

4种专用缓释肥对临夏高海拔灌区玉米产量的影响及肥料利用效率

王平生, 杨霞, 黄青岩, 祁维红, 张芳, 白海鸿, 康夏明, 杨彧红, 韩宏
(临夏回族自治州农业科学院, 甘肃 临夏 731100)

摘要: 为筛选出适宜临夏高海拔灌区玉米全膜双垄沟播栽培的最佳专用缓释肥, 以玉米品种金凯 8 号为指示品种, 通过大田试验研究了 4 种专用缓释肥对玉米产量、产量构成因素、肥料利用效率和施肥效益的影响。结果表明: 施用专用缓释肥 B(N 26.50%+P₂O₅ 8.80%+K₂O 4.10%+有机质 15.00%)900 kg/hm² 处理的玉米折合产量最高, 达 14 847.0 kg/hm², 较不施肥(CK)增产 22.0%; 肥料农学利用效率为 7.55 kg/kg, 表观肥料养分利用率为 42.03%, 肥料偏生产力为 41.87 kg/kg, 肥料贡献率 18.02%, 施肥利润高达 2 476.8 元/hm²; 生物鲜重和生物干重分别较不施肥(CK)提高了 23.1%和 31.0%, 穗粒数较不施肥(CK)增加了 38.3 粒, 千粒重较不施肥(CK)增加了 68.6 g。专用缓释肥 B 在临夏高海拔灌区可实现玉米高产、高效和轻简化施肥, 并具有良好的社会效益、经济效益和生态效益, 可在临夏高海拔灌区推广应用。

关键词: 专用缓释肥; 玉米; 产量; 肥料利用效率; 高海拔灌区; 临夏

中图分类号: S156 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)02-0003-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.02.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.02.002)

玉米是我国重要的粮食作物之一, 年产量居世界第 2 位^[1]。北方春玉米是我国最大

收稿日期: 2018-08-14; 修订日期: 2018-11-25

基金项目: 甘肃省临夏州科技局(2015-N-5-013)资助。

作者简介: 王平生(1963—), 男, 甘肃和政人, 副研究员, 主要从事植株营养与施肥研究工作。联系电话: (0)18919303652。Email: lxwps8861@sina.com。

通信作者: 杨霞(1977—), 女, 甘肃东乡人, 高级农艺师, 主要是从事作物高产高效栽培技术研究工作。Email: lxwps8861@sina.com。

的春麦区种植。

5 栽培技术要点

3 月 10—20 日播种均可, 适宜播量为 337.5 ~ 375.0 kg/hm²。一般施 N 180.0 ~ 225.0 kg/hm²、P₂O₅ 105.0 ~ 135.0 kg/hm²、K₂O 105.0 ~ 135.0 kg/hm²、硫酸锌 15.0 ~ 22.5 kg/hm²。80%的氮肥和全部磷钾肥作底肥, 20%的氮肥结合第 2 次灌水追施。全生育期仅灌水 2 次, 头水在拔节期前进行, 抽穗期至灌浆期灌第 2 次水, 每次灌水量 1 350 m³/hm²。常见病害为腥黑穗病和白粉病, 在病害初发时用 25%三唑酮乳油 900 g/hm²兑水 1 125 ~ 1 500 kg 田间喷雾防治, 每隔 7 d 喷 1 次, 连喷 2 ~ 3 次。

参考文献:

- [1] 张清海, 刘万代. 优质小麦品种及关键栽培技术[M]. 北京: 中国三峡出版社, 2006: 9-33.
- [2] 张俊儒, 张磊, 刘忠元, 等. 布劳格小麦育种模式反思与节水专用型品种选育探讨[J]. 甘肃农业科技, 2017(10): 63-66.
- [3] 张立英. 对绿色革命的反思[J]. 粮食科技与经济, 2009, 34(5): 9-12.
- [4] 张俊儒, 张磊, 樊军会, 等. 节水专用型春小麦新品种陇春 34 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2015(12): 8-10.
- [5] 杨文雄, 杨长刚, 王世红, 等. 甘肃省小麦生产技术发展现状及建议[J]. 中国种业, 2017(10): 14-18.

(本文责编: 陈珩)

的玉米产区, 对全国粮食生产具有举足轻重的作用。缓释肥料是通过减缓或控制肥料养分在土壤中的转化过程和释放速率, 达到养分的释放与作物需求同步, 实现高产高效的目的, 被称为高效兼环境友好的肥料类型^[2]。玉米是需肥量较大的作物, 生产中施肥不合理现象较为普遍, 肥料利用率不高, 玉米缓释专用肥的研发与应用是肥料发展的趋势之一^[3], 也是目前农业科研关注的焦点。近年来, 随着我国社会经济的发展, 农村劳动力大量转移, 种植业效益相对下降, 传统配方施肥技术相对繁琐, 导致技术的落实率有逐年下降的趋势, 农作物产量增幅不大, 为了提高作物产量, 采用现代化技术措施, 对田间作业工序删繁就简或合并的轻简化处理, 以达到省工、省力、高效、增产和培养地力的方式已成为一种必然趋势^[4-5]。我国肥料利用率不高, 化肥当季利用率氮肥为 28% ~ 41%, 磷肥为 10% ~ 25%, 钾肥为 50% 左右, 常规速效化肥多半由于淋失、挥发等途径而损失掉, 造成经济损失和环境恶化^[1,6]。

我们在甘肃临夏高海拔灌区春玉米种植区对引进的 4 种专用缓释肥料在春玉米地进行了田间比较试验, 旨在为临夏乃至北方高海拔灌区春玉米一次性轻简化高效施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年在甘肃省临夏州农业科学院现代试验农场(临夏县北塬乡)实施。地理位置 35° 601' N, 103° 198' E。当地海拔 2 035 m, 年均降水量 450 mm, 年平均气温 7 °C, 全年无霜期 155 d。试验地地势平坦, 自流灌溉, 土壤为塬地黄麻土, 质地中壤。试验地耕层土壤含有机质 18.1 g/kg、全氮 1.15 g/kg、全磷 0.98 g/kg、全钾 2.26 g/kg,

速效氮 10.79 mg/kg、速效磷 17.5 mg/kg、速效钾 155.0 mg/kg, pH 为 8.49。

1.2 供试材料

供试专用缓释肥分别为专用缓释肥 A (N 26.49%+P₂O₅ 8.77%+K₂O 4.10%+ 海藻酸钠 0.08%+ 保水剂 1.50%+ 有机质 15.00%)、专用缓释肥 B(N 26.50%+P₂O₅ 8.80%+K₂O 4.10%+ 有机质 15.00%)、专用缓释肥 C(N 17.04% +P₂O₅ 9.80% +K₂O 4.00% + 有机质 15.00%), 均由甘肃田野有机生态肥料科技开发有限公司研制提供。专用缓释肥 D(N 16.00%+P₂O₅ 18.00%+K₂O 6.00%), 由北京澳佳生态农业股份有限公司生产。指示玉米品种为金凯 8 号, 由甘肃金源种业股份有限公司选育并提供。

1.3 试验方法

试验共设 5 个处理, 分别为处理 A, 施专用缓释肥 A 900 kg/hm²; 处理 B, 施专用缓释肥 B 900 kg/hm²; 处理 C, 施专用缓释肥 C 900 kg/hm²; 处理 D, 施专用缓释肥 D 900 kg/hm²; 处理 E, 不施肥(CK)。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积为 33.0 m², 共 15 个小区。各缓释肥料均全部用作基肥一次性施入。试验采用全膜双垄沟播种, 每垄覆膜的幅宽 110 cm, 其中大垄幅宽 70 cm, 垄高 10 cm; 小垄幅宽 40 cm, 垄高 15 cm。于 4 月中旬覆膜后按株距 27.5 cm 播种, 保苗密度为 66 000 株 /hm², 10 月中旬收获, 其余栽培管理同当地大田生产。

1.4 测定项目与方法

春季玉米播前取土样, 测定土壤的基础肥力。玉米苗期在试验小区中间 2 行, 连续选择固定有代表性的 10 株为测试样株。成熟期采集测试样株, 测定株高、茎粗、穗长、穗粗、穗粒数、千粒重等指标, 称取地上部分生物鲜重。土壤基础肥力用常规分析方法测定^[7-9]。

玉米生长指标测定：株高，自地表至雄穗顶端的高度，以 cm 表示；茎粗，测量地上第 3 节间中部茎的直径，以 cm 表示；穗长，由穗基部至穗顶(包括秃尖)的平均长度，以 cm 表示；穗粗，果穗中部直径，以 cm 表示；千粒重，1 000 粒种子的质量，以 g 表示。各指标均重复测定 3 次。

植株全氮、磷、钾测定：玉米成熟期在每小区的 10 株样株中选取代表性植株 3 株，按不同器官(茎鞘、叶片、籽粒和穗轴)分开，于 105 ℃ 杀青 30 min，80 ℃ 烘干至恒重后测定生物干重，磨碎样品用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮分别测定植株全氮、全磷、全钾含量，其中全氮用开氏定氮蒸馏法测定，磷用钒钼黄比色法测定，钾用火焰光度法测定^[10]。

1.5 参数计算与数据表述及统计分析

采用以下公式计算相关参数^[11-14]：

肥料农学利用率=(施肥区籽粒产量 - 不施肥区籽粒产量)/肥料施用量

表观肥料养分利用率= [(施肥处理地上部分养分吸收量 - 不施肥区地上部分养分吸收量)/施肥量] × 100%

肥料偏生产力=施肥区籽粒产量/肥料施用量

肥料贡献率= [(施肥区产量 - 不施肥区产量)/施肥区产量] × 100%

施肥利润=(玉米产量 × 玉米价格) - (施肥量 × 肥料价格)

采用 Excel 2007 软件计算和处理试验数

据，用 SPSS17.0 软件统计分析，采用 LSD 法检验处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 主要经济性状

从表 1 可知，缓释肥各处理与 CK 相比，株高增加 5.0 ~ 7.0 cm，穗位高度增加 9.1 ~ 11.8 cm，茎粗增粗 1.1 ~ 2.1 cm，果穗长度增长 2.0 ~ 3.2 cm，秃顶长缩短 0.5 ~ 0.7 cm，说明施专用缓释肥各处理的经济性状明显优于对照。玉米穗行数增加 -0.2 ~ 0.2 行，行粒数增加 1.2 ~ 4.8 粒，单穗粒数增加 14.4 ~ 80.7 粒，千粒重增加 13.7 ~ 68.6 g，说明施专用缓释肥能改善作物营养环境，优化了经济性状，通过增加行粒数和千粒重而提高玉米产量。从表 1 还可看出，施专用缓释肥各处理之间的株高、穗位高度、茎粗和果穗长度等相差不大；玉米的经济性状以处理 B 表现最好，穗行数与对照相同，均为 16.5 行；行粒数为 36.7 粒，较对照增加 2.4 粒；单穗粒数为 604.3 粒，较对照增加 38.3 粒；千粒重为 381.4 g，较对照增加 68.6 g；处理 C 和处理 D 次之；缓释肥 A 最差，虽其穗行数、单穗粒数最高，但千粒重最低，仅为 326.5 g。

2.2 产量

从图 1 看出，施不同专用缓释肥料处理的玉米折合产量，与不施肥处理(CK)相比，籽粒增产 1 767.5 ~ 2 676.5 kg/hm²，增幅为 14.5% ~ 22.0%，与对照产量差异均达显著水平，说明施缓释肥对玉米经济产量有显著

表 1 不同处理玉米的主要经济性状

处理	株高 /cm	穗位高度 /cm	茎粗 /mm	果穗长度 /cm	秃顶长 /cm	穗行数 /行	行粒数 /粒	单穗粒数 /粒	千粒重 /g
A	310.0	133.2	28.6	19.7	1.1	16.7	38.8	646.7	326.5
B	311.2	135.0	27.6	18.6	1.0	16.5	36.7	604.3	381.4
C	311.5	132.3	28.4	19.8	0.9	16.5	39.1	644.4	355.1
D	309.5	132.3	27.9	19.0	1.1	16.3	35.5	580.4	355.1
E(CK)	304.5	123.2	26.5	16.6	1.6	16.5	34.3	566.0	312.8

增产作用。专用缓释肥不同处理的折合产量由高到低依次为处理 B、处理 C、处理 A、处理 D，其中以处理 B 折合产量最高，为 14 847.0 kg kg/hm²，较处理 C、处理 A 和处理 D，分别增产 3.89%、4.33%和 6.52%。

2.3 不同处理对玉米生物鲜重和生物干重的影响

由图 1 可知，专用缓释肥各处理的生物鲜重较对照增加 9 309.5 ~ 10 916.0 kg/hm²，增幅为 20.6% ~ 24.3%，与对照的差异均达显著水平；生物干重较对照增加 3 939.0 ~ 6 154.5 kg/hm²，增幅为 19.9% ~ 31.0%，与对照的差异均达显著水平。由此说明施专用缓释肥有利于作物鲜重和干物质累积。专用缓释肥各处理的玉米生物鲜重以处理 D 最高，为 56 114.5 kg/hm²，较处理 C、处理 B 和处理 A 分别增加 0.38%、0.88%和 2.95%；而生物干重以处理 B 最高，为 25 978.5 kg/hm²，较处理 C、处理 A 和处理 D 分别增加 5.67%、8.60%和 9.32%。说明缓释肥 D 有利于玉米生物鲜重的增加，而缓释肥 B 更有利于玉米干物质的累积。

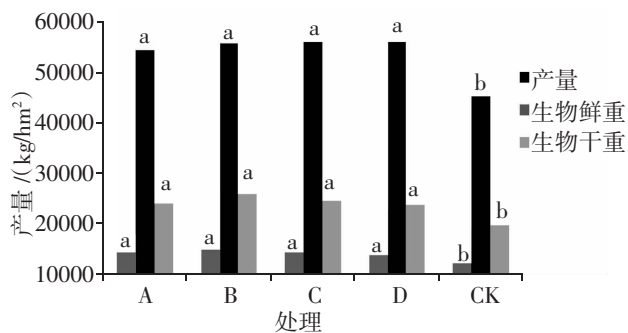


图 1 不同处理玉米的产量

2.4 肥料利用效率及施肥效益

肥料农学利用率反应出专用肥料投入每 1 kg 养分所增加的经济产量，表观肥料养分利用率反应出缓释肥养分投入量被当季作物吸收的百分比，肥料偏生产力反映缓释肥投入每 1 kg 养分所生产的经济产量，上述指标从不同角度解释肥料养分的利用效率^[15]。

试验结果 (表 2) 表明，处理 C 和处理 B 的这 3 项指标相对较高，肥料农学利用率分别为 7.64、7.55 kg/kg，表观肥料养分利用率分别为 42.56%、42.03%，肥料偏生产力分别为 51.49、41.87 kg/kg；处理 D 的这 3 项指标最低，较处理 C 和处理 B 的肥料农学利用率分别降低 2.73、2.64 kg/kg，表观肥料养分利用率分别降低 15.22 个百分点和 14.69 个百分点，肥料偏生产力分别降低 12.77 kg/kg 和 3.15 kg/kg；处理 A 介于处理 B 与处理 C 之间。肥料贡献率反映不同缓释肥料养分所增加的产量占总产量的比例，施专用缓释肥各处理以处理 B 最高，为 18.02%，较处理 C、处理 A 和处理 D，分别提高了 3.18、3.55、5.34 百分点，说明处理 B 对玉米的增产作用相对明显。施肥利润也以处理 B 最高，为 2 476.8 元 /hm²，较处理 C、处理 A、处理 D 分别提高了 729.0、1 289.7、1 456.2 元/hm²，处理 D 最低，仅为 1 020.6 元 /hm²。由此可见，不同玉米专用缓释肥在同量施肥条件下，经过对肥料利用率和施肥效益综合评估，缓释肥 B 是适宜临夏高海拔灌区春玉米轻简化栽培技术的新型肥料。

表 2 不同处理肥料利用效率及施肥效益

处理	肥料农学利用率 / (kg/kg)	表观肥料养分利用率 / %	肥料偏生产力 / (kg/kg)	肥料贡献率 / %	施肥利润 / (元/hm ²)
A	5.81	32.38	40.17	14.47	1 187.1
B	7.55	42.03	41.87	18.02	2 476.8
C	7.64	42.56	51.49	14.84	1 747.8
D	4.91	27.34	38.72	12.68	1 020.6

3 小结与讨论

专用缓释肥 B (N 26.50%+P₂O₅ 8.80%+K₂O 4.10%+ 有机质 15.00%) 适宜应用于临夏高海拔灌区的玉米全膜双垄沟播生产，其既满足了春玉米养分需求，免去传统多样施肥和多次追肥的不便，缓解农村劳动力短缺给农业生产带来的巨大压力，减轻了劳动强度，

实现轻简化栽培;同时可提高玉米产量、肥料利用效率和施肥效应,实现玉米高产、高效和简化施肥,具有良好的社会效益、经济效益和生态效益。

缓释肥可根据作物对养分需要控制其养分释放模式、使养分释放与作物养分吸收同步,能促进玉米营养生长和生殖生长,抗倒伏能力强,提高肥料利用率和施肥效益,达到高产高效保护环境的目的,且不用追肥,减少工时,可满足当前农村劳动力转移、简化生产的需求,也是今后玉米生产的发展趋势^[16-18]。王宜伦等^[14]、张博等^[19]研究夏玉米,王芳^[20]研究春玉米,施用缓释肥的报道与本试验结果基本吻合,供试的4种专用缓释肥处理较不施肥(CK)增产14.5%~22.0%,穗粒数增加14.4~80.7粒,千粒重增加13.7~68.6g,表观肥料养分利用率提高27.34%~42.56%,施肥利润增加1020.6~2476.8元/hm²。

参考文献:

- [1] 张培苹. 施用缓释肥料对夏玉米产量的影响试验[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(16): 30-31, 56.
- [2] 许仙菊, 马洪波, 宁运旺, 等. 缓释氮肥运筹对稻麦轮作周年作物产量和氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 307-316.
- [3] 苏琳, 董志新, 邵国庆, 等. 控释尿素施用方式及用量对夏玉米氮肥效率和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(4): 915-920.
- [4] 安江勇, 葛皓, 肖厚军, 等. 施用缓释肥对玉米产量及其性状和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 2148-2153.
- [5] 杨维林. 临泉县夏玉米轻简化栽培技术[J]. 现代农业科技, 2012(10): 81; 92.
- [6] 陈润, 张文辉. 包膜型缓控肥料的研究综述[J]. 化学工程与设备, 2010(10): 126-128.
- [7] 黄永兰, 罗奇祥, 刘秀梅, 等. 包膜型缓/控释肥技术的研究与进展[J]. 江西农业学报, 2008, 20(3): 55-59.
- [8] 王崇力, 韩桂琪, 徐卫红, 等. 专用缓释肥的土壤氮挥发特性及其对辣椒氮磷钾吸收利用的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(2): 143-150.
- [9] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版, 2000.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 263-265.
- [11] 王寅, 冯国忠, 焉莉, 等. 吉林省玉米施肥效果与肥料利用效率现状研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1441-1448.
- [12] 李慧, 马常宝, 鲁剑巍, 等. 中国不同区域油菜氮磷钾肥增产效果[J]. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1837-1847.
- [13] 陈家法, 陈隆升, 涂佳, 等. 长期施肥对油茶林产果量及土壤地力可持续性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(7): 59-65.
- [14] 王宜伦, 卢艳丽, 刘举, 等. 专用缓释肥对夏玉米产量及养分吸收利用的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015(1): 29-32.
- [15] 战秀梅, 李亭亭, 韩晓日, 等. 不同施肥方式对春玉米产量、效益及氮素吸收和利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 861-868.
- [16] 杜梅香. 半干旱区玉米高效缓释肥施用效果试验[J]. 甘肃农业科技, 2016(8): 44-46.
- [17] 刘淑琴, 何宝林. 几种缓释肥在全膜双垄沟播玉米中的应用效果[J]. 甘肃农业科技, 2012(8): 30-31.
- [18] 林森, 乔丹丹. 我国缓释肥料的现状及其研究进展[J]. 农技服务, 2016, 33(10): 70-71.
- [19] 张博, 王海标, 陶静静, 等. 专用缓释肥对夏玉米产量及肥料利用率的影响[J]. 河南农业大学学报, 2017, 51(4): 453-458.
- [20] 王芳. 缓控释肥在玉米上的应用效果试验[J]. 农业科技与装备, 2016, 7(265): 8-10.

(本文责编: 郑立龙)