

文章编号: 1005-0906(2007)06-0089-04

控释肥对夏玉米的应用效应研究

李宗新, 王庆成, 刘霞, 刘开昌, 张慧

(山东省农业科学院玉米研究所, 济南 250100)

摘要: 试验研究了控释肥和普通化肥对夏玉米产量、子粒品质、土壤性状以及肥料利用效率的影响。结果表明, 施用控释肥有助于夏玉米干物质积累, 提高夏玉米的穗粒数、容重和千粒重, 比对照增产 22.2%, 比普通化肥增产 4.3%; 与施用普通化肥相比, 施用等养分量控释肥更有助于提高子粒粗蛋白、可溶性糖的含量, 显著提高肥料中的氮素表现利用效率、生理效率和生产效率。

关键词: 夏玉米; 控释肥; 应用效应

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Studies of Applying Effect of Controlled-release Fertilizer on Summer Maize

LI Zong-xin, WANG Qing-cheng, LIU Xia, LIU Kai-chang, ZHANG Hui

(Maize Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: The experiment studied the effect on yield, grain quality of summer maize and topsoil properties about applying controlled-release fertilizer(CRF) and common fertilizer to summer maize. The results showed that applying CRF redounded to accumulate dry matter of summer maize, to increase grain kernels, volume weight, 1 000-kernels weight, and to increase yield by 22.2% than CK, 4.3% excelled to common fertilizer. Comparing with applying common fertilizer, applying CRF more improved soluble sugar content and crude protein content of grain. At one time, comparing with applying common fertilizer, applying CRF more improved apparent N-used efficiency, physiological efficiency, agronomy efficiency

Key words: Summer maize; Controlled-release fertilizer; Applying effect

控释肥料能明显提高肥料利用效率, 减少施肥次数, 减轻环境污染, 已成为国内外新型肥料研究的主要内容之一。近年来, 控释肥料已经大量研究应用于经济价值高的花卉、蔬菜、草皮等生产中, 但在大田农作物上的研究应用还较少。我国控释肥料研究目前仍然处于实验室和研究施用阶段, 缺乏大田试验应用研究的支持。本试验通过研究控释肥和普通

化肥影响玉米产量、品质指标以及土壤性状等方面的差异, 探讨控释肥对玉米高产群体的效应机理和肥效机理, 为玉米高产栽培和玉米专用控释肥研究与施用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地基本概况

试验于 2005 年 6 ~ 10 月在山东省农业科学院玉米研究所六一农场试验田进行。试验地 0 ~ 30 cm 土层为壤土, 有机质含量为 1.09%, 全氮含量 0.107%, 速效氮 48.38 mg/kg, 速效磷 30.91 mg/kg, 速效钾 87.32 mg/kg, 土壤 pH 7.4。

1.2 供试材料

供试夏玉米品种为山东省农业科学院玉米研究所新培育的鲁单 9006。控释肥的氮磷钾比例为 18:6:18; 氮肥是尿素(含氮 46%), 磷肥为过磷酸钙(含磷 12%), 钾肥为硫酸钾(含钾 50%)。

收稿日期: 2006-12-18; 修回日期: 2007-07-02

基金项目: “国家粮食丰产科技工程——山东省小麦玉米两熟丰产高效技术与示范”(2004BA520A08); 山东省农科院青年科研基金(2006YQN007)

作者简介: 李宗新(1979-), 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米高产栽培理论与技术研究。Tel: 0531-83179402

E-mail: lizx@saas.ac.cn

王庆成为本文通讯作者。Tel: 0531-83179402

E-mail: lizx@saas.ac.cn

1.3 试验设计

试验采用大田试验，共 5 个处理,3 次重复,完全随机区组排列,田间种植密度为 60 000 株 /hm²,行距 66.7 cm，每个小区 8 行，小区面积 26.7 m²,6 月 19 日播种。具体试验设计见表 1,其中,处理Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ的氮、磷、钾含量相同,处理Ⅳ为减量控释肥处理。

表 1 各处理的肥料用量和施用方式
Table 1 The fertilizer supply amount and mode for different treatments

肥料处理 Fertilizer treatments	肥料施用量(kg/hm ²) Applied fertilizer quantity	施用方式 Applied fertilizer mode
I (CK)	空白,不施肥	
Ⅱ	尿素 293.4+ 过磷酸钙 375+ 硫酸钾 270	均作种肥,一次施入
Ⅲ	尿素 293.4+ 过磷酸钙 375+ 硫酸钾 270	1/3 量尿素作种肥,2/3 量尿素在大喇叭口期追施;磷、钾肥均作种肥
Ⅳ	2/3 量控释肥 510	均作种肥,一次施入
Ⅴ	控释肥 750	均作种肥,一次施入

1.4 测定项目及分析方法

在拔节期、大喇叭口期、开花期、乳熟期和成熟期每个处理取 3~5 株测叶面积,烘干测干重,成熟期植株样品保留供室内成分测定。开花期调查测定植株性状,收获后按常规方法测产、考种,并取试验地 0~30 cm 土层土壤样品,风干,供室内成分测定。

浓硫酸消煮样品后,用 GB2905-82 半微量凯氏定氮系统测定植株、土壤全氮含量。索氏抽提法测定子粒粗脂肪含量;子粒样品经索氏抽提法去除脂肪后,采用改良双波长法测定淀粉含量及组成;茚三酮染色法测定游离氨基酸含量;蛋白质含量及组分的分离与测定参照《粮油子粒品质及其分析技术》。

用环刀法测定土壤容重、田间持水量、总孔隙度,采用土壤通气性测定仪测定土壤饱和毛管水;酸度计法测定土壤 pH 值;重铬酸钾容量法测定(外加热法)土壤有机质;碱解扩散法测定土壤碱解氮;火焰光度计法测定土壤速效钾;钼锑抗比色法测定土

壤速效磷;土壤蛋白酶活性测定用茚三酮比色法。

1.5 氮素利用效率计算方法

氮素表观利用效率(Apparent N-used efficiency, ANUE, %)=(施氮处理植株吸氮量 - 对照植株吸氮量)/ 施氮量 × 100%

氮素生理效率 (N physiological efficiency, NPE)=(施氮处理产量 - 对照产量)/(施氮处理植株吸氮量 - 对照植株吸氮量)

氮素农学效率(N agronomy efficiency, NAE)=(施氮处理产量 - 对照产量)/ 施氮量

1.6 统计分析

数据统计分析应用 DPS 和 Origin pro 软件。

2 结果与分析

2.1 施控释肥对夏玉米生长发育及产量形成的影响

2.1.1 施控释肥对夏玉米产量及产量构成因素的影响

表 2 不同肥料处理对夏玉米产量和产量构成因素的影响
Table 2 Effect of summer maize in different fertilizer application on yield trait and yield

处 理 Treatments	穗长(cm) Ear length	穗粗(cm) Ear diameter	秃尖长(cm) Rare top length	出籽率(%) Grain output ratio	穗粒数(粒) Kernels per ear	容重(g/L) Volume weight	千粒重(g) 1000-kernel weight	产量(kg/hm ²) Yield
I (CK)	18.65 a A	5.19 ab A	2.39 a A	86.6 a A	544.04 c C	704.11 c C	312.1 d D	8010 e E
Ⅱ	18.33 a A	5.23 a A	1.03 b B	86.2 a A	569.80 b B	727.68 b B	339.2 c C	9386 d D
Ⅲ	18.61 a A	5.19 ab A	0.67 c C	86.4 a A	580.20 ab AB	735.31 b AB	353.3 b B	9492 c C
Ⅳ	18.56 a A	5.22 a A	0.71 c C	86.8 a A	584.24 a AB	736.51 b AB	351.5 b B	9416 b B
Ⅴ	18.67 a A	5.17 b A	0.34 d D	86.5 a A	590.41 a A	746.80 a A	367.6 a A	9788 a A

注:小写字母表示 5%差异水平;大写字母表示 1%差异水平。下表同。
Note: The small letters indicated difference at 5% level; The capital letter indicated difference at 1% level. The same as below.

由表 2 可以看出,与处理 I 相比,各施肥处理均增产极显著,产量增幅在 17.2%~22.2%之间,各处理产量高低依次为Ⅴ>Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>Ⅰ。方差分析

显示,施肥对穗粒数、容重和千粒重均有显著影响,各处理间表现出与产量差异相同的趋势;全量控释肥处理Ⅴ的穗粒数、容重和千粒重均最高,比普通化

肥处理Ⅱ分别高3.6%、2.6%和8.4%;处理Ⅲ与处理Ⅳ的穗粒数、容重和千粒重差异不显著,但都显著高于处理Ⅱ。本试验条件下,施肥对穗长、穗粗、出籽率等穗部性状影响不大,各施肥处理与对照差异不显著,但各施肥处理的穗部秃尖长均显著小于处理Ⅰ,其中处理Ⅴ效果最好,处理Ⅲ与处理Ⅳ的穗部秃尖长显著小于处理Ⅱ。

2.1.2 施控释肥对夏玉米干物质积累的影响

由表3可见,各处理夏玉米单株的干物质积累

符合 Logistic 方程的生长模型,与处理Ⅰ相比,各施肥处理夏玉米单株的最大干物重增加,处理Ⅴ的最大干物重最高;处理Ⅴ、Ⅳ的最大干物重显著高于处理Ⅱ,分别高15.69%和4.58%;分次施肥处理Ⅲ高出一次施肥处理Ⅱ4.65%。与施用普通化肥处理Ⅱ、Ⅲ相比较,施用控释肥处理Ⅴ、Ⅳ玉米单株干物质积累的最大速率出现的日期均向后推迟,说明控释肥的肥效期较长,可延缓玉米植株后期的衰老。

表3 各处理对夏玉米干物质积累生长模型及相关系数

Table 3 Growth model of summer maize dry weight accumulation in different treatments and its correlation coefficients

处理	Treatments	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>K(g)</i>	<i>T</i> max(d)	相关系数 <i>r</i>
Ⅰ (CK)		87.195	-0.076 1	225.87	64.54	0.964 5 d D
Ⅱ		87.264	-0.072 5	245.03	59.12	0.971 6 c C
Ⅲ		81.156	-0.074 3	256.43	58.79	0.978 1 b B
Ⅳ		83.697	-0.073 5	256.25	61.29	0.976 7 b B
Ⅴ		87.596	-0.076 4	283.47	61.54	0.982 9 a A

注:单株干物质增长动态的拟合方程: $Y=K/(1+ae^b)$, $Df=5$, $r_{0.05}=0.715\ 2$, $r_{0.01}=0.798\ 3$ 。
Note: Simulated formulas on rate of accumulating dynamics of dry matter per plant. $Y=K/(1+ae^b)$, $Df=5$, $r_{0.05}=0.715\ 2$, $r_{0.01}=0.798\ 3$.

2.2 施控释肥对夏玉米子粒品质的影响

由表4可以看出,方差分析显示,不同处理间子粒淀粉、粗脂肪、氨基酸含量的差异没有达到显著水平;不同处理间子粒可溶性糖、粗蛋白含量有不同程度的差异。控释肥和普通化肥均提高了子粒可溶性

糖的含量,大小为Ⅳ>Ⅴ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ,说明控释肥的作用比普通化肥明显。控释肥和普通化肥均提高了子粒粗蛋白的含量,施肥处理间略有差异,处理Ⅴ提高幅度最大为7.20%。说明施用控释肥可部分地改善和提高玉米子粒的品质。

表4 不同肥料处理对夏玉米子粒品质的影响

Table 4 Effect of summer maize in different fertilizer application on grain qualit

处 理	淀粉(%)	粗脂肪(%)	可溶性糖(%)	氨基酸(%)	粗蛋白(%)
Treatments	Starch	Crude fat	Soluble sugar	Amino acid	Crude protein
Ⅰ (CK)	69.28 ab A	2.12 a A	4.97 b B	9.61 a A	9.44 c C
Ⅱ	68.84 b A	2.03 a A	5.02 b B	9.75 a A	10.04 b AB
Ⅲ	69.71 ab A	2.27 a A	5.43 a A	9.69 a A	10.07 ab AB
Ⅳ	69.77 ab A	2.31 a A	5.57 a A	9.65 a A	10.01 b B
Ⅴ	70.24 a A	2.18 a A	5.44 a A	9.73 a A	10.12 a A

2.3 施控释肥对耕层土壤性状的影响

由表5可以看出,与对照相比,施肥处理的耕层土壤容重、饱和毛管水含量均增加。方差分析显示各处理间的差异不显著。施肥处理的耕层土壤pH均小于对照,且处理间的差异显著,表现为Ⅳ<Ⅴ<Ⅲ<Ⅱ<Ⅰ。各施肥处理的耕层土壤蛋白酶活性均显著提高,施氮量较高的处理Ⅲ、Ⅴ分别提高172%和167%,显著高于处理Ⅱ、Ⅳ。与对照相比,各施肥处理耕层土壤的速效氮、速效磷、速效钾含量均显著增加;控释肥处理Ⅴ耕层土壤的速效氮、速效钾含量均

显著高于普通化肥处理Ⅲ、Ⅱ;速效磷含量显著高于处理Ⅱ,与处理Ⅲ差异不显著;各处理耕层土壤的有机质含量差异不显著。

2.4 不同施肥处理的肥料利用效率分析

由表6可以看出,施肥处理均可促进玉米植株对氮素的吸收利用,显著增加了植株体内的氮素积累量。方差分析表明,各施肥处理间氮素表观利用率差异显著,其中控释肥处理Ⅳ、Ⅴ的氮素表观利用率显著高于普通化肥处理Ⅱ,处理Ⅳ的氮素表观利用率最高;减量控释肥处理Ⅳ的氮素表观利用率要显

著高于全量控释肥处理Ⅴ，分次施肥处理Ⅲ的氮素表观利用率显著高于一次施肥处理Ⅱ。各施肥处理生理效率均低于对照，处理Ⅳ的氮素生理效率相对较高。各施肥处理的氮素生产效率表现出与氮素表观利用率相同的趋势,处理Ⅳ效果最好。

表 5 不同肥料处理对耕层土壤性状的影响
Table 5 Effect of maize in different fertilizer application on topsoil properties

处 理 Treatments	容重(g/cm³) V-Weight	饱和毛管水(g/kg) S.C-Water	pH 值	蛋白酶(mg/g) Protease	有机质(mg/kg) O.M	速效氮(mg/kg) Available-N	速效磷(mg/kg) Soluble-P	速效钾(mg/kg) Available-K
I (CK)	1.08 a A	45.17 a A	7.43 a A	0.067 d D	1.09 a A	48.38 e D	30.91 d D	87.32 d D
Ⅱ	1.13 a A	45.19 a A	7.03 b B	0.129 b B	1.12 a A	57.62 c C	32.52 bc BC	93.21 b B
Ⅲ	1.12 a A	45.39 a A	6.69 c C	0.182 a A	1.08 a A	61.47 b B	33.93 a A	92.15 c C
Ⅳ	1.09 a A	45.84 a A	6.46 e C	0.114 c C	1.11 a A	56.98 d C	31.98 c CD	93.02 b BC
V	1.11 a A	45.62 a A	6.62 d D	0.179 a A	1.09 a A	64.73 a A	33.39 a AB	94.76 a A

表 6 不同肥料处理对夏玉米植株氮素利用率的影响
Table 6 Effect of summer maize in different fertilizer application on plant nitrogen-used efficiency

处 理 Treatments	施氮量(kg/hm²) Applied N quantity	吸氮量(kg/hm²) Absorbed N quantity	表观利用率(%) ANUE	生理效率(kg/kg) NPE	农学效率(kg/kg) NAE
I (CK)	0	163.3			
Ⅱ	135	243.3	59.26 c C	17.20 c C	10.19 d D
Ⅲ	135	253.1	66.52 b B	16.50 c dC	10.98 c C
Ⅳ	92	228.8	71.20 a A	21.47 a AB	15.28 a A
V	135	252.0	65.71 b B	20.05 b B	13.17 b B

3 结 论

(1)试验研究发现,与施用普通化肥相比,施用等养分量的控释肥有助于夏玉米干物质积累和延缓植株后期的衰老,明显改善产量构成因素,可分别提高穗粒数、容重和千粒重达 3.6%、2.6%和 8.4%,比对照增产 22.2%,比施普通化肥增产 4.3%。可显著减小玉米穗部秃尖长,但对穗长、穗粗、出籽率等穗部性状的影响不明显。2/3 量的控释肥仅比普通化肥增产 4.3%。

(2)与施用普通化肥相比,施用等养分量的控释肥可部分地改善和提高玉米子粒的品质,控释肥更有助于提高子粒粗蛋白、可溶性糖的含量,对子粒淀粉、粗脂肪、氨基酸含量影响不明显;2/3 量的控释肥与普通化肥施用相比效果不明显。

(3)施肥略增加了耕层土壤容重,少量提高了耕层土壤饱和毛管水含量。与施用普通化肥相比,施用控释肥处理的耕层土壤 pH 显著降低,蛋白酶活性显著提高,对土壤速效氮、速效磷、速效钾和有机质含量的影响不大。

(4)与施用普通化肥相比,施用等养分量的控释肥可提高氮素表观利用率 11.94%,2/3 量的控释肥提高 6.45%。评价一种肥料在特定条件下的利用率,

不仅要重视其有较高的氮素表观利用率,同时还应有较高的生理效率或生产效率。本试验条件下施肥处理的生理效率均低于对照,但施用控释肥的氮素生理效率显著高于施普通化肥处理,前者的氮素生产效率也极显著高于后者。

参考文献:

[1] 谢天铤. 国际肥料动态[J]. 世界农业,1996(11):41-42 .
[2] 朱兆良,李庆逵,于天仁. 我国使用氮肥的现状、存在问题和对策 [A]. 中国农业持续发展中的肥料问题[C]. 南昌:江西科学技术出版社,1997 .
[3] 谢建昌. 世界肥料使用的现状与前景[J]. 植物营养与施肥学报, 1998,4(4):321-330 .
[4] 郭庆法,王庆成,汪黎明,等. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004 .
[5] 何 平,金继运,林 葆. 玉米高产施肥营养生理研究进展[J]. 玉米科学,1998,6(2):72-76 .
[6] Elizabeth A G. Preplant slow-re lease nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer[J]. Agronomy Journal, 2000, 92:388-393.
[7] 彭少兵,黄见良,钟旭华,等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学,2002,35(9):1095-1103 .
[8] Li J Y, Hao Q X, Tan J F, et al. Mineral coated fertilizer effect on nitrogen-use efficiency and yield of wheat[J]. Pedosphere, 2005, 15: 526-531.

(上接第 92 页)

- [9] 张 民. 控释和缓释肥的研究现状与进展[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000.
- [10] 许秀成, 王好斌, 李荫萍. 包裹型缓释 / 控制释放肥料专题报告[J]. 磷肥与复肥, 2000, 15(6): 7-11.
- [11] 宋付朋, 张 民, 胡莹莹, 等. 控释花卉肥在盆栽万寿菊上的肥效研究[J]. 山东农业大学学报, 2002, 33(2): 134-139.
- [12] 朱本岳, 俞巧钢, 郑永平, 等. 控释肥在苗木生产中的应用[J]. 浙江农业学报, 2000, 26(3): 274-276.
- [13] 俞巧钢, 朱本岳, 叶雪珠. 控释肥在柑桔上的应用研究[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(4): 210-213.
- [14] 扬纯奇, 韩烈保, 等. 生物肥料在我国草坪业的利用现状及应用前景[J]. 草原与草坪, 2001(4): 17-19.

[15] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1996.

[16] 毛小云, 冯 新, 王德汉, 等. 固-液反应包膜尿素膜的微结构与红外线谱特征及氮素释放特性研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(5): 704-710.

[17] Sato T, Shibuya K, Saigusa M, Abe T. Single badal application of total nitrogen fertilizer with controlled-release coated urea on non-tilled rice culture[J]. Jap. J.Crop Sci., 1994, 10: 43-49.

[18] 刘杏兰, 高 宗, 刘存寿, 等. 有机无机配施的增产效应及对土壤肥力的定位研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(2): 138-147.

[19] 郑圣先, 聂 军, 熊金英, 等. 控释肥料提高氮素利用率的作用及对水稻效应的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 11-16.

(责任编辑: 张 英)