



张姿,于海燕,李威,等.绿色植物生长调节剂 GGR 对玉米生长发育及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2023(2):44-50.

# 绿色植物生长调节剂 GGR 对玉米生长发育及产量的影响

张 姿<sup>1</sup>,于海燕<sup>1,2</sup>,李 威<sup>1</sup>,刘 蓉<sup>1</sup>,张成华<sup>1</sup>,姜常玉<sup>1</sup>

(1. 北京艾比蒂生物科技有限公司,北京 102299; 2. 中国林科院 ABT 研究开发中心,北京 100091)

**摘要:**为验证以绿色植物生长调节剂 GGR 6 号为功能性成分的 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)和 GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)在玉米栽培中的应用效果,以玉米品种郑单 958 为试验材料,采用水培与大田相结合的试验方法,研究 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)和 GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)配合施用对玉米生长发育及产量的影响。结果表明,与 CK 相比,玉米播前拌种和叶面追肥时施用植物生长调节剂能有效提高种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数以及苗期幼苗株高、茎粗、根系数量、壮苗指数、叶片光合色素含量等生长指标,最终提高玉米穗长、穗粒数、千粒重等产量指标。2 g GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)拌种 1 kg、大喇叭口期叶面喷施 25 g·L<sup>-1</sup> 尿素+7.5 g·L<sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+0.5 g·L<sup>-1</sup> GGR(玉米专用)、灌浆期叶面喷施 25 g·L<sup>-1</sup> 尿素+10 g·L<sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+0.5 g·L<sup>-1</sup> GGR(玉米专用)施肥配比下,玉米种子萌发指标、幼苗生长指标和产量构成指标均显著高于 CK,玉米产量提高了 8.31%,是效果最佳的施肥配比。

**关键词:**玉米;绿色植物生长调节剂;GGR;生长发育;产量

在农业生产中,施肥能有效提高土壤肥力,对我国粮食增产增收做出了重要贡献<sup>[1]</sup>。然而过量施用化肥也会导致土壤养分比例严重失调、且盲目

土壤理化性状逐渐恶化以及食品安全问题,给人们的健康和生活带来严重威胁<sup>[2-3]</sup>。开发应用节能高效、绿色环保型肥料势在必行<sup>[4-5]</sup>。我国自 20 世纪 80 年代开始在农业生产上应用含氨基酸的叶面肥、植物生长调节剂等新型肥料,在改善土壤结构、化肥减量增效、作物增产增收等方面卓有成效<sup>[6-10]</sup>。

收稿日期:2022-11-18

第一作者:张姿(1991—),女,硕士,助理农艺师,从事作物栽培技术及示范推广研究。E-mail:18736013607@163.com。

## Screening and Evaluation of Biological Fungicides Against Rice False Smut

WANG Chun<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1</sup>, HUANG Yuanju<sup>1</sup>, LIU Hui<sup>2</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>, JIANG Xifeng<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Pathology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Harbin, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin 150086, China; 2. Institute of Biotechnology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150023, China)

**Abstract:** In order to screen the best biological fungicide against *Ustilaginoidea virens*, efficacy of seven biofungicides was evaluated by mycelial dry weight method, spore germination method and field trials. Indoor bioassay showed that the inhibition rate of seven biofungicides on the mycelial growth of *U. virens* reached more than 80% under the laboratory test dose, and the inhibition rate of Jinggang *Bacillus cereus*, Jinggang *Bacillus subtilis* and *Bacillus subtilis* on the mycelial growth was 100%. Spore germination assay showed that Jinggang *Bacillus cereus*, Osthole, Jinggang Pyrimidine Nucleoside and Jinggang *Bacillus subtilis* significantly affect the elongation of germ tube and its inhibitory rate were above 70%. Field trials demonstrated that Jinggang *Bacillus subtilis* and Osthole exhibited high control effect, both of which were as high as 70% and effective against rice false smut. It was proved to be an effective way that 6% Jinggang 24 billion CFU·g<sup>-1</sup> *Bacillus subtilis* WP or 1% Osthole EW was applied in about 7 days before the rupturing stage of rice and full heading stage.

**Keywords:** *Ustilaginoidea virens*; biological fungicide; toxicity test; field control effect

玉米作为我国主要的三大粮食作物之一,在我国的饲料、原料以及食品加工等领域应用极为广泛,玉米产量和质量问题严重影响着我国粮食安全<sup>[11]</sup>。大量研究数据表明,玉米播前应用水杨酸、双吉尔-GGR(以下简称“GGR”)等调节剂处理种子<sup>[12-14]</sup>、生长期间叶面单独追施含氨基酸水溶肥或植物生长调节剂等功能型叶面肥<sup>[15-17]</sup>能有效促进玉米种子萌发和生长发育,达到提质增产的效果,但将植物生长调节剂和含氨基酸水溶肥复配应用于玉米生产中的研究鲜见报道。此外,GGR作为一种非激素型植物生长调节剂,其应用效果在水稻<sup>[18-19]</sup>、棉花<sup>[20-21]</sup>等多种作物上已有研究报道,但在玉米整个生育期的应用研究却较少。为此,本试验以郑单 958 玉米品种为研究对象,在播种前应用不同植物生长调节剂进行拌种处理,同时于玉米大喇叭口期和灌浆期采用尿素、磷酸二氢钾与不同植物生长调节剂和含氨基酸水溶肥相复配的施肥方法进行叶面追肥,通过分析不同施肥配比下种子萌发指标、幼苗生长指标和收获时产量情况,结合隶属函数分析法综合评价不同施肥配比在玉米上的应用效果,旨在筛选出最佳施肥方案,为玉米实际生产中合理施肥提供科学依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验地概况

本试验于 2022 年在北京市昌平区科技园区北京艾比蒂生物科技有限公司(40°12′9″N,116°14′6″E)试验基地进行。供试试验田 0~20 cm 土层理化性状如表 1 所示。

表 1 供试试验田土壤理化性状

土壤类型	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	pH
砂壤土	16.7	53.62	33.22	93.15	8.2

表 2 不同施肥处理及用量

处理	施用时期	不同施肥配比情况
T1	播前拌种	2 g GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)拌种 1 kg
	大喇叭口期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+7.5 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+0.5 g·L <sup>-1</sup> GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)
	灌浆期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+10 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+0.5 g·L <sup>-1</sup> GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)
T2	播前拌种	1 g 碧护拌种 1 kg
	大喇叭口期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+7.5 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+1 g·L <sup>-1</sup> 芸苔素内脂
	灌浆期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+10 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+1 g·L <sup>-1</sup> 芸苔素内脂
CK	播前拌种	2 g 清水拌种 1 kg
	大喇叭口期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+7.5 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+清水
	灌浆期	25 g·L <sup>-1</sup> 尿素+10 g·L <sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+清水

## 1.2 材料

供试玉米品种为郑单 958(国审玉 20000009),购于北京市昌平区农资店。

供试肥料 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)(Cu+Fe+Mn+Zn+B+Mo≥2.0%)和 GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)(氨基酸≥20.0%,Cu+Fe+Mn+Zn+B+Mo≥2.0%)由北京艾比蒂生物科技有限公司提供;碧护(有效成分含量:0.136%赤·吲乙·芸)、24-表芸苔素内脂(有效成分含量:0.01%)、磷酸二氢钾(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>≥98.0%,优等品,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥52.0%,K<sub>2</sub>O≥34.0%)、尿素(一等品,N:46.2%)均购于北京市昌平区农资店。

## 1.3 试验设计

1.3.1 水培试验 培养皿中预先铺上 2 层滤纸,用百菌清 800 倍液对培养皿以及镊子等进行消毒。于 2022 年 5 月 10 日分别应用 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)、碧护和清水对种子进行拌种处理,具体拌种量见表 2,随后将处理好的种子统一置于阴凉处晾干。挑选大小一致的种子分别均匀摆放于标记好的培养皿中(腹沟向下,种胚向上)。每个培养皿播种 50 粒种子,每个处理设置 5 个重复,然后喷水、盖上盖子,使其保持湿润状态,并做好遮荫处理。该部分用于调查玉米种子萌发指标。

1.3.2 大田试验 试验田面积为 360 m<sup>2</sup>,于 2022 年 5 月 5 日整地、施底肥、划分为 9 个小区,2022 年 5 月 10 日进行播种,每穴 2 粒种子,行距 50 cm,株距 30 cm,播种后覆土、覆地膜,做好标记。2022 年 5 月 23 日齐苗后统一进行间苗,每穴保留一株壮苗。各小区同时期施肥、施药,叶面喷施肥、药的加水量均按照 20 L·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 折算,不同施肥处理及用量详见表 2。本试验共设置 3 个处理,3 次重复,各试验小区按随机区组排列。整地施底肥、田间除草、病虫害防治等其他栽培管理措施均保持一致。

## 1.4 测定项目及方法

1.4.1 种子萌发生长指标 玉米种子露白长度 $\geq$ 种子长度 1/2 时计为发芽,每间隔 24 h 记录 1 次种子的萌发数,第 4 天调查发芽势,第 7 天时统一调查发芽率,每个处理随机选取 10 株幼苗用千分之一天平称量植株鲜质量。

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{\text{规定天数内发芽种子数}}{\text{种子总数}} \times 100$$

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{全部发芽种子数}}{\text{种子总数}} \times 100$$

$$\text{种子发芽指数}(GI) = \sum(Gt/Dt)$$

式中, $Gt$  为在  $t$  日的发芽种子数, $Dt$  为发芽天数。

$$\text{种子活力指数}(VI) = S \times GI$$

式中, $S$  为单株鲜质量。

1.4.2 幼苗生长指标 玉米 3.5 叶期时取样调查生长指标。每个处理随机选取 10 株测定株高、茎粗,株高为植株叶片最高点至茎基部的距离;茎粗为沿与叶着生方向垂直的角度茎基部以上 2 cm 处茎基部直径;使用千分尺高精度数显外径螺旋测微器测量倒数第 3 片叶厚度;沿植株根部与地上部交接处剪断,利用千分之一天平称取根鲜质量和地上部鲜质量,随后置于烘箱中 105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 烘至恒重,称取地上部和根系干质量,计算根冠比和壮苗指数。

$$\text{根冠比} = \frac{\text{根干质量}}{\text{地上部干质量}}$$

$$\text{壮苗指数} = \left( \frac{\text{根干质量}}{\text{地上部干质量}} + \frac{\text{茎粗}}{\text{株高}} \right) \times \text{全株干质量}$$

1.4.3 幼苗叶绿素含量的测定 采用乙醇提取比色法测定玉米幼苗倒数第 3 片叶子光合色素含量,测定波长分别为 470,649 和 665 nm<sup>[22-23]</sup>。

$$\text{叶绿素 a}(C_a) = 13.95A_{665} - 6.88A_{649}$$

$$\text{叶绿素 b}(C_b) = 24.96A_{649} - 7.32A_{665}$$

$$\text{类胡萝卜素}(C_{x-c}) = (1\,000 \times A_{470} - 2.05C_a - 114.8C_b) / 245$$

1.4.4 植株农艺性状调查及产量测定 每个小区选择 10 株玉米作为定点观测植株,做好标记,乳熟期测量玉米株高、茎粗、穗位等农艺性状。其中株高为地面到雄穗顶端的高度,茎粗为沿着与叶着生方向垂直的角度测量的地上第三节间中部茎的直径。

在玉米收获时各试验小区进行实打测产(除去小区四周保护行)。测产前 1 d 每个小区采用 5 点取样法选取 5 个样点调查其株数、穗数、穗长、穗粒数、穗行数、行粒数、千粒重等指标,其产量计入小区总产量。

$$\text{出籽率}(\%) = 10 \times \frac{\text{穗粒干重}}{\text{穗干重}} \times 100$$

1.4.5 效益分析 玉米采收后以北京市 2022 年玉米籽粒销售均价计算收入,仅考虑拌种以及后期叶面追肥成本,对不同施肥处理进行经济效益分析。

## 1.5 数据分析

采用 Excel 2019 处理试验数据和作图,运用 SPSS 24.0 软件对数据进行统计分析,多重比较采用 LSD-test( $P < 0.05$ )。应用隶属函数值法对 3 种施肥处理的肥效进行综合评价,计算公式如下:

$$R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中, $X_i$  为某一施肥方式下某一指标的测定值, $X_{\min}$  和  $X_{\max}$  分别为该指标中的最小值和最大值,总隶属函数值为某一施肥方式的各指标隶属函数值求和后的算数平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 GGR 对玉米苗期生长发育的影响

2.1.1 GGR 拌种对玉米种子萌发的影响 由表 3 可知,不同植物生长调节剂拌种处理对玉米种子萌发均有促进作用,具体表现为处理组 T1 和 T2 其种子发芽势、发芽指数和种子活力指数均显著高于对照,以 T1 处理玉米种子的发芽势、发芽指数和活力指数最大,较对照分别提高了 12.67%、8.43% 和 21.58%;T1 和 T2 处理种子发芽率与对照相比有所提高,但差异不显著。T1 处理玉米种子的发芽势和活力指数均显著高于 T2 处理,与 T2 相比分别提高了 5.52% 和 10.31%;T1 处理种子发芽率和发芽指数均高于 T2 处理,但差异不显著。

2.1.2 GGR 拌种对玉米苗期生长的影响 由表 4 可知,T1 拌种处理下玉米幼苗的株高、茎粗、初生根条数、根长、叶片厚度、整株干质量、根冠比和壮苗指数均显著高于对照,比对照提高了 12.21%、21.13%、25.00%、18.17%、17.79%、97.22%、157.86% 和 30.19%;T2 拌种处理下玉米幼苗的茎

粗、根长、整株干质量、根冠比和壮苗指数均显著高于对照,其株高、初生根条数和叶片厚度较对照有一定程度的提高,但两者之间差异不显著。不同植物生长调节剂拌种处理条件下,以 T1 处理效果最佳,具体表现为该处理植株的株高、茎粗、初生根条

数、根长、叶片厚度、整株干质量和根冠比均显著高于 T2 处理,与 T2 相比分别提高了 8.11%、11.76%、11.11%、5.72%、10.00%、47.92%和 58.06%;T1 处理植株壮苗指数较 T2 处理提高了 7.81%,但不构成显著性差异。

表 3   GGR 拌种对玉米种子萌发的影响

处理	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
T1	99.94±0.08 a	99.57±0.35 a	44.76±0.65 a	57.25±0.86 a
T2	99.21±0.12 a	94.36±0.85 b	43.35±0.64 a	51.90±2.10 b
CK	98.14±0.14 a	88.37±1.01 c	41.28±0.82 b	47.09±1.32 c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

表 4   GGR 拌种对玉米苗期生长的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	初生根数/条	根长/cm	叶片厚度/mm	整株干质量/g	根冠比	壮苗指数
T1	27.20±0.67 a	6.65±0.24 a	6.00±0.71 a	30.30±0.62 a	0.22±0.01 a	0.71±0.05 a	0.49±0.03 a	0.69±0.02 a
T2	25.16±0.80 b	5.95±0.18 b	5.40±0.55 ab	28.66±0.90 b	0.20±0.01 b	0.48±0.06 b	0.31±0.05 b	0.64±0.09 a
CK	24.24±0.51 b	5.49±0.14 c	4.80±0.45 b	25.64±0.68 c	0.19±0.01 b	0.36±0.05 c	0.19±0.02 c	0.53±0.04 b

2.1.3   GGR 拌种对玉米苗期光合色素含量的影响

不同植物生长调节剂拌种对玉米幼苗叶片的光合色素含量有不同程度的影响。由表 5 可知,与对照相比,T1 拌种处理显著提高了叶绿素 a 和叶绿素 b 含量,分别提高了 28.93%和 21.31%;T2 拌种处理叶绿素 a 和叶绿素 b 含量与对照之间差异不显著。不同植物生长调节剂拌种时,T1 拌种处理叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均显著高于 T2 处理,较 T2 分别提高了 19.42%和 21.77%。不同拌种处理之间幼苗叶片中类胡萝卜素含量差异不显著。

表 5   GGR 拌种对玉米苗期光合色素含量的影响

单位:mg·g<sup>-1</sup>

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	类胡萝卜素
T1	12.79±0.81 a	6.32±0.24 a	0.66±0.39 a
T2	10.71±0.31 b	5.19±0.09 b	0.82±0.12 a
CK	9.92±1.05 b	5.21±0.58 b	0.49±0.13 a

2.2   GGR 对玉米产量性状的影响

由表 6 可知,不同施肥处理下 T1 和 T2 处理收获时株高和穗位与对照相比显著降低,依次为 CK>T2>T1,但茎粗、穗长、穗粒数、千粒重等均有不同程度的提高。其中,T1 施肥处理下玉米茎粗、穗长、穗粒数和千粒重均高于 T2 和 CK,较 T2 提高了 7.38%、1.64%、4.14%和 2.44%,较 CK 提高了 11.93%、4.25%、8.71%和 2.61%;玉米出籽率以 T1 施肥处理最高,为 88.81%,各处理之间差异不显著。

不同施肥处理下小区净产量与对照相比均有提高,且以 T1 施肥处理下产量最高,折合产量 819.21 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>,较 T2 和 CK 增产幅度分别为 4.27%和 8.31%,其次为 T2 处理,折合产量为 785.67 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>,较 CK 提高了 3.88%。

表 6   GGR 对玉米产量及相关性状的影响

处理	株高/ cm	茎粗/ mm	穗位/ cm	穗长/ cm	穗粒数/粒	千粒重/g	干质量/ [kg·(10 穗) <sup>-1</sup> ]	出籽率/%	小区净 产量/kg	折合产量/ [kg·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]
T1	233.00 c	24.87 a	111.80 b	22.30 a	722.70 a	316.83 a	2.19 a	88.81 a	9.32 a	819.21 a
T2	234.60 b	23.16 b	112.50 b	21.94 ab	694.20 ab	309.29 b	2.07 ab	87.87 a	8.94 a	785.67 a
CK	236.70 a	22.22 c	114.90 a	21.39 b	664.80 b	308.78 b	2.03 b	88.38 a	8.60 a	756.34 a



2.3 基于收获时七项指标的综合评价

不同施肥处理在玉米整个生长发育过程中所表现出的应用效果受植株农艺性状指标、产量性状指标以及生理生化指标等方面的综合影响。单一针对某一种评价指标来对不同施肥处理间的肥效性进行评价会有片面性,而选择多个指标来进行综合性评价能有效提高不同施肥处理间肥效性评价的准确性。本研究应用隶属函数值法,以玉

米收获时株高、茎粗、穗位、穗长、穗行数、行粒数和千粒重作为评价指标,对 3 种不同施肥处理应用效果进行综合性评价。由表 7 可知,3 种不同施肥处理各项指标隶属函数的算数平均值在 0.36~0.51 之间,根据各项指标隶属函数的算数平均值进行排序,得出 3 种施肥处理应用效果由高到低依次为 T1>T2>CK。

表 7 不同施肥方式下玉米产量性状的隶属函数值及排序

处理	隶属函数值							均值	排序
	株高	茎粗	穗位	穗长	穗行数	行粒数	千粒重		
T1	0.50	0.44	0.47	0.44	0.75	0.52	0.49	0.51	1
T2	0.68	0.37	0.58	0.21	0.60	0.40	0.23	0.44	2
CK	0.48	0.22	0.62	0.23	0.41	0.32	0.27	0.36	3

2.4 经济效益分析

由表 8 可知,在玉米播种前应用 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)对种子进行拌种处理、大喇叭口期和灌浆期叶面喷施 GGR 含氨基酸水溶肥(玉

米专用)+尿素+磷酸二氢钾(T1)能有效增加玉米种植收益,较对照增加 154.13 元·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, T2 碧护产品施肥处理种植收益较对照平均增加 62.17·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>。

表 8 不同施肥配比玉米经济效益分析

处理	玉米产量/ [kg·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]	玉米单价/ (元·kg <sup>-1</sup> )	收入/ [(元·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]	肥料投入/ [元·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]	增加收益/ [元·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]
T1	819.21	2.69	2203.67	16.85	154.13
T2	785.67	2.69	2113.45	18.59	62.17
CK	756.34	2.69	2034.55	1.86	-

3 讨论

绿色植物生长调节剂双吉尔-GGR 是一种新型、高效的非激素型生理活性物质,通过调控植物内源性生长物质的合成与释放,调控植物生长发育,提高根系活力,进而达到抗逆增产的效果<sup>[24-26]</sup>。张彦波等<sup>[27]</sup>应用 GGR 6 号和 8 号分别对小麦进行拌种处理研究结果显示,GGR 拌种后小麦幼苗根系以及地上部长势均显著优于对照组。王香等<sup>[28]</sup>紫花苜蓿生产中应用 GGR 处理种子发现其幼苗叶绿素含量以及过氧化物酶等酶活性均显著提高。本试验应用以 GGR 为功能性成分的 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)对玉米种子进行拌种处理,结果表明其种子发芽率、发芽

势、发芽指数、种子活力指数以及苗期幼苗株高、茎粗、初生根条数、根长、叶片厚度、整株干质量、光合色素含量等均高于碧护产品处理组和清水对照组,壮苗指数较碧护处理组和清水对照组分别提高了 7.81%和 30.19%,本试验结果与张桂阁等<sup>[29]</sup>应用 GGR 6 号对玉米种子和王瑞珍等<sup>[30]</sup>应用 GGR 6 号和 GGR 8 号对冬小麦进行浸种处理的研究结果相一致。表明 GGR 可以通过促进玉米植株内源性生长物质的合成与释放、提高相关酶活性等,打破种子休眠,提高出苗率,促根壮苗,提高植物叶片叶绿素含量,为作物增产奠定坚实的基础。

孟祥盟等<sup>[31]</sup>研究发现,玉米 7~10 叶展叶期

喷施乙烯利能有效增加植物茎秆干重,降低植株的株高和穗位,使植株重心下降。李学杰等<sup>[32]</sup>在夏玉米上应用不同浓度 GGR 6 号拌种+拔节期叶面喷施的研究结果表明,不同 GGR 浓度处理后玉米穗长、穗粒数和千粒重等均高于对照组,较对照组分别增产 10.55% 和 7.55%。王兰天<sup>[33]</sup>在玉米生长期通过比较常规施肥和叶面喷施含氨基酸水溶肥对玉米产量的影响,发现叶面喷施含氨基酸水溶肥增产幅度可达 10.7%。本研究应用 GGR 的衍生产品 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)对玉米种子进行拌种处理以及 GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)+尿素+磷酸二氢钾于玉米大喇叭口期和灌浆期叶面喷施(T1 处理),结果表明,与碧护拌种+芸苔素内脂+尿素+磷酸二氢钾(T2 处理)和清水+尿素+磷酸二氢钾(CK)相比,GGR+尿素+磷酸二氢钾的 T1 处理组玉米的株高和穗位均显著降低,茎粗、穗长、穗粒数和千粒重均提高,最终增产率较 T2 和 CK 分别提高了 4.27% 和 8.31%,玉米种植经济收益平均较对照增加 154.13 元·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>,与前人研究结果相一致。说明 GGR 可以通过调控玉米植株内源性生长物质的合成与释放,控制植株旺长,有效降低株高和穗位,壮秆防倒伏,同时能提高功能叶片光合作用能力,延长叶片功能期,促进籽粒灌浆,使籽粒饱满,提质增产效果显著。

本研究仅针对不同施肥处理对玉米种子萌发、苗期生长发育以及产量构成方面的影响做了详细研究与探讨,具有一定的局限性,更深层次的影响机制如玉米植株 SOD、POD 等酶活性以及净光合速率、蒸腾速率等光合参数还有待进一步探究。

## 4 结论

本试验结果表明,玉米播种前应用 GGR 微量元素拌种剂(玉米专用)对种子进行拌种可有效提高种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,同时显著提高玉米幼苗的株高、茎粗、根长、整株干质量、根冠比以及叶片叶绿素含量。在玉米大喇叭口期叶面喷施 25 g·L<sup>-1</sup> 尿素+7.5 g·L<sup>-1</sup> 磷酸二氢钾+0.5 g·L<sup>-1</sup> GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)、灌浆期叶面喷施 25 g·L<sup>-1</sup> 尿素+10 g·L<sup>-1</sup> 磷酸二氢

钾+0.5 g·L<sup>-1</sup> GGR 含氨基酸水溶肥(玉米专用)提高了玉米茎粗、穗长、穗粒数、千粒重和出籽率,平均增产 62.87 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>,增产率可达 8.31%,玉米种植收益平均增加 154.13 元·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>。本研究结果可为我国玉米实际生产中科学、合理追肥提供参考,在提倡减肥增效、绿色环保的现代化农业高产高效栽培模式中具有较为广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 王旭.我国主要农业生态区粮食作物化肥增产效应与养分利用效率研究[D].保定:河北农业大学,2010.
- [2] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [3] 闫湘.我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [4] 孙先良.盲目过量施肥的危害及新型肥料的开发[J].中氮肥,2005(6):4-7.
- [5] 叶丽君.化肥零增长背景下化肥企业的转型方向[J].磷肥与复肥,2016,31(10):2.
- [6] 李燕婷,李秀英,肖艳,等.叶面肥的营养机理及应用研究进展[J].中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [7] 张敏.叶面肥应用研究进展及营养机制[J].磷肥与复肥,2014,29(5):25-27.
- [8] 彭静.喷施组合型生长调节剂对不同品种冬小麦抗寒生理、产量及籽粒品质的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2018.
- [9] 赵银平,赵增寿,孙利萍,等.叶面肥对设施番茄产量、品质及经济效益的影响[J].中国瓜菜,2022,35(1):60-64.
- [10] 刘峰峰,符云鹏,宋玉川,等.植物生长调节剂 GGR 对香料烟根系发育及活力的影响[J].中国烟草科学,2010,31(3):49-53.
- [11] 王帅,宋伟,王荣煊,等.我国玉米生物学研究进展[J].中国农业科技导报,2022,24(7):23-31.
- [12] 龙友华,邱红波,何腾兵.4 种植物生长调节剂浸种对玉米调控效应[J].中国农学通报,2011,27(9):106-110.
- [13] 裴玉贺,郝卫艳,郭新梅,等.植物生长调节剂浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].湖北农业科学,2016,55(12):3009-3012,3041.
- [14] 彭亚静,汪新颖,张丽娟,等.根层调控对小麦-玉米种植体系氮素利用及土壤硝态氮残留的影响[J].中国农业科学,2015,48(11):2187-2198.
- [15] 陈东义,华振亮,卿树政,等.“炭吸附聚合氨基酸有机水溶肥”对玉米田减肥增产的作用[J].农学学报,2017,7(4):25-28.
- [16] 李东,赵晶晶,郑殿峰,等.植物生长调节剂对春玉米子粒建成及产量的影响[J].玉米科学,2016,24(6):47-54.
- [17] 黄林丹,陆庆文,梁元赋,等.不同植物生长调节剂对忻城珍珠糯玉米性状及产量的影响[J].耕作与栽培,2020,40(3):23-23,27.

- [18] 宋富根,尹红根,贺春荣,等. GGR-6号生根粉在水稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2010(14):163-167.
- [19] 刘希财,范文忠. 不同生长调节剂对水稻苗期生长的影响研究[J]. 吉林农业,2015(14):67-68.
- [20] 唐中杰,房卫平,孙玉堂. 不同植物生长调节剂在棉花上的应用效果研究[J]. 中国农学通报,2006(2):179-181.
- [21] 戴翠荣,赵晓雁,何玉梅,等. 新型植物生长调节剂全精控在棉花上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2021(19):130-131.
- [22] 李得孝,郭月霞,员海燕,等. 玉米叶绿素含量测定方法研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):153-155.
- [23] 袁吉,李艳玉,蔚荣海. 鲜食糯玉米自交系叶绿素含量及其与产量的关系[J]. 吉林农业,2011(12):64-65.
- [24] 王涛,刘兆华. 绿色植物生长调节剂(GGR)系列应用技术与机理研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,2002.
- [25] 王红,于海燕. 用科技助力农业高质量发展[J]. 农经,2020(Z1):96-100.
- [26] 姜迎春. 绿色植物生长调节剂(GGR)在农业上的推广应用[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2008(1):41,122.
- [27] 张彦波,张晓婕,董策,等. 绿色植物生长调节剂 GGR6 号和 GGR8 号对冬小麦生长发育及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(14):24-25,32.
- [28] 王香,高永,汪季,等. 植物生长调节剂 GGR-6 对苜蓿种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 北方园艺,2016(15):67-71.
- [29] 张桂阁,侯廷荣,吴明泉,等. 植物生长调节剂 GGR6 号在夏玉米生产上的应用效果研究[J]. 玉米科学,2004(S1):105-107.
- [30] 王瑞珍,程春明,吴问胜,等. GGR 系列与其它不同植物生长调节剂在南方冬小麦上的应用效果比较[J]. 江西农业学报,2007(4):25-27.
- [31] 孟祥盟,孙宁,边少锋,等. 植物生长调节剂对春玉米茎秆农艺性状及产量的影响[J]. 东北农业科学,2016,41(6):16-20.
- [32] 李学杰,侯廷荣,吴明泉,等. 双吉尔(GGR)6号新型微肥在夏玉米上的应用效果试验报告[J]. 杂粮作物,2005(5):332-333.
- [33] 王兰天. 含氨基酸水溶肥料在玉米和白菜上的应用效果研究[J]. 河南科学,2013,31(7):972-974.

## Effects of Green Plant Growth Regulator GGR on Growth and Yield of Maize

ZHANG Zi<sup>1</sup>, YU Haiyan<sup>1,2</sup>, LI Wei<sup>1</sup>, LIU Rong<sup>1</sup>, ZHANG Chenghua<sup>1</sup>, JIANG Changyu<sup>1</sup>

(1. Beijing Aibidi Biotechnology Limited Company, Beijing 102299, China; 2. ABT Research and Development Center, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** In order to verify the application effect of GGR trace element seed dressing agent-maize special and GGR amino acid-containing water-soluble fertilizer-maize special with green plant growth regulator GGR 6 as functional component in corn cultivation, Zhengdan 958 variety maize was used as the experimental material in this experiment. The combination of hydroponics and field experiments were used to study the effects of GGR trace element seed dressing agent-maize special and GGR amino acid water-soluble fertilizer-maize special on maize growth and yield. The results showed that compared with CK, the application of plant growth regulators during seed dressing before sowing and foliar topdressing of maize could effectively improve the germination rate, germination potential, germination index and vigor index of seeds, as well as the growth indexes such as plant height, stem diameter, root number, seedling index and photosynthetic pigment content of leaves at seedling stage, and finally improved the yield indexes such as ear length, grain number per ear and thousand grain weight of maize. During 2 g GGR trace element seed dressing agent-maize special seed dressing 1 kg, foliar spraying  $25\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  urea+ $7.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  potassium dihydrogen phosphate+ $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  GGR-maize special at large bell mouth period, foliar spraying  $25\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  urea+ $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  potassium dihydrogen phosphate+ $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  GGR-maize special at filling period, the germination index, seedling growth index and yield component index of maize were significantly higher than CK, and the yield of maize increased by 8.31%, which is the best fertilization ratio.

**Keywords:** maize; green plant growth regulator; GGR; growth and development; yield