

内蒙古向日葵施用缓释尿素的效果研究

段玉 侯建伟 张君 景宇鹏

(内蒙古农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 内蒙古 呼和浩特, 010031)

摘要: 2014年在内蒙古巴彦淖尔市五原县和赤峰市松山区分别进行了向日葵肥料的大田小区试验, 设置缓释尿素一次性基施(OPT₂), 优化施肥(OPT₁)处理, 并在OPT₁的基础上设置减素试验, 分别是减氮(OPT₁-N)、减磷(OPT₁-P)和减钾(OPT₁-K)处理, 同时以不施肥处理作为对照。结果表明, 向日葵施用氮磷钾肥均有增产效果, 表现为: 氮肥 > 钾肥 > 磷肥。向日葵施用缓释尿素增产效果显著, 在河套灌区和燕山丘陵旱作区向日葵基施缓释尿素比普通尿素基施配合追施分别增产0.78和6.58个百分点, 同时施用缓释尿素氮素的农学效率有所增加。向日葵施用氮磷钾肥的肥料利用率分别为26.9%–34.1% (N)、15.6%–16.5% (P₂O₅)和49.6%–57.6% (K₂O); 农学效率分别为1.2–2.36公斤/公斤(N)、1.43–4.07公斤/公斤(P₂O₅)和2.36–4.99公斤/公斤(K₂O)。最佳施肥处理(氮磷钾配合施用)向日葵的茎粗、盘径、千粒重和籽仁率都有所增加, 以OPT₂(缓释尿素一次使用)增加尤为明显, 较对照分别提高了3.3%、6.7%、4.3%和4.3%。因此在内蒙古向日葵主产区, 氮素仍然是三要素中限制向日葵产量的最重要元素; 缓释尿素一次施用可以代替普通尿素基施加追施, 且缓释尿素一次施用的肥料利用率显著提高。

关键词: 向日葵; 缓释尿素; 减肥效果

向日葵是内蒙古的重要经济作物, 年播种面积超过35万公顷, 占全国播种面积的40%左右, 占全国总产的50%以上^[1]。向日葵是内蒙古河套灌区的主要作物, 约占作物总播种面积的50%左右, 是河套灌区农民的主要经济作物。向日葵播种晚、生长快、植株高大在生育期间吸收氮、磷、钾较多, 每生产100公斤向日葵籽粒吸收氮素(N)4.68公斤, 吸收氮素(N)1.64公斤, 吸收钾素(K₂O)8.57公斤^[2]。氮素是三要素中增产最大, 最容易缺乏的元素。氮素由于在土壤中移动快, 不宜在土壤中保存, 氮素的合理施用也是最难以把握的养分元素^[3]。向日葵由于在生育后期容易倒伏, 灌水少或不灌水, 更增加其施肥难度, 造成氮素利用率较低, 施肥效益差等问题, 如何合理施用氮肥, 提高氮素利用率有重要意义。缓释氮肥可以为向日葵生长发育提供均衡的氮素养分, 可减少氮肥的施用次数, 减少氮素损失和浪费, 在向日葵上施用有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验在内蒙古巴彦淖尔市五原县(N108°11'23", E41°03'09")和赤峰市松山区(N118°10', E42°18')进行。

1.2 试验作物与肥料

试验作物: 向日葵(表1)。

肥料: 缓释尿素(CRU)由美国加阳(中国)公司提供, 含氮量(N)44%, 普通尿素(RU)含氮量(N)46%, 磷肥用三料磷肥含P₂O₅43%, 钾肥用氯化钾含K₂O60%。基肥在播种前覆膜时开沟条施, 追肥在向日葵株间打孔穴施。向日葵大行距80厘米, 小行距40厘米, 株数33000株/公顷。五原采用黄河水浇灌2次, 分别在播种前和现蕾期; 赤峰采用覆膜不灌溉。

表1 试验基本情况		
项目	向日葵施用缓释尿素肥效试验	
地点	五原	赤峰
品种	318	赤葵2号
密度(株/公顷)	33000	33000
播种期(月-日)	5-27	5-28
出苗期(月-日)	6-3	6-9
现蕾期(月-日)	7-5	7-20
开花期(月-日)	7-20	8-3
收获期(月-日)	9-10	9-15
生育期降雨量毫米	160	310
灌水量立方米	150	--
灌水时间	5-8/7-6	--

1.3 试验土壤状况

试验地肥力下等, 土壤为潮土, 质地沙壤土, 养分状况见表2。

表 2 试验土壤养分状况

地点	pH	OM	碱解氮 N	有效磷 P	速效钾 K
		(克/公斤)	(毫克/公斤)		
五原县	8.87	10.9	43	11.1	221
赤峰市	8.37	0.81	38	19.1	86

1.4 试验设计

试验设 6 个处理分别为：

- (1) OPT₁, NPK 用量相同, 氮肥用普通尿素(40%基施, 60%追施)
- (2) OPT₂, NPK 用量相同, 氮肥用缓释尿素(基施)
- (3) OPT₁-N (不施氮肥)
- (4) OPT₁-P (不施磷肥)
- (5) OPT₁-K (不施钾肥)
- (6) CK (不施肥)

小区面积 30 平方米, 三次重复, 随机排列。OPT 处理的 NPK 用量, 五原县为 225-112.5-90 千克/公顷, 赤峰市为 180-90-75 千克/公顷。

测试项目与方法

1) 产量及产量性状: 每个小区全区测产, 在每个小区中间行连续 3 株分器官留样, 并测定株高, 茎粗、盘径、

千粒重、结实率和籽实率等, 分茎秆、叶片和花盘切碎烘干, 测定各器官的干物质产量和籽实产量, 混匀(三次重复各取 3 株)后取样 250g 左右, 分别测定茎秆、叶片、花盘和籽实的氮、磷、钾养分含量。

2) 植株养分: 全 N 用凯氏定氮法; 全 P 用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法; 全 K 用 NaOH 熔融-火焰光度法。

3) NPK 养分利用率: 养分利用率(%) = (施肥区植物吸收的养分量 - 不施肥区植物吸收的养分量) × 100 / 施肥量;

1.6 数据处理

利用 SAS 9.0 进行方差分析(ANOVA), 用 EXCEL 2007 绘制表格。

2 结果与分析

2.1 施肥对向日葵产量的影响

试验正常成熟, 各小区分别收获测产, 产量结果见表 3, 表 4。

表 3 结果表明: 灌溉条件下, 在磷钾基础上施用氮肥增产 10.6%-11.3%, 比不施氮肥增产显著; 在氮钾基



础上施用磷肥增产 7.3%–8.0%，与不施磷肥差异显著；在氮磷基础上增施钾肥增产 9.1%–9.9%；表现为氮肥效果 > 钾肥效果 > 磷肥效果 >。从施用氮肥品种来看，缓释尿素一次性基施与普通尿素 40% 基施配合 60% 追施效果相当，略有增产。施肥的农学效率表明，缓释尿素一次性基施与普通尿素 40% 基施配合 60% 追施的农学效率基本一致。

施肥的农学效率表明，施用氮肥的农学效率为 1.9–2.04 公斤 / 公斤，缓释尿素比普通尿素 40% 基施配合 60% 追施氮素 (N) 的农学效率高 0.14 公斤 / 公斤。施用磷肥 (P₂O₅) 的农学效率为 2.16–2.96 公斤 / 公斤，施用钾肥 (K₂O) 的农学效率 4.15–4.49 公斤 / 公斤。

旱作覆膜的结果见表 4，在磷钾基础上施用氮肥增产 7.1%–13.3%，比不施氮肥增产显著；在氮钾基础上施用磷肥增产 5.2%–11.3%，与不施磷肥差异显著；在氮磷基础上增施钾肥增产 5.5%–11.6%。表现为氮肥效果 > 钾肥效果 > 磷肥效果。施用缓释尿素均比普通尿素 40% 基施配合 60% 追施增产 41.1 公斤 / 亩，增产 5.8%，同时施用氮磷钾肥的施肥肥效增高 6%。

施肥的农学效率表明，施用缓释尿素均比普通尿素 40% 基施配合 60% 追施氮素 (N) 的农学效率高 1.1 公斤 / 公斤，磷素 (P₂O₅) 的农学效率高 2.19 公斤 / 公斤，钾素 (K₂O) 的农学效率高 2.63 公斤 / 公斤。

上述分析表明：在水浇地缓释尿素可以代替普通尿素 40% 基施配合普通尿素 60% 追施，在旱地向日葵施用缓释尿素比普通尿素 40% 基施配合普通尿素 60% 追施增产 5.8%。

2.2 施肥对向日葵养分利用率的影响

灌溉向日葵一次性施用缓释尿素与普通尿素 40% 基施配合普通尿素 60% 追施效果基本相当或略有增加。试验结果表明 (表 5)，施用缓释尿素氮素 (N) 利用率提高 1.8 个百分点，磷素 (P₂O₅) 利用率提高 0.6 个百分点，钾素 (K₂O) 利用率提高 2.2 个百分点。

施用缓释尿素提高了肥料养分的利用率，促进了养分吸收。试验结果表明，每生产 100 公斤向日葵籽实吸收氮素 (N) 增加 0.06 公斤。

雨养向日葵施用缓释尿素同样促进了肥料养分的吸收利用，从而提高了肥料利用率。试验结果表明 (表 6)，施用缓释尿素的氮素 (N) 利用率比施用普通尿素提高 1.9 个百分点，磷素 (P₂O₅) 利用率提高 0.7 个百分点，钾素 (K₂O) 利用率提高 3.6 个百分点。

施用缓释尿素提高了肥料养分的利用率，促进了养分吸收吸收的增加。施用氮磷钾肥比不施氮肥的吸氮系数增加 1.5–1.5 公斤 / 100 公斤，比不施磷肥的吸磷 (P₂O₅) 系数增加 0.29–0.36 公斤 / 100 公斤，比不施钾肥的吸钾 (K₂O)

表 3 不同施肥处理对向日葵产量的影响 (五原, 灌溉)

处 理	产量 (公斤 / 亩)	比 CK 增产		养分增产 (%)			农学效率 (公斤 / 公斤)		
		(公斤 / 亩)	(%)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT ₁	298.2a	39.7	15.35	10.6	7.3	9.1	1.90	2.69	4.15
2、OPT ₂	300.2a	41.7	16.13	11.3	8.0	9.9	2.04	2.96	4.49
3、OPT ₁ -N	269.6bc	11.1	4.30	--	--	--	--	--	--
4、OPT ₁ -P	278.0b	19.5	7.54	--	--	--	--	--	--
5、OPT ₁ -K	273.3bc	14.8	5.71	--	--	--	--	--	--
6、CK	258.5c	--	--	--	--	--	--	--	--

注：字母相同表示没有显著差异，字母不同表示有显著差异。

表 4 不同施肥处理对向日葵产量的影响 (赤峰, 不灌)

处 理	产量 (公斤 / 亩)	比 CK 增产		养分增产 (%)			农学效率 (公斤 / 公斤)		
		(公斤 / 亩)	(%)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT ₁	227.5ab	27.9	13.99	7.1	5.2	5.5	1.26	1.88	2.36
2、OPT ₂	240.6a	41.1	20.57	13.3	11.3	11.6	2.36	4.07	4.99
3、OPT ₁ -N	212.3 cd	12.8	6.40	--	--	--	--	--	--
4、OPT ₁ -P	216.2bc	16.6	8.32	--	--	--	--	--	--
5、OPT ₁ -K	215.7bc	16.1	8.07	--	--	--	--	--	--
6、CK	199.6d	--	--	--	--	--	--	--	--

注：字母相同表示没有显著差异，字母不同表示有显著差异。

系数增加 2.37–2.59 公斤 / 100 公斤。

上述分析表明：缓释尿素一次施用不仅可以代替普通尿素 40% 基施配合普通尿素 60% 追施，而且施用缓释尿素提高了肥料利用率，本试验结果表明缓释尿素一次施用，氮肥（N）的利用率提高 1.8–1.9 个百分点，磷素（P₂O₅）利用率提高 0.6–0.7 个百分点，钾素（K₂O）利用率提高 2.2–3.6 个百分点。

照增加 0.6–1.3 厘米，缓释尿素一次施用较普通尿素 40% 基施 +60% 追施增加 0.7 厘米。不施氮、磷、钾处理的向日葵盘径都有所变小，分别比 OPT₁ 减小 0.1、0.8 和 0.2 厘米，分别比 OPT₂ 减小 0.9、1.5 和 0.9 厘米。

最佳施肥处理（氮磷钾配合施用）向日葵的千粒重较对照增加 8 克。不施氮、磷、钾处理的向日葵千粒重都有所降低，分别比 OPT 降低 6、2 和 10 克。

表 5 灌溉向日葵施用缓释尿素对养分吸收的影响（五原）

处 理	养分吸收量 (公斤 / 亩)			养分利用率 (%)			吸收系数 (公斤 / 100 公斤)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT ₁	12.19	4.19	23.03	26.9	15.6	49.6	4.09	1.41	7.72
2、OPT ₂	12.45	4.24	23.16	28.7	16.2	51.8	4.15	1.41	7.71
3、OPT ₁ -N	8.15	--	--	--	--	--	3.02	--	--
4、OPT ₁ -P	--	3.02	--	--	--	--	--	1.09	--
5、OPT ₁ -K	--	--	20.05	--	--	--	--	--	7.34

注：字母相同表示没有显著差异，字母不同表示有显著差异。

表 6 雨养向日葵施用缓释尿素对养分吸收的影响（赤峰）

处 理	养分吸收量 (公斤 / 亩)			养分利用率 (%)			吸收系数 (公斤 / 100 公斤)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT ₁	11.3	3.7	17.0	32.2	15.8	54.0	4.98	1.63	7.47
2、OPT ₂	11.6	3.7	17.4	34.1	16.5	57.6	4.80	1.56	7.25
3、OPT ₁ -N	7.5	--	--	--	--	--	3.51	--	--
4、OPT ₁ -P	--	2.8	--	--	--	--	--	1.27	--
5、OPT ₁ -K	--	--	10.5	--	--	--	--	--	4.88

2.3 施肥对向日葵产量性状的影响

最佳施肥处理（氮磷钾配合施用）向日葵的茎粗、盘径、单盘结实数、结实率、千粒重和籽仁率都有所增加，以 OPT₂（缓释尿素一次使用）增加尤为明显。

最佳施肥处理（氮磷钾配合施用）向日葵的茎粗较对照增加 0.08–0.09 厘米。不施氮、磷、钾处理的向日葵茎粗都有所降低，分别比 OPT₁ 降低 0.04、0.04 和 0.09 厘米，分别比 OPT₂ 变细 0.03、0.03 和 0.08 厘米。

最佳施肥处理（氮磷钾配合施用）向日葵的盘径较对

氮磷钾配合施用的籽仁率较对照增加 1.9–2.0 个百分点，缓释尿素一次施用较普通尿素 40% 基施 +60% 追施增加 0.1 个百分点，基本一致。不施氮、磷、钾处理的向日葵的籽仁率都有所降低，分别比 OPT₁ 降低 1.1、1 和 1.2 个百分点。

3 结论与讨论

3.1 研究表明，向日葵施用氮磷钾化肥均有增产

表 7 施用缓释尿素对灌溉向日葵产量性状的影响（五原）

试验处理	株高	茎粗	盘径	千粒重 (克)	结实率	籽仁率
		(厘米)			(%)	(%)
1、OPT ₁	196.0	2.52	19.9	193	92.2	48.9
2、OPT ₂	197.1	2.51	20.6	193	90.7	49.0
3、OPT ₁ -N	193.9	2.48	19.7	187	91.4	47.8
4、OPT ₁ -P	198.4	2.48	19.1	191	92.9	47.9
5、OPT ₁ -K	197.2	2.43	19.7	183	86.8	47.7
6、CK	199.1	2.43	19.3	185	90.9	47.0

效果,增产效果为氮肥 > 钾肥 > 磷肥。这与其他研究结果是一致的^[2]。说明在内蒙古向日葵主产区,氮素仍然是限制向日葵产量的三要素的最重要元素;钾素的增产效果是仅次于氮素,向日葵吸收钾素较多,尽管土壤钾素含量较高,但已经不能满足向日葵对钾素的需求。

3.2 向日葵施用缓释尿素具有显著的增产效果,在河套灌区向日葵基施缓释尿素比普通尿素基施配合追施增产0.7个百分点,在燕山丘陵旱作区施用缓释尿素比普通尿素基施配合追施增产5.8%,同时施用缓释尿素氮素的农学效率有所增加。

3.3 向日葵施用氮肥的氮素利用率为26.9%–34.1%,在河套灌区100% N推荐施氮量用缓释尿素的氮素利用率比普通尿素40%做基肥60%做追肥的利用率高1.8个百分点;在燕山丘陵旱作区100% N推荐施氮量用缓释尿素的氮素利用率比普通尿素40%基施60%追施的氮肥利用率高1.9个百分点;说明采用缓释尿素一次施用可以代替普通尿素基施加追施,而且缓释尿素一次施用的肥料利用率显著提高。向日葵施用磷肥的 P_2O_5 养分利用率15.6%–16.5%,平均为16.0%;向日葵施用钾肥的 K_2O 养分利用率49.6%–57.6%,平均为53.3%。

3.4 向日葵施用氮肥的农学效率1.2–2.36公斤/公斤,平均为1.89公斤;施用磷肥(P_2O_5)的农学效率1.43–4.07公斤/公斤,平均为2.20公斤;施用钾肥(K_2O)的农学



效率2.36–4.99公斤/公斤,平均为4.00公斤。

3.5 最佳施肥处理(氮磷钾配合施用)向日葵的茎粗、盘径、单盘结实数、结实率、千粒重和籽仁率都有所增加,以 OPT_2 (缓释尿素一次使用)增加尤为明显。

参考文献

- [1] 中国种植业信息网. 农作物数据库 [EB/OL]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>, 2014-12-20.
- [2] 段玉, 妥德宝, 张君, 等. 氮磷钾平衡施用对油用向日葵产量及肥料效率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3):767–771.
- [3] 安玉麟, 郭富国, 杨文耀. 河套黄灌区油用向日葵氮磷钾肥料效应分析 [J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 147–151.
- [4] 王德兴, 崔良基, 宋殿秀, 等. 氮、磷、钾配施对油葵产量与品质的影响. 辽宁农业科学, 2012, (1):4–9