

# 氮肥增效剂对春小麦产量和效益的影响

陈亮之, 孙建好, 赵建华, 李伟琦, 杨新强

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为验证氮肥增效剂在春小麦上的施用效果, 以春小麦品种永良 15 号为指示品种, 设添加不同用量的氮肥增效剂 NBPT、DMPP, 常规施肥和不施肥处理 (对照) 共 5 个处理, 在河西灌区研究了减量施肥条件下添加肥料增效剂对春小麦生长性状、产量及经济效益的影响。结果表明, 较传统施肥 (N 232.5 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 241.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 56.3 kg/hm<sup>2</sup>) 减 N 14.0%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 37.9%, 添加脲酶抑制剂 (NBPT) 0.40 kg/hm<sup>2</sup>、硝化抑制剂 (DMPP) 2.00 kg/hm<sup>2</sup> 时春小麦主要性状表现较好, 产量最高, 为 4 693.3 kg/hm<sup>2</sup>, 纯收益较传统施肥增加 975.59 元/hm<sup>2</sup>。在河西灌区, 春小麦在化肥减量并添加氮肥增效剂条件下能够实现节本增效, 可在小麦生产中应用。

**关键词:** 春小麦; 氮肥增效剂; 产量; 经济效益; 河西灌区

**中图分类号:** S512.1; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2023)06-0564-03

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.06.016](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2023.06.016)

## Effects of Nitrogen Fertilizer Synergists on the Yield and Economic Benefit of Spring Wheat

CHEN Liangzhi, SUN Jianhao, ZHAO Jianhua, LI Weiqi, YANG Xinqiang

(Institute of Soil Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of synergistic nitrogen fertilizers on spring wheat, with spring wheat variety Yongliang 15 as the experiment material, 5 treatments, i.e., different application rates of nitrogen fertilizer synergists of NBPT and DMPP, conventional fertilization and non fertilization treatment (control), were used to study the effects of fertilizer synergists application on the growth traits, yields and economic benefits of spring wheat under the condition of reduced chemical fertilization in the Hexi irrigation region. The results showed that peak yield, i.e., 4 693.3 kg/ha, was obtained in treatment with urease inhibitor (NBPT) application at 0.40 kg/ha plus nitrification inhibitor (DMPP) application at 2.00 kg/ha and nitrogen and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> reduction by 14.0% and 37.9%, respectively compared with the conventional fertilization (N 232.5 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 241.5 kg/ha and K<sub>2</sub>O 56.3 kg/ha), in which the net income was increased by 975.59 RMB/ha compared with that of the conventional fertilization. Therefore, the application of nitrogen fertilizer synergists with less application rate of chemical fertilizers for spring wheat in the Hexi irrigation region could not only save cost but also improve efficiency of production, which could be applied in wheat production.

**Key words:** Spring wheat; Nitrogen fertilizer synergist; Yield; Economic benefit; Hexi irrigation region

中国是世界上最大的小麦生产国和消费国, 小麦是中国主要的粮食作物之一, 截至 2021 年, 小麦产量 13 434 万 t, 相较 2016 年的 13 319 万 t 增产 0.86%<sup>[1]</sup>。小麦也是甘肃省第二大粮食作物, 是最重要的口粮作物<sup>[2]</sup>, 在粮食安全中起到了不可或缺的作用。近年来随着小麦种植效益的降低, 加之农业产业结构的调整, 严重威胁到了甘肃省的粮食安全生产<sup>[3]</sup>。施肥是农业生产重要一环, 甘肃省化肥用量增长较快, 但粮食产量的增长幅度却和化肥用量的增长不同步, 同时, 不合理施肥也导致了大气污染和土壤养分流失等一系列的环境问

题<sup>[4-5]</sup>。我们针对当前甘肃小麦产业发展的趋势和肥料减施增效的要求<sup>[6-8]</sup>, 在河西灌区进行了小麦减量施肥和添加肥料增效剂对春小麦的生长发育、产量以及经济效益的影响研究<sup>[9-10]</sup>, 以期为河西灌区春小麦减肥增效生产提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

试验设在甘肃省张掖市民乐县。试验区位于祁连山北麓、河西走廊中段、张掖市东南部, 属山地和倾斜高平原地区, 海拔 1 589 ~ 5 027 m, 属温带大陆性荒漠草原气候区。年平均日照时数约

收稿日期: 2022-09-29; 修订日期: 2023-04-14

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD020040605); 甘肃省农业科学院中青年基金(2023GAAS36)。

作者简介: 陈亮之(1990—), 男, 山西万荣人, 研究实习员, 主要从事作物栽培工作。Email: 271476475@qq.com。

通信作者: 孙建好(1972—), 男, 甘肃永登人, 副研究员, 主要从事植物营养研究工作。Email: sunjianhao@126.com。

3 000 h, 年平均气温为 0~8℃, 年平均降水量为 90~290 mm, 年平均蒸发量为 1 638 mm。降水稀少且蒸发强烈。试验地土壤为灌漠土。

### 1.2 供试材料

指示春小麦品种为永良 15 号。供试肥料为尿素(兰化公司产品, N≥46%)、磷酸二铵(瓮福集团产品, N 18%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%)、硫酸钾(国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司产品, 含 K<sub>2</sub>O≥51.0%); 肥料增效剂为 NBPT(脲酶抑制剂)和 DMPP(硝化抑制剂), 均由武威金仓生物科技有限公司提供。

### 1.3 试验方法

试验设 5 个处理, 随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 105 m<sup>2</sup>, 试验小区间隔 50 cm。试验方案见表 1。处理 1(CK), 不施肥; 处理 2, 当地常规施肥; 处理 3, 在常规施肥的基础上按纯氮量的 0.2% 添加 NBPT、纯氮量的 1% 添加 DMPP; 处理 4, 较常规施肥纯氮量减少 14.0%、纯磷量减少 37.9%, 并添加 NBPT 和 DMPP; 处理 5: 较常规施肥纯氮量减少 22.6%、纯磷量减少 50.3%, 并添加 NBPT 和 DMPP。所有肥料和增效剂均一次性基施。试验地块靠路边预留一定宽度, 以便于观察。2020 年 3 月 28 日播种, 小麦采用等行距种植, 行距 10 cm, 生育期共灌水 1 次(5 月 3 日), 其余管理同大田。7 月 28 日收获。

表 1 试验设计方案

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NBPT	DMPP
1(CK)	0	0	0	0	0
2	232.5	241.5	56.3	0	0
3	232.5	241.5	56.3	0.47	2.33
4	200.0	150.0	56.3	0.40	2.00
5	180.0	120.0	56.3	0.36	1.80

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2020 和 SPSS 数据处理系统进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对春小麦农艺性状的影响

从表 2 可以看出, 各处理的春小麦株高以处理 2 最高, 为 84.19 cm, 较处理 1(CK)增加 9.64 cm; 其次是处理 3, 为 83.10 cm, 较处理 1(CK)增加 8.55 cm; 处理 4、处理 5 分别较处理 1(CK)增加 7.66、6.00 cm。处理 2 与处理 3、处理 4、处理 5 差异不显著, 与处理 1(CK)差异显著; 其余处理间差异不显著。穗长以处理 3 最长, 为 9.23 cm, 较处理 1(CK)增加 1.79 cm; 其次是处理 2, 为 8.95 cm, 较处理 1(CK)增加 1.51 cm; 处理 4、

处理 5 较处理 1(CK)分别增加 1.31、1.24 cm, 除处理 1 外, 其余处理之间穗长差异不显著。小穗数以处理 2 最多, 为 9.43 个, 较处理 1(CK)增加 0.69 个; 其次是处理 4, 为 9.28 个, 较处理 1(CK)增加 0.54 个; 处理 3、处理 5 较处理 1(CK)分别增加 0.21、0.18 个。处理 2、处理 4 均与处理 3、处理 5 差异不显著, 与处理 1(CK)差异显著。穗粒数以处理 5 最多, 为 26.76 粒, 较处理 1(CK)显著增加 7.65 粒; 处理 3、处理 2 分别为 26.27、25.78 粒, 分别较处理 1(CK)显著增加 7.16、6.67 粒, 处理 4 较处理 1(CK)增加 4.70 粒。说明在减少化肥施用量的前提下添加增效剂可以保证春小麦生长。对株高、穗长、小穗数穗粒数均有影响, 但和常规施肥处理差异不显著。

表 2 不同施肥处理春小麦的农艺性状

处理	株高 /cm	穗长 /cm	小穗数 /个	穗粒数 /粒
1(CK)	74.55 b	7.44 b	8.74 b	19.11 b
2	84.19 a	8.95 a	9.43 a	25.78 a
3	83.10 ab	9.23 a	8.95 ab	26.27 a
4	82.21 ab	8.75 a	9.28 a	23.81 ab
5	80.55 ab	8.68 a	8.92 ab	26.76 a

### 2.2 不同处理对春小麦产量的影响

从表 3 可以看出, 添加氮肥增效剂处理的春小麦产量均较处理 1(CK)提高。折合产量以处理 4 最高, 为 4 693.3 kg/hm<sup>2</sup>, 较处理 1(CK)增产 1 166.6 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率 33.08%; 其次是处理 3, 为 4 653.3 kg/hm<sup>2</sup>, 较处理 1(CK)增产 1 126.6 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率 31.95%; 处理 2、处理 5 为 4 440.0、4 266.7 kg/hm<sup>2</sup>, 分别较处理 1(CK)增产 25.90%、20.98%。方差分析表明, 处理 4、处理 3、处理 2、处理 5 之间差异不显著, 均与处理 1(CK)差异显著。表明在土壤、地形等条件相对一致的情况下, 减少氮、磷肥用量并增施 NBPT 和 DMPP, 可以使春小麦有一定的增产, 但较常规施肥增产不显著。

表 3 不同施肥处理春小麦的产量

处理	小区平均产量 / (kg/105 m <sup>2</sup> )	折合产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK增产 / (kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
1(CK)	37.03 b	3 526.7 b		
2	46.62 a	4 440.0 a	931.3	25.90
3	48.86 a	4 653.3 a	1 126.6	31.95
4	49.28 a	4 693.3 a	1 166.6	33.08
5	44.80 a	4 266.7 a	740.0	20.98

### 2.3 不同处理对春小麦经济效益的影响

从表 4 可以看出, 在钾肥用量相同的基础上, 减少氮磷肥料施用量对于春小麦经济效益产生了明显的影响。各施肥处理纯收益为 2 104.07~

3 079.66 元 /hm<sup>2</sup>，其中处理 2、处理 5 较处理 1 (CK)纯收益减少；处理 3、处理 4 纯收益较处理 1 (CK)分别增加 92.98、810.24 元 /hm<sup>2</sup>。处理 4 较处理 2 纯收益增加 975.59 元 /hm<sup>2</sup>，各处理纯收益由高到低依次为处理 4、处理 3、处理 1 (CK)、处理 5、处理 2。随着化肥施用量降低，纯收益呈先增加后降低的趋势，各处理间差异不显著。各处理产投比由高到低依次为处理 4、处理 1 (CK)、处理 5、处理 3、处理 2。综合考虑肥料、人工及其余生产成本，处理 4 为最佳施肥方案。说明在减少肥料施入的情况下添加增效剂，减少了成本投入，可获得较好的效益。

表 4 不同施肥处理春小麦的经济效益<sup>①</sup>

处理	产值 /(元/hm <sup>2</sup> )	投入/(元/hm <sup>2</sup> )		纯收益 /(元/hm <sup>2</sup> )	产投比
		肥料	人工及其他		
1(CK)	9 169.42	0	6 900	2 269.42 a	1.33
2	11 544.00	2 539.93	6 900	2 104.07 a	1.22
3	12 098.58	2 836.18	6 900	2 362.40 a	1.24
4	12 202.58	2 222.92	6 900	3 079.66 a	1.34
5	11 093.42	1 965.63	6 900	2 227.79 a	1.25

①春小麦价格按补贴后收购价 2.6 元/kg 计；成本包括水费 900 元/hm<sup>2</sup>、种子 1 470 元/hm<sup>2</sup>、农药 360 元/hm<sup>2</sup>、机耕（整地、播种和收获）费用 1 800 元/hm<sup>2</sup>和人工成本 2 370 元/hm<sup>2</sup>；肥料成本为尿素 2.20 元/kg、磷酸二铵 2.95 元/kg、硫酸钾 3.00 元/kg、尿酶抑制剂 85.00 元/kg、硝化抑制剂 110.00 元/kg。

### 3 讨论与结论

尿酶抑制剂和硝化抑制剂可以抑制土壤中的脲酶活性，延缓尿素水解和抑制铵态氮转化为硝态氮，可以更好地满足植物对氮素的吸收<sup>[11]</sup>，本研究中，在减施肥料的情况下添加增效剂，可以稳产甚至增产，说明在肥料减施条件下添加增效剂可以有效提高作物氮肥利用效率，提升作物产量。从经济效益来看，减施肥料后纯收益比传统施肥模式高，说明在肥料减施条件下，硝化抑制剂和尿酶抑制剂的配合施用能够通过改变氮素的转化过程，增强相关氮酶活性，延长氮素释放周期，保证氮素持续供应，提高小麦的氮肥吸收利用效率，从而增加小麦产量<sup>[12-13]</sup>。这为尿素添加尿酶抑制剂 NBPT 和硝化抑制剂 DMPP 用于小麦生产提供了一定的理论依据。但对于增效剂的研究大多为短期试验，有必要开展相关的长期定位试验，以系统深入的研究对增效剂作物产量、品质以及 NH<sub>3</sub> 挥发等方面的影响。

在传统施肥基础上适当减少肥料的用量并添加增效剂更有利于春小麦产量的形成。本研究发现，在传统施肥(N 232.5 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 241.5 kg/hm<sup>2</sup>、

K<sub>2</sub>O 56.3 kg/hm<sup>2</sup>)基础上减 N 14.0%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 37.9%，并添加脲酶抑制剂 (NBPT)0.40 kg/hm<sup>2</sup>、硝化抑制剂 (DMPP)2.00 kg/hm<sup>2</sup> 时，春小麦主要性状表现较好，产量最高，为 4 693.3 kg/hm<sup>2</sup>，纯收益较传统施肥增加 975.59 元 /hm<sup>2</sup>。表明减少肥料用量并添加尿酶抑制剂 (NBPT)和硝化抑制剂 (DMPP)可实现肥料一次性基施，操作简便，可提高氮肥利用效率，节肥省工增效，从而增加小麦产量，可在河西灌区春小麦生产中推广应用。

### 参考文献：

- [1] 中商情报网. 2022 年中国粮食行业市场前景及投资研究预测报告[EB/OL]. (2022-03-15)[2022-08-21]. [https://www.askci.com/news/chanye/20220315/1001521746090\\_3.shtml](https://www.askci.com/news/chanye/20220315/1001521746090_3.shtml).
- [2] 刘广才, 赵贵宾, 李博文, 等. 甘肃省小麦产业现状及发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2020(1): 70-75.
- [3] 刘效华, 虎梦霞, 王世红. 甘肃小麦生产中存在的问题及解决途径[J]. 甘肃农业科技, 2010(7): 48-49.
- [4] 高娅娅. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 新农业, 2021(23): 12-13.
- [5] 肖朝卿. 甘肃农业面源污染防治问题研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [6] 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.
- [7] 肖富容, 李东坡, 武志杰, 等. 添加生化抑制剂和腐植酸的稳定性增效尿素在黄土中的施用效果[J]. 应用生态报, 2021, 32(12): 4419-4428.
- [8] 李学红, 李东坡, 武志杰, 等. 脲酶/硝化抑制剂在黑土和褐土中对尿素氮转化的调控效果[J]. 应用生态学报, 2021, 32(4): 1352-1360.
- [9] 汤莹, 杨文雄, 刘效华. 控释尿素减量对春小麦产量和效益及氮肥利用率的影响[J]. 甘肃农业科技, 2020(6): 34-38.
- [10] 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.
- [11] 倪秀菊, 李玉中, 徐春英, 等. 土壤脲酶抑制剂和硝化抑制剂的研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(12): 145-149.
- [12] 郝小雨. 硝化/脲酶抑制剂在玉米上的增产、增效及提质效应研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2022(10): 103-108; 118.
- [13] 杨磊, 夏炎, 韩自强, 等. 氮素调控措施对小麦植株氮素同化过程和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(10): 1195-1201.