

文章编号 :1003-8701(2014)02-0037-05

丰水年施钾量对不同肥力土壤玉米产量的影响

焉 莉^{1,2},冯国忠¹,高 强^{1*},张志丹¹,赵野生³,刘丽茹⁴

(1. 吉林农业大学资源与环境学院,长春 130118;2. 吉林大学资源与环境学院,长春 130021;
3. 吉林省梨树县榆树台镇农业站,吉林 四平 136500;4. 吉林省梨树县农业技术推广总站,吉林 四平 136500)

摘 要:在不同土壤肥力(风沙土和黑土)条件下,通过田间试验研究不同施钾量对玉米产量、钾肥利用率的影响。结果表明:在丰水年,风沙土(低钾)的玉米产量高于黑土(中高钾);风沙土的玉米植株吸钾量明显高于黑土;施钾可导致收获后黑土速效钾含量明显升高,而对风沙土速效钾含量无明显影响;低中高肥力土壤的最佳施钾量分别为 98.2 kg/hm²、39.5 kg/hm²和 49.5 kg/hm²。

关键词:玉米产量;丰水年;钾肥;不同钾水平;最佳施钾量

中图分类号:S513.062

文献标识码:A

Effect of Potassium Fertilizer on Corn Yield in Soils with Different Fertility in a Higher Rainfall Year

YAN Li^{1,2}, FENG Guo-zhong¹, GAO Qiang^{1*}, ZHANG Zhi-dan¹, ZHAO Ye-sheng³, LIU Li-ru⁴

(1. College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. College of Resources and Environment, Jilin University, Changchun 130021; 3. Agricultural Station of Yushutai Town, Lishu County, Siping 136500; 4. General Agricultural Technology Extension Agency of Lishu County, Jilin Province, Siping 136500, China)

Abstract: Field trial for studying the effect of different potassium levels on corn yield of different potassium fertility soils was carried out. The results showed that in higher rainfall year the yield and K use efficiency on Aeolian sand of low potassium fertility was higher than that on Black soil of middle and high potassium fertility. Application of potassium fertilizer significantly enhanced available K in Black soil after harvest, but available K in Aeolian sand soils did not change. The optimum potassium fertilization in low, middle and high fertility soils was 98.2 kg/hm², 39.5 kg/hm² and 49.5 kg/hm², respectively.

Keywords: Corn yield; Higher rainfall year; Potassium fertilizer; Different potassium levels; Optimum potassium amount

吉林省处于世界三大玉米带之一,2009年玉米种植面积292.3万hm²,占全国玉米种植面积的9.4%;产量2083万t,占全国玉米总产量的12.7%^[1-2]。玉米单产最高可达16000kg/hm²,单产的不断提 高,主要依赖农业科技水平的提高,其中肥料的投入对玉米单产提高的贡献率高达50%~60%^[3]。在玉米施肥中钾肥在防止倒伏,促进开花

结实,增强抗旱、抗寒、抗病虫害方面能力突出,使得在玉米生产上钾肥从20世纪90年代至今逐渐被重视起来^[4-7]。根据2008年的吉林省施肥状况调查分析,吉林省有26.7%的玉米地施钾量很低,21.9%施钾量偏低^[8]。土壤钾素成为东北春玉米增产增效限制因子之一,通过研究不同施肥量对玉米产量及钾素吸收的影响,寻找最佳施肥量,从而指导当地农民科学合理施肥是一种行之有效的方法。关于不同施钾量对玉米产量和性状影响的研究已有很多,如武巍等人研究了在黑钙土上不同施钾量对吉林省春玉米产量的影响,同时提出钾肥的最佳施肥量为90kg/hm²^[9],张明怡等人研究在黑土上不同钾肥用量对玉米产量影响^[10],侯云鹏

收稿日期:2013-08-21

项目基金:公益性行业(农业)科研专项(201103003);吉林省科技厅青年科研基金项目(20130522078)

作者简介:焉莉(1980-),女,讲师,在读博士,主要从事环境管理、植物营养与土壤肥料管理研究。

通讯作者:高 强,男,教授,博士,E-mail:gyt199962@163.com

等人进行了风沙土上钾肥适宜用量的研究^[1]。这些研究多偏重于在一个土壤类型上研究,而在不同土壤类型上不同钾素水平上开展施钾量对春玉米产量、钾素吸收及农学效率影响的研究较少。同时吉林省自然灾害频繁,水旱灾害导致玉米带粮食生产波动大,影响了玉米产量的提高。因此了解和掌握在不同天气条件下如丰水年(多雨年)、枯水年(干旱年)玉米产量及其性状对肥料的响应特征,从而进行合理施肥至关重要,本试验旨在为指导该

区不同钾素土壤在丰水年情况下春玉米合理施肥提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

本试验于 2010 年在吉林省四平市梨树县四棵树乡三棵树村与付家街村进行,试验田为玉米连作区,试验点土壤基础理化性状见表 1。

表 1 试验点土壤基础理化性状

土壤类型	肥力	pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
黑土	高	5.69	26.5	1.59	261.9	65.5	150.0
黑土	中	5.78	23.8	1.61	128.4	62.6	100.0
风沙土	低	6.76	8.4	0.51	78.9	18.1	60.0

1.2 试验地气候条件

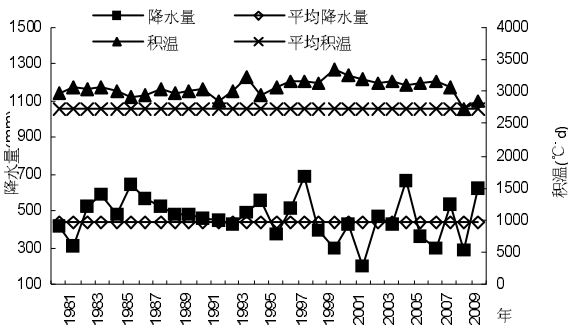


图 1 玉米生长季节(5~9月合计)积温和降雨量(1981~2010)

在试验地附近有梨树县气象站,根据气象站 1981 年到 2010 年多年气象数据资料(图 1)可知该地的年均降雨量为 440 mm,活动积温(大于 10 度的积温)2 732°C·d,该地区降雨量变化较大,大约每隔 3~5 年农作物就会受到干旱或多雨的影响,造成产量波动大,农业管理复杂。2010 年在玉米生长季节该地区总降雨量为 590 mm,活动积温 2 860°C·d(图 2),降雨量偏多,通常将降雨量超过年均降雨量 25%的年份称为丰水年,2010 年是明

显的丰水年。降雨量主要集中在 7、8 月份,给农业生产带来很大隐患。

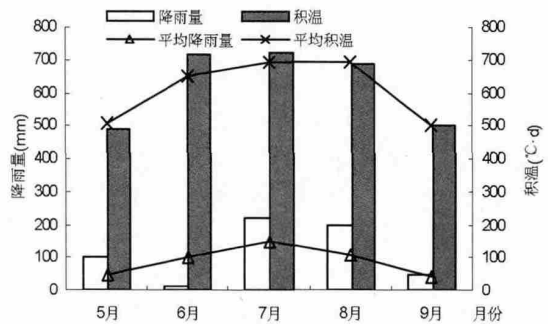


图 2 玉米生长季节(5~9月)积温和降雨量(2010)

1.3 试验设计

试验设置 4 个处理,分别为不施钾肥处理 CK 以及 3 个梯度施钾量处理 T1、T2 和 T3,具体用量见表 2。各施钾量确定的依据为:T1 代表由 3414 推荐施钾量的最高用量;T2 代表由 3414 数据计算所得合理用量即优化用量也是最佳经济施钾量;T3 为较低用量,根据施肥指南推荐用量和农户施钾量确定。

表 2 不同试验点各处理施钾量(K₂O)

土壤类型	钾素肥力	T1	T2	T3	CK
黑土	高	112.5	75	60	0
黑土	中	75	50	25	0
风沙土	低	75	45	20	0

不同试验点氮肥与磷肥的投入量均一致,分别为 N 200 kg/hm² 和 P₂O₅ 92 kg/hm²,其中氮肥为尿素(N 46%),磷肥为磷酸二铵(N 18%;P₂O₅ 46%);氮磷钾肥料的施肥方式为:氮肥采用基肥

加追肥的方式,基肥:大喇叭口追肥=4:6;磷钾肥全部作为基肥施用。

每个处理设置 3 次重复,随机区组排列,小区面积为 50 m²,供试玉米品种采用当地主栽品种

郑单 958,2010 年 5 月 1 日播种,2010 年 9 月 26 日收获,各处理田间管理措施同当地大田管理。

1.4 样品采集与分析方法

播前和收获后分别取高、中、低供钾力地块 0~20 cm 表层土样,玉米收获时每个小区取 3 株植物样,进行土壤及植株养分的测定,具体测定方法为:土壤 pH 值 - 电位法(水土比 2.5 :1),土壤有机质 - 外加热法,土壤全氮 - 半微量凯氏法,土壤碱解氮 - 碱解扩散法,土壤速效磷 - Olsen-P,土壤速效钾 - 1M NH₄Ac- 火焰光度法,植物全钾 - H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,火焰光度计法;小区测产方法为:将试验小区两侧边行各 1 垄及小区两端各 1m 去掉,其余部分作为收获区,实行单打、单收、单计产,同时取 10 穗玉米考种。

1.5 数据分析方法

试验数据用 DPS 3.01v 专业版软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同试验点各处理对玉米产量及产量性状的影响

玉米收获后,分别对不同试验点各处理产量及产量性状进行测定,测定结果见图 3 和表 3。从图 3 中可以看出,在高、中、低 3 种供钾能力的土壤中,供钾能力较低的土壤上,施用钾肥的增产效

果较明显,低钾处理 T1、T2 和 T3 的增产率分别为 18.4%、22.8%和 12.8%;供钾能力中等的黑土上,钾肥投入量较大(T1、T2)时,增产效果不明显,增产率均低于 5%;供钾能力较高的黑土上,施钾处理产量无明显增加,主要原因可能是土壤供钾能力较高土壤不缺钾。

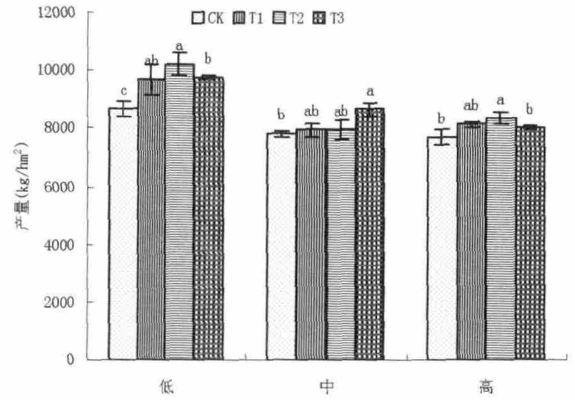


图 3 不同试验点各处理对产量的影响

通过对不同试验点各处理条件下产量性状的测定,如表 3 所示,与 CK 处理相比,在供钾能力较低的土壤上,T1、T2 和 T3 施钾肥处理行粒数明显较多,而其他产量性状均无明显差异;在供钾能力中等的黑土上,T1、T2 和 T3 施钾肥处理百粒重明显较高,秃尖长度明显降低;在供钾能力较高的黑土上,各产量性状均无明显差异。

表 3 不同试验点各处理对产量性状的影响

产量性状	试验点	CK	T1	T2	T3
百粒重(g)	低	32.6a	31.1a	34.6a	32.1a
	中	30.6b	30.7b	32.0ab	34.5a
	高	29.9a	28.1a	28.6a	29.2a
穗长(cm)	低	16.4a	17.4a	17.4a	17.1a
	中	16.9a	16.1a	16.8a	16.3a
	高	17.2a	17.3a	17.2a	17.6a
秃尖长(cm)	低	0.1a	0.1a	0.1a	0.0a
	中	0.6a	0.1b	0.2ab	0.2ab
	高	0.0a	0.1a	0.0a	0.1a
穗粒数	低	560.0b	592.0ab	608.0ab	624.0a
	中	592.0a	576.0ab	576.0ab	528.0b
	高	608.0a	592.0a	608.0a	640.0a

2.2 不同试验点各处理的经济效益

玉米收获后,对不同试验点各处理的经济效益进行统计,结果见表 4,从表 4 中可以看出,在供钾能力较低和较高的土壤条件下,钾肥的经济效益表现为随着施钾量的增加,先升高后降低的趋势,表

明适当增加钾肥的施用量可以明显提高钾肥的经济效益,而在供钾能力中等的土壤条件下,钾肥的经济效益表现为随着施钾量的增加,逐渐降低的趋势,表明在该土壤供钾能力条件下,增加钾肥的施用量出现报酬递减的现象,造成钾肥的浪费。

表 4 不同试验点各处理条件下的经济效益

土壤供钾能力	处理	施钾量(kg/hm ²)	增产量(kg/hm ²)	钾肥经济效益(元/hm ²)
低	CK	0		
	T1	112.5	1 577 ± 761.3 a	2 126
	T2	75	1 951 ± 641.6 a	2 947
	T3	60	1 097 ± 193.8 a	1 569
中	CK	0	-	-
	T1	75	225 ± 277.2 a	13
	T2	50	323 ± 364.1 a	302
	T3	25	683 ± 221.6 a	1 038
高	CK	0	-	-
	T1	75	220 ± 214.4 a	4
	T2	45	450 ± 456.3 a	543
	T3	20	87 ± 267.9 a	49

注 玉米和氯化钾价格分别为 1.7 元/kg 和 2.96 元/kg。

2.3 不同试验点各处理玉米钾素吸收利用情况

玉米收获后,对不同试验点各处理植株对钾素吸收利用状况的测定结果见表 5,从表 5 中可以看出,就植株钾素吸收而言,在 3 个试验点,施钾明显促进玉米对钾素的吸收,同时各试验点中 T1 处理的吸钾量均较大,就钾肥利用率而言,在供钾能力较低和中等的土壤条件下,T2 处理最高,分别为

38.1%和 22.7%,明显高于其他施钾处理,而在供钾能力较高的土壤条件下,T3 处理最高为 38.1%,明显高于其他施钾处理,主要原因在于 T3 处理施钾量较低,仅为 20 kg/hm²,就钾肥农学效率而言,在供钾能力中等的土壤条件下,表现出随着施钾量的降低,钾肥农学效率逐渐升高的规律,而在供钾能力较高和较低的土壤条件下,T2 处理均最高。

表 5 不同试验点各处理对钾素吸收的影响

供钾能力	处理	施钾量(kg/hm ²)	吸钾量(kg/hm ²)	钾肥利用率(%)	钾肥农学效率(kg/kg)
低	CK	0	101.6 ± 2.2b	-	-
	T1	112.5	133.7 ± 8.7a	28.5 ± 2.2	14.0 ± 1.2
	T2	75	130.2 ± 3.7a	38.1 ± 1.1	26.0 ± 2.4
	T3	60	109.2 ± 6.9b	12.7 ± 3.3	18.3 ± 3.2
中	CK	0	118.1 ± 5.6b	-	-
	T1	75	128.3 ± 5.7a	13.5 ± 2.1	3.0 ± 1.2
	T2	50	129.5 ± 3.2a	22.7 ± 3.2	6.5 ± 1.0
	T3	25	121.8 ± 4.2ab	14.8 ± 1.2	27.3 ± 2.3
高	CK	0	112.3 ± 2.1c	-	-
	T1	75	127.9 ± 2.3a	20.7 ± 3.1	2.9 ± 0.2
	T2	45	118.9 ± 4.0b	14.6 ± 1.2	10.0 ± 1.3
	T3	20	119.9 ± 2.0b	38.1 ± 3.4	4.4 ± 0.1

2.4 施钾对收获后不同试验点 0~20 cm 土层速效钾含量的影响

玉米收获后,分别对不同试验点各处理 0~20 cm 土层的速效钾含量进行测定,结果见表 6,从表中可以看出,在供钾能力较低的风沙土条件下,收获后各施钾肥处理 0~20 cm 土层速效钾含量与播前(60 mg/kg)相比,均无明显变化,主要由于风沙土保肥能力较差引起;在供钾能力中等

和较高的黑土条件下,各施钾肥处理收获后 0~20 cm 土层速效钾含量与播前(100 mg/kg、150 mg/kg)相比,均明显提高,主要原因在于黑土保肥能力较强。

2.5 不同试验点最佳施钾量的确定

通过建立不同施钾量与其对应产量的函数模型来确定各试验点最佳施钾量,在本试验条件下,建立的肥料效应函数及最佳施钾量见表 7。

表 6 玉米收获后不同试验点各处理 0~20 cm 土层速效钾含量

mg/kg

供钾能力	CK	T1	T2	T3
低(60)	60.8 ± 21.1a	62.0 ± 13.2a	55.2 ± 5.20a	61.2 ± 6.70a
中(100)	136.8 ± 18.5a	124.4 ± 19.5a	164.4 ± 7.30a	148.4 ± 61.9a
高(150)	169.2 ± 24.0a	164.0 ± 7.70a	148.0 ± 11.1a	153.3 ± 30.1a

表 7 不同试验点的最佳钾肥施用量

供钾能力	肥料效应函数	相关系数	最佳施钾量(kg/hm ²)	最高产量(kg/hm ²)
低	$y = -0.1775x^2 + 34.875x + 8540.3$	$R^2 = 0.8860$	98.2	10255
中	$y = -0.3125x^2 + 24.701x + 7936.4$	$R^2 = 0.6493$	39.5	8425
高	$y = -0.1644x^2 + 16.289x + 7836.7$	$R^2 = 0.7555$	49.5	8241

3 讨论与结论

3.1 在本试验中,供钾能力低的风沙土整体产量要高于供钾能力高的黑土,这与前人多年来研究结果不一致。不同土壤类型的理化性质有很大区别,机械阻力、颗粒组成和总孔隙度都有差异,这些因素将影响水、气、热、营养在土壤中的运移而影响作物根系的生长发育,进而影响到玉米产量和品质的形成^[12-13]。有研究表明,高油玉米在黏土上产量最高,沙土最低^[14-15];玉米产量在沙质黏壤土最高,沙土最低^[16],在干旱气候条件下,这种现象更为突出。而本次试验出现风沙土产量高的主要原因是 2010 年是吉林省丰水年,降水量大,风沙土具有空隙大渗透性强等特点^[17],可以快速将多余的雨水下渗,而中钾和高钾土壤为黑土,下渗能力远远差于风沙土,造成土壤积水,产量明显降低。从增产效果上看,在丰水年供钾能力较低的风沙土壤条件下,合理增施钾肥可以明显提高玉米产量,同时增加钾肥的经济效益;而在供钾能力较高的黑土土壤条件下,由于土壤中提供的钾素较多,较高的钾素投入不仅导致钾肥经济效益降低,而且会降低钾肥当季利用率,造成钾肥的浪费。

3.2 由于土壤类型的差异,钾素吸收效率也存在明显不同。在本试验中,当风沙土、黑土都施钾量为 75 kg/hm² 时,玉米的钾素吸收量基本一致,风沙土钾素当季利用率和农学效率明显高于黑土。这可能与玉米根系生长、土壤有效钾含量和吸附钾程度有关。在本试验气候条件下,风沙土有效钾含量低并吸附钾能力较弱,施入钾供给玉米有效吸收的数量较多,根系生长发育较好,因此利用率较高。黑土则相反,因此利用率较低^[18]。但在风沙土上当施钾量增加到 115 kg/hm² 时,玉米的钾素

吸收没有明显变化,这主要由于风沙土的保肥能力差,过多的钾肥通过渗透淋滤作用进入到土壤深层。

3.3 在本试验中,通过肥料效应函数确定了在多雨年情况下中、高、低供钾能力土壤条件下的最佳施钾量分别为 39.5 kg/hm²、49.5 kg/hm² 和 98.2 kg/hm²。这与吉林省测土配方施肥项目中多年平均计算的在黑土平均最佳施肥量 90 kg/hm²^[10],风沙土中平均最佳施肥量 75 kg/hm²^[11]相比,黑土的施肥量明显降低,而风沙土明显升高。因此建议在多雨年情况下,本区域农民可以减少对黑土的钾肥施用量,适当增加风沙土的钾肥施用量来提高玉米产量和肥料利用率。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[K]. 2009.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[K]. 2010.
- [3] 曹国军,刘宁,李刚,等. 超高产春玉米氮磷钾的吸收与分配[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 198-201.
- [4] 谢建昌,周健民. 我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展[J]. 土壤, 1999, 31(5): 244-254.
- [5] 金继运. 我国北方土壤缺钾和钾肥应用的发展趋势 [A]. 中国农业科学院土壤肥料研究所 / 加拿大钾磷研究所. 北方土壤钾素和钾肥效益[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 1-5.
- [6] 高祥照,马文奇,崔勇,等. 我国耕地土壤养分变化与肥料投入状况[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 363-369.
- [7] 黄绍文,金继运,王泽良,等. 北方主要土壤钾形态及其植物有效性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 156-164.
- [8] 高强,冯国忠,王志刚. 东北地区春玉米施肥现状调查[J]. 中国农学通报, 2010, 26(14): 229-231.
- [9] 武巍,牛红红,杨建,等. 黑钙土玉米钾肥经济用量试验研究[J]. 农业与技术, 2009, 5(29): 128-130.
- [10] 张明怡,刘颖,李玉影,等. 黑土玉米钾肥定位试验研究[J]. 黑龙江农业科学, 2010(10): 48-50.
- [11] 侯云鹏,尹彩侠,杨建,等. 风沙土玉米钾肥适宜用量的研究[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6): 51-52. (下转第 56 页)

同方法施药处理后,玉米螟对玉米危害率明显降低,在玉米抽雄时,以玉米植株被害株率计算,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 对玉米螟的防效幅度为 72.8%~80.2%,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 GR 对玉米螟的防效幅度为 76.7%~78.2%,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 兑水喷雾的防效与 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 GR 直接撒施的效果相当;玉米收获时,以植株虫口数计算,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 对玉米螟的防效幅度为 38.8%~91.2%,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 GR 对玉米螟的防效幅度为 79.6%~95.2%。说明 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪的不同施药方式,防效相当。

3 讨 论

根据试验结果,建议 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 兑水稀释后玉米茎叶喷雾,施用量 36 g a.i./hm²,如果预报玉米螟大发生的年份,施用量 48g a.i./hm²;兑水量 375 L/hm²;40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 GR 可按 1:50 拌沙子,混匀后直接撒施,施用量 45.0 ga.i./hm²,如果预报玉米螟大发生的年份,施用量 56.25 ga.i./hm²。另外,在试验中,40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪对吉林省二代黏虫、蚜虫亦有明显的防治效果,但其对玉米的后期

害虫综合防治还有待于进一步试验研究,其对玉米田的有益昆虫的危害亦需进一步实验观察探索。

参考文献:

- [1] 罗梅浩,吴少英,刘建兵.几种杀虫剂对玉米螟的防治效果研究[J].河南农业科学,2006(10):59-61.
- [2] 鲁新,张国红,李丽娟,等.吉林省亚洲玉米螟的发生规律[J].植物保护学报,2005,32(3):241-245.
- [3] 周大荣,文丽萍,何康来,等.亚洲玉米螟对玉米的致害机制初探“植物病虫害生物学研究进展”——植物病虫害生物学国家重点实验室研究论文选[M].北京:中国农业科技出版社,1995:120-122.
- [4] 夏志红,潘惠康,张新兰,等.玉米穗腐病与蛀穗螟虫发生的关系[J].华北农学报,1995,10(1):88-91.
- [5] 闰惠,于凤兰,廖宇飞.吉林省赤眼蜂繁育与大面积应用技术研究进展[A].第二届全国绿色环保农药新技术、新产品交流会论文集[C].厦门:2003:274-279.
- [6] 徐尚成,俞幼芬,王晓军,等.新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J].现代农药,2008,7(5):8-11.
- [7] 邵振润,李永平,沈晋良,等.氯虫苯甲酰胺防治稻纵卷叶螟和二化螟的大田示范试验[J].中国农业大学学报,2011,30(5):609-612.
- [8] 闫潇敏,宁斌科,王列平,等.新型邻酰胺基苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺的合成和应用[J].世界农药,2009,31(6):20-23.
- [9] 程雷编译.第二代新烟碱类杀虫剂啶虫脒的开发[J].世界农药,2001,23(4):17.
- [12] Paul W U, Thomas C K. Soil compaction and root growth: A Review[J]. Agronomy Journal, 1994(86): 759-766.
- [13] Bernd S, Harald S, Reinhold G, et al. Root production and root mortality of winter wheat grown on sandy and loamy soils in different farming systems [J]. Biology and fertility of soil, 2001(33): 331-339.
- [14] 黄勇,杨青华,李潮海,等.不同质地土壤对高油玉米产量和品质的影响[J].玉米科学,2006,14(2):127-129.
- [15] 杨青华,黄勇,马二培,等.不同质地土壤对高油玉米籽粒灌浆特性及产量的影响[J].玉米科学,2007,15(3):71-74,79.
- [16] 熊杰,隋鹏,石彦琴,等.土壤质地对玉米产量的影响[J].玉米科学,2012,20(1):128-131.
- [17] 李志洪,赵兰坡,窦森,等.土壤学[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [18] 吴巍,张宽,王秀芳,等.土壤有效钾的吸附特征与钾肥有效性的研究[J].植物营养与肥料学报,1998,4(3):271-276.

(上接第 41 页)