

控释尿素减量对春小麦产量和效益及氮肥利用率的影响

汤莹¹, 杨文雄², 刘效华²

(1. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院小麦研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 通过田间试验研究了控释尿素减量施用对春小麦的生长、产量效益及氮肥利用率的影响。结果表明, 控释尿素减量 10%~30% 较普通尿素传统施肥(施 N225.0 kg/hm²) 小麦增产 6.1%~11.9%, 控释尿素全量处理与普通尿素传统施肥产量相当。用控释尿素处理的氮肥利用率施较普通尿素传统施肥高 2.39~18.99 百分点, 其中以控释尿素减量 30% 最高。控释尿素全量及减量处理的纯收益较普通尿素处理增收 102.6~3105.1 元/hm², 以控释尿素减量 20% 处理纯收益最高。春小麦在控释尿素减量条件下能够实现节本增效, 其中以控释尿素减量 20%~30% 施用效果最佳, 可在春小麦生产中推广应用。

关键词: 春小麦; 控释尿素; 产量; 效益; 氮肥利用率

中图分类号: S512.1; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)06-0034-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.06.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.06.009)

Effects of Controlled Release Urea Reduction on Yield, Benefit and Nitrogenous Fertilizer Efficiency of Spring Wheat

TANG Ying¹, YANG Wenxiong², LIU Xiaohua²

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Wheat, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu, 730070, China)

Abstract: The effects of controlled-release urea reduction application on the growth, yield benefit and nitrogen use efficiency of spring wheat were studied by field experiments. The results showed that compared with conventional urea fertilization (N 225.0 kg/hm²), controlled release urea decreased by 10% ~ 30%, and wheat increased by 6.1% ~ 11.9%. The nitrogen utilization rate of controlled-release urea treatment was 2.39 ~ 18.99 percent point higher than that of conventional urea fertilization, the reduction of controlled release urea by 30% was the highest. Compared with the normal urea treatment, the net profit of controlled release urea treatment was 102.6 ~ 3 105.1 yuan/hm², and the net profit of controlled release urea treatment with 20% reduction was the highest. Under the condition of controlled release urea reduction, spring wheat can realize cost saving and efficiency increasing, among which 20% ~ 30% controlled release urea reduction has the best application effect, which can be popularized in spring wheat production.

Key words: Spring wheat; Controlled release urea; Yield; Benefit; Nitrogenous fertilizer efficiency

收稿日期: 2020-04-26

基金项目: 甘肃省科技重大专项“抗逆高产小麦新品种选育及高效生产技术集成展示”(1203NKDF018)。

作者简介: 汤莹(1974—), 男, 甘肃临夏人, 副研究员, 主要从事作物栽培方面的研究工作。联系电话: (0931)7616983。Email: tangying1288@163.com。

通信作者: 杨文雄(1964—), 男, 甘肃会宁人, 研究员, 主要从事小麦育种方面的研究工作。联系电话: (0931)7612365。Email: yang.w.x@263.net。

氮肥对提高小麦产量及其产业化发展做出了很大的贡献^[1]。但是,近年来,一味的提高产量而过量施氮及不合理施肥行为,导致土壤氮素流失、水体富营养化和大气污染等一系列环境问题^[2-6]。因此,在保证小麦产量和品质的同时,合理施用氮肥、提高氮肥利用率、减少氮素流失、减轻环境污染便成为当前研究的热点问题。控释尿素可以根据小麦的养分需求,缓慢释放肥料养分,使其与作物氮素吸收基本同步,从而减少氮肥损失,提高作物产量和氮肥利用效率,是当前小麦绿色生产的关键途径之一^[7-10]。以延长氮肥肥效及节约施肥成本为目的的尿素缓释控释肥料合理施用技术及肥效研究有诸多结论^[11-16]。陇春系列小麦品种为河西绿洲灌区的春小麦主栽品种。近年来,围绕陇春系列品种的栽培技术研究也相继展开,且提出了适宜的播期、密度、施肥、灌水量等^[17-20]。但以氮肥减施为目的的缓控释肥适宜用量及减施技术研究鲜见报道。我们以河西绿洲灌区主栽小麦品种陇春 30 号为供试材料,以不施氮肥和常规尿素为对照,比较在等氮量及减量施氮条件下控释尿素对春小麦生长发育、产量效益及氮肥利用率的影响,以期为控释尿素在春小麦上的推广应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

指示春小麦品种为陇春 30 号,由甘肃省农业科学院小麦研究所育成并提供。供试肥料有普通尿素(含N 46.4%),由中国石油天然气股份有限公司生产;控释尿素(含N 43.2%),由心连心化肥有限公司生产;普通过磷酸钙(含P₂O₅ 12.0%),由内蒙古天宝丰肥业有限责任公司生产;农用硫酸钾(含 K₂O 50.0%),由中投新线罗布泊钾盐有限公司生产。

1.2 试验方法

试验于 2018 年 3 月至 2018 年 7 月在河

西绿洲灌区武威市凉州区高坝镇进行。试验地土壤为灌漠土,播前耕层 0~20 cm 土壤含有机质 11.22 g/kg、水解氮 62.43 mg/kg、有效磷 15.85 mg/kg、速效钾 172 mg/kg, pH 8.21,前茬小麦。

试验共设 7 个处理,分别为不施氮(CK);传统施肥(普通尿素, CN);等氮量控释尿素(CRN);等氮量控释尿素减量 10%(CRN-10%);等氮量控释尿素减量 20%(CRN-20%);等氮量控释尿素减量 30%(CRN-30%);等氮量控释尿素减量 40%(CRN-40%)。所有处理的磷钾肥均一次性基施,除处理 CN 的氮肥 60%基施、40%追施(拔节期追施 20%,孕穗期追施 20%)外,其余处理氮肥均一次性基施。各处理具体施肥量详见表 1。试验采用随机区组排列,重复 3 次,小区面积 30 m²。试验于 3 月 15 日采用人工开沟条播方式播种,行距 25 cm,播种量 450 kg/hm²。各处理春小麦于 4 月 3 日出苗,7 月 23 日收获。田间管理措施同当地优化大田。

表 1 各处理施肥量 kg/hm²

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合计
CK	0	120.0	45.0	165.0
CN	225.0	120.0	45.0	390.0
CRN	225.0	120.0	45.0	390.0
CRN-10%	202.5	120.0	45.0	367.5
CRN-20%	180.0	120.0	45.0	345.0
CRN-30%	157.5	120.0	45.0	322.5
CRN-40%	135.0	120.0	45.0	300.0

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生育期记载 田间调查记载出苗期、拔节期、抽穗期、开花期和成熟期。

1.3.2 样品采集及分析 干物质测定分别在拔节期、扬花期、抽穗期和成熟期取样,每个小区取 20 cm × 20 cm 面积内植株,在 105 ℃下杀青 15 min 后于 85 ℃下烘干至恒重,计算干物质的积累量。小麦成熟期各小区单独实收测产,并采集 50 穗考查产量构成并

分别测定籽粒和秸秆的全氮含量。样品经 H₂SO₄-H₂O₂ 消化，用半微量开氏法测定全氮含量。

1.4 数据处理

使用 Microsoft Excel 2013 进行数据标准化处理和作图，采用 SAS 统计软件进行方差分析，用 LSD 法进行差异显著性检验。

$$\text{产值} = \text{折合产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) \times \text{单价}(\text{元}/\text{kg})$$

$$\text{种植效益} = \text{产值}(\text{元}/\text{hm}^2) - \text{投入}(\text{元}/\text{hm}^2)$$

$$\text{产投比} = \text{产值}(\text{元}/\text{hm}^2) / \text{投入}(\text{元}/\text{hm}^2)$$

$$\text{氮肥利用率} = [(\text{施氮区小麦地上部氮素累积量} - \text{不施氮区小麦地上部氮素累积量}) / \text{施氮量}] \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 控释尿素减量对春小麦干物质积累的影响

从图 1 中可以看出，不同施氮肥处理小麦干物质积累量呈增长趋势，均于成熟期达到最大值。与 CK 相比，春小麦施用氮肥其干物质积累量均显著增加；与 CN 处理相比，除 CRN 处理干物质增加外，其他各控释尿素减量处理均低于 CN 处理，干物质积累量由大到小依次为 CRN 处理、CN 处理、CRN-10% 处理、CRN-20% 处理、CRN-30% 处理、CRN-40% 处理、CK，各施氮处理较 CK 提高 19.4% ~ 72.3%。对干物质的影响则表现为拔节期 > 扬花期 > 抽穗期 > 成熟期，CRN 处理较 CN 处理提高了 4.1% ~ 7.7%。

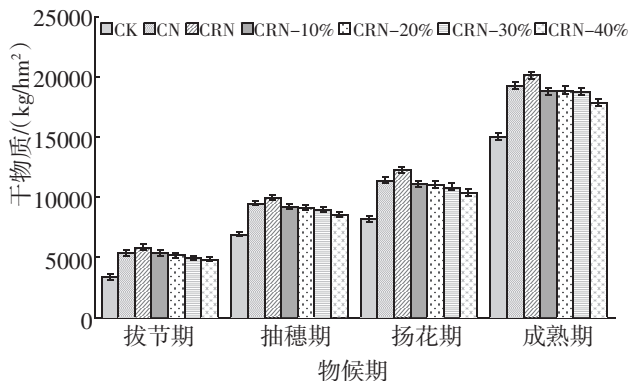


图 1 控释尿素减量对春小麦干物质积累的影响

2.2 控释尿素减量对春小麦主要经济性状及产量的影响

由表 2 可知，与 CN 处理相比，控释尿素及控释尿素减量在一定范围内都有利于春小麦陇春 30 号产量构成向有利于高产的方向发展，除 CRN 处理和 CRN-40% 处理外其他控释尿素减量处理均表现为穗粒数和千粒重增加，产量提高。用控释尿素替代普通尿素在传统施肥基础上适当减少氮肥的用量更有利于产量形成，随着氮减量力度的增加成穗数、穗粒数和千粒重均呈先增加后降低的趋势，当氮减量 20% 时(即 CRN-20%) 达到最大值。成穗数、穗粒数、千粒重是构成小麦产量的三要素，三者由大到小依次均为 CRN-20% 处理、CRN-30% 处理、CRN-10% 处理、CN 处理、CRN-40% 处理、CRN 处理、CK。各施肥处理的折合产量均显著高于 CK，控释尿素减量 40% 以内的各处理均高于 CRN 处理、CRB-40% 处理和 CN 处理。各处理间产量由高到低依次为 CRN-20% 处理、CRN-30% 处理、CRN-10% 处理、CN 处理、CRN 处理、CRN-40% 处理、CK，较 CK 处理产量提高 41.2% ~ 63.9%；与 CN 处理相比，除 CRN 处理、CRN-40% 处理分别减产 1.3%、3.6% 外，其余控释尿素减量处理均表现为折合产量增加，增产 6.1% ~ 11.9%，其中 CRN-20% 处理折合产量最高，其次为 CRN-30% 处理。对春小麦折合产量进行方差分析的结果显示，CRN-20% 处理和

表 2 各处理春小麦的主要经济性状及产量

处理	成穗数 / (万/hm ²)	穗粒数 / 粒	千粒重 / g	折合产量 / (kg/hm ²)
CK	532.2 a	29.2c	38.6c	6 143.0d
CN	529.3 a	38.2b	40.5b	8 995.0c
CRN	529.0 a	38.5b	40.0b	8 874.0c
CRN-10%	529.6 a	38.7ab	44.3a	9 544.0b
CRN-20%	533.1 a	39.3 a	44.8a	10 066.5a
CRN-30%	532.5 a	38.8 ab	44.5a	9 940.5a
CRN-40%	531.0 a	38.2 b	40.1b	8 671.0c

CRN-30%处理间差异不显著($P>0.05$), 但均与其他处理间产量差异达显著水平($P<0.05$)。由此可见, 河西绿洲灌区小麦施氮存在过量问题, 过量的氮肥促进营养生长导致小麦贪青晚熟, 后期遇到干热风而不利于产量形成。用控释尿素替代普通尿素后在减量 20%~30%范围内即可保证小麦高产, 若再持续减量则产量明显下降。

2.3 控释尿素减量对春小麦种植效益的影响

从表 3 可以看出, 在磷钾用量相同的基础上, 增施氮肥对春小麦陇春 30 号产值效益产生了明显的影响。各施氮处理纯收益为 14 575.7~17 680.8 元/hm², 较 CK 纯收益增加 5 086.8~8 191.9 元/hm²; 控释尿素全量及减量处理较 CN 处理纯收益增加 102.6~3 105.1 元/hm², 各处理纯收益由高到低依次排列为 CRN-20%处理、CRN-30%处理、CRN-10%处理、CRN 处理、CRN-40%处理、CN 处理、CK, 且随着控释尿素减量的增加纯收益呈先增加后降低的趋势。综合考虑肥料、人工及其余生产成本后, 纯收益以 CRN-20%处理最高, 为 17 680.8 元/hm²; CN 处理由于追施 2 次尿素较控释尿素一次性基施追肥成本增加 600 元/hm², 因此纯收益有所降低。各处理产投比由高到低依次为 CRN-30%处理、CRN-20%处理、CRN-10%处理、CRN 处理、CRN-40%处理、CN 处理、CK。

2.4 控释尿素减量对肥料利用效率的影响

由图 2 可知, 控释尿素及其减量施用对春小麦的氮肥利用率产生了一定的影响。各处理的氮肥利用效率由大到小表现为 CRN-30%处理、CRN-20%处理、CRN-10%处理、CRN-40%处理、CRN 处理、CN 处理。与 CN 处理相比, 控释尿素减量, 随着减量力度的加大, 氮肥的利用效率呈先增加后降低趋势, CRN 处理、CRN-10%处理、CRN-20%处理、CRN-30%处理、CRN-40%处理分别较 CN 处理氮肥利用率提高了 2.39、6.19、14.58、18.99、5.28 百分点。当控释尿素减量 30%时氮肥的利用效率最高, 为 52.40%, 较 CN 处理氮肥利用效率 (33.41%) 提高了 18.99 百分点; 其次为控释尿素减量 20%处理, 氮肥利用效率为 47.99%, 较 CN

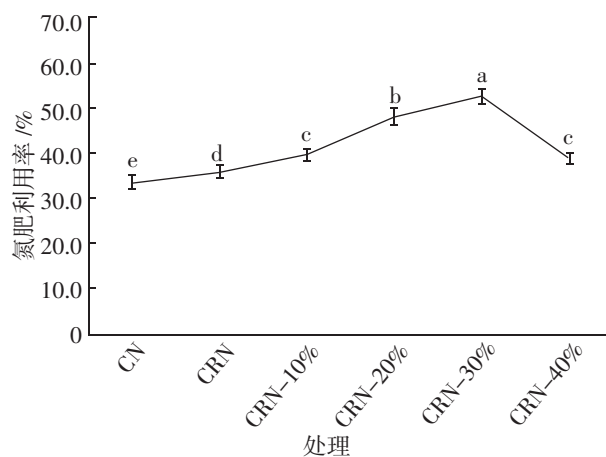


图 2 控释尿素减量对氮肥利用效率的影响

表 3 控释尿素减量对春小麦种植效益的影响

处理	产值 ^① /(元/hm ²)	投入/(元/hm ²)		纯收益 /(元/hm ²)	产投比
		肥料 ^②	人工及其他		
CK	14 128.9	1 340.0	3 300.0	9 488.9	3.05
CN	20 688.5	2 212.8	3 900.0	14 575.7	3.38
CRN	20 410.2	2 381.7	3 300.0	14 728.5	3.59
CRN-10%	21 951.2	2 277.5	3 300.0	16 373.7	3.94
CRN-20%	23 154.1	2 173.3	3 300.0	17 680.8	4.23
CRN-30%	22 863.2	2 069.2	3 300.0	17 494.0	4.26
CRN-40%	19 943.3	1 965.0	3 300.0	14 678.3	3.79

①小麦售价 2.3 元/kg; ②普通尿素 1.8 元/kg、控释尿素 2.0 元/kg、普通过磷酸钙 0.8 元/kg、农用硫酸钾 6.0 元/kg。

处理氮肥利用效率提高 14.58 百分点。

3 结论

控释尿素能缓慢释放氮素,更好地满足植株对氮素的吸收,提高氮肥利用率。用控释尿素替代普通尿素在传统施肥基础上适当减少氮肥的用量更有利于春小麦产量形成。随着氮减量力度的增加,小麦成穗数、穗粒数和千粒重均呈先增加后降低的趋势,当控释尿素较普通尿素传统施肥处理(施N 225.0 kg/hm²)氮减量为 20%时均达到最大值。控释尿素替代普通尿素一次性基施能有效提高春小麦产量、促进干物质积累和氮素利用率提升,其中以控释尿素较普通尿素传统施肥处理(施N 225.0 kg/hm²)氮减量 20%~30%时施用效果较好,与普通尿素传统施肥处理相比,增产 10.5%~11.9%,纯收益增加 2 918.3~3 105.1 元/hm²,氮肥利用率提高 14.58~18.99 百分点。用控释尿素替代普通尿素,可实现肥料一次性基施,操作简便,节肥省工增效,可在春小麦高产高效生产及轻简化施肥中推广应用。

参考文献:

- [1] 张卫峰,马林,黄高强,等.中国氮肥发展、贡献和挑战[J].中国农业科学,2013,46(15):3161-3171.
- [2] 李升东,王法宏,司纪升,等.氮肥管理对小麦产量和氮肥利用效率的影响[J].核农学报,2012,26(2):403-407.
- [3] 黄国勤,王兴祥,钱海燕,等.施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J].生态环境,2004,13(4):656-660.
- [4] 蔡燕华.氮肥施用中的污染问题及防治对策[J].安徽农学通报,2007,13(18):48-50.
- [5] 张福锁,巨晓棠.对我国持续农业发展中氮肥管理与环境问题的几点认识[J].土壤学报,2002,39(增刊):41-55.
- [6] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等.中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J].中国农业科学,2004,37(7):1008-1017.
- [7] 王弘菲,高志岭,陈新平,等.不同控释尿

素与普通尿素对比对冬小麦茎蘖、产量、土壤硝态氮和氮素平衡的影响[J].华北农学报,2012,27(2):196-201.

- [8] 李若楠,王丽英,张彦才,等.氮肥追施时期及包膜控释氮肥对冬小麦产量和氮素吸收的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(2):277-280.
- [9] 李亮,陈宗金,蔚大青,等.控释尿素追施量对冬小麦产量及氮肥偏生产力的影响[J].山东农业科学,2019,51(7):55-59.
- [10] 杨修一,耿计彪,于起庆,等.有机肥替代化肥氮素对麦田土壤碳氮迁移特征的影响[J].水土保持学报,2019,33(5):230-236.
- [11] 孙克刚,胡颖,和爱玲,等.控释尿素对小麦品种郑麦 366 产量及氮肥利用率的影响[J].河南农业科学,2009(8):67-69.
- [12] 于淑芳,杨力,张民,等.控释尿素对小麦、玉米产量及土壤氮素的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(9):1744-1749.
- [13] 杨雯玉,贺明荣,王远军,等.控释尿素与普通尿素配施对冬小麦氮肥利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(5):627-633.
- [14] 王新民,侯彦林,介晓磊,等.冬小麦施用控释氮肥增产效应研究初报[J].中国生态农业学报,2004,12(2):98-101.
- [15] 梁靖越,张敬昇,王昌全,等.控释尿素对小麦籽粒产量和氮素利用率的影响[J].核农学报,2018,32(1):157-164.
- [16] 赵斌,董树亭,张吉旺,等.控释肥对夏玉米产量和氮素积累与分配的影响[J].作物学报,2010,36(10):1760-1768.
- [17] 虎梦霞,王世红,刘效华,等.春小麦新品种陇春 30 号选育及栽培技术要点[J].农业科技通讯,2014(1):173-174.
- [18] 虎梦霞,刘效华,柳娜,等.春小麦新品种陇春 30 号丰产稳产性分析[J].甘肃农业科技,2014(6):10-12.
- [19] 汤莹,杨文雄.施氮量和氮肥运筹对陇春 33 号产量及氮肥利用率的影响[J].甘肃农业科技,2019(3):40-44.
- [20] 郑立龙,王世红,刘效华.灌溉定额对陇春 30 号单作及间作产量和边行效应的影响[J].甘肃农业科技,2019(3):48-55.

(本文责编:郑立龙)