

吉林西部不同培肥方式对玉米产量及土壤理化性状的影响

李兴吉^{1,2}, 刘松涛², 程松², 张畅², 刘剑钊², 梁尧², 袁静超², 张洪喜², 任军², 刘卓^{2*}, 蔡红光^{2*}

(1. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部东北植物营养与农业环境重点实验室, 长春 130033)

摘要:通过三年田间定位试验, 研究不同培肥措施对吉林西部半干旱区玉米产量及土壤肥力指标的影响, 为指导当地土壤改良及肥力培育提供参考。试验在吉林省乾安县赞字乡进行, 设6个处理, 分别为农民习惯(Tra)、增施有机肥(Tra+M)、深松(Tra+S)、增施硫酸铝(Tra+Al)、高量施肥(HNPK)和综合培肥(Opt)。研究表明: 五种培肥措施中以综合培肥(Opt)处理效果最佳, 增施有机肥(Tra+M)处理效果次之。与农民习惯(Tra)相比较, 综合培肥(Opt)处理下玉米产量三年平均增加11.84%, 0~20 cm和20~40 cm土壤速效氮、速效磷和速效钾平均增幅51.3%和41.4%, 其中磷和钾增幅比例较高; 土壤容重分别降低21.6%和14.4%, 土壤三相比进一步优化。综上, 综合培肥(Opt)措施通过0~40 cm全耕层培肥, 改善玉米群体质量, 实现玉米高产稳产。

关键词:半干旱区; 土壤改良; 玉米; 产量

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)01-0057-04

Effect of Different Soil Amendent Practices on Grain Yield of Maize Soil Physical and Chemical Properties in Western Jilin Province

LI Xingji^{1,2}, LIU Songtao², CHENG Song², ZHANG Chang², LIU Jianzhao², LIANG Yao², YUAN Jingchao², ZHANG Hongxi², REN Jun², LIU Zhuo^{2*}, CAI Hongguang^{2*}

(1. College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Agricultural Resources and Environment Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-Environment in Northeast Region, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P.R. China, Changchun 130033, China)

Abstract: Three-year field experiments in west semi-arid area of Jilin Province were carried out to study the effect of different fertilization modes on maize yield and soil fertility, which provides reference for local soil improvement and fertility cultivation. The experiment was carried out in Zanzi Township, Qian'an County, Jilin Province with 6 treatments, including traditional application(Tra), organic manure amendment(Tra+M), subsoiling(Tra+S), Al₂(SO₄)₃ modifier(Tra+Al), high fertilizer application(HNPK), integrated optimize(Opt). The results indicated that the Opt treatment effect was the best, followed by Tra+M treatment effect in five treatments. Compared with Tra treatment, maize yields in the Opt treatment increased by an average of 11.84% over three years, soil available N, P and K at two soil layers of 0-20 cm and 20-40 cm in the Opt treatment increased by 51.3% and 41.4% on average, among which P and K increased by a higher proportion. Soil bulk density decreased by 21.6% and 14.4%, the soil three-phase ratio was further optimized. To sum up, the Opt treatment were full tillage fertilizer at the soil layers of 0-40 cm, then improve the quality of maize population to achieve high and stable yield.

Key words: Semi-arid area; Soil fertility improvement; Maize; Grain yield

收稿日期: 2020-03-16

基金项目: 吉林省农业科技创新工程重大项目(CXGC2017ZD001); 国家现代农业产业技术体系(CARS-07-G-6); 吉林省农业科技创新工程人才基金项目(C8223001201)

作者简介: 李兴吉(1996-), 男, 在读硕士, 从事植物营养与肥料研究。

通讯作者: 刘卓, 男, 硕士, 副研究员, E-mail: liuzhuo0726@163.com

蔡红光, 男, 博士, 研究员, E-mail: caihongguang1981@163.com

土壤肥力是农业可持续发展的基础资源,培肥是维持农业土壤肥力水平最主要的措施之一^[1],吉林西部半干旱区耕地面积接近吉林省总耕地面积的30.2%^[2],对吉林省粮食生产意义重大。西部地区降水量少,而且降水在时间分布上明显不均衡,加上土壤贫瘠、利用方式不合理等因素,导致土壤质量下降,主要表现是土壤容重增大,土壤通气孔隙比例相对降低,耕作层变浅,土壤通气透水性变差^[3-4],已成为当地玉米高产的主要限制因素^[5]。前人在合理耕作、平衡施肥等方面开展了研究,高峰等研究了玉米高留茬垄侧播种和玉米高留茬宽窄行播种保护性耕作技术对玉米产量的影响^[6]。柳红霞研究表明施用缓释肥不仅能够改善玉米的生长性状,而且具有明显的增产效果^[7]。但目前基于土壤改良方面的研究仍鲜有报道。本文通过三年定位试验,研究不同土壤改良措施对玉米产量及土壤物理、化学指标的响应机制,为吉林西部半干旱地区土壤改良及肥力培育提供技术指导。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2008~2010年在吉林省乾安县赞字乡父字村进行,土壤质地为砂质壤土,供试土壤为淡黑钙土,0~20 cm和20~40 cm的速效氮、速效磷和

速效钾分别为98.7 mg/kg、22.7 mg/kg、159.9 mg/kg和86.8 mg/kg、8.8 mg/kg、62.2 mg/kg。2008年、2009年和2010年玉米生育期降雨量分别为398.9 mm、236.5 mm、224 mm(图1)。

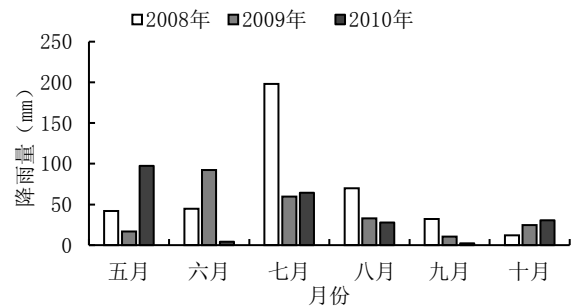


图1 试验区2008~2010年玉米生育期内降雨量分布

1.2 试验设计

试验设6个处理,分别为农民习惯(Tra)、增施有机肥(Tra+M)、深松(Tra+S)、增施硫酸铝(Tra+Al)、高量施肥(HNPK)和综合培肥(Opt)。每个处理3次重复,每小区117 m²,大垄双行,覆膜种植。各处理施用时间及用量见表1。磷肥为磷酸二铵(含N18%,P₂O₅46%),钾肥为氯化钾(含K₂O 60%),均一次性基施。氮肥为尿素(含N46%),25%基施,75%追施。供试玉米品种为郑单958,播种密度为7.5万株/hm²,每年均在5月上旬播种,10月上旬收获。

表1 不同处理下肥料用量及施用时间

处理	底肥			追肥		
	N(kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O(kg/hm ²)	有机肥(m ³)	硫酸铝(kg/hm ²)	N(kg/hm ²)
Tra	62.5	100	150			187.5
Tra+M	62.5	100	150	30		187.5
Tra+S	62.5	100	150			187.5
Tra+Al	62.5	100	150		200	187.5
HNPK	131	300	375			187.5
Opt	62.5	100	150	30	200	187.5

1.3 测定项目与方法

2008年玉米播种前采集0~40 cm耕层土壤样品,每20 cm一层,测定速效氮、速效磷和速效钾。2010年玉米收获后,测定0~40 cm耕层土壤速效氮、速效磷、速效钾,土壤固液气比例组成、容重和含水量,半微量凯氏法测定全氮含量,碱解扩散法测定速效氮含量,NaHCO₃浸提-钼锑抗比色法测定速效磷含量,NH₄OAc浸提-火焰光度法测定速效钾含量,环刀法测定土壤容重与土壤含水量,日产土壤三相测量仪(DIK-1130)测定土壤固

液气三相比例^[8]。

每年成熟期收获中间2行玉米,装入尼龙网袋,晒干脱粒称重,以含水量14%的重量折算小区产量。2010年分别于拔节、吐丝、灌浆、成熟4个时期,每小区选择有代表性的植株10株,测定叶片的长宽值。选取有代表性的植株3株,分茎、叶、穗轴、籽粒4部分,105℃下杀青30 min,70℃烘干至质量恒定,称重。

1.4 数据分析

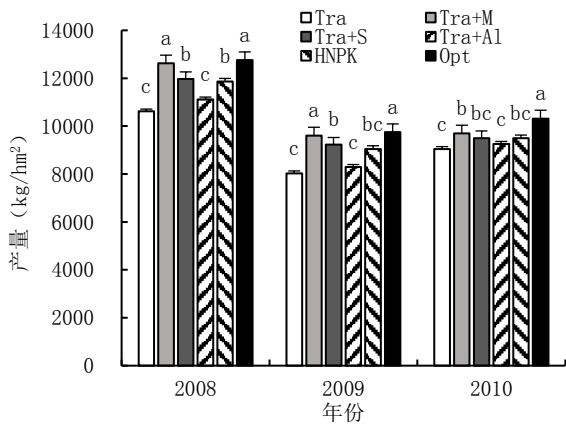
所有数据均采用Microsoft Excel 2010处理,用

SAS 8.0 统计软件进行多重比较(LSD法)。

2 结果与分析

2.1 不同培肥处理对产量的影响

由图2可知,2008年玉米产量明显高于2009年和2010年,这可能与2008年降雨量较多有关。2008年、2009年、2010年, Tra+M、Tra+S、Tra+Al、HNPK、Opt 处理比 Tra 处理分别增加 8.67%、3.01%、2.12%、3.01%、9.82%; 10.06%、6.63%、5.01%、6.04%、11.63%; 11.04%、5.20%、3.72%、4.56%、14.06%。三年中各个处理均比常规处理产量有所增加,而且 Opt、Tra+M 处理的产量增加显著。综合三年的数据分析,Opt 处理产量最高,其次为 Tra+M 处理,再次为 Tra+S, Tra 处理最低。



注:图中不同小写字母表示差异达5%显著水平

图2 2008~2010年不同处理的产量变化

2.2 不同培肥处理下叶面积变化

由图3可知,整个生育期玉米的叶面积呈现先上升后降低的总体趋势,在各生育期, Tra+M、Tra+S、Tra+Al、HNPK、Opt 处理比 Tra 处理的叶面积均有所增加。拔节期 Tra+M、Tra+S、Tra+Al、HNPK、Opt 处理的叶面积比 Tra 处理分别增加了 28.4%、23.4%、2.09%、27.0%、40.7%; 抽雄期分别增加了 8.5%、4.25%、1.06%、3%、9.82%; 灌浆期分

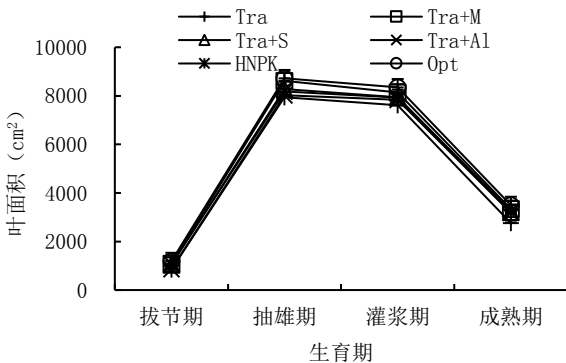


图3 不同处理下叶面积变化

别增加 6.8%、4.33%、2.87%、4.02%、9.56%; 成熟期分别增加了 20.9%、16.6%、15.1%、17.8%、26.5%。综合四个时期的数据分析, Opt 处理叶面积最大, 其次为 Tra+M 处理, Tra 处理叶面积最小。

2.3 不同培肥处理下干物质积累量变化

各处理下植株干物质随生育进程逐渐增加(图4)。Tra+M、Tra+S、Tra+Al、HNPK、Opt 处理的

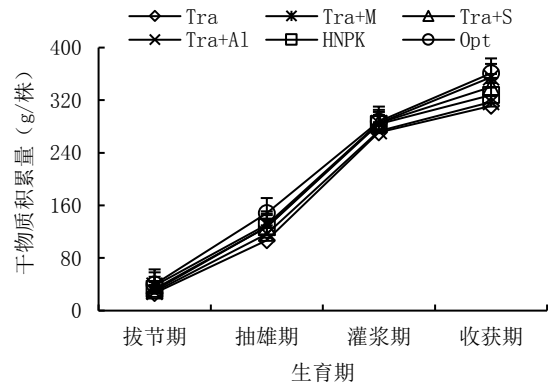


图4 不同处理下干物质积累量

干物质积累量比 Tra 处理均有所增加, 拔节期 Tra+M、Tra+S、Tra+Al、HNPK、Opt 处理比 Tra 处理的干物质积累量分别增加了 42.5%、15.0%、7.52%、24.4%、50.4%; 抽雄期分别增加了 22.0%、18.8%、9.15%、18.5%、38.5%; 灌浆期分别增加了 5.20%、5.17%、0.7%、4.76%、6.16%; 收获期分别增加了 14.0%、9.25%、1.9%、5.3%、15.9%。综合四个生育期的数据分析, Opt 处理干物质积累量最大, 其次为 Tra+M 处理, Tra 处理干物质积累量最小。

2.4 不同处理下0~40 cm土壤化学性状变化

由表2可知,在0~20 cm 土层,各个处理比

表2 不同处理下0~40 cm土壤速效养分

土层深度	处理	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0~20 cm	Tra	112.6c	23.8c	162.7c
	Tra+M	128.2b	35.2b	236.8a
	Tra+S	121.6b	33.7b	201.2b
	Tra+Al	113.2c	25.6c	192.9b
	HNPK	130.1ab	26.7c	170.1c
	Opt	137.0a	40.2a	265.6a
20~40 cm	Tra	101.0b	10.2b	66.5c
	Tra+M	104.9b	15.2a	92.9a
	Tra+S	116.8a	13.9ab	80.3b
	Tra+Al	102.4b	9.3b	64.7c
	HNPK	113.6a	13.3ab	74.2b
	Opt	118.5a	16.5a	96.5a

注:表中同列不同小写字母表示差异达5%显著水平,下同

Tra 处理的氮磷钾含量均有所提高, Tra+M、HNPK、Opt 处理比 Tra 处理的氮含量显著增加, 分别增加 13.9%、15.5%、21.7%, Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的磷含量显著增加, 分别增加 47.9%、68.9%, Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的钾含量显著增加, 分别增加 45.5%、63.2%; 在 20~40 cm 土层, Tra+M、Tra+S、HNPK、Opt 处理比 Tra 处理的氮含量显著增加, 分别增加 3.86%、15.6%、12.5%、17.3%, Tra+M、Tra+S、Opt 处理比 Tra 处理的磷含量显著增加, 分别增加 49%、36.3%、61.8%, Tra+M、Tra+S、Opt 处理比 Tra 处理的钾含量显著增加, 分别增加 39.7%、20.8%、45.1%。综合不同培肥处理的数据分析, Tra+M、Opt 处理可以显著提高 0~20 cm 土层土壤养分, Tra+S、Opt 处理可以显著提

高 20~40 cm 土层土壤养分。

2.5 不同处理下 0~40 cm 土壤物理性状变化

由表 3 可知, 0~20 cm 土层 Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的容重分别降低了 6.71%、16.4%、21.6%, Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的含水量分别增加了 8.07%、10.6%、3.73%, Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的气相分别增加了 1.61%、7.66%、7.26%; 20~40 cm 土层, Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的容重分别降低了 9.35%、10.8%、14.4%, Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的含水量分别增加了 7.78%、2.40%、40.1%, Tra+S、Tra+M、Opt 处理比 Tra 处理的气相分别增加了 4.0%、8.40%、23.9%。综合不同土层不同培肥处理的数据分析, Opt 和 Tra+M 处理下土壤物理指标得到显著优化。

表 3 不同处理下 0~40 cm 土壤物理性状

土层深度	处理	容重(g/cm ³)	含水量(%)	固相(%)	液相(%)	气相(%)
0~20 cm	Tra	1.34a	16.1b	53.7a	21.5b	24.8b
	Tra+M	1.12c	17.8a	51.5b	21.8b	26.7a
	Tra+S	1.25b	17.4a	52.1ab	22.7ab	25.2ab
	Tra+Al	1.31a	15.7b	53.1a	23.8a	23.1b
	HNPK	1.27ab	16.1b	52.4ab	21.6b	26.0a
	Opt	1.15c	16.7ab	50.8b	22.6ab	26.6a
20~40 cm	Tra	1.39a	16.7b	54.1a	23.3a	22.6b
	Tra+M	1.24b	17.1b	51.6b	23.9a	24.5b
	Tra+S	1.26b	18.0b	52.1ab	24.4a	23.5b
	Tra+Al	1.35a	13.9c	53.4a	19.1b	27.5a
	HNPK	1.33a	16.8b	52.2ab	24.4a	23.4b
	Opt	1.19b	23.4a	48.1c	23.9a	28.0a

3 讨论与结论

吉林省西部地区主要以淡黑钙土为主, 土壤肥力低于中部黑土区, 加之降雨偏低, 属于半干旱地区。为提升土壤肥力, 增加玉米产量, 前人围绕土壤耕作、肥料运筹、改良剂等开展了多方面研究, 朱平等^[9]研究表明, 限制本区农业发展的主要因子是土壤自然肥力水平低, 应提倡实行以无机促有机、有机无机相结合的土壤培肥措施, 闫晓艳等^[10]认为有机无机肥料相结合是培肥地力增产增收的最佳途径。闫孝贡等^[11]研究表明, 深松配合施用有机肥的高产培肥措施能够显著提高玉米产量。本研究表明, 五种土壤改良措施中以综合培肥(Opt)处理最佳。综合培肥措施可以显著改善 0~40 cm 土壤结构, 与农民习惯(Tra)相比, 其 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤容重分别下降 21.6% 和 14.4%, 土壤固相比例降低, 气相和液相

比例增加; 此外, 综合培肥(Opt)措施下 0~20 cm 和 20~40 cm 的土壤速效氮磷钾分别增加了 21.7%、68.9%、63.2% 和 17.3%、61.8%、45.1%。张秀芝等^[12]研究表明, 深松深施肥及综合培肥可显著增加植株氮、磷、钾的累积。由于土壤肥力的优化, 进而实现地上部群体质量的改善, 成熟期综合培肥(Opt)措施的叶面积较农民习惯(Tra)增加了 26.5%, 三年产量增幅 9.82%~14.06%, 且呈逐年递增趋势。

在其他单项改良措施中, 以增施有机肥(Tra+M)措施效果最为明显。与农民习惯(Tra)相比, 增施有机肥后 0~40 cm 土壤物理和化学性状均明显提升, 籽粒产量和干物质累积也显著增加, 这与梁尧等^[13]在中部黑土区的研究结果较一致。相比较而言, 深松(Tra+S)、增施硫酸铝(Tra+Al)和高量施肥(HNPK)等改良措施对土壤肥力和玉米生长也产生了一定的促进作用, (下转第 126 页)

- strate on Productivity and DRIS diagnosis of greenhouse tomatoes[J]. Acta hort, 1988, 221: 45-52.
- [7] 吴 涛, 晋 艳, 杨宇红. 烤烟漂浮育苗草炭替代基质研究[J]. 中国农学通报, 2007(1): 194-198.
- [8] 石 磊. 红干椒穴盘育苗本土化基质筛选及成苗生理的基础研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2005.
- [9] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87-90.
- [10] 彭玉松, 范育明, 赵书光, 等. 秸秆资源开发杏鲍菇栽培基质技术研究与应用[J]. 上海蔬菜, 2017(5): 76-77.
- [11] 蔡雯竹, 张 婷. 秸秆用作蔬菜育苗基质的研究进展[J]. 农业与技术, 2017, 37(1): 8-10.
- [12] 肖守华, 赵 西, 肖真真, 等. 以椰糠为基质的设施甜瓜无土栽培基质配方筛选[J]. 山东农业科学, 2019, 51(1): 61-64.
- [13] Manickam I N, Subramanian P. Study of physial properties of coir pith[J]. International Journal of Green Energy, 2006, 3(4): 397-406.
- [14] 王丽霞, 卢凤刚, 郝建博, 等. 不同育苗基质对秋葵生长发育及产量的影响[J]. 北方园艺, 2014(10): 16-19.
- [15] 杨延庆, 赵 康, 林 多, 等. 基质理化性质与番茄壮苗指标的通径分析[J]. 华北农学报, 2013, 28(6): 104-110.
- [16] 中华人民共和国农业农村部种植管理司. 蔬菜育苗基质 NY/T 2118-2012[S].
- [17] 中国土壤学会农业化学委员会主编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 258-260.
- [18] 程 艳, 张晓明, 吴春燕, 等. 缩节胺对番茄穴盘幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2016(5): 60-62.
- [19] 刘 伟, 余宏军, 蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展[J]. 中国生态农业学报, 2006(3): 4-7.

(责任编辑: 刘洪霞)

(上接第 60 页)但年际间有波动^[14-15]。综上, 通过综合培肥或增施有机肥可以显著改善西部半干旱区 0~40 cm 土壤结构, 增加土壤养分, 通过全耕层培肥实现玉米高产稳产。

参考文献:

- [1] 黄东风, 王利民, 李卫华, 等. 培肥措施培肥土壤的效果与机理研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(2): 127-135.
- [2] 闫孝贡, 刘剑钊, 张洪喜, 等. 吉林省春玉米大面积增产与资源增效限制因素评估[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(6): 9-11, 24.
- [3] 黄锦法, 李艾芬, 马树国, 等. 浙江嘉兴保护地土壤障碍的农化性状指标研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(4): 160-162.
- [4] 薛继澄, 毕德义, 李家金, 等. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策[J]. 土壤肥料, 1994(1): 4-9.
- [5] 刘 慧, 于 楠. 吉林省西部半干旱地区玉米高产限制因素探究[J]. 吉林农业, 2015(14): 45.
- [6] 高 峰, 金 涛, 王建奎. 吉林西部风沙干旱区玉米保护性耕作技术研究[J]. 吉林农业, 2013(8): 37.
- [7] 柳红霞. 不同施肥量对玉米生长及产量的影响[J]. 农业与技术, 2020, 40(4): 42-43.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 257-270.
- [9] 朱 平, 彭 畅, 高洪军, 等. 吉林省西部易旱区土壤的培肥方向[J]. 吉林农业科学, 2003, 28(2): 32-34.
- [10] 闫晓艳, 边秀芝, 张玉迅, 等. 有机无机肥料相结合是培肥地力增产增收的最佳途径[J]. 吉林农业科学, 1993(2): 55-59.
- [11] 闫孝贡, 胡 楠, 袁静超, 等. 不同培肥方式对玉米产量及其组分的影响[J]. 东北农业科学, 2017, 42(1): 1-4.
- [12] 张秀芝, 蔡红光, 闫孝贡, 等. 不同培肥方式下春玉米氮磷钾养分累积与分配特征[J]. 水土保持学报, 2014, 28(5): 309-313.
- [13] 梁 尧, 蔡红光, 袁静超, 等. 深松结合不同施肥方式对春玉米根系时空分布特征的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(6): 31-40.
- [14] 宋 日, 吴春胜, 牟金明, 等. 深松土对玉米根系生长发育的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(4): 73-75, 80.
- [15] 刘景秀, 汪耳琪, 李海东, 等. 春季土壤深松对玉米农艺性状及产量的影响[J]. 中国农技推广, 2013, 29(9): 42-43.

(责任编辑: 刘洪霞)