉米品种郑单 958、蠡玉 16、中单 909 和敦煌 1 号的抗蚜级别分别为抗、感、感和高感; 4 个玉米品种被玉米蚜刺吸 5 d 后叶片的大部分光合指标与对照差异不显著; 抗蚜品种郑单 958 被玉米蚜刺吸 5 d 后, 除了叶绿素 SPAD 值低于对照外, 叶片的净光合速率、叶片气孔导度、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度、水分利用效率均呈正向变化, 净光合速率、叶片气孔导度、蒸腾速率均显著高于中单 909 和敦煌 1 号 ($P < 0.05$)。在玉米蚜刺吸 5 d 后 4 个玉米品种的株高、根系长度与对照相比均无显著差异 ($P > 0.05$), 而蠡玉 16 的根系数量显著多于对照 ($P < 0.05$), 郑单 958 的植株鲜质量显著高于对照 ($P < 0.05$)。玉米蚜刺吸在某种程度上促进了抗蚜玉米品种的光合作用, 增加了部分生物量, 而感蚜玉米品种则受到抑制。

关键词: 玉米蚜; 光合性能; 光合速率; 蒸腾速率; 生物量

中图分类号: S513; S432.2⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2018)04-0735-06

Effects of corn leaf aphids attack on photosynthetic properties and biomass of maize varieties with different resistance

DU Jun-li, LIANG Yue, LU Fu-gang, ZHAN Qiu-wen, WU De-gong, YU Hai-bing, HUANG Bao-hong, LI Wen-yang

(1. College of Agriculture, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: In order to clarify the effects of corn leaf aphid sucking on photosynthetic properties and biomass of with maize varieties different resistances, four maize varieties Zhengdan 958, Liyu 16, Zhongdan 909, Dunhuang No.1 were selected for this test and the resistances of four maize varieties to corn leaf aphids, *Rhopalosiphum maidis*, were evaluated. The changes of photosynthetic properties and biomass of the four maize varieties were compared after being sucked five days by corn leaf aphid. The results showed that the resistance levels of the four varieties to corn leaf aphids were resistible (Zhengdan 958), susceptible

收稿日期: 2018-05-08

基金项目: 安徽省教育厅重点项目(KJ2016A825、KJ2017A513); 安徽省草学学科建设重大项目[皖教秘科(2014)28号]; 国家自然科学基金项目(31301383、31501271); 2018年安徽省高校优秀青年骨干人才国内访问研修项目(gxgnfx2018021); 安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2016218); 省级大学生创新课题项目(2018S10879029)

作者简介: 杜军利(1983-), 女, 河北邯郸人, 博士, 讲师, 主要研究方向为植物抗虫性。(E-mail) adu83419@163.com

通讯作者: 武德功, (E-mail) wudegong118@163.com

(Liyu 16), susceptible (Zhongdan 909) and highly susceptible (Dunhuang No.1). Most of the photosynthetic indices of the four varieties after being sucked five days by corn aphid were not significantly different compared with the control. The net photosynthetic rate (P_n), leaf stomatal conductance (G_s), transpiration rate (T_r), intercellular CO_2 concentration (C_i), and water-use efficiency (WUE) of Zhengdan 958 were respectively higher than those of the control, but the chlorophyll value was lower than that of the control.

trol. The net photosynthetic rate, leaf stomatal conductance and transpiration rate of Zhengdan 958 were significantly higher than those of Zhongdan 909 and Dunhuang No.1 ($P < 0.05$). The plant height and root length of the four varieties were not significantly different compared with the control ($P > 0.05$). The number of roots of Liyu 16 was significantly more than that of the control ($P < 0.05$). The fresh weight of Zhengdan 985 was significantly higher than that of the control ($P < 0.05$). The above results indicated that photosynthesis of resistible maize varieties was promoted to some extent by corn leaf aphids sucking, and some biomass indices showed an increasing trend. The photosynthetic properties of susceptible maize varieties, however, were inhibited.

Key words: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch); photosynthetic characteristics; photosynthetic rate; transpiration rate; biomass

玉米 (*Zea mays* L) 是世界主要的粮食作物之一^[1]。在中国玉米已经成为第一大粮食作物^[2-3]。玉米蚜 (*Rhopalosiphum maidis* Fitch) 是玉米上的重要害虫之一, 主要通过刺吸汁液对玉米造成直接损伤, 降低玉米的产量和品质^[4-5]; 同时玉米蚜可传播玉米矮花叶病毒 (Maize dwarf mosaic virus)^[6-7]。近年来玉米蚜的危害越来越严重, 部分地区已经猖獗成灾^[8]。利用玉米的抗蚜性解决蚜虫危害是有效途径之一^[5], 但目前进行玉米种质抗蚜鉴定的研究报道较少^[9-11], 专门开展玉米抗蚜育种的研究更少, 不能满足当前玉米高产稳产的实际需要。

光合作用是绿色植物生长发育的基本保证, 任何外界条件的改变都会影响植物光合性能及植物生物量^[12-17]。补偿光合作用可能是植物应对害虫为害的生理机制^[18-19]。在害虫取食后, 部分植物表现出光合速率的增加, 而有些植物不存在补偿光合作用^[20]。此外, 不同作物品种间补偿光合作用能力大小也存在差异, 无论是抗蚜品种或感蚜品种在被蚜虫刺吸后从内到外都会发生一系列生理生态、生化及外部形态上的响应^[21-22], 其对植物地上部的主要影响是通过气孔关闭及二氧化碳供应的减少, 引起叶片蒸腾作用的下降和光合作用的降低^[23-24]。虽然逆境胁迫对玉米光合性能及生物量方面的影响已有所报道, 但是玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种光合性能及生物量的影响尚未见报道。本研究对玉米蚜刺吸 5 d 后不同抗性玉米品种光合性能及生物量的变化进行分析, 以期今后玉米抗蚜品种的筛选及鉴定提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 蚜虫和玉米品种

玉米品种为郑单 958、蠡玉 16、中单 909、敦煌 1 号, 由安徽科技学院玉米育种课题组提供。玉米蚜采集于凤阳县国家级农作物区域试验站玉米试验

田, 室内饲养于人工气候箱, 温度为 25 ℃, 湿度为 60%, 光周期为 16:8 (光照: 黑暗); 玉米蚜饲养于甜玉米植株上, 甜玉米种植于直径为 10 cm 的营养钵中, 所用基质为土壤、蛭石、营养土, 比例为 3:2:1 (体积比)。

1.2 玉米品种的抗蚜级别鉴定

2014 和 2015 年在安徽科技学院种植园实验田进行鉴定。5 月中旬翻地、整地, 6 月上旬播种, 行长 5 m, 行距 60 cm, 株距 22.3 cm, 每穴播种 3 粒种子, 播种深度 3~4 cm, 每个品种播种 1 行, 随机区组设计, 3 次重复。出苗 7 d 后进行间苗, 每穴留长势健壮的幼苗 1 株。

蚜虫盛发期 (玉米抽雄期) 进行调查, 每个品种调查 10 株, 每株调查蚜虫发生最严重 1 片叶片的单叶蚜量。叶片上蚜量少的进行详细计数, 蚜量多的采用目测法计数。依据蚜虫抗性鉴定标准^[14] (表 1) 划分抗性等级。

表 1 蚜虫抗性鉴定标准

Table 1 Identification criteria for aphid resistance

等级	抗性	单叶蚜量
1	高抗 (HR)	0~40
3	抗 (R)	41~200
5	中抗 (MR)	201~400
7	感 (S)	401~700
9	高感 (HS)	700 以上

1.3 不同抗性玉米品种室内接蚜处理

将 4 个玉米品种种子在光照培养箱 (25 ℃) 中催芽 48 h, 将其播种于直径 20 cm、高 15 cm 的花盆中, 培养介质为土壤、蛭石、珍珠岩、有机肥按 1:1:1:1 (体积比) 的比例混合, 用杀菌剂多菌灵处理培养介质以防病菌侵染。每盆播种 10 粒种子, 覆土厚度约 1.5 cm, 出苗后进行间苗, 每盆留苗 4 株。

每个品种播种 36 盆,放置在人工气候室中,定期浇水,温度设置为 $(25\pm 3)^\circ\text{C}$,湿度为 60%,光周期为 16:8(光照:黑暗)。待玉米苗长至三叶一心期,将采集的 3~4 龄玉米蚜若蚜和成蚜用毛笔接种至玉米叶片上,蚜虫密度为每株 80 头,2 h 后检查蚜虫是否有掉落,并补齐。以不接种蚜虫为对照,每处理 6 盆,3 次重复。5 d 后测量各项指标。

1.4 光合指标及叶绿素含量的测定

选择生长点向下第 2 片展开叶,利用 CI-340 光合仪测定玉米幼苗叶片的各项光合性能指标。每个处理和对照,每次分别选取 6 片测定,重复 3 次,取平均值。

选择生长点向下第 2 片展开叶,使用叶绿素测定仪 SPAD-502 测定玉米幼苗叶片中部的 SPAD 值。每个处理和对照每次分别选取 24 片测定,重复 3 次。

1.5 株高、根系长度、根系数量、干质量及鲜质量测定

首先使用 0.1 cm 精度的直尺测量植株株高及根系长度,再用千分之一的电子天平测定玉米幼苗鲜质量及干质量。每个品种处理组和对照分别测量 24 株,重复 3 次。

1.6 数据分析

数据使用 Excel 2007 处理并制图,采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析(ANOVA),用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 玉米品种的抗蚜鉴定结果

由表 2 可知,2014 和 2015 年 4 个玉米品种对蚜虫的抗性结果一致,均为郑单 958 抗蚜、蠡玉 16 感蚜、中单 909 感蚜、敦煌 1 号高感。

表 2 4 个玉米品种对玉米蚜的抗性

Table 2 The resistance of four maize varieties to corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis*)

品种	2014 年		2015 年	
	单叶蚜量	抗性级别	单叶蚜量	抗性级别
郑单 958	76±33	抗蚜	79±32	抗蚜
蠡玉 16	451±200	感蚜	473±193	感蚜
中单 909	517±167	感蚜	542±129	感蚜
敦煌 1 号	806±265	高感	876±292	高感

2.2 玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种幼苗光合指标的影响

由图 1 可知,在玉米蚜刺吸 5 d 后 4 个玉米品种

叶片的净光合速率与对照相比无显著差异($P>0.05$),而郑单 958 和蠡玉 16 叶片的净光合速率显著高于中单 909 和敦煌 1 号($P<0.05$)。在蚜虫刺吸和无蚜刺吸时郑单 958 和蠡玉 16 叶片的叶片气孔导度均显著高于中单 909 和敦煌 1 号($P<0.05$)。在蚜虫刺吸 5 d 后郑单 958 叶片的蒸腾速率显著高于中单 909 和敦煌 1 号($P<0.05$),而蚜虫刺吸处理的敦煌 1 号叶片蒸腾速率最低。

在玉米蚜刺吸 5 d 后 4 个玉米品种的叶片胞间 CO_2 浓度与对照相比均无显著差异,而郑单 958 和中单 909 叶片的胞间 CO_2 浓度高于对照,蠡玉 16 和敦煌 1 号叶片的胞间 CO_2 浓度低于对照(图 1)。在玉米蚜刺吸下蠡玉 16、郑单 958 叶片胞间 CO_2 浓度显著高于敦煌 1 号($P<0.05$),在无蚜虫刺吸时蠡玉 16 叶片胞间 CO_2 浓度显著高于中单 909 和敦煌 1 号($P<0.05$)。在玉米蚜刺吸 5 d 后郑单 958 和敦煌 1 号叶片的水分利用率略高于对照,而蠡玉 16 和中单 909 叶片水分利用率略低于对照。在玉米蚜刺吸 5 d 后 4 个玉米品种的叶绿素 SPAD 值均低于对照,且郑单 958 和敦煌 1 号叶片的叶绿素 SPAD 值显著低于对照($P<0.05$)。

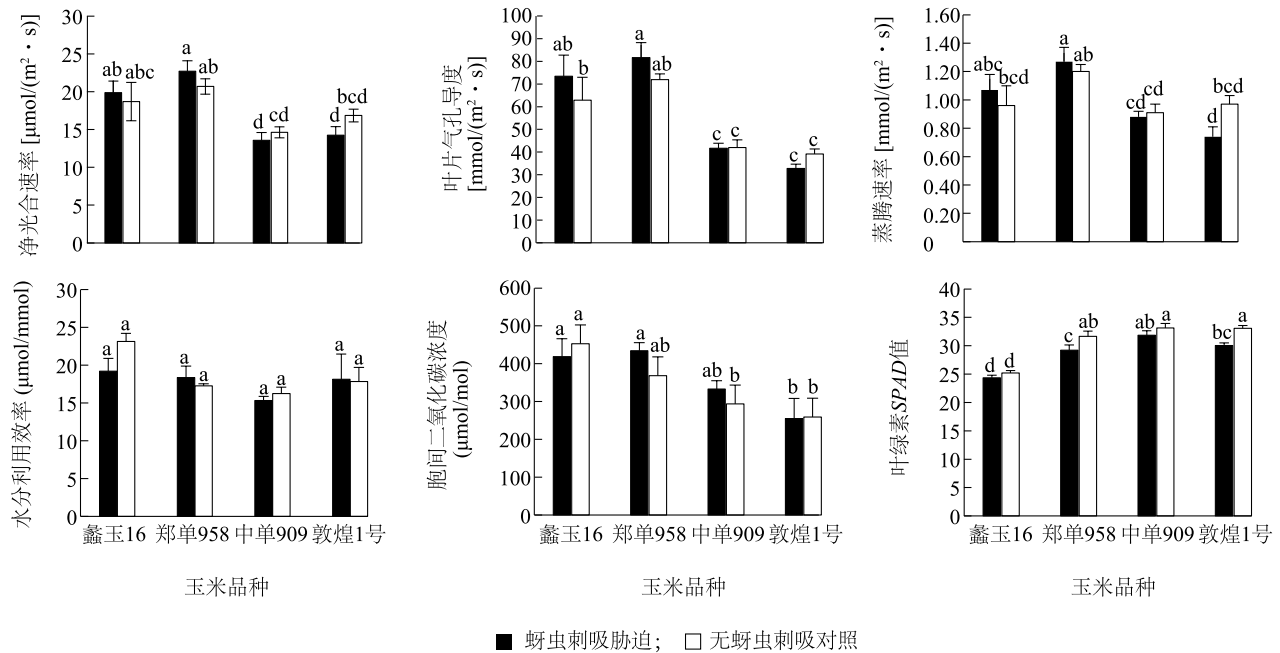
在被玉米蚜刺吸 5 d 后,4 个玉米品种的光合指标与对照相比均发生了相应变化,变化百分率反映了不同抗性玉米品种光合指标变化的程度。在玉米蚜刺吸 5 d 后抗蚜品种郑单 958 的大多数光合指标均呈现正向变化,仅叶绿素 SPAD 值呈现负向变化,说明玉米蚜刺吸对抗蚜品种的光合性能起着一定促进作用;玉米蚜刺吸 5 d 后蠡玉 16 约 50 % 的光合指标呈正向变化,50% 的光合指标呈现负向变化;中单 909 的光合指标除叶片胞间 CO_2 浓度外均呈现负向变化;敦煌 1 号的光合指标除水分利用效率外均呈现负向变化。

2.3 玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种幼苗生物量的影响

由图 2 可知,在玉米蚜刺吸 5 d 后 4 个玉米品种的株高与对照相比均无显著差异($P>0.05$),在蚜虫刺吸处理的敦煌 1 号株高显著高于其他 3 个玉米品种($P<0.05$),在无蚜刺吸时敦煌 1 号和中单 909 的株高显著高于郑单 958 ($P<0.05$)。蚜虫刺吸处理的郑单 958、中单 909 和蠡玉 16 的根系长度均长于对照,而蚜虫刺吸处理的敦煌 1 号根系长度小于对照。被蚜刺吸的蠡玉 16 根系数量显著多于对照($P<$

0.05), 在玉米蚜刺吸 5 d 后蠡玉 16、中单 909、敦煌 1 号根系数量均多于对照, 仅郑单 958 少于对照。蚜虫刺吸处理郑单 958 鲜质量显著高于对照 ($P < 0.05$),

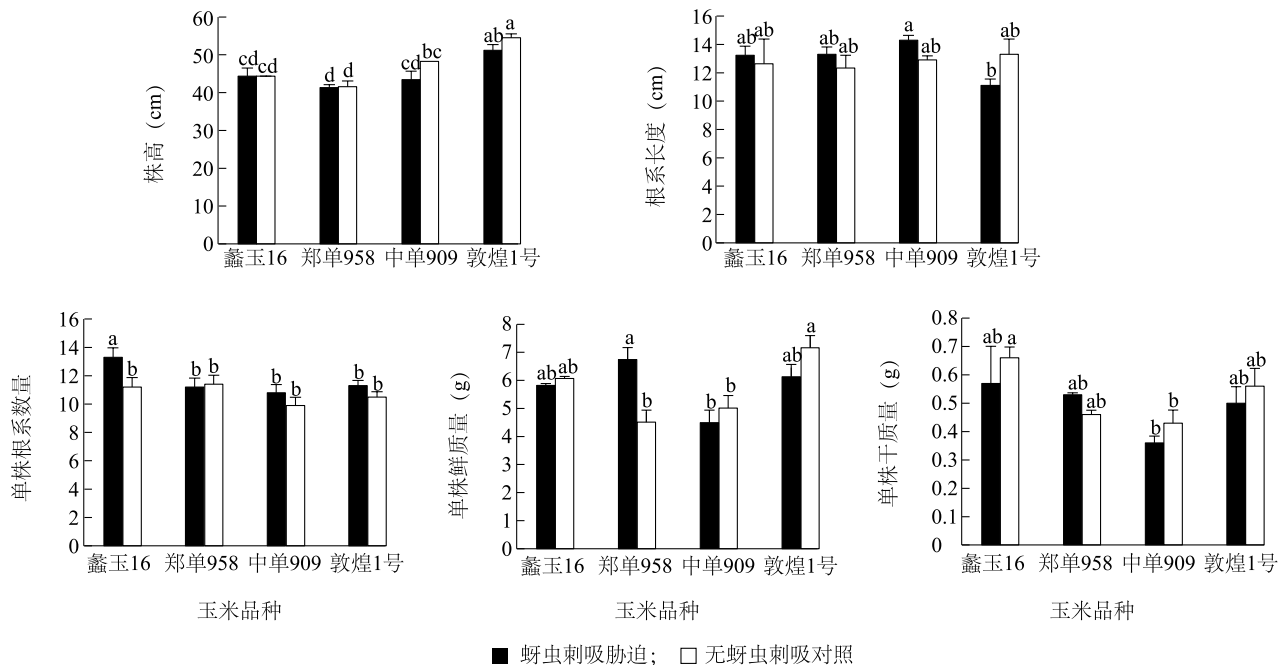
而其他 3 个品种的鲜质量与对照无显著差异。玉米蚜刺吸处理的郑单 958 干质量也高于对照, 而其他 3 个品种的干质量均低于对照 ($P > 0.05$)。



不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图1 玉米蚜刺吸(5 d)对4个玉米品种幼苗光合指标的影响

Fig.1 Effects of corn leaf aphid sucking on photosynthetic indices of seedling of four maize varieties



不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图2 玉米蚜刺吸(5 d)对4个玉米品种幼苗生物量的影响

Fig.2 Effects of corn leaf aphid sucking on biomass of seedling of four maize varieties

3 讨论

玉米蚜刺吸危害是玉米生产的主要生物限制因素之一,玉米的光合作用是影响其自身生长代谢的第一个重要环节^[25],光合性能各项指标主要反映作物自身的光合作用特性^[26]。蚜虫刺吸对作物光合作用的严重影响,将会导致作物生物量和水分利用效率下降^[27]。蚜虫刺吸降低叶片的气孔导度,引起CO₂反应受阻,降低光合性能,从而减少作物的生物量、经济产量^[18, 28]。

本研究中4个玉米品种抗蚜级别鉴定结果表明,郑单958为抗蚜品种,蠡玉16和中单909为感蚜品种,敦煌1号为高感品种。其中蠡玉16和中单909虽然抗性级别同为感蚜,但从2年的平均蚜虫发生量来看,蠡玉16的蚜虫数量低于中单909,说明蠡玉16的抗蚜性要高于中单909,所以这4个品种的抗蚜性排序为:郑单958>蠡玉16>中单909>敦煌1号。光合指标测定结果显示,郑单958在被玉米蚜刺吸5d后各项光合指标均呈正向变化,仅叶绿素SPAD值低于对照。说明郑单958的补偿能力较强,在被蚜虫刺吸后各项光合指标并未受影响,被玉米蚜刺吸危害5d后的多数光合指标呈上升趋势,蚜虫刺吸在一定程度上促进了光合作用,未因蚜虫刺吸危害而降低光合性能,而感蚜品种在被蚜虫刺吸后光合性能的部分指标受到抑制。在生物量方面,在被蚜虫刺吸5d后抗蚜品种郑单958的株高、根系数量呈现负向变化,而根系长度、鲜质量和干质量呈现正向变化趋势,其中鲜质量变化百分率达48.45%。在被蚜虫刺吸后感蚜品种蠡玉16的鲜质量、干质量呈现负向变化,而株高、根系长度、根系数量呈现正向变化趋势;在被蚜刺吸后感蚜品种中单909和高感品种敦煌1号的株高、鲜质量、干质量均呈现负向变化,其中,中单909的根系长度和根系数量呈正向变化,而敦煌1号仅根系数量呈现正向变化趋势。说明蚜虫刺吸在一定程度上促进了郑单958和蠡玉16的生长发育,而抑制了中单909和敦煌1号的生长发育。

以上结果说明不同抗性玉米品种在抵御玉米蚜刺吸方面表现出不同抗蚜机制。蚜虫刺吸对抗蚜品

种的光合性能和生物量具有促进作用,而感蚜品种的补偿能力较弱,光合作用受到抑制,且部分生物量呈下降趋势。研究玉米蚜刺吸对不同抗性玉米品种的光合作用及生物量的影响,可为抗蚜玉米品种的筛选和鉴定提供理论数据。

参考文献:

- [1] 路立平,赵化春,赵娜,等.世界玉米产业现状及发展前景[J].玉米科学,2006,14(5):149-151,156.
- [2] 徐春丽,谢军,王珂,等.中国西南地区玉米产量对基础地力和施肥的响应[J].中国农业科学,2018,51(2):129-138.
- [3] 李少昆,赵久然,董树亭,等.中国玉米栽培研究进展与展望[J].中国农业科学,2017,50(11):1941-1959.
- [4] 王怡,赵曼,田体伟,等.不同玉米品种玉米蚜田间消长与其主要生化物质的相关性研究[J].河南农业大学学报,2016,50(3):364-369.
- [5] 张衍干,黄吉,施伟迪,等.不同玉米品种对玉米蚜的抗性及其与瓢虫的联合控害作用[J].浙江农业学报,2016,28(5):815-819.
- [6] 赵曼,田体伟,李为争,等.玉米蚜在8个玉米品种(系)上取食行为的比较分析[J].中国农业科学,2015,48(8):1538-1547.
- [7] 黄钰森,董晨晖,柴正群,等.云南两个不同生态区玉米种群动态研究[J].环境昆虫学报,2015,37(5):946-954.
- [8] 李远,赵曼,郭线茹,等.不同玉米品种(系)田间抗蚜性的初步鉴定[J].河南农业大学学报,2012,46(3):307-312.
- [9] 宋伟,江俊起,缪勇.不同玉米品种抗蚜性研究[J].生物灾害科学,2014,37(4):288-292.
- [10] 王怡,赵曼,田体伟,等.不同玉米品种玉米蚜田间消长与其主要生化物质的相关性研究[J].河南农业大学学报,2016,50(3):364-369.
- [11] 武德功,袁梦环,王伟,等.玉米自交系抗蚜性与农艺性状和叶片理化指标的关系[J].西北农业学报,2018,27(6):1-10.
- [12] 熊雪,刘济明,王军才,等.磷素供给对米槁幼苗光合作用-CO₂响应的影响[J].南方农业学报,2017,48(11):1983-1988.
- [13] 肇思迪,娄运生,庞渤,等.UV-B辐射增强下施硅对冬小麦光合特性和产量的影响[J].江苏农业学报,2017,33(5):1036-1043.
- [14] 刘志娟,杨晓光,吕硕,等.气候变化背景下东北三省春玉米产量潜力的时空特征[J].应用生态学报,2018,29(1):103-112.
- [15] 马梦茹,王占林,贺康宁,等.不同土壤含水量与光照对山杏和四翅滨藜光合作用的影响[J].江苏农业科学,2017,45(22):126-129.

- [16] 孟凡超,张佳华,郝 翠,等. CO₂浓度升高和不同灌溉量对东北玉米光合特性及产量的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2126-2135.
- [17] 施守杰,符云鹏,杨双剑,等. 遮阴对烤烟上部叶光合特性及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(2): 24-28.
- [18] 李 杨,杨子详,陈晓鸣,等. 角倍蚜虫瘿对盐肤木光合特性和总氮含量的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6876-6884.
- [19] 李跃强,宣维健,王红托,等. 棉花对棉铃虫危害超补偿作用的生理机制[J]. 昆虫学报, 2003, 46(3): 267-271.
- [20] 陈建明,俞晓平,程家安,等. 植物耐虫性研究进展[J]. 昆虫学报, 2005, 48(2): 262-272.
- [21] 李 强,罗延宏,余东海,等. 低氮胁迫对耐低氮玉米品种苗期光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物营养与肥料, 2015, 21(5): 1132-1141.
- [22] 武德功,王 俊,张露雨,等. 抗、感玉米幼苗玉米蚜为害后不同时间的生理响应[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(3): 493-502.
- [23] 武德功,方文浩,杜军利,等. 不同蚜虫密度胁迫对抗感玉米幼苗生理物质的影响[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(4): 528-536.
- [24] 艾尼玩尔·黑里力,胡守林,万素梅. 喷施页面肥对棉蚜侵害后棉花叶片保护酶活性及光合指标的影响[J]. 江西农业学报, 2018, 30(3): 28-32.
- [25] 卜令铎,张仁和,常 宇,等. 苗期玉米叶片光合特性对水分胁迫的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1184-1191.
- [26] 魏孝荣,郝明德,张春霞,等. 土壤干旱条件下外源锌、锰对夏玉米光合特性的影响[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1101-1104.
- [27] 高玉红,牛俊义,徐 锐,等. 不同覆盖方式对玉米叶片光合、蒸腾及水分利用效率的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(5): 178-184.
- [28] 于文颖,纪瑞鹏,冯 锐,等. 不同生育期玉米叶片光合特性及水分利用效率对水分胁迫的相应[J]. 生态学报, 2015, 35(9): 2902-2909.

(责任编辑:张震林)