

文章编号: 1005-0906(2012)06-0132-05

我国北部及中东部地区玉米根际土壤中 寄生线虫种类调查研究

郭 宁, 石 洁

(河北省农林科学院植物保护研究所, 河北 保定 071000)

摘 要: 对我国北部及中东部 9 省(直辖市)的 57 市(县)采集玉米根际土壤样品, 从 92 份土样中共分离到 17 属植物寄生线虫, 即垫刃属(*Tylenchus*)、丝尾垫刃属(*Filenchus*)、杆垫刃属(*Rhabdotylenchus*)、平滑垫刃属(*Psilenchus*)、叉针属(*Boleodorus*)、巴兹尔属(*Basiria*)、矮化属(*Tylenchorhynchus*)、短体属(*Pratylenchus*)、小环属(*Criconemella*)、茎属(*Ditylenchus*)、纽带属(*Hoplolaimus*)、盾属(*Scutellonema*)、盘旋属(*Rotylenchus*)、螺旋属(*Helicotylenchus*)、拟盘旋属(*Pararotylenchus*)、真滑刃属(*Aphelenchus*)、滑刃属(*Aphelenchoides*)。其中, 矮化属线虫分布较广, 占样本总数的 58.70%; 螺旋属线虫的相对丰度最大, 占线虫总数的 47.53%, 这两属线虫为玉米根际土壤中的优势属。对不同地区线虫种群进行分析得出, 螺旋属线虫为山东、安徽、江苏及河南省的优势属, 矮化属线虫为黑龙江、吉林、辽宁、北京和河北省(市)的优势属, 垫刃属线虫是吉林省的优势属, 短体属线虫为辽宁和河南两省的优势属。

关键词: 玉米; 植物寄生线虫; 根际土壤; 优势属

中图分类号: S435.122

文献标识码: A

Investigation on Species of Plant Parasitic Nematodes in the Rhizospheric Soil of Corn in Northern and Mid-eastern China

GUO Ning, SHI Jie

(Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Baoding 071000, China)

Abstract: pecies survey of parasitic nematode in rhizospheric soil of corn was carried out in 9 provinces of 57 counties in Northern and Mid-eastern, 92 soil samples of rhizospheric soil of corn were collected and investigate, The investigation revealed that the nematodes belong to 17 generas, namely *Tylenchus*, *Filenchus*, *Rhabdotylenchus*, *Psilenchus*, *Boleodorus*, *Basiria*, *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus*, *Criconemella*, *Ditylenchus*, *Hoplolaimus*, *Scutellonema*, *Rotylenchus*, *Helicotylenchus*, *Pararotylenchus*, *Aphelenchus* and *Aphelenchoides*. *Tylenchorhynchus* spread widely in many regions, in the number of soil samples was 58.70%, *Helicotylenchus* had the largest relative abundance, in the population number was 47.53%, the two generas were dominant generas in the rhizospheric soil of corn. *Helicotylenchus* was the dominant genera in Shandong province, Anhui province, Jiangsu province and Henan province, *Tylenchorhynchus* was the dominant genera in Heilongjiang province, Jilin province, Liaoning province, Beijing and Hebei province, *Tylenchus* was the dominant genera in Jilin province, *Pratylenchus* was the dominant genera in Liaoning and Henan province.

Key words: Corn; Plant parasitic nematodes; Rhizospheric soil; Dominant genera

玉米病害是影响玉米生产的重要限制性因素。近年来,随着农业生产结构调整,各种作物上的线虫

危害日趋严重。Norton 报道全世界至少有 120 种植物寄生性线虫可寄生玉米,其中分布于北美的有 60 多个种^[1]。我国对玉米寄生线虫种类的调查与研究很少,目前国内主要在上世纪 90 年代前后对个别省(市)的玉米线虫进行了调查^[2-6],缺少大范围的系统调查与研究。本研究以我国中东部夏玉米区以及北部春玉米区为重点,对玉米根际土壤进行采样鉴定,为了解玉米主产区玉米根际土壤中植物寄生线虫的

收稿日期: 2012-02-17

基金项目: 现代农业产业技术体系(CARS-02)

作者简介: 郭 宁(1983-),女,蒙古族,辽宁朝阳人,硕士,研究方向为玉米病虫害综合防治。E-mail: guoning433@163.com

种类和优势种群,进一步研究线虫对玉米的危害及线虫病害的防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样本来源与采集

2009 年夏季对辽宁、吉林、黑龙江、北京、河北、河南、山东、江苏和安徽 9 个省(直辖市)的 57 个市(县)进行玉米根际土壤样品采集。在玉米生长后期,采用 5 点取样法,去掉 5 cm 表土,然后在 5~15 cm 深度用取样铲挖取大约 300 g 玉米根际土壤样品放入采样袋内,记好标签,带回室内及时分离或在 4℃ 冰箱内保存。

1.2 线虫分离与鉴定

每个土壤样品称取 200 g,采用淘洗-过筛-重糖离心法分离线虫。分离获得的线虫置于 60℃ 下温和热杀死,再加入等量的 2 倍 TAF 固定液固定,然后混匀,倒入标本瓶中,以备计数及鉴定。

标本瓶中的固定液定容为 6 mL,摇匀后用吸管吸取 2 mL 置于计数皿中,在体视解剖镜下进行线虫计数,在光学显微镜下系统观察雌虫和雄虫的形态特征,参考文献[7]进行线虫属的鉴定,然后依据测

得的土壤水分含量将土壤线虫数量折算成 100 g 干土中含有的线虫数量。

1.3 计算公式

分离频率=(含某属的样本数/样本总数)×100%;

丰度=100 g 干土中土壤线虫的数量;

相对丰度=(丰度/线虫总数)×100%。

2 结果与分析

2.1 线虫种类、分布及优势度

从 92 份土样中分离到 2 目 8 科 17 属的植物寄生线虫。①垫刃目垫刃科:垫刃属(*Tylenchus*)、丝尾垫刃属(*Filenchus*)、杆垫刃属(*Rhabdotylenchus*)、平滑垫刃属(*Psilenchus*)、叉针属(*Boleodorus*)、巴兹尔属(*Basiria*);刺科:矮化属(*Tylenchorhynchus*);短体科:短体属(*Pratylenchus*);环科:小环线虫属(*Criconebella*);粒科:茎属(*Ditylenchus*);纽带科:纽带属(*Hoplolaimus*)、盾状线虫属(*Scutellonema*)、盘旋属(*Rotylenchus*)、螺旋属(*Helicotylenchus*)、拟盘旋属(*Pararotylenchus*)。②滑刃目真滑刃科:真滑刃属(*Aphelenchus*);滑刃科:滑刃属(*Aphelenchoides*),其在各地的分布情况见表 1。

表 1 玉米根际土壤中植物寄生线虫的分布

Table 1 The distribution of plant parasitic nematodes of corn in different regions

种 类 Genera	分 布 地 点 Location
矮化属	黑龙江省:克山、肇东、富裕、绥化、五常;吉林省:德惠、九台、农安;辽宁省:喀左、台安、灯塔、黑山、北票、绥中;北京:顺义、延庆、怀柔;山东省:胶南、平度、青州、莱州、胶州、泰安;河北省:邯郸、肃宁、沧州、唐山、栾县、卢龙、平泉;河南省:濮阳、汤阴、洛阳、浚县、新乡;安徽省:萧县;江苏省:丰县
拟盘旋属	黑龙江省:克山、肇东、克东、讷河、富裕、绥化;吉林省:德惠、公主岭、九台、农安、靖宇;辽宁省:喀左、台安、灯塔、黑山、绥中、北票;北京:顺义、怀柔、延庆;山东省:聊城;河北省:唐山、卢龙、平泉
短体属	黑龙江省:肇东、克东;辽宁省:喀左、瓦房店、台安、灯塔、黑山、绥中;北京:延庆、怀柔;山东省:济南、平度、聊城、青州、莱州、胶州、泰安、兖州;河北省:永年、邯郸、肃宁、昌黎、唐山、平泉;河南省:濮阳、洛阳、浚县、宝丰、新乡;安徽省:萧县、凤阳、宿州;江苏省:丰县
螺旋属	黑龙江省:肇东、克东、讷河、五常;吉林省:德惠;辽宁省:喀左、台安、灯塔、绥中;北京:顺义;山东省:胶南、济南、平度、聊城、青州、莱州、胶州、潍坊、泰安、兖州;河北省:邯郸、肃宁、沧州、唐山、平泉;河南省:濮阳、汤阴、洛阳、浚县、宝丰、新乡;安徽:萧县、凤阳;江苏省:泗洪、沭阳、丰县
垫刃属	黑龙江省:讷河、富裕、绥化;吉林省:公主岭、九台、吉林、农安;辽宁省:台安、黑山;北京:怀柔、延庆;山东省:胶南、济南、胶州、潍坊;河北省:唐山、平泉;河南省:濮阳、汤阴;安徽省:萧县;江苏省:沭阳
丝尾垫刃属	黑龙江省:克山、绥化、五常;吉林省:公主岭、九台、农安;辽宁省:台安、灯塔;北京:怀柔、延庆;山东省:胶南、济南、平度、聊城、莱州、兖州;河北省:唐山、平泉;河南省:汤阴、宝丰、新乡;安徽省:萧县;江苏省:沭阳、丰县
盘旋属	黑龙江省:绥化;吉林省:德惠、公主岭、榆树、靖宇、农安;辽宁省:喀左、台安、灯塔、黑山、绥中;北京:顺义、怀柔、延庆;河北省:平泉
小环属	黑龙江省:肇东、克东、富裕;吉林省:榆树;辽宁省:瓦房店、灯塔、黑山、北票;北京:顺义、延庆;山东省:莱州、胶州;河北省:平泉;安徽省:凤阳
真滑刃属	黑龙江省:讷河、富裕、绥化;吉林省:农安;辽宁省:台安、灯塔、黑山;山东省:济南、青州、莱州;河南省:宝丰;江苏省:泗洪

续表 1 Continued 1

种 类 Genera	分 布 地 点 Location
盾属	黑龙江省:肇东、克东、富裕、绥化;吉林省:公主岭;辽宁省:北票、台安;北京:顺义;河北省:昌黎、卢龙
茎属	吉林省:榆树、农安;辽宁省:黑山;山东省:济南、聊城、泰安
滑刃属	辽宁省:台安、灯塔;北京:顺义;山东省:济南、平度、高唐;河北省:永年
叉针属	山东省:聊城、莱州、青州、济南;河北省:沧州;江苏省:沭阳
平滑垫刃属	吉林省:靖宇;辽宁省:灯塔;山东省:聊城;河南省:濮阳;江苏省:沭阳、丰县
巴兹尔属	黑龙江省:讷河;河南省:浚县;安徽省:凤阳;江苏省:沭阳
杆垫刃属	吉林省:九台;江苏省:沭阳
纽带属	吉林省:农安

对玉米根际土壤中植物寄生线虫的分布及优势度进行调查(表 2),结果表明,矮化属线虫分布较广,占样本总数(分离频率)的 58.70%;其次是拟盘旋属线虫,占样本总数的 47.83%;短体属和螺旋属线虫分布较广,占样本总数的 46.74%。从种群数量看,螺旋属线虫的相对丰度(占线虫总数之比)最大,为

47.53%;其次为矮化属线虫,其相对丰度为 31.26%,这两属线虫为玉米根际土壤中的优势属。短体属线虫为亚优势属,相对丰度为 12.15%。拟盘旋属线虫虽然分布较广,但种群数量却较少,相对丰度仅为 1.85%,是土壤中的常见属。分离频率与种群数量没有相关性。

表 2 玉米根际土壤中植物寄生线虫的种类及优势度

Table 2 The genera and dominance of plant parasitic nematodes of corn

种 类 Genera	c-p 值 c-p scaling	样本数 Number of sample	分离频率(%) Isolation frequency	相对丰度(%) Relative abundance	优势度 Dominance
矮化属	3	54	58.70	31.26	a
拟盘旋属	3	44	47.83	1.85	c
短体属	3	43	46.74	12.15	b
螺旋属	3	43	46.74	47.53	a
垫刃属	2	32	34.78	1.60	c
丝尾垫刃属	2	29	31.52	1.66	c
盘旋属	3	27	29.35	0.65	d
小环线虫属	3	17	18.48	0.82	d
真滑刃属	2	12	13.04	0.39	d
盾状线虫属	3	11	11.96	0.30	d
茎属	2	7	7.61	0.21	d
滑刃属	2	7	7.61	0.14	d
叉针属	2	6	6.52	0.15	d
平滑垫刃属	2	6	6.52	0.13	d
巴兹尔属	2	4	4.35	0.05	d
杆垫刃属	2	2	2.17	0.05	d
纽带属	3	1	1.09	0.04	d

注:a 代表优势属(>20%);b 代表亚优势属(10% ~ 20%);c 代表常见属(1% ~ 10%);d 代表稀有属(<1%)。“-”代表无。下表同。

Note: a. Dominant group, >20%; b. Subdominant group, 10% - 20%; c. Common group, 1% - 10%; d. Rare group, <1%; “-” indicate none.

The same as the following tables.

2.2 不同地区玉米根际土壤中线虫种类与群体结构

由表 3 可以看出,不同地区玉米根际土壤中线虫的种类、种群数量及优势种群存在明显差异,这种

差异与各地区地理环境和气候条件有密切关系。矮化属、垫刃属、丝尾垫刃属和螺旋属线虫的分布最广泛,在调查的 9 个省市均有不同程度的发生。其中,

螺旋属线虫为山东、安徽、江苏、河南省的优势种群,其种群数量在安徽和江苏两省达到最大,相对丰度分别为 95.88%和 90.17%;其次是山东省和河南省,相对丰度分别为 82.74%和 61.52%。矮化属线虫在北部地区的数量较多,为黑龙江、吉林、辽宁、河北省、北京市的优势种群,其中,在北京地区分离的矮化属线虫种群数量最大,相对丰度为 92.37%;其次是黑龙江省和河北省,其种群数量较大,相对丰度分

别为 60.55%和 52.24%。垫刃属线虫是吉林省的优势属,而丝尾垫刃属在各地区的数量较少,为常见属或稀有属。此外,短体属线虫分布较广泛,除吉林省没有发现短体属线虫外,在其他地区均有发生,且为辽宁和河南两省的优势属,其相对丰度分别为 34.81%和 31.15%。其他线虫属相对丰度较小,为亚优势属、常见属或稀有属。

表 3 玉米根际土壤中线虫种类、分离频率及相对丰度

Table 3 The genera Isolation frequency and relative abundance of plant parasitic nematodes of corn in different regions %

种 类	黑龙江省		吉林省		辽宁省		北京省		河北省		山东省		安徽省		江苏省		河南省	
Genera	Heilongjiang		Jilin		Liaoning		Beijing		Hebei		Shandong		Anhui		Jiangsu		Henan	
	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对	分离	相对
	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度	频率	丰度
矮化属	55.56	60.55	37.50	26.44	52.94	39.28	90.91	92.37	83.33	52.24	53.85	3.02	33.33	0.22	20	0.98	83.33	3.45
短体属	22.22	1.82	0	0	47.06	34.81	63.64	1.50	66.67	17.84	69.23	9.82	100.00	2.74	20	1.56	83.33	3.45
垫刃属	44.44	3.80	43.75	26.64	23.53	1.91	54.55	1.31	16.67	0.82	30.77	0.55	33.33	0.23	40	0.76	33.33	0.22
丝尾垫刃属	33.33	1.84	25.00	6.65	17.65	1.33	27.27	0.24	16.67	0.42	53.85	1.85	33.33	0.23	60	3.28	50.00	3.34
盘属	11.11	0.77	62.50	7.58	47.06	2.06	63.64	0.72	8.33	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0
螺旋属	44.44	4.44	12.50	1.82	47.06	8.59	9.09	0.11	50.00	19.65	84.62	82.74	66.67	95.88	60	90.17	100.00	61.52
拟盘属	88.89	12.61	68.75	19.24	58.82	4.51	72.73	1.07	50.00	3.96	7.69	0.07	0	0	0	0	0	0
小环属	33.33	3.26	6.25	4.86	29.41	2.52	27.27	0.56	8.33	0.22	23.08	0.49	33.33	0.46	0	0	0	0
茎属	0	0	18.75	3.23	5.88	0.32	0	0	0	0	23.08	0.27	0	0	0	0	0	0
真滑刃属	33.33	3.04	6.25	0.45	17.65	0.53	0	0	0	0	23.08	0.60	0	0	20	0.17	16.67	0.11
杆垫刃属	0	0	6.25	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0.57	0	0
盾属	44.44	7.09	12.50	2.18	11.76	3.73	9.09	2.07	16.67	3.13	0	0	0	0	0	0	0	0
滑刃属	0	0	0	0	11.76	0.32	9.09	0.05	8.33	0.62	23.08	0.17	0	0	0	0	0	0
平滑垫刃属	0	0	6.25	0.46	5.88	0.11	0	0	0	0	7.69	0.03	0	0	40	1.35	16.67	0.11
叉针属	0	0	0	0	0	0	0	0	8.33	0.22	30.77	0.37	0	0	20	0.19	0	0
巴兹尔属	11.11	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.33	0.23	20	0.19	0	0
纽带属	0	0	6.25	1.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3 结论与讨论

本研究对辽宁、吉林、黑龙江、北京、河北、河南、山东、江苏和安徽省 9 个省(市)玉米根际土壤中线虫种类、分布以及种群数量进行调查研究,从采集的土样中共分离得到 17 属植物寄生线虫,初步明确了这些地区的线虫种类和重要类群。部分种类与刘维志等对我国北方玉米根寄生线虫的种类调查一致。

由于各地区生态条件差异或农田土壤环境改变,玉米根际土壤中的线虫种类及优势群体也存在差异。调查结果显示,矮化属、拟盘属、短体属、螺旋属、垫刃属和丝尾垫刃属的分布较普遍,其中,螺旋属线虫为山东、安徽、江苏和河南省的优势种群;

矮化属线虫为黑龙江、吉林、辽宁、北京和河北省 5 个省(市)的优势种群;短体属线虫为辽宁省和河南省的优势属,这与高学彪、张宇等报道的玉米根际土壤中寄生线虫优势种群略有不同。

目前已报道寄生或伴生玉米根部的线虫达 100 多种,但真正在田间危害玉米根部的仅有几种^[8],短体线虫属、螺旋线虫属均能对玉米造成危害。短体线虫是寄生于玉米上的一类重要线虫,造成植物根系腐烂,植株矮小,是引起玉米根腐加重的重要病原线虫^[9],与玉米有关的短体线虫超过 15 种,可造成 10%~100%的减产^[10];螺旋线虫病分布于世界各地,该病能引起玉米植株矮小,叶片上有浅褐色或黑褐色斑点,线虫危害根部,通常表皮细胞受害,导致根减少,根朽。目前尚未见其他线虫对玉米危害的调查

研究,但某些线虫如茎线虫和滑刃线虫中的某些种是其他作物、苗木上的重要病原线虫^[11~12],应该对它们的潜在危害提高警惕。

参考文献:

- [1] D.C.Norton,舒正义.玉米线虫问题[J].植物医生,1986(1):15-18.
- [2] 王明祖.湖北省栽培植物线虫种类的鉴定[J].华中农业大学学报,1988,7(3):281-289.
- [3] 黎少梅,冯志新,许克林.河南省主要农作物线虫名录[J].河南农业大学学报,1985,19(3):257-269.
- [4] 刘维志,段玉玺,赵洪海,等.我国北方地区玉米根寄生线虫的种类鉴定研究[J].玉米科学,1996,4(4):65-67,77.
- [5] 高学彪,程瑚瑞,方中达.玉米根腐线虫病的病原鉴定和致病性研究[J].南京农业大学学报,1992,15(4):50-55.
- [6] 张宇,高俊明,李红.太谷县玉米田植物寄生线虫种类及垂直分布[J].山西农业科学,2009,37(10):51-54,96.
- [7] 谢辉.植物线虫分类学[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [8] 徐秀德,刘志恒.玉米病虫害原色图鉴[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [9] 段玉玺,陈立杰,张万民,等.部分玉米自交系根际线虫群体数量与玉米早衰病相关性研究[J].沈阳农业大学学报,2001,32(3):189-191.
- [10] Norton D C. Nematode parasites of corn. In Nickle W R(editor), Plant and Insect Nematodes. New York and Basel: Marcel Dekker INC. 1984,61-94.
- [11] 郭全新,简恒.危害马铃薯的茎线虫分离鉴定[J].植物保护,2010,36(3):117-120.
- [12] Tan J J, Ye J R, Hao D J, et al. Effects of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, on some physio-biochemical indexes of Japanese black pine, *Pinus thunbergii*[J].植物病理学报,2011,41(1):44-48.

(责任编辑:姜媛媛)

(上接第 131 页)

- [3] 张瑞富,杨恒山,毕文波,等.超高产栽培下氮肥运筹对春玉米干物质积累及转运的影响[J].作物杂志,2010(1):41-44.
- [4] 鱼欢,杨改河,王之杰.不同施氮量及基追比例对玉米冠层生理性状及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):266-273.
- [5] 赵营,同延安,赵护兵.不同施氮量对夏玉米产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J].土壤肥料,2006(2):30-33.
- [6] 叶东靖,高强,何文天,等.施氮对春玉米氮素利用及农田氮素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):552-558.
- [7] 戴明宏,陶洪斌,王利纳,等.不同氮肥管理对春玉米干物质生产、分配及转运的影响[J].华北农学报,2008,23(1):154-157.
- [8] 云鹏,高翔,陈磊,等.冬小麦-夏玉米轮作体系中不同施氮水平对玉米生长及其根际土壤氮的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):567-574.
- [9] 范亚宁,李世清,李生秀.半湿润地区农田夏玉米氮肥利用率及土壤硝态氮动态变化[J].应用生态学报,2008,19(4):799-806.
- [10] 王俊忠,黄高宝,张超男,等.施氮量对不同肥力水平下夏玉米碳氮代谢及氮素利用率的影响[J].生态学报,2009,29(4):2045-2052.
- [11] 巨晓棠,刘学军,张福锁.冬小麦与夏玉米轮作体系中氮肥效应及氮素平衡研究[J].中国农业科学,2002,35(11):1361-1368.
- [12] 巨晓棠,刘学军,邹国元,等.冬小麦/夏玉米轮作体系中氮素的损失途径分析[J].中国农业科学,2002,35(12):1493-1499.
- [13] 郑伟,何萍,高强,等.施氮对不同土壤肥力玉米氮素吸收和利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):301-309.
- [14] 张秀芝,易琼,朱平,等.氮肥运筹对水稻农学效应和氮素利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):782-788.
- [15] Lord E I, Anthony S G, Goodlass G. Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK[J]. Soil Use Manag., 2002, 18(4): 363-369.
- [16] Sacco D, Bassanino M, Grignani C. Developing a regional agronomic information system for estimating nutrient balances at a larger scale[J]. Eur.J. Agron., 2003, 20(1-2): 199-210.
- [17] 苗建国,金继运,仇少君,等.生态集约化养分管理对春玉米产量和氮素利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(3):571-578.
- [18] 高强,蔡红光,黄立华,等.吉林省干旱地区春玉米连作体系氮素平衡研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(8):127-132.
- [19] 钟旭华,黄农荣,郑海波,等.不同时期施氮对华南双季杂交稻产量及氮素吸收和氮肥利用率的影响[J].杂交水稻,2007,22(4):62-66.
- [20] Hocking P J. Dry-matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and re-distribution in irrigated spring wheat [J]. J. Plant Nutr., 1994, 17: 1289-130.
- [21] 何萍,金继运,林葆.氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究[J].中国农业科学,1998,31(3):1-4.
- [22] 刘占军,谢佳贵,张宽,等.不同氮肥管理对吉林春玉米生长发育和养分吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):38-47.

(责任编辑:胡娟)