

小麦-玉米周年轮作制下的控释肥及 控释BB肥肥效试验研究

孙克刚,和爱玲,李丙奇,胡颖

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,郑州 450002)

摘要:在驻马店市的新坡村与驻马店农科所农场进行了小麦—玉米轮作制下的控释尿素与普通尿素用量试验,结果表明:小麦田、玉米田均以控释尿素 100%处理最好。新坡村与驻马店农科所农场的小麦产量分别为 8175 kg/hm²和 8272 kg/hm²;比同等用量的普通尿素增产 873~860 kg/hm²,增产 12.0%~11.6%,增产效果显著;小麦氮素利用率以控释尿素 100%处理最高,分别为 46.1%和 48.6%;氮素用量相同时,小麦田控释尿素氮素利用率高于普通尿素氮素利用率。玉米产量为 8715 kg/hm²和 8848 kg/hm²,比同等用量的普通尿素增产 667~686 kg/hm²,增产 8.3%~8.4%,增产效果显著;控释尿素用量从 70%到 100%时,小麦、玉米产量随氮肥用量增加而增加,普通尿素也呈现同样趋势,随尿素用量的增加小麦、玉米产量在增加;70%控释尿素与 100%普通尿素处理之间产量差异不大,说明使用控释尿素用量比普通尿素用量减少 1/3 的纯氮量时,小麦、玉米作物产量并不下降。

关键词:控释尿素;普通尿素;用量;小麦;玉米;产量

中国分类号:S14-33 **文献标识码:**A

Study on the Effect of the Controlled Released Urea on Wheat-Corn

Sun Kegang, He Ailing, Li Bingqi, Hu Ying

(Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Science,

Henan Academy of Agricultural Science, Zhengzhou 450002)

Abstract: The effects of controlled release urea (CRU) on wheat and corn yields in wheat-maize rotation system are studied in Xinpo Village and Institute of agricultural science of ZHUMADIAN, respectively. The results showed that, the yields of the treatment of CRU100% were the highest. The yields of wheat were 8175 kg/hm² and 8272 kg/hm², for Xinpo Village and Institute of agricultural science of ZHUMADIAN respectively. It increased 12.0% and 11.6% compared with the 100% conventional urea test. As to the effect of the use efficiency of fertilizer-nitrogen, the composition above was also the best. Compared with the equivalent conventional urea, the use efficiency of fertilizer-nitrogen of controlled release urea was higher. The yields of corn were 8715 kg/hm² and 8848 kg/hm², for Xinpo Village and Institute of agricultural science of ZHUMADIAN respectively, which increased 8.3% and 8.4% compared with the 100% conventional urea test. The crop yield increased with the nitrogen application, as the application of control released fertilizer from 70% to 100%. And it was the same in conventional urea. As the N amount decreased by 1/3, the yields were not reduced.

Key words: control released urea, conventional urea, wheat, corn, yield, use efficiency of fertilizer-nitrogen

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划“控释肥料关键技术集成及产业化”(2006BAD10B07);“十一五”国家科技支撑计划“华北小麦—玉米一体化施肥关键技术研究及示范”(2008BADA4B07);河南省科技厅攻关项目“小麦玉米一体化栽培、施肥简化优化措施研究”(092102110041)。

第一作者简介:孙克刚,男,1965年出生,河南固始人,副研究员,硕士,河南省优秀青年科技专家,主要从事植物营养与施肥和精准农业养分管理与施肥方向的研究。通信地址:450002河南郑州市农业路1号,河南省农科院资环所。Tel:0371-65733514, E-mail: kgsun@ipni.ac.cn, kgsun@371.net。

收稿日期:2009-02-17, **修回日期:**2009-03-22。

控释肥因具有养分释放与作物吸收同步的特点而成为提高氮肥利用效率和减少环境污染的有效途径之一^[1-2]。许多研究表明,控释肥不仅能满足高产优质的需要,还具有作物全生育期肥料一次性基施和节省追肥所需的劳动力投入、减少肥料用量、提高氮肥利用率并减少环境污染等优点^[3-6]。

冬小麦—夏玉米轮作是华北平原粮食产区主要种植方式,关于小麦、玉米单季施用控释肥效应研究以前已有部分报导^[7-10]。但对小麦—玉米轮作连续施用控释肥效应缺乏研究,在驻马店新坡村与驻马店市农科所农场砂浆黑土上设置连续施肥试验,以探索冬小麦—夏玉米轮作中施用控释肥的效应,为合理利用控释肥,促进粮食持续稳定高产、确保增产增收提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 小麦品种:郑麦366,新坡村播种期为2007-10-11播种,播种量为112.5 kg/hm²;出苗日期2007-10-18,收获2008-05-27。农科所农场播种期为2007-10-15播种,出苗日期2007-10-22,收获2008-05-29,播种量为128 kg/hm²。玉米品种:郑单958。播种密度:新坡村75 000株/hm²;播种期2008-06-03播种,2008-06-10出苗,2008-09-20收获。农科所农场密度75 000株/hm²。2008-06-04播种,2008-09-19收获。试验地点在驻马店市驿城区水屯镇新坡村和驻马店市农科所农场。

1.1.2 供试肥料及土壤 控释尿素由金正大集团公司提供为6个月(小麦)和3个月(玉米)控释期的包膜尿素(树脂加硫磺双层包膜,金正大生产)含氮34%;普通尿素、普通磷酸钙和氯化钾肥料在驻马店农化市场购买,尿素含氮46%;普通磷酸钙含P₂O₅ 10%,氯化钾(加拿大产)含K₂O 60%。土壤养分理化性状见表1。

表1 供试土壤的理化性状

| 地点 | pH | 有机质/(g/kg) | 碱解氮/(g/kg) | 速效磷/(g/kg) | 速效钾/(g/kg) | 有效硫/(g/kg) |
|--------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| 新坡村 | 6.1 | 9.1 | 81.9 | 10.8 | 62.5 | 10.7 |
| 驻马店农科所 | 6.5 | 10.6 | 88.9 | 18.5 | 82.5 | 16.4 |

1.2 方法

试验设7个处理:(1)控释尿素全量,一次施用(N 180 kg/hm²)。 (2)普通尿素全量,底施(N 180 kg/hm²)。 (3)控释尿素全量的70%,一次施用(N 126 kg/hm²)。 (4)普通尿素全量的70%,底施(N 126 kg/hm²)。 (5)普通复合肥底施600 kg/hm²(15-15-15)+加追尿素195 kg/hm²。 (6)金正大控释BB(24-14-8)肥用量为普通复合肥总养分量(48)的80%(626.25 kg/hm²)一次底施即施用金正大控释BB 626.25 kg/hm²。 (7)对照(无氮处理)。同

时,按当地农民习惯作为基肥施入普通磷酸钙和加拿大氯化钾各75 kg/hm²。各处理3次重复。

试验小区面积:水屯镇新坡村试验小区面积3×7.6=22.8 m²,驻马店农科所试验小区面积4.3×5=21.5 m²。小区之间设畦埂,重复之间设走道。按小区单收,折算成公顷产量,并用多重比较(LSD法)进行差异显著性检验。

氮肥利用率计算公式:氮肥利用率/%=(小麦生物产量×植株全氮含量-对照小麦生物产量×对照植株全氮含量)/施氮量×100。

表2 不同处理对小麦产量的影响

| 处理 | 新坡村 | | | | | 农科所农场 | | | | |
|--|------------------------------|-------------|------|-----|----|--|-------------|------|-----|----|
| | 产量 /(kg/hm ²) | 较CK增产 kg | % | 显著性 | | 产量 /(kg/hm ²) | 较CK增产 kg | % | 显著性 | |
| | | | | 5% | 1% | | | | 5% | 1% |
| 控释尿素100% | 8175 | 2480 | 43.6 | a | A | 8272 | 2662 | 47.4 | a | A |
| 普通尿素100% | 7302 | 1607 | 28.2 | b | BC | 7412 | 1802 | 32.1 | c | B |
| 控释尿素70% | 7223 | 1528 | 26.8 | b | CD | 7330 | 1720 | 30.7 | c | B |
| 普通尿素70% | 6687 | 992 | 17.4 | c | D | 6757 | 1147 | 20.4 | d | C |
| 普通复合肥 | 7342 | 1647 | 28.9 | b | BC | 7351 | 1740 | 31.0 | c | B |
| BB肥 | 7778 | 2083 | 36.6 | a | AB | 7822 | 2211 | 39.4 | b | AB |
| CK(无氮处理) | 5695 | - | - | d | E | 5610 | - | - | e | D |
| LSD _{0.05} =259.7, LSD _{0.01} =360.5 (kg/hm ²) | | | | | | LSD _{0.05} =267.2, LSD _{0.01} =370.9 (kg/hm ²) | | | | |

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对小麦的影响

2.1.1 对小麦产量的影响

由表2可以看出,在新坡村与驻马店市农科所农场试验结果看:以控释尿素100%处理的产量最高达8175~8272 kg/hm²;其他依次为BB肥处理达7778~7822 kg/hm²,普通复合肥施肥处理达

7342~7351 kg/hm², 普通尿素 100%处理达 7302~7412 kg/hm², 控释尿素 70%处理达 7223~7330 kg/hm², 普通尿素 PU 70%处理达 6687~6757 kg/hm², 无氮处理产量最低为 5695~5610 kg/hm²。

从以上结果可以看出: 小麦田施用氮肥有明显的增产效果, 小麦产量随氮肥用量增加而提高。在氮素用量方面, 控释尿素和普通尿素表现一致。控释尿素 100%、控释尿素 70%比不施氮处理(CK)小麦增产 43.6%~47.4.0%、26.8%~30.7%; 普通尿素 100%、普通尿素 70%处理比不施氮处理 CK 小麦增产 26.8%~30.7%、17.4%~20.4%。经统计, 无论是控释尿素, 还是普通尿素, 不同氮素用量间的小麦产量均达到 5%和

1%显著性水平; 控释尿素 70%处理比普通尿素 100%处理减产 1.1%~1.1%, 两者差异不显著。

试验表明: 控释尿素 100%、控释尿素 70%处理分别比相对的等氮量普通尿素增产 12.0%~11.6%、8.0%~8.5%, 经统计达到 1%的显著性水平。说明氮素同等用量时控释尿素增产效果显著。同时还表明: 普通尿素 100%和控释尿素 70%之间差异不显著。说明控释尿素氮素用量比普通尿素氮素用量减少 1/3 时, 冬小麦产量不减产。BB 肥处理比普通复合肥施肥处理产量提高了 5.9%~6.4%, 它们之间差异显著说明金正大 BB 肥优于普通复合肥施肥, 金正大 BB 肥配比合理。控释尿素 100%与 BB 肥处理之间差异不显著。

表 3 不同肥料处理对小麦氮肥利用率的影响

| 处理 | 新坡村 | | | | 驻马店市农科所农场 | | | |
|-----------|-------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|-------------|
| | 子粒含氮量/ % | 秸秆含氮量/ % | 全株总氮量/ (kg/hm ²) | 氮肥利用率/ % | 子粒含氮量/ % | 秸秆含氮量/ % | 全株总氮量/ (kg/hm ²) | 氮肥利用率/ % |
| 控释尿素 100% | 1.86 | 0.43 | 192 | 46.10 | 1.90 | 0.40 | 195 | 48.60 |
| 普通尿素 100% | 1.90 | 0.41 | 173 | 35.40 | 1.83 | 0.42 | 171 | 35.50 |
| 控释尿素 70% | 1.82 | 0.42 | 166 | 45.10 | 1.85 | 0.37 | 166 | 46.90 |
| 普通尿素 70% | 1.80 | 0.37 | 148 | 31.30 | 1.80 | 0.36 | 149 | 33.30 |
| 普通复合肥 | 1.72 | 0.38 | 158 | 27.30 | 1.70 | 0.40 | 159 | 28.50 |
| BB 肥 | 1.82 | 0.40 | 177 | 45.40 | 1.84 | 0.38 | 178 | 47.00 |
| CK(无氮处理) | 1.56 | 0.31 | 109 | 0.00 | 1.56 | 0.31 | 107 | 0.00 |

2.1.2 控释尿素用量试验对小麦吸收氮肥利用率的影响 从新坡村和驻马店农科所氮肥用量试验氮素利用率结果表 3 看: 在氮素用量相同时, 即控释尿素 100%处理与普通尿素 100%处理之间; 控释尿素 70%处理与普通尿素 70%处理之间; 表现为控释尿素处理小麦全株吸收总氮量高于普通尿素处理。氮肥利用率最高为控释尿素 100%处理为 46.1%~48.6%。其余依次是 BB 肥处理氮肥利用率为 45.4%~47.0%, 控释尿素 70%为 45.1%~46.9%, 普通尿素 100%处理为 35.4%~35.5%, 普通尿素 70%处理为 31.3%~33.3%, 普通复合肥处理为 27.3%~28.5%。在氮肥用量相同时, 控释尿素 100%处理与普通尿素 100%处理相比; 控释尿素 70%处理与普通尿素 70%处理相比; 氮肥利用率分别高出 10.7~13.1、13.8~13.6 个百分点。金正大 BB 肥处理与普通复合肥施肥相比, 利用率提高 18.1%~18.5%。

2.2 不同施肥处理对玉米的影响

2.2.1 不同施肥处理对夏玉米产量的影响 由表 4 可以看出, 在新坡村与驻马店市农科所农场试验结果看: 以控释尿素 100%处理的产量最高达 8715~8848 kg/hm²; 其他依次为 BB 肥处理达 8239~8358 kg/hm², 普通复合肥施肥处理达 8072~8211 kg/hm², 普通尿素 100%处理

达 8048~8162 kg/hm², 控释尿素 70%处理达 8000~8064 kg/hm², 普通尿素 PU70%处理达 7215~7329 kg/hm², 无氮处理产量最低为 5762~5613 kg/hm²。

从以上结果可以看出: 玉米田施用氮肥有明显的增产效果, 玉米产量随氮肥用量增加而提高。在氮素用量方面, 控释尿素和普通尿素表现一致。控释尿素 100%、控释尿素 70%比不施氮处理(CK)玉米增产 51.2%~38.8%、57.6%~43.7%; 普通尿素 100%、普通尿素 70%处理比不施氮处理(CK)玉米增产 39.7%~45.4%、25.2%~30.6%。经统计, 无论是控释尿素, 还是普通尿素, 不同氮素用量间的玉米产量均达到 5%和 1%显著性水平。

试验表明: 控释尿素 100%、控释尿素 70%处理分别比相对的等氮量普通尿素增产 8.3%~8.4%、10.9%~10.0%, 经统计达到 1%的显著性水平。说明氮素同等用量时控释尿素增产效果显著。同时试验还表明: 普通尿素 100%和控释尿素 70%之间差异不显著。说明控释尿素氮素用量比普通尿素氮素用量减少 1/3 时, 夏玉米产量不减产。BB 肥处理比普通复合肥施肥处理产量提高了 2.1%~1.8%, 但它们之间差异不显著, 说明金正大 BB 肥配比在玉米田需要改进。

表4 不同处理对玉米产量的影响

| 处理 | 新坡村 | | | | | 农科所农场 | | | | |
|--|------------------------------|-------|------|-----|--|------------------------------|-------|------|-----|----|
| | 产量/ (kg/hm ²) | 较CK增产 | | 显著性 | | 产量/ (kg/hm ²) | 较CK增产 | | 显著性 | |
| | | kg | % | 5% | 1% | | kg | % | 5% | 1% |
| 控释尿素100% | 8715 | 2953 | 51.2 | a | A | 8848 | 3235 | 57.6 | a | A |
| 普通尿素100% | 8048 | 2286 | 39.7 | b | B | 8162 | 2549 | 45.4 | b | B |
| 控释尿素70% | 8000 | 2238 | 38.8 | b | B | 8064 | 2451 | 43.7 | b | B |
| 普通尿素70% | 7215 | 1452 | 25.2 | c | C | 7329 | 1716 | 30.6 | c | C |
| 普通复合肥 | 8072 | 2310 | 40.1 | b | B | 8211 | 2598 | 46.3 | b | B |
| BB肥 | 8239 | 2476 | 43.0 | b | AB | 8358 | 2745 | 48.9 | b | AB |
| CK(无氮处理) | 5762 | - | - | d | D | 5613 | - | - | d | D |
| LSD _{0.05} =140.6, LSD _{0.01} =195.1 (kg/hm ²) | | | | | LSD _{0.05} =263.0, LSD _{0.01} =365.0 (kg/hm ²) | | | | | |

表5 不同肥料处理对玉米经济性状的影响

| 处理 | 新坡村经济性状调查 | | | | | | 农科所农场经济性状调查 | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|------------|
| | 穗长/ cm | 穗粗/ cm | 株高/ cm | 株数/ (株/hm ²) | 穗粒数/ 个 | 百粒质量/ g | 穗长/ cm | 穗粗/ cm | 株高/ cm | 株数/ (株/hm ²) | 穗粒数/ 个 | 百粒质量/ g |
| | 控释尿素100% | 15.8 | 4.8 | 240 | 75 000 | 435 | 28 | 16.8 | 5.3 | 250 | 75 000 | 452 |
| 普通尿素100% | 16 | 4.5 | 238 | 75 000 | 410 | 27.1 | 17 | 5 | 248 | 75 000 | 440 | 27.6 |
| 控释尿素70% | 16.2 | 4.5 | 240 | 75 000 | 408 | 27 | 17.2 | 5 | 250 | 75 000 | 439 | 27.4 |
| 普通尿素70% | 15.2 | 4.6 | 240 | 75 000 | 395 | 26.5 | 16.2 | 5.1 | 250 | 75 000 | 436 | 26.9 |
| 普通复合肥 | 15.5 | 4.7 | 245 | 75 000 | 402 | 26.8 | 16.5 | 5.2 | 255 | 75 000 | 434 | 27.1 |
| BB肥 | 15.8 | 4.7 | 240 | 75 000 | 405 | 27.5 | 16.8 | 5.2 | 250 | 75 000 | 421 | 27.9 |
| CK(无氮处理) | 14.2 | 3.7 | 231 | 75 000 | 355 | 24 | 15.2 | 4.2 | 241 | 75 000 | 385 | 24.9 |

2.2.2 控释尿素用量试验对玉米经济性状的影响 从表5看,试点1与试点2在玉米穗长、穗粗和株高等方面变化不大,在穗粒数方面各处理间有较大差异,变化趋势和产量结果相一致,均以控释尿素100%处理最多,分别为435粒、452粒;无氮肥处理穗粒数最少,分别为355粒、385粒。

两地试验的百粒质量变化趋势也一致,均与产量变化趋势一致。均以控释尿素100%处理百粒质量最高,为28.0 g和28.9 g;无氮处理百粒质量最低,分别为

24.0 g、24.9 g。从产量构成因素看,影响产量差异的主要原因在穗粒数和百粒质量。

2.2.3 控释尿素用量试验对玉米品质的影响 从表6玉米籽粒中的淀粉、粗蛋白和脂肪的分析看,7个处理中除无氮处理(CK)淀粉、粗蛋白和脂肪含量比其他处理低外,另外5个处理之间在品质方面淀粉、粗蛋白和脂肪含量方面变化不大。农科所农场玉米试验中对玉米品质的影响与新坡村一致。

表6 不同肥料处理对玉米品质(干基,%)影响

| 处理 | 新坡村 | | | 农科所 | | |
|----------|------|------|-----|------|------|-----|
| | 淀粉 | 粗蛋白 | 脂肪 | 淀粉 | 粗蛋白 | 脂肪 |
| 控释尿素100% | 69.3 | 10.1 | 4.8 | 74.0 | 10.6 | 4.9 |
| 普通尿素100% | 69.1 | 10.1 | 4.8 | 73.1 | 10.5 | 4.9 |
| 控释尿素70% | 68.8 | 10.1 | 4.5 | 72.9 | 10.4 | 4.9 |
| 普通尿素70% | 68.3 | 10.1 | 4.6 | 73.1 | 10.5 | 4.9 |
| 普通复合肥 | 68.1 | 10.0 | 4.5 | 72.4 | 10.4 | 4.8 |
| BB肥 | 68.2 | 10.0 | 4.4 | 72.4 | 9.5 | 4.8 |
| CK(无氮处理) | 67.2 | 8.8 | 4.3 | 71.1 | 8.3 | 4.5 |

3 小结

试验结果表明:所有处理中以控释尿素100%处理

小麦、玉米产量最高,说明该处理在试验地区是最佳处理;控释尿素和普通尿素两种肥料,在试验中均表现为

随施肥量的增加,小麦、玉米产量在增加;控释尿素和普通尿素两种肥料在同等氮素用量时,均表现为控释尿素的增产效果优于普通尿素。施用与普通尿素等氮量的金正大控释尿素,能实现大幅增产效果;与普通尿素相比,使用控释尿素时减少 1/3 的氮素用量,并不影响小麦、玉米的产量。说明使用控释尿素时,可以减少氮素用量,保护环境,提高氮肥利用率。

参考文献

[1] Shoji S. MEISTER: Controlled release fertilizers Properties and Utilization [M]. Sendai: Konno Printing Co Ltd,1999:59-104.
 [2] Trenkel M E. Controlled - Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture [M]. Paris: Published by international Fertilizer Industry Association, December,1997.
 [3] 郑圣先,刘德林,聂军,等.控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):137-142.

[4] 张民,史衍玺,杨宋祥,等.控释和缓释肥的研究现状与进展[J].化肥工业,2004,28(5):27-30.
 [5] 孙克刚,李丙奇,乔文学.金正大包膜尿素与普通尿素不同掺混比例对玉米肥效试验的研究初报[J].磷肥与复肥,2008,7(4):72-73.
 [6] 翟军海,高亚军,周建斌.控释/缓释肥料研究概述[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):45-47.
 [7] 朱红英,董树亭,胡昌浩.不同控释肥料对玉米产量及产量性状影响的研究[J].玉米科学,2003,11(4):86-89.
 [8] 唐拴虎,陈建生,徐培智,等.控释肥料氮素释放与水稻及吸收动态研究[J].土壤通报,2004,35(2):186-190.
 [9] 王鑫,张希彪,刘建新,等.混料试验设计在西瓜包膜控释尿素配比研究中的应用[J].土壤通报,2006(6):1142-1146.
 [10] 汪强,李双凌,韩燕来,等.缓/控释肥对小麦增产与提高氮肥利用率的效果研究[J].土壤通报,2007,38(1):47-50.

致谢:本研究得到国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处和金正大公司资助。