

新型腐植酸尿素对玉米产量、养分积累及利用的影响

冉 斌¹, 张爱华², 张 钦², 陈正刚^{2*}, 吴兴洪¹, 王培官³, 李克仙³, 古应庭³, 刘文启³

(1. 贵州大学, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省土壤肥料研究所, 贵州 贵阳 550006;

3. 贵州省安顺市平坝县高峰镇农业服务中心, 贵州 安顺 561108)

摘要:为了探明不同腐植酸含量尿素对贵州地区玉米产量、生物量、养分积累和利用的影响,筛选出适合贵州山地玉米生产的新型腐植酸尿素,以玉米品种西都森玉1号为试验材料进行大田试验,在N、P₂O₅、K₂O总投入量相同的条件下,以施用普通尿素为对照,分析施用1‰、2‰、3‰、4‰、5‰、6‰腐植酸尿素(腐植酸含量分别为1‰、2‰、3‰、4‰、5‰、6‰,N 46%)对玉米产量、养分积累及利用的影响。结果表明,相对于普通尿素处理,除6‰腐植酸尿素处理外,其他5种含量的腐植酸尿素处理均显著增加玉米产量,其中以2‰腐植酸尿素处理产量最高,为11.24 t/hm²,增产率为14.34%;6种腐植酸尿素处理的植株地上部总干质量均显著增加,其中以2‰腐植酸尿素处理最高,为371.33 g/株;施用1‰、2‰、4‰、6‰腐植酸尿素显著增加植株对氮的积累,施用1‰、2‰、3‰、4‰、5‰腐植酸尿素后显著增加植株对磷的积累,其中,以2‰腐植酸尿素处理植株对氮、磷的积累量最高,分别为171.50 kg/hm²和122.95 kg/hm²;施用2‰腐植酸尿素处理的玉米氮肥利用率、氮素吸收效率、氮肥偏生产力和氮肥农学效率最高,分别为27.20%、95.28 kg/kg、62.46 kg/kg和13.26 kg/kg。综上所述,在贵州地区玉米生产中适宜推广使用2‰腐植酸尿素。

关键词: 玉米; 腐植酸尿素; 肥料; 产量; 养分积累; 养分利用

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2018)12-0028-06

Effect of New-type Humic Acid Urea on Yield, Nutrient Accumulation and Utilization of Corn

RAN Bin¹, ZHANG Aihua², ZHANG Qin², CHEN Zhenggang^{2*}, WU Xinghong¹, WANG Peiguan³,
LI Kexian³, GU Yingting³, LIU Wenqi³

(1. Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Guizhou Institute of Soil and Fertilizer, Guiyang 550006, China;

3. Gaofeng Town Agricultural Service Center of Pingba County, Anshun City, Guizhou Province, Anshun 561108, China)

Abstract: In order to find out the effects of humic acid urea with different humic acid content on maize yield, biomass, nutrient accumulation and utilization in mountainous areas of Guizhou province, and screen out a new type of humic acid urea suitable for maize production in mountainous areas of Guizhou province, field experiment was conducted using maize variety Xidusenyu No. 1. Under the same total input of N, P₂O₅ and K₂O, the effects of applying 1‰, 2‰, 3‰, 4‰, 5‰, and 6‰ humic acid urea (humic acid contents were 1‰, 2‰, 3‰, 4‰, 5‰, 6‰, respectively, N 46%) on maize yield, nutrient accumulation and utilization were analyzed with ordinary urea as control. The results showed that compared with ordina-

收稿日期: 2018-07-05

基金项目: 农业部植物营养与肥料学科群开放基金项目(APF2015028); 农业部农业清洁生产示范项目; 贵州省科技重大专项计划项目(黔科合重大专项字[2016]3001号); 贵州省科技计划项目(黔科合[2016]支撑2837号); 贵州省科学技术基金(黔科合LH字[2014]7702号)

作者简介: 冉 斌(1993-), 男, 贵州安顺人, 在读硕士研究生, 研究方向: 植物营养学。E-mail: 982122397@qq.com

* 通讯作者: 陈正刚(1967-), 男, 贵州石阡人, 研究员, 本科, 主要从事植物营养学与环境生态研究。

E-mail: gzchzg@126.com

ry urea treatment, except 6‰ humic acid urea treatment, the other 5 humic acid urea treatments significantly increased maize yield, among which 2‰ humic acid urea treatment had the highest yield of 11.24 t/ha with the increase of 14.34%. The total dry weight of the above-ground parts of the plants treated with 6 kinds of humic acid urea increased significantly, and the highest was 371.33 g/plant treated by 2‰ humic acid urea. The accumulation of nitrogen was significantly increased after applying 1‰, 2‰, 4‰, and 6‰ humic acid urea. The accumulation of phosphorus was significantly increased after applying 1‰, 2‰, 3‰, 4‰ and 5‰ humic acid urea. Among them, the accumulation of nitrogen and phosphorus in plants treated with 2‰ humic acid urea was the highest, which were 171.50 kg/ha and 122.95 kg/ha, respectively. 2‰ humic acid urea showed the highest nitrogen use efficiency, nitrogen absorption efficiency, partial nitrogen productivity and nitrogen agronomic efficiency, which were 27.20%, 95.28 kg/kg, 62.46 kg/kg, and 13.26 kg/kg, respectively. In summary, 2‰ humic acid urea is optimal for maize production in Guizhou mountainous area.

Key words: Corn; Humic acid urea; Fertilizer; Yield; Nutrient accumulation; Nutrient utilization

玉米是我国第一大粮食作物,在贵州地区是酿酒工业、饲料生产的重要原料。玉米在保障国家粮食安全和解决人民温饱问题上占有重要地位,因其外表以及重要性被人们称为“黄金作物”^[1]。据统计,我国 2015 年玉米种植面积达 3 811.9 万 hm^2 ,总产量 22 463.2 万 t,分别占粮食作物种植面积和总产量的 33.6% 和 36.1%^[2],是世界第二大玉米生产国。

黄壤是贵州主要农用耕地类型,全国 25.3% 的黄壤分布在贵州^[3]。贵州属于喀斯特地貌,水土流失严重,导致土壤肥力较低,肥料的利用率也偏低^[4-5]。为了提高作物产量,农民不断增施化肥,引起的土壤养分耗竭、土壤肥力下降、施肥效益降低等问题日益严重,同时造成肥料浪费,还会导致环境质量恶化,影响农业生产持续稳定发展^[6-8]。为解决这些问题,各种新型肥料相继诞生。研究表明,新型肥料可有效增加玉米^[9-14]、水稻^[15]、生姜^[16-17]、马铃薯^[18]等农作物的产量及养分利用率。王小明等^[19-20]研究表明,新型肥料对提高玉米产量和籽粒蛋白质具有明显效果,有利于促进 0~80 cm 土层土壤硝态氮累积。庄振东等^[21]研究表明,腐植酸氮肥能显著提高玉米产量和氮肥利用率,促进玉米对土壤氮素的吸收利用。田颖^[22]曾指出,施用腐植酸尿素增加了玉米的产量。王楠等^[23]研究表明,在减少氮肥 20% 或减少钾肥 20% 的前提下,施用腐植酸保水剂可增加玉米产量。杨威等^[24]研究表明,施用聚能网尿素、控失尿素和腐植酸尿素不但增产效果明显,而且在提高玉米地上植株生物量、氮磷养分含量以及土壤无机氮含量等方面的优势均较为明显。目前,关于贵州玉米生产中施用不同含量腐植酸尿素的研究尚不多见。鉴于此,以玉米品种西都森玉 1 号为试验材料,通过大田试验,研究不同含量腐植酸尿素对玉米产量、养分积累及养分利用率的影响,旨在筛选出适宜贵州地区玉米高产、高效生产的新型

腐植酸尿素,为化肥减施增效提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况与供试材料

试验于 2016 年 4 月 9 月在贵州省贵安新区高峰镇进行,地处 N 26°22'24"、E 106°20'25",海拔 1 271 m,属亚热带湿润季风气候。供试土壤为黄壤,土壤耕层基本理化性质见表 1。供试玉米品种为西都森玉 1 号。供试肥料为河南心连心化肥有限公司提供的普通尿素(N 46.7%)、过磷酸钙(P_2O_5 12%)、氯化钾(K_2O 60%)、1‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 1‰)、2‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 2‰)、3‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 3‰)、4‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 4‰)、5‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 5‰)、6‰腐植酸尿素(N 46%,腐植酸 6‰)。

表 1 试验地土壤基本理化性质

有机质/ (g/kg)	速效氮/ (mg/kg)	有效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)	pH
7.09	126.08	22.70	136.00	6.46

1.2 试验设计

试验设 8 个处理:(1)无氮;(2)普通尿素;(3)1‰腐植酸尿素;(4)2‰腐植酸尿素;(5)3‰腐植酸尿素;(6)4‰腐植酸尿素;(7)5‰腐植酸尿素;(8)6‰腐植酸尿素。各处理施用 P_2O_5 120 kg/hm^2 、 K_2O 120 kg/hm^2 ,N 用量除无氮处理不施外其他处理均为 N 180 kg/hm^2 。小区面积 24 m^2 (3 m × 8 m),每个处理重复 3 次,随机区组排列,整地划分小区后施用基肥,然后移栽,田间管理按照农户常规管理。

1.3 样品采集与指标测定

玉米收获时对各小区进行测产,选择小区代表性玉米植株 6 株测定穗位高(cm)、穗长(cm)、秃尖长(cm)、行数(行)、行粒数(粒)、穗粒数(粒)、千粒

质量(g),并将植株各器官和玉米籽粒分别粉碎测定氮、磷、钾含量:全氮含量采用纳氏比色法测定,全磷含量采用钼锑抗比色法测定,全钾含量采用原子吸收分光光度计测定。

1.4 相关参数计算

养分积累量(kg/hm^2) = 株数($\text{株}/\text{hm}^2$) × 单株干质量($\text{kg}/\text{株}$) × 养分含量(%);

氮肥利用率(NUE) = (施氮区植株氮总积累量 - 不施氮区植株氮总积累量)/施氮量 × 100%;

氮肥偏生产力(PEPN, kg/kg) = 施氮后籽粒产量/施氮量;

氮素收获指数(NHI) = 籽粒氮素积累量/植株氮素积累量 × 100%;

氮素吸收效率(NUPE, kg/kg) = 植株地上部分氮素积累量/施氮量;

氮肥农学效率(AEN, kg/kg) = (施氮区籽粒产量 - 不施氮区籽粒产量)/施氮量。

1.5 数据分析

试验数据均采用 Excel 2010 软件进行处理计算,采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对玉米产量的影响

由表 2 可知,与普通尿素处理相比,各处理穗粒数差异不显著;千粒质量则存在差异,1‰、2‰、3‰、6‰腐植酸尿素处理的千粒质量显著高于普通尿素处理,其中以 2‰腐植酸尿素处理的玉米千粒质量最高,为 372.71 g,5‰腐植酸尿素处理的千粒质量显著低于其他处理,为 331.88 g;施用腐植酸尿素增加了玉米的产量,1‰、2‰、3‰、4‰、5‰腐植酸尿素处理的玉米产量显著高于普通尿素处理,其中,2‰腐植酸尿素处理产量最高,为 11.24 t/hm^2 ,增产率为 14.34%,1‰腐植酸尿素处理次之,为 11.13 t/hm^2 ,

增产率为 13.22%。

表 2 不同施肥处理对玉米产量及产量构成因素的影响

处理	穗粒数/ 粒	千粒质量/ g	产量/ (t/hm^2)	增产率/ %
无氮	460.50c	341.37c	8.86f	—
普通尿素	524.44abc	341.88c	9.83e	—
1‰腐植酸尿素	590.83a	357.29b	11.13ab	13.22
2‰腐植酸尿素	550.67ab	372.71a	11.24a	14.34
3‰腐植酸尿素	499.83bc	366.69a	10.93abc	11.20
4‰腐植酸尿素	551.39ab	342.11c	10.69bcd	8.75
5‰腐植酸尿素	525.78abc	331.88d	10.40cd	5.80
6‰腐植酸尿素	469.33c	357.00b	10.14de	3.15

注:同列不同字母表示在 5% 水平差异显著,下同。

2.2 不同施肥处理对玉米地上部各器官生物量的影响

由表 3 可知,施用新型腐植酸尿素显著增加了植株干质量,1‰、2‰、3‰、4‰、5‰、6‰腐植酸尿素处理的干质量均显著高于普通尿素处理,其中 2‰腐植酸尿素处理玉米植株地上部干质量最高,较普通尿素处理增加 29.64 g/株。

从各部位干物质质量来看,1‰、2‰、3‰、4‰、5‰腐植酸尿素处理籽粒干质量显著高于普通尿素处理,其中,2‰腐植酸尿素处理的籽粒干质量最高,为 226.03 g/株;3‰、5‰、6‰腐植酸尿素处理穗轴干质量显著高于普通尿素处理,其中,6‰腐植酸尿素处理最高,为 38.52 g/株;普通尿素处理叶、茎干质量与其他各处理差异均不显著。各器官干质量占整株干质量的比例为籽粒 > 茎 > 叶 > 穗轴,其中,2‰腐植酸尿素处理籽粒干质量占总干质量比例最大,为 60.86%;6‰腐植酸尿素处理穗轴干质量占总干质量比例最大,为 10.70%;无氮处理叶和茎干质量占总干质量比例均最大,分别为 15.15% 和 21.72%。综上所述,施用不同含量腐植酸尿素均可增加玉米植株的地上部干质量,其中以 2‰腐植酸尿素处理效果最好。

表 3 不同施肥处理对玉米地上部分各器官生物量的影响

处理	籽粒		穗轴		叶		茎		总计
	干质量/(g/株)	所占比例/%	干质量/(g/株)	所占比例/%	干质量/(g/株)	所占比例/%	干质量/(g/株)	所占比例/%	
无氮	177.85f	56.54d	20.72d	6.59d	47.63c	15.15a	68.32c	21.72a	314.52d
普通尿素	197.33e	57.74cd	26.65c	7.80bc	48.36abc	14.16b	69.35abc	20.30b	341.69c
1‰腐植酸尿素	223.61ab	60.57a	29.15bc	7.89bc	47.81bc	12.96c	68.56bc	18.58c	369.14a
2‰腐植酸尿素	226.03a	60.86a	27.11c	7.30cd	48.55ab	13.08c	69.64ab	18.76c	371.33a
3‰腐植酸尿素	219.85abc	59.29abc	32.48b	8.77b	48.64a	13.12c	69.76a	18.82c	370.73a
4‰腐植酸尿素	214.47bcd	59.55ab	28.19bc	7.82bc	48.26abc	13.41c	69.21abc	19.23c	360.14ab
5‰腐植酸尿素	209.08cd	58.52bc	31.61b	8.85b	47.89abc	13.41c	68.69abc	19.23c	357.27b
6‰腐植酸尿素	204.02de	56.66d	38.52a	10.70a	48.27abc	13.41c	69.23abc	19.23c	360.05ab

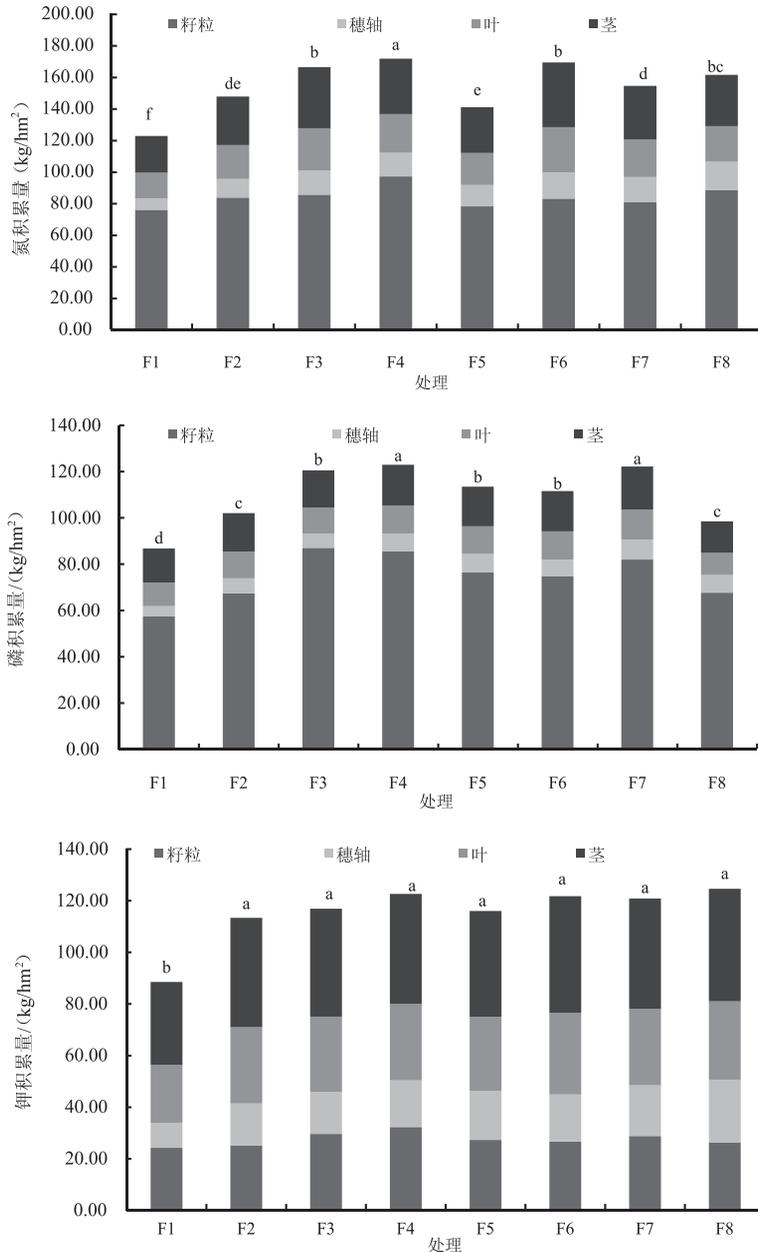
2.3 不同施肥处理对玉米养分积累的影响

由图 1 可知,相对于普通尿素处理,1‰、2‰、

4‰、6‰腐植酸尿素处理的氮积累量显著增加,其中 2‰腐植酸尿素处理的氮积累量最高,为 171.50 $\text{kg}/$

hm²;各器官氮积累量占地上部植株氮积累总量的比例为籽粒 > 茎 > 叶 > 穗轴。从磷积累量来看,相对于普通尿素处理,除 6‰ 腐植酸尿素处理外,其余各新型腐植酸尿素处理地上部植株磷积累总量均显著增加,其中,2‰ 腐植酸尿素处理最高,为 122.95 kg/hm²,各器官磷积累量占地上部植株磷积累总量的比例为籽粒 > 茎 > 叶 > 穗轴。从钾积累量来看,

相对于普通尿素处理,各新型腐植酸尿素处理地上部植株钾积累总量均增加,但差异均不显著;各器官钾积累量占地上部植株钾积累总量的比例为茎 > 叶 > 籽粒 > 穗轴。可见,不同含量腐植酸尿素处理均可促进植株氮、磷、钾养分积累,其中,2‰ 腐植酸尿素处理效果最好。



F1 为无氮处理, F2 为普通尿素处理, F3—F8 分别为 1‰、2‰、3‰、4‰、5‰、6‰ 腐植酸尿素处理

图 1 不同施肥处理对玉米植株氮、磷、钾养分积累的影响

2.4 不同施肥处理对玉米氮素吸收利用的影响

由表 4 可知,1‰、2‰、4‰、6‰ 腐植酸尿素处理氮肥利用率和氮素吸收效率显著高于普通尿素处理,其中 2‰ 腐植酸尿素处理最高,分别为 27.20%

和 95.28 kg/kg;1‰、2‰、3‰、4‰ 腐植酸尿素处理氮肥偏生产力和氮肥农学效率均显著高于普通尿素处理,其中 2‰ 腐植酸尿素处理最高,分别为 62.46 kg/kg 和 13.26 kg/kg;各处理的氮素收获指数低于

普通尿素处理,其中,3‰、4‰、5‰腐植酸尿素处理显著低于普通尿素处理。可见,2‰腐植酸尿素处理促进玉米氮素吸收利用的效果最好。

表 4 不同施肥处理对玉米氮素吸收利用的影响

处理	氮肥利用率/ %	氮肥偏生产力/ (kg/kg)	氮素收获指数/ %	氮素吸收效率/ (kg/kg)	氮肥农学效率/ (kg/kg)
无氮	—	—	—	—	—
普通尿素	13.90de	54.63d	56.59a	81.97de	5.42d
1‰腐植酸尿素	24.27ab	61.85a	56.49a	92.34ab	12.64a
2‰腐植酸尿素	27.20a	62.46a	55.35ab	95.28a	13.26a
3‰腐植酸尿素	10.16e	60.74ab	51.39cd	78.24e	11.54ab
4‰腐植酸尿素	25.89ab	59.26abc	48.97d	93.97ab	11.24ab
5‰腐植酸尿素	17.67cd	57.80bcd	52.42bcd	85.74cd	8.59bcd
6‰腐植酸尿素	21.50bc	56.32cd	54.76abc	89.57bc	7.11cd

3 结论与讨论

玉米是我国重要的粮食作物,其产量直接影响国家粮食安全和玉米产业的发展。玉米在贵州农作物中占有重要的位置,但受其传统种植模式和地理环境等影响,玉米生产受到很大的限制。为了实现化肥“零增长”及环境保护的目的,进行各新型肥料的相关研究很有必要。生物量是作物高产的基础,而养分的吸收、同化、转运则影响着植株干物质量的积累与分配,从而影响产量^[10]。韩晓日等^[25]研究表明,新型多元素整合肥能促进玉米生长发育,显著提高玉米对氮、磷、钾养分的吸收,提高肥料的利用率,显著提高玉米的百粒质量,从而提高玉米产量。

本试验结果表明,相对于普通尿素处理,1‰、2‰、3‰、4‰、5‰腐植酸尿素处理均显著增加了玉米产量,其中,2‰腐植酸尿素处理的产量最高,为11.24 t/hm²,增产率为14.34%,其次是1‰腐植酸尿素处理,产量为11.13 t/hm²,增产率为13.22%。各新型腐植酸尿素处理可显著增加玉米地上部生物量,其中2‰腐植酸尿素处理玉米地上部生物量较普通尿素处理增加29.64 g/株,各器官生物量占整株生物量的比例顺序为籽粒>茎>叶>穗轴。说明施用新型腐植酸尿素可有效增加玉米产量和生物量,与前人研究一致^[13-14,21]。

相对于普通尿素处理,1‰、2‰、4‰、6‰腐植酸尿素处理显著增加了玉米的地上部植株氮积累总量,其中,2‰腐植酸尿素处理的效果最好,氮积累量为171.50 kg/hm²。除6‰腐植酸尿素处理外,其他处理较普通尿素处理均显著增加了玉米地上部磷积累总量,其中2‰腐植酸尿素处理的效果最好,磷积累量为122.95 kg/hm²。各器官氮、磷积累量占地上部植株氮、磷积累总量的比例均为籽粒>茎>叶>穗轴。各腐植酸尿素处理较普通尿素处理均增加了

玉米地上部钾积累总量,但差异均不显著,各器官钾积累量占地上部植株钾积累总量的比例为茎>叶>籽粒>穗轴。可见,新型腐植酸尿素可促进植株养分积累,与前人研究一致^[26]。

相对于普通尿素处理,1‰、2‰、4‰、6‰腐植酸尿素处理均显著增加了氮肥利用率和氮素吸收效率,其中2‰腐植酸尿素处理最高,分别为27.20%和95.28%;1‰、2‰、3‰、4‰腐植酸尿素处理氮肥偏生产力和农学效率均显著高于普通尿素处理,其中2‰腐植酸尿素处理最高,分别为62.46 kg/kg和13.26 kg/kg;各腐植酸尿素处理的氮素收获指数均低于普通尿素处理,但1‰、2‰、6‰腐植酸尿素处理与普通尿素处理差异不显著。总体来看,施用新型腐植酸尿素可促进玉米植株对氮素的利用,提高植株对氮素的利用效果,从而达到高产、高质,这与前人研究结果一致^[21]。

综合分析,施用2‰腐植酸尿素提高玉米产量、促进养分积累和利用的效果最好,适宜在贵州地区推广应用。

参考文献:

- [1] 张爱华. 玉米高产播种技术研究[J]. 广东蚕业, 2016, 50(9): 9-10.
- [2] 张丽娜, 陈志, 杨敏丽, 等. 我国玉米生产效率时空特征分析[J]. 农业机械学报, 2018, 49(1): 183-193.
- [3] 李渝, 张雅蓉, 张文安, 等. 贵州黄壤地区不同施肥处理及降雨量对玉米产量的影响[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(1): 230-235.
- [4] 张信宝, 王世杰, 白晓永, 等. 贵州石漠化空间分布与喀斯特地貌、岩性、降水和人口密度的关系[J]. 地球与环境, 2013, 41(1): 1-6.
- [5] 周志红, 李心清, 邢英, 等. 生物炭对土壤氮素淋失的抑制作用[J]. 地球与环境, 2011, 39(2): 278-284.

- [6] 李宇轩. 中国化肥产业政策对粮食生产的影响研究[D]. 北京:中国农业大学,2014.
- [7] 李玉影,刘双全,姬景红,等. 玉米平衡施肥对产量、养分平衡系数及肥料利用率的影响[J]. 玉米科学,2013,21(3):120-124,130.
- [8] 刘彦伶,李渝,张雅蓉,等. 长期施肥对黄壤性水稻土磷平衡及农学阈值的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(10):1903-1912.
- [9] 赵欢,张萌,刘海. 新型肥料对贵州黄壤区玉米干物质积累、养分吸收及氮素利用率的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(6):1390-1395.
- [10] 张爱华,张钦,杨爽. 新型尿素对玉米产量及养分积累、利用的影响[J]. 玉米科学,2018,26(5):137-142.
- [11] 韩蔚娟,王寅,陈海潇,等. 黑土区玉米施用新型肥料的效果和环境效应[J]. 水土保持学报,2016,30(2):307-311.
- [12] 李军,袁亮,赵秉强,等. 腐植酸尿素对玉米生长及肥料氮利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(2):524-530.
- [13] 蒋迁,李磊,张凤路,等. 控失肥与普通化肥对夏玉米养分积累与生长发育的影响[J]. 华北农学报,2016,31(4):199-205.
- [14] 张水勤,袁亮,李伟,等. 腐植酸尿素对玉米产量及肥料氮去向的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(5):1207-1214.
- [15] 李伟,袁亮,黄继川,等. 腐植酸尿素对水稻产量和氮肥利用率的影响[J]. 腐植酸,2017(3):40-43.
- [16] 刘兰兰. 生姜施用腐植酸肥料增产的生理生态基础研究[D]. 泰安:山东农业大学,2007.
- [17] 梁太波,王振林,刘兰兰,等. 腐植酸尿素对生姜产量及氮素吸收、同化和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007(5):903-909.
- [18] 董彦旭,蔡冬清,黄新异,等. 新型肥料增效剂对马铃薯肥料减施增效作用研究[J]. 中国马铃薯,2016,30(3):164-168.
- [19] 王小明,谢迎新,郭天财,等. 新型肥料对夏玉米产量及籽粒蛋白的影响[J]. 河南科学,2009,27(12):1536-1539.
- [20] 王小明,谢迎新,张亚楠,等. 新型肥料施用对玉米季土壤硝态氮累积的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(5):232-236.
- [21] 庄振东,李絮花. 腐植酸氮肥对玉米产量、氮肥利用及氮肥损失的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(5):1232-1239.
- [22] 田颖. 2014年玉米施用腐植酸尿素试验总结[J]. 农民致富之友,2015(9):102.
- [23] 王楠,包岩,姚凯,等. 减量施肥条件下腐植酸保水剂对玉米产量及白浆土养分含量的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(11):52-59.
- [24] 杨威,梅沛沛,井宇航,等. 几种新型肥料对玉米产量和氮磷吸收的影响[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2017,45(5):8-15.
- [25] 韩晓日,蒋海英,郭春雷,等. 施用新型多元素螯合肥对玉米产量、养分吸收与利用的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2016,47(2):159-165.
- [26] 李兆君,杨佳佳,范菲菲,等. 不同施肥条件下覆膜对玉米干物质积累及吸磷量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):571-577.