



刘世昌,任先顺,王子浩,等.生化黄腐酸钾对玉米生长的影响[J].黑龙江农业科学,2022(9):51-54,55.

# 生化黄腐酸钾对玉米生长的影响

刘世昌<sup>1</sup>,任先顺<sup>2</sup>,王子浩<sup>3</sup>,焦卫平<sup>3</sup>,魏延青<sup>3</sup>,刘朋飞<sup>3</sup>

(1. 中化现代农业有限公司,北京 100000; 2. 中化化肥有限公司,北京 100000; 3. 中化农业(临沂)研发中心有限公司,山东 临沂 276000)

**摘要:**为研究生化黄腐酸钾对作物生长的影响,以玉米郑单 958 为研究对象,探究不同生化黄腐酸钾含量的肥料对玉米根系、茎秆及生物产量的影响。结果表明,在肥料中添加  $5.0\sim 8.0\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$  的生化黄腐酸钾,能够显著促进玉米根系、茎秆生长以及生殖生长。在添加量为  $8.0\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$  条件下,肥料增效效果最为显著和稳定,与普通对照相比,能够将玉米根系鲜重提高 35.3%,使玉米生物量显著提高 12.3%,使玉米生长期茎粗提高  $5.0\%\sim 21.7\%$ 。说明添加  $8.0\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$  生化黄腐酸钾的肥料能够促进玉米生长,因此可作为提质增效肥料用于玉米生产。

**关键词:**生化黄腐酸钾;玉米;促生;促根;生物量

腐植酸是自然界中的有机物(动植物)的残体在土壤微生物的生化作用下长时间积累而形成的一类复杂的有机物质,在自然界中广泛存在<sup>[1]</sup>。按照分子量大小,腐植酸又可以分为黄腐酸、棕腐酸以及黑腐酸<sup>[1-3]</sup>。黄腐酸以分子量小、水溶性高等特点而具备较高的活性更利于植物的吸收利用。黄腐酸对植物生长具有以下 4 种作用:(1)促进根系生长,黄腐酸能提高植物根系  $\text{H}^{+}$ -ATP 酶的活性、刺激植物根伸长和侧根生长点的增加,从而增加根系活力及植物根系与土壤养分的接触面积,促进植物对养分的吸收<sup>[1]</sup>;(2)抗逆境胁迫,黄腐酸能通过调节植物体内的新陈代谢并改善植物生长环境,缓解甚至消除逆境胁迫对植物的伤害,从而促进植物生长<sup>[4-7]</sup>;(3)提高养分利用率,黄腐酸能通过缓释氮素、活化磷素以及调控钾素的作用来提高氮、磷、钾养分的利用率,还可以作为来源广泛价格低廉的天然螯合剂与微量元素螯合使其更易被作物吸收<sup>[8-14]</sup>;(4)改良土壤,黄腐酸可以通过促进土壤团聚体的形成、降低表土含盐量、提高土壤交换容量、降低盐碱土的酸碱度等作用来改良土壤<sup>[15]</sup>。

黄腐酸的生产方式有两个,一个是以风化煤或者褐煤等为原料进行提取,相应的黄腐酸产品称为矿源黄腐酸;另一个是以工业或农业生物质

为原料经过微生物发酵进行生产,相应的黄腐酸产品被称为生化黄腐酸。矿源黄腐酸成分主要有:乙酸、苯、吡咯、甲苯、糠醛、苯酚、苯并呋喃、丁二酰亚胺和邻苯二甲酸二异丁酯等物质;生化黄腐酸成分主要有:蛋白质、核苷酸、醇类、脂肪酸、酚酸、糖类、木质素、纤维素以及多种激素等物质<sup>[2]</sup>。生化黄腐酸与矿源黄腐酸在促进作物生长、提高作物产量等方面均具有较好的效果。但两者在应用时各有优缺点,矿源黄腐酸较生化黄腐酸具有更稳定的表现,生化黄腐酸容易吸潮影响品质,但生化黄腐酸具有更强的成本优势,且生化黄腐酸的原料是植物秸秆等废弃生物质原料,能够改善环境污染的问题,符合绿色可持续发展的国家战略。本文以玉米为供试作物,研究肥料中加入生化黄腐酸钾对玉米根系、茎秆以及物质积累等生长情况的影响,以为含生化黄腐酸肥料产品开发提供借鉴和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试玉米品种为郑单 958,由泰安市金种子种业科技有限公司选育。

试验中所用的生化黄腐酸钾购自安琪酵母(赤峰)有限公司,理化指标详见表 1。

供试土壤为临沂本地土壤,经检测分析,土壤呈碱性,有机质含量中等偏低,碱解氮、速效钾较高,有效磷中等偏低,有效锌及有效硼处于中等偏低的水平,土壤养分数据详见表 2。

收稿日期:2022-06-08

基金项目:中化现代农业有限公司企业内部项目(072021005F)。

第一作者:刘世昌(1987-),男,硕士,高级农艺师,从事肥料研发及技术服务。E-mail:583020703@qq.com。

表 1 生化黄腐酸钾理化指标

有机质/%	黄腐酸/%	N/%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /%	K <sub>2</sub> O/%	pH	Mg/%	Cu/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Fe/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Mn/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Zn/(mg·kg <sup>-1</sup> )	氨基酸/%
52.1	35.0	3.1	0.62	12.9	5.54	0.96	2.9	696.6	105.3	321.1	2.7

表 2 土壤基础肥力

有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	pH	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Zn/(mg·kg <sup>-1</sup> )	B/(mg·kg <sup>-1</sup> )
17.3	7.90	165.90	42.35	125.40	0.85	0.67

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年在中化化肥有限公司临沂农业研发中心温室进行,采用盆栽试验,土壤基础肥力见表 2。试验设 4 个处理,4 次重复,共 16 盆。施肥类型为底肥+追肥,播种前一次性施入底肥,施用量约 13.5 g·盆<sup>-1</sup>,与每盆

9/10 的土壤(经过粉碎、过筛的土壤)混匀后装盆,再将 1/10 的未施肥土壤覆盖于表面,装土量约 20 kg·盆<sup>-1</sup>。选取籽粒饱满、无病虫害、无机械损伤的玉米种子进行播种,5 粒·盆<sup>-1</sup>,播种深度一致,苗期选取长势一致的幼苗定植 2 株·盆<sup>-1</sup>,其他日常管理均相同。

表 3 试验处理及具体施肥措施

处理	复合肥料	生化黄腐酸钾添加量/(g·kg <sup>-1</sup> )	施肥方式	施肥量/(g·盆 <sup>-1</sup> )
CK	26-10-12 高塔复合肥	0	基施	13.5
T1	26-10-12 高塔复合肥	5.0	基施	13.5
T2	26-10-12 高塔复合肥	6.5	基施	13.5
T3	26-10-12 高塔复合肥	8.0	基施	13.5

1.2.2 测定项目及方法 待玉米生长到孕穗期时进行收获及生物量的测定。株高:在玉米苗期、拔节期、抽雄期和成熟期分别用直尺测量地面到所有叶片伸直最高处的高度。

茎粗:在玉米苗期、拔节期、抽雄期和成熟期分别用游标卡尺测定近地面茎基部第二节中部的直径(若茎秆为扁平状,测定窄面直径)。

地上部鲜重和地下部鲜重:用天平分别测定不同处理玉米地上部鲜重、地下部鲜重和生物鲜重。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 整理数据,采用 SPSS 22.0 进行 ANOVA 方差分析(LSD,  $P < 0.05$ ),用 Origin 8.5 作图。

2 结果与分析

2.1 不同生化黄腐酸钾处理对玉米株高的影响

由图 1 可知,在抽雄期之前,各处理之间株高的差异不大。但是在抽雄期,与对照(CK)相比,添加生化黄腐酸钾的处理 T1、T2 和 T3 株高增加 5.5%~7.0%。这是因为在抽雄期,生化黄腐酸钾处理比对照抽雄早,因此存在较为显著的顶端生长,由此带来了株高的显著性差异。生化黄

腐酸钾的 3 个处理之间在抽雄期株高比较接近,未表现出显著差异。因此可知,在肥料中加入 5.0~8.0 kg·t<sup>-1</sup>的生化黄腐酸钾,可以促进玉米的生殖生长,使玉米提前抽雄,增加营养物质积累的时间。

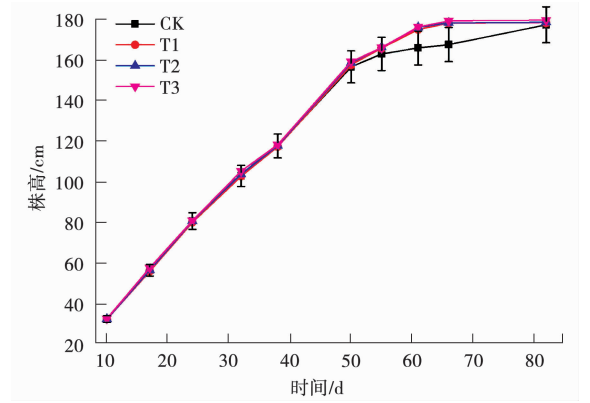


图 1 不同生化黄腐酸钾处理对玉米株高的影响

2.2 不同生化黄腐酸钾处理对玉米茎粗的影响

由图 2 可知,在整个玉米生长期(试验阶段),整体来看生化黄腐酸钾处理较普通对照在茎粗上均有显著增加,其中 T1 处理茎粗增加 3.8%~6.4%,T2 处理茎粗增加 4.4%~15.6%,T3 处

理茎粗增加 5.0%~21.7%。生化黄腐酸钾处理间茎粗在大喇叭口期以后差异不显著。在拔节期到大喇叭口期,不同生化黄腐酸钾添加量处理间的茎粗虽然未达显著性差异,但是随着生化黄腐酸钾添加量的增加,茎粗增加趋势明显,添加量越大,茎粗增加量越大。

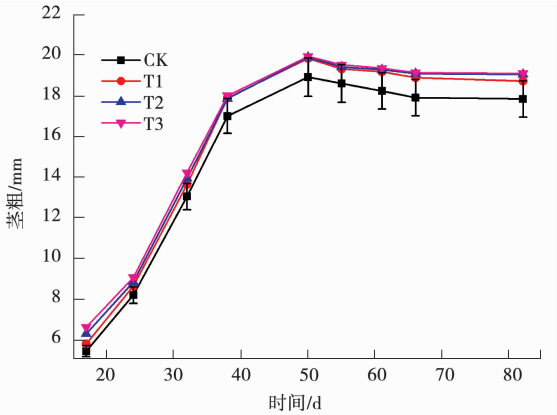


图2 不同生化黄腐酸钾处理对玉米茎粗的影响

2.3 不同生化黄腐酸钾处理对玉米根系生长的影响

由图3可知,与普通对照相比,生化黄腐酸钾的添加能够显著促进根系生长。肥料中添加 5.0~8.0 kg·t<sup>-1</sup> 的生化黄腐酸钾可使玉米单株根系鲜重增加 26.2%~35.3%,其中 T1 处理增加 26.2%,T2 处理增加 29.1%,T3 处理增加 35.3%。随着生化黄腐酸钾添加量的增加,其对玉米根系促生作用越显著,其中当添加量为 8.0 kg·t<sup>-1</sup> 时(T3),玉米根系鲜重的增加较 5.0 kg·t<sup>-1</sup> (T1) 及 6.5 kg·t<sup>-1</sup> (T2) 处理更为显著。

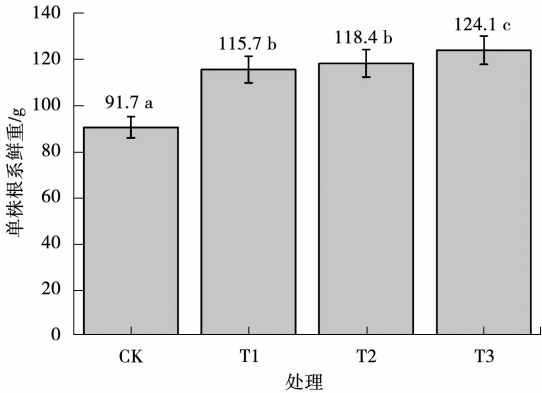


图3 不同生化黄腐酸钾处理对玉米根系鲜重的影响

注:不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

由图4可以明显看出,与对照相比,添加生化黄腐酸钾的处理根系更为茂密发达,且随着添加量的增加,根系数量增加明显。



图4 不同生化黄腐酸钾处理下的玉米根系

2.4 不同生化黄腐酸钾处理对玉米生物量鲜重的影响

由图5可知,生化黄腐酸钾的添加对玉米具有显著的促生作用,能够促进营养物质的积累。与普通处理相比,生化黄腐酸钾的添加可使玉米单株生物量鲜重增加 6.8%~12.3%,其中 T1 处理增加 6.8%,T2 处理增加 9.0%,T3 处理增加 12.3%。随着生化黄腐酸钾添加量的增加,单株生物量鲜重显著增加。其中 T3 处理单株生物量鲜重较 T1 处理显著增加 5.1%。从地上部生物量鲜重来看,与普通对照相比,T1 处理增加 3.1%,T2 处理增加 5.9%,T3 处理增加 7.9%,T2 和 T3 处理间差异不显著。从地下部生物量鲜重来看,与普通对照相比,添加生化黄腐酸钾的 T3 处理对根系的促进作用显著优于其他处理。

综合地上部、地下部以及单株生物量鲜重来看,T3 处理对于促进玉米生物量鲜重的作用最为显著。

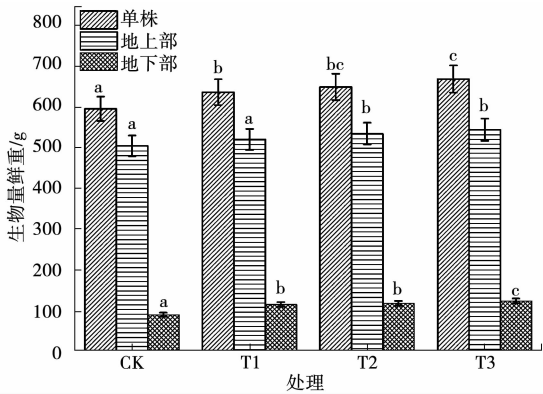


图5 不同生化黄腐酸钾处理对玉米生物量鲜重的影响

### 3 讨论

生化黄腐酸钾是一种性能优异的生物刺激素,它所具备的提高作物对养分吸收利用率、刺激根系生长、促进作物生长等功能都在本研究中得到较好的验证,说明在肥料中添加生化黄腐酸钾能够起到显著的增效效果。

生化黄腐酸钾对玉米生长期抽雄期之前的株高基本无影响,但能够促进玉米提前抽雄,因此在抽雄期株高有显著的增加。生化黄腐酸钾添加量为  $5.0 \sim 8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  时,对于株高的影响效果基本一致。侯学亮等<sup>[4]</sup>的研究表明,黄腐酸对干旱区域的玉米产量具有显著的促进作用,并且不同的施用时期及施用方式对促进效果均有一定的影响,其中在大喇叭口至孕穗期采用灌株的方式增产效果最优。这也说明了黄腐酸钾在玉米生殖生长的关键时期的促进作用。

生化黄腐酸钾对玉米生长期茎粗有显著的促进作用,其能够促进玉米全生育期的茎秆生长。在添加量为  $5.0 \sim 8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  范围内,随着添加量的增加,其对玉米茎粗的增加效果越明显。虽然各添加梯度对玉米茎粗的增加未有显著性差异,但  $8 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  添加量的处理对于茎秆生长的促进作用更显著和稳定。黄腐酸对玉米茎粗的影响主要体现其促生作用,黄腐酸的促生作用较为复杂。张水勤等<sup>[1]</sup>从腐植酸促进根系生长、提高抗逆性、提高养分利用率以及改善土壤微生物菌群等方面的机理层面,详细阐述了腐植酸的促生作用,概括来说其促生表现是腐植酸的综合效果。

生化黄腐酸钾对玉米生长期根系的促生作用效果极为显著,在添加量为  $5.0 \sim 8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  范围内,随着添加量的增加,玉米根系鲜重的增加越显著,且  $8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  添加量的处理较  $5.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  及  $6.5 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  处理增加显著。因此,在肥料中添加  $8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  生化黄腐酸钾能够起到显著的促根作用。关于黄腐酸钾对根系生长的促进作用已进行了大量且深入的研究。其中张水勤等<sup>[1]</sup>研究表明,聚合程度较低的腐植酸(如黄腐酸)活性较高能够刺激玉米根系质膜  $\text{H}^+$ -ATP 酶的活性并且能够提高根系对  $\text{NO}_3\text{-N}$  的吸收能力,从而能够显著促进作物根系的生长。

基于生化黄腐酸钾对玉米生长期表现出的促根、促生以及促进生殖生长等作用,生化黄腐酸钾能够显著促进玉米生物量的累积,并且在添加量为  $5.0 \sim 8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  范围内,随着添加量的增加,

生化黄腐酸钾对于玉米生物产量的促进作用越明显,  $8 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  处理较  $5 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  处理生物量增加显著。因此对于含生化黄腐酸钾的肥料产品,在此添加量范围内能够表现出较好的促生、促根以及促增产的效果。

### 4 结论

在肥料中添加生化黄腐酸钾对于玉米根系生长以及生物量都具有显著的促进作用。本研究表明在添加量为  $5.0 \sim 8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  时均具有显著的促生效果,添加量为  $8.0 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  时效果最优。在实际应用时应结合不同的生产工艺、添加方式的可行性以及添加成本来具体指导含生化黄腐酸钾肥料的生产。

### 参考文献:

- [1] 张水勤,袁亮,林治安,等. 腐植酸促进植物生长的机理研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2017(4):1065-1076.
- [2] 张春练,娄奥林,曾令强,等. 矿源黄腐酸和生化黄腐酸异同以及作用机理浅析[J]. 安徽化工, 2021, 47(5):55-57.
- [3] 吴军虎,李玉晨,邵凡凡,等. 生化黄腐酸对土壤物理性质及水分运动特性的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(4):159-164.
- [4] 侯学亮,丁学涛,蒋朝忠,等. 黄腐酸不同使用方法对浅山丘陵区玉米产量的影响[J]. 基层农技推广, 2017, 5(11):37-39.
- [5] 刘增祥. 腐植酸作为刺激素在农业上应用的效果及其稳定性[J]. 江西腐植酸, 1985(3):1-5.
- [6] 袁凤英,庞世花,郭宗端. 腐植酸促进菜田土壤氮磷养分利用的机制[J]. 广州化工, 2017(4):17-19.
- [7] 王宏韬,马献发,张继舟. 腐植酸在土壤与肥料中的应用[J]. 黑龙江科学, 2010, 1(1):59-62.
- [8] 高树清,王宝中,韩英群. 腐植酸及不同原料对土壤脲酶活性及氮素的影响研究[J]. 腐植酸, 2004(6):32-36.
- [9] 孙明强,王为民,成绍鑫. 腐植酸尿素的分解释放机理与应用研究报告[J]. 腐植酸, 2003(3):12-18.
- [10] 韩雪琦,索全义,刘鑫,等. 活化褐煤包裹尿素的作物效应[J]. 内蒙古农业科技, 2014(2):42-43.
- [11] 林海涛. 腐植酸尿素新型生产工艺及田间应用效果的研究[J]. 腐植酸, 2010(1):36.
- [12] 刘文璐,杨丽辉,郭书利,等. 不同腐植酸含量的复合肥对茄子产量和养分利用率的影响[J]. 化肥工业, 2017(6):44.
- [13] 刘丹,黄占斌,李柯,等. 腐植酸对氮、磷肥的增效机理研究综述[J]. 腐植酸, 2016(2):1-5.
- [14] 李丽,武丽萍,成绍鑫. 腐植酸磷肥的开发及其作用机理研究进展[J]. 磷肥与复肥, 1999(3):60-63, 80.
- [15] 韩文质. 腐植酸类肥料对土壤的改良作用及施用方法[J]. 甘肃农业科技, 1997(6):32-33.



徐宁,张洪亮,张荣华,等.不同稻壳基质对马铃薯微型薯产量及产量性状的影响[J].黑龙江农业科学,2022(9):55-59.

# 不同稻壳基质对马铃薯微型薯产量及产量性状的影响

徐 宁,张洪亮,张荣华,许亚坤

(黑龙江省农垦科学院 经济作物研究所,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为了充分利用水稻产区较为丰富的稻壳资源,筛选出一种资源丰富、成本低、效果好的微型薯生产培养基质。采用单因素随机区组设计,设置4种基质处理,即稻壳,稻壳(发酵),稻壳+蛭石(1:1)和蛭石,研究不同基质对马铃薯微型薯成活率、结薯数、产量、单粒薯重、单株结薯数和单株薯重的影响。结果表明,成活率最好的基质是稻壳+蛭石(1:1)处理,成活率达到62.00%,但各基质处理对成活率没有显著影响。结薯数和单位面积产量均以稻壳+蛭石(1:1)处理最高,分别达到7.77万个 $\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ 和135.90 kg $\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ,显著高于对照蛭石(CK)处理。单粒薯重、单株结薯数和单株薯重表现最好的处理分别为稻壳+蛭石(1:1)、稻壳(发酵)和稻壳(发酵)处理,但各基质处理间差异不显著。说明稻壳+蛭石(1:1)的处理更适合作为马铃薯微型薯培养基质在实际生产中应用。

**关键词:**马铃薯;微型薯;基质;产量;稻壳

我国马铃薯的总产量和播种面积均居世界首位,是世界上重要的马铃薯生产国,但单位面积产量水平还较低,不足发达国家的一半。因此,马铃薯产量潜力在未来有着巨大的增长空间<sup>[1]</sup>,可为国家粮食安全做出重要贡献。优质马铃薯种薯的供应是提高单位面积产量最简单、最直接的途径,

能有效提高我国马铃薯生产效率。马铃薯微型薯生产是马铃薯种薯生产中的一个重要环节,但是微型薯生产成本高制约着马铃薯合格种薯的生产<sup>[2-5]</sup>。微型薯生产的基本方式有基质生产、雾化生产等<sup>[6-8]</sup>。雾化生产的微型薯水分含量高,不易保存,且成本较高,因此基质生产微型薯成为主要的生产方式<sup>[9]</sup>。

用于微型马铃薯生产的基质多种多样,主要有珍珠岩、蛭石、椰糠、畜禽粪便等,现今,蛭石、珍珠岩和椰糠广泛用于马铃薯微型薯生产。然而,

收稿日期:2022-05-30  
基金项目:黑龙江省自然科学基金(LH2021C084)。  
第一作者:徐宁(1983—),男,硕士,副研究员,从事马铃薯栽培和育种工作。E-mail: 15590867902@163.com。

## Effects of Biochemical Fulvic Acid Potassium on Maize Growth

LIU Shi-chang<sup>1</sup>, REN Xian-shun<sup>2</sup>, WANG Zi-hao<sup>3</sup>, JIAO Wei-ping<sup>3</sup>, WEI Yan-qing<sup>3</sup>, LIU Peng-fei<sup>3</sup>

(1. Sinochem Agriculture Holdings, Beijing 100000, China; 2. Sinofert Holdings Limited, Beijing 100000, China; 3. Sinochem Agriculture Linyi R&D Center Limited Company, Linyi 276000, China)

**Abstract:** In order to study the effects of biochemical fulvic acid potassium on crop growth, maize Zhengdan 958 was taken as the research object to explore the effects of fertilizers with different biochemical fulvic acid potassium contents on maize root, stem and biomass. The results showed that adding 5.0-8.0 kg $\cdot\text{t}^{-1}$  biochemical fulvic acid potassium to the fertilizer could significantly promote the growth of root, stem and reproduction of maize. Under the condition of adding 8.0 kg $\cdot\text{t}^{-1}$ , the effect of fertilizer was the most significant and stable. Compared with the fertilizers common control, it increased the fresh weight of maize roots by 35.3%, significantly increased the biomass of maize by 12.3%, and increased the stem diameter of maize during the growth period by 5.0%-21.7%. In conclusion the fertilizer added with 8 kg $\cdot\text{t}^{-1}$  biochemical fulvic acid potassium can promote the growth of maize, so it can be used as a quality improving fertilizer for specific maize production.

**Keywords:** biochemical fulvic acid potassium; maize; promoting growth; root promotion; biomass