

缓（控）释尿素对马铃薯产量和肥料利用效率的影响¹

段玉 张君 侯建伟 栗艳芳 莎娜

(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: 为明确缓释尿素在马铃薯上的施用效果, 2009–2011 年在马铃薯主产区武川县和察右中旗进行了马铃薯施用缓释尿素试验研究。结果表明, 马铃薯施用氮肥均有显著的增产效果, 施用缓释尿素比普通尿素增产 5.7%–12.7%, 平均为 7.4%, 以普通尿素配合缓释尿素基施产量最高。施用缓释尿素较普通尿素马铃薯的商品率提高 2 个百分点, 单株块茎数增加 0.2–0.6 个, 块茎单重增加 6.5–7.2 克。施用缓释尿素氮肥的农学效率提高 7.5–8.8 公斤/公斤 N, 氮素 (N) 利用率提高 11.4–15.9 个百分点, 可以显著提高氮肥肥效, 减少氮素损失。一次性基施缓释尿素 75% 施氮量与 100% 普通尿素基施效果相当, 说明施用缓释尿素可以减少施氮量 25% 而基本不减产。

关键词: 马铃薯; 缓释尿素; 产量; 肥料利用率

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是内蒙古自治区的主要作物之一, 2010–2014 年, 马铃薯平均播种面积 970 万亩, 总产 91 万吨, 分别占全国的 12.3% 和 10%^[1]。氮素是马铃薯生长发育过程中所需的最重要营养元素, 每生产 1 吨马铃薯鲜薯吸收氮素 (N) 约为 5–6 公斤^[2], 是马铃薯种植者投入成本最大的肥料。马铃薯大多种植在沙质土壤上, 由于氮素在土壤中容易转化成氨从而造成氨挥发或转化成为硝酸盐或亚硝酸盐随水淋失, 渗入到地下水^[3, 4], 造成环境污染, 因而氮是最难以管理的营养元素。目前马铃薯生产上氮肥施用主要以基施为主, 追肥主要在苗期进行, 比例相对较少, 氮素利用率普遍较低, 当季利用率不足 30%, 氮素损失浪费较大。如何合理施用氮肥提高氮素利用率有重要意义。缓/控释肥料以养分缓慢释放, 释放期长达 65–90 天^[5], 有效延长了作物对肥料的吸收期, 肥料利用率显著提高, 对环境污染小等诸多优点成为 21 世纪化学肥料工业的发展方向, 缓释肥料的肥料效应、作物效应、环境效应、生物学效应均比普通尿素优越^[6, 7]。本文以加拿大加阳公司缓释尿素为研究材料,

采用多年多点试验研究缓释尿素对马铃薯产量性状、产量、氮素利用效率的影响, 为马铃薯科学施用氮肥提供依据。

1 材料方法

1.1 试验地点

试验在内蒙古武川县和察右中旗进行。

1.2 供试土壤

试验地选择肥力中下等土壤进行, 质地都为沙壤土, 土壤养分状况见表 1 (ASI)^[8]。

1.3 供试品种和肥料

试验品种为克新一号马铃薯。试验用缓释尿素由加拿大加阳公司提供, 包膜尿素是一种颗粒形态肥料, 含氮量 (N) ≥ 44.0%, 24 小时溶出率 ≤ 15%, 28 天溶出率 ≤ 50%, 60 天溶出率 ≥ 80%, 粒度 (1.00–4.75 毫米) ≥ 90%, 包膜材料: 聚氨基甲酸酯。普通尿素含氮量 46%, 磷肥用

表 1 试验土壤养分状况

| 地点 | pH | OM (%) | NH ₄ -N | NO ₃ -N | P | K S Fe Cu | | | |
|-------------|------|--------|--------------------|--------------------|------|-----------|------|------|-----|
| | | | | | | (毫克/升) | | | |
| 2009 察右中旗喷灌 | 8.7 | 0.88 | 7.3 | 11.6 | 31.7 | 117.1 | 0 | 11 | 2.1 |
| 2009 武川滴灌 | 8.37 | 1.28 | 11.4 | 31.4 | 26.8 | 137 | 0 | 11.6 | 2.5 |
| 2010 武川喷灌 | 8.39 | 0.54 | 16.9 | 6.6 | 25.4 | 83.9 | 21.9 | 21.1 | 2 |
| 2010 武川滴灌 | 8.44 | 0.85 | 6.8 | 27.4 | 19.8 | 80.6 | 12.9 | 11.5 | 1.6 |
| 2011 武川滴灌 | 8.12 | 1.29 | 0.0 | 19.9 | 14.3 | 80.4 | 17.0 | 8.8 | 2.5 |

基金项目: 国际植物营养研究所 (IPNI) 中国项目部资助

作者简介: 段玉 (1963 –), 研究员, 硕士, 主要从事植物营养与施肥技术研究工作。邮箱: yduan@ipni.ac.cn。

三料磷肥含 P_2O_5 46%，钾肥用氯化钾含 K_2O 60%。田间管理和施肥磷钾肥全部在播种时做种肥条施，氮肥根据试验要求在播种带条施。

1.4 试验设计

试验在磷钾基础上施用氮肥，养分推荐用量由中加合作实验室推荐^[8]。试验设9个处理分别为：(1)不施氮(CK)，(2)100%推荐施氮量用普通尿素基施(RU100%B)，(3)40%推荐施氮量用普通尿素基施，60%推荐施氮量用普通尿素追施(RU40%B+RU60%T)，(4)40%推荐施氮量用普通尿素基施，60%推荐施氮量用缓释尿素基施(RU40%+CRU60%)B，(5)100%推荐施氮量用缓释尿素基施(CRU100%B)，(6)75%推荐施氮量用缓释尿素基施(CRU75%B)，(7)75%推荐施氮量用普通尿素基施(RU75%B)，(8)50%推荐施氮量用缓释尿素基施(CRU50%B)，(9)50%推荐施氮量用普

通尿素基施(RU50%B)。小区面积30平方米，三次重复，随机排列。其他试验情况见表2。

2 结果与分析

2.1 施肥对马铃薯产量的影响

试验各处理分别测产收获，各处理结果见表3。

试验结果表明：马铃薯施用氮肥均有增产效果，施用氮肥增加产量范围为247–607公斤/亩，平均为460公斤/亩，增产率7.1%–48.0%，平均为24.3%，不施氮肥处理与所有施氮处理有显著差异。在各施氮肥处理中，100%缓释尿素基施效果最好产量最高，其次是40%普通尿素+60%缓释尿素基施，40%普通尿素基施+60%普通尿素追施和75%缓释尿素基施，这四个处理产量相近差异不显著，比100%普通尿素基施增加1.8–7.4个百分点。

表2 试验基本情况

| 地点 | 2009 中旗喷灌 | 2009 武川滴灌 | 2010 武川喷灌 | 2010 武川滴灌 | 2011 武川滴灌 |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 密度(株/亩) | 3000 | 3000 | 4000 | 3000 | 3000 |
| 施肥时期 | 种肥5月13日， 追肥8月8日 | 种肥5月24日， 追肥7月5日 | 种肥5月18日， 追肥7月8日 | 种肥5月14日， 追肥7月20日 | 种肥5月13日， 追肥8月7日 |
| N- P_2O_5 - K_2O (公斤/亩) | 20-7-11 | 14-6-11 | 20-8-11 | 14-6-11 | 14-6-11 |
| 播种日期 | 5月13日 | 5月24日 | 5月18日 | 5月14日 | 5月13日 |
| 出苗日期 | 6月10日 | 6月18日 | 6月22日 | 6月25日 | 7月12日 |
| 开花期 | 7月8日 | 7月17日 | 7月21日 | 7月27日 | 8月5日 |
| 收获期 | 9月18日 | 9月20日 | 9月28日 | 9月30日 | 9月24日 |
| 降雨量毫米 | 165.5 | 158.5 | 171 | 171 | 215.5 |
| 灌水量立方米 | 喷灌11次， 每次喷灌约15毫米， 合计165毫米 | 第一次43.2毫米， 第二次70.0毫米 合计113.2毫米 | 喷灌11次， 每次喷灌约15毫米， 合计165毫米 | 第一次48毫米， 第二次48毫米 合计96毫米 | 滴灌3次， 每次滴灌25毫米， 合计75毫米 |
| ≥10℃积温 oC | 基本每周1次 | 7月5日，7月12日 | 基本每周1次 | 7月3日，7月21日 | 7月10日，7月20日，8月7日 |
| 病虫害 | 2050℃ 无病虫害 | 2100℃ 有晚疫病 | 2250℃ 无病虫害 | 2250℃ 无病虫害 | 2250℃ 无病虫害 |

表3 不同施肥处理马铃薯产量变化

| 处理 | 产量(公斤/亩) | | | | | 增产(%) | | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|------|------|------|
| | 2009 中旗喷灌 | 2009 武川滴灌 | 2010 武川喷灌 | 2010 武川滴灌 | 2011 武川滴灌 | 平均 | 最小值 | 最大值 | 平均 |
| CK | 1938e | 2796d | 1185d | 2370d | 1559d | 1970f | -- | -- | -- |
| RU 100% B | 2303b | 3310b | 1603ab | 3033bc | 1871bc | 2424bc | 18.4 | 35.3 | 24.1 |
| RU 40% B+60% T | 2370ab | 3366ab | 1753a | 3340a | 1953a | 2556ab | 20.4 | 47.9 | 31.4 |
| (RU 40%+CRU 60%) B | 2355ab | 3394ab | 1754a | 3339a | 1921ab | 2553ab | 21.4 | 48.0 | 31.0 |
| CRU 100% B | 2428a | 3469a | 1671a | 3309a | 1991a | 2574a | 24.1 | 41.0 | 31.5 |
| CRU 75% B | 2325b | 3329b | 1573ab | 3154ab | 1947a | 2465ab | 19.1 | 33.1 | 25.9 |
| RU 75% B | 2183c | 3142c | 1422c | 3004bc | 1855bc | 2321cd | 12.4 | 26.7 | 18.2 |
| CRU 50% B | 2110cd | 3123c | 1513b | 3039bc | 1890bc | 2335c | 8.9 | 28.2 | 19.5 |
| RU 50% B | 2077d | 3048c | 1307c | 2822c | 1820c | 2215e | 7.1 | 19.1 | 12.5 |

注：RU——普通尿素，CRU——缓释尿素，B——基施，T——追施



2.2 施用缓释尿素对马铃薯产量性状和商品率的影响

表 4 结果表明：马铃薯不施氮肥处理的单株结薯数最低，平均为 3.75 个，施用氮肥单株节薯数均有增加，增加 0.2–0.6 个，以 100% 缓释尿素和 75% 缓释尿素基施单株结薯数最高，分别为 4.38 和 4.31 个，比 100% 普通尿素基施增加 0.2 个。施用氮肥马铃薯单薯重增加，增加幅度平均为 12.2–26.6 克，以 RU 40% B+60% T、(RU 40%+CRU

60%) B 和 CRU 100% B 3 个处理单薯重较高，比普通尿素一次基施增加 6.2–7.5 克。

表 5 结果表明：施用氮肥马铃薯商品薯率均有所提高，由不施氮肥处理的 72.7% 到施用氮肥的 73.2%–77.7%，增加 0.5–5 个百分点。以普通尿素 40% 配合缓释尿素 60% 基施商品薯率最高，达 77.7%。100% 缓释尿素基施、40% 普通尿素基施 +60% 缓释尿素基施、40% 普通尿素基施 +60% 普通尿素追施、75% 普通尿素基施和 100% 普通尿素一次基施 4 个处理的商品薯率都超过 77%，这 4 个处理的商品薯率差异不大。

2.3 施用缓释尿素对氮素利用效率的影响

增施氮肥的农学效率 (AE) 为 17.4–66.9 公斤/公斤 (见表 6)，100% 普通尿素基施的农学效率最低，21.8%–43.5%，平均为 27.4%。其他处理顺序依次为：50% 缓释尿素基施 (51.8%) > 75% 缓释尿素基施 (49.1%) > RU 40% B+60% T (44.1%) > (RU 40%+CRU

表 4 不同施肥处理的马铃薯单株结薯数和单薯重的影响

| 处理 | 单株结薯数 (个) | | | | | | 单薯重 (克) | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | 2009 中旗喷灌 | 2009 武川滴灌 | 2010 武川喷灌 | 2010 武川滴灌 | 2011 武川滴灌 | 平均 | 2009 中旗喷灌 | 2009 武川滴灌 | 2010 武川喷灌 | 2010 武川滴灌 | 2011 武川滴灌 | 平均 |
| CK | 2.96 | 3.70 | 3.82 | 4.50 | 3.78 | 3.75 | 187.6 | 136.6 | 101.7 | 158.4 | 145.4 | 145.9 |
| RU 100% B | 3.30 | 4.45 | 4.38 | 4.62 | 3.60 | 4.07 | 199.6 | 137.0 | 120.1 | 197.3 | 171.3 | 165.1 |
| RU 40% B+60% T | 3.55 | 4.20 | 4.30 | 4.93 | 3.91 | 4.18 | 192.8 | 147.8 | 143.8 | 204.0 | 174.5 | 172.6 |
| (RU 40%+CRU 60%) B | 3.52 | 4.28 | 4.36 | 4.93 | 3.87 | 4.19 | 192.6 | 152.1 | 137.4 | 203.6 | 170.3 | 171.2 |
| CRU 100% B | 3.50 | 4.18 | 4.89 | 5.02 | 4.30 | 4.38 | 201.1 | 167.0 | 125.8 | 198.5 | 170.4 | 172.6 |
| CRU 75% B | 3.43 | 4.20 | 4.82 | 4.90 | 4.20 | 4.31 | 195.4 | 141.2 | 125.6 | 193.4 | 167.8 | 164.7 |
| RU 75% B | 3.37 | 4.00 | 3.60 | 4.78 | 3.97 | 3.94 | 185.2 | 141.3 | 133.9 | 188.1 | 157.2 | 161.1 |
| CRU 50% B | 3.38 | 3.93 | 3.71 | 4.72 | 4.03 | 3.95 | 180.1 | 138.7 | 148.4 | 193.5 | 157.8 | 163.7 |
| RU 50% B | 3.25 | 3.93 | 4.21 | 4.68 | 3.63 | 3.94 | 187.5 | 138.0 | 113.2 | 181.7 | 170.3 | 158.1 |

表 5 施肥对马铃薯商品薯率的影响

| 处理 | 商品薯率 (%) | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | 2009 中旗喷灌 | 2009 武川滴灌 | 2010 武川喷灌 | 2010 武川滴灌 | 2011 武川滴灌 | 平均 |
| CK | 68.6 | 69.4 | 59.6 | 88.5 | 77.1 | 72.7 |
| RU 100% B | 66.5 | 65.4 | 69.5 | 95.3 | 81.3 | 75.6 |
| RU 40% B+60% T | 62.6 | 74.1 | 73.3 | 94.3 | 80.8 | 77.0 |
| (RU 40%+CRU 60%) B | 65.7 | 71.1 | 76.4 | 91.8 | 83.3 | 77.7 |
| CRU 100% B | 70.4 | 69.9 | 77.2 | 90.4 | 79.0 | 77.4 |
| CRU 75% B | 71.9 | 61.9 | 77.3 | 94.3 | 80.0 | 77.1 |
| RU 75% B | 63.5 | 60.5 | 76.3 | 91.2 | 77.4 | 73.8 |
| CRU 50% B | 67.1 | 69.8 | 75.4 | 89.0 | 82.5 | 76.8 |
| RU 50% B | 67.3 | 66.9 | 59.0 | 89.8 | 83.1 | 73.2 |

60%) B (43.7%) > 100% 缓释尿素基施 (43.4%)。总的来看, 施用缓释尿素处理的农学效率在 35–40 公斤/公斤 N 之间, 而施用普通尿素处理的农学效率为 27–30 公斤/公斤 N, 缓释尿素较普通尿素的氮肥 (N) 农学效率增加 8.8–14.7 公斤/公斤, 平均为 11.8%。

马铃薯施用氮肥的氮素利用率为 21.8%–74.1% 之间 (表 7), 50% 缓释尿素基施氮素利用率最高达到 51.8%, 75% 缓释尿素基施次之为 49.1%, 依次为 RU 40% B+60% T 为 44.1%, (RU 40%+CRU 60%) B 为 43.7%, CRU100% 基施为 43.4%, 100% 普通尿素基施的氮素利用率最低, 平均为 32%。施用缓释尿素较施用普通尿素的氮素利用率增加 11.4–15.9 个百分点, 平均为 13.7%。

2.4 施用缓释尿素对土壤矿质氮残留的影响

收获后耕层土壤硝态氮和铵态氮含量随着温度湿度等变化较大, 3 年 5 项次试验来看 (见表 8, 图 1), 土壤矿质氮 (硝态氮 + 铵态氮) 含量的顺序依次为: CRU100%B > (RU40%+CRU 60%) B > RU40% B+60%T > CRU75% B > RU100%B > CRU50%B > RU75%B > RU50% B > CK。

其中 CRU100%B、(RU40%+CRU 60%) B、RU40% B+60%T 和 CRU75% B 4 个处理的矿质氮含量较高, 平均含量均超过 20 毫克/公斤, 但各处理之间总体相差很小, 不超过 2.5 毫克/公斤, 说明增施缓释尿素不会造成土壤氮素残留和积累。

从铵态氮和硝态氮两种形态氮素来看, 2009 年和 2011 年收获后土壤湿度较高, 残留氮主要形态为硝态氮, 2010 年收获后土壤湿度较小, 残留氮主要是铵态氮 (见图 1)。

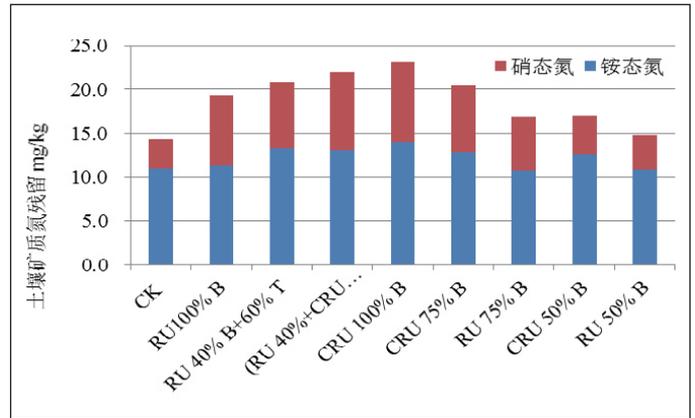


图 1 不同施肥处理收获时土壤铵态氮和硝态氮含量变化

表 6 马铃薯施用缓释尿素对农学效率的影响

| 处理 | 农学效率 AE (公斤/公斤) | | | | | 平均 |
|--------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| | 2009 | | 2010 | | 2011 | |
| | 中旗喷灌 | 武川滴灌 | 武川喷灌 | 武川滴灌 | 武川滴灌 | |
| CK | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| RU 100% B | 26.1 | 25.7 | 29.8 | 33.2 | 22.3 | 27.4 |
| RU 40% B+60% T | 30.8 | 28.5 | 40.5 | 48.5 | 28.1 | 35.3 |
| (RU 40%+CRU 60%) B | 29.8 | 29.9 | 40.6 | 48.4 | 25.9 | 34.9 |
| CRU 100% B | 35.0 | 33.7 | 34.7 | 46.9 | 30.9 | 36.2 |
| CRU 75% B | 36.8 | 35.5 | 37.0 | 52.3 | 37.0 | 39.7 |
| RU 75% B | 23.3 | 23.1 | 22.6 | 42.3 | 28.2 | 27.9 |
| CRU 50% B | 24.5 | 32.7 | 46.8 | 66.9 | 47.4 | 43.7 |
| RU 50% B | 19.8 | 25.2 | 17.4 | 45.2 | 37.4 | 29.0 |

表 7 施用缓释尿素对马铃薯氮素利用率的影响

| 处理 | 氮素利用率 (%) | | | | | 平均 |
|--------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| | 2009 | | 2010 | | 2011 | |
| | 中旗喷灌 | 武川滴灌 | 武川喷灌 | 武川滴灌 | 武川滴灌 | |
| CK | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| RU 100% B | 36.3 | 26.1 | 21.8 | 32.3 | 43.5 | 32.0 |
| RU 40% B+60% T | 39.3 | 30.9 | 40.2 | 61.7 | 48.7 | 44.1 |
| (RU 40%+CRU 60%) B | 42.2 | 35.4 | 38.3 | 56.8 | 45.7 | 43.7 |
| CRU 100% B | 46.7 | 34.4 | 37.2 | 50.8 | 47.8 | 43.4 |
| CRU 75% B | 47.4 | 38.6 | 35.5 | 64.1 | 60.1 | 49.1 |
| RU 75% B | 41.8 | 25.5 | 23.6 | 35.8 | 50.3 | 35.4 |
| CRU 50% B | 39.9 | 34.0 | 44.8 | 66.4 | 74.1 | 51.8 |
| RU 50% B | 35.8 | 26.8 | 20.5 | 39.1 | 57.1 | 35.9 |

表 8 马铃薯收获后耕层(0-20 厘米)土壤矿质氮含量(毫克/公斤)

| 处理 | 2009 中旗喷灌 | | 2009 武川滴灌 | | 2010 武川喷灌 | | 2010 武川滴灌 | | 2011 武川滴灌 | | 平均 | |
|--------------------------------------|-----------|-----|-----------|------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|------|------|-----|
| | 铵态氮 | 硝态氮 | 铵态氮 | 硝态氮 | 铵态氮 | 硝态氮 | 铵态氮 | 硝态氮 | 铵态氮 | 硝态氮 | 铵态氮 | 硝态氮 |
| CK | 7.5 | 2.0 | 4.5 | 6.5 | 18.9 | 1.8 | 20.9 | 2.1 | 3.0 | 4.6 | 11.0 | 3.4 |
| RU 100% B | 9.4 | 3.2 | 4.7 | 12.6 | 19.3 | 3.4 | 20.0 | 2.7 | 2.8 | 18.7 | 11.2 | 8.1 |
| RU 40% B+60% T (RU 40%+CRU 60%) B | 7.2 | 3.5 | 7.4 | 12.4 | 19.8 | 1.7 | 28.9 | 3.1 | 3.3 | 17.1 | 13.3 | 7.6 |
| CRU 100% B | 7.1 | 4.4 | 10.8 | 11.5 | 19.5 | 1.9 | 24.4 | 2.5 | 3.8 | 24.1 | 13.1 | 8.9 |
| CRU 75% B | 7.6 | 2.9 | 9.3 | 17.4 | 23.5 | 2.3 | 26.5 | 2.9 | 3.1 | 20.1 | 14.0 | 9.1 |
| RU 75% B | 6.5 | 2.5 | 8.7 | 11.8 | 20.7 | 3.2 | 25.6 | 2.6 | 3.1 | 18.0 | 12.9 | 7.6 |
| CRU 50% B | 6.9 | 1.9 | 6.5 | 8.8 | 16.5 | 2.8 | 21.7 | 1.6 | 2.3 | 15.4 | 10.8 | 6.1 |
| RU 50% B | 7.4 | 1.9 | 5.4 | 8.4 | 22.1 | 2.0 | 24.9 | 2.8 | 3.0 | 7.5 | 12.6 | 4.5 |
| RU 50% B | 6.8 | 1.6 | 4.9 | 8.0 | 17.2 | 2.1 | 22.1 | 1.9 | 3.2 | 5.8 | 10.8 | 3.9 |

3 结论与讨论

马铃薯施用氮肥增产效果显著,施用氮肥平均增产 460 公斤/亩,平均增产率 24.3%。以普通尿素 40% 配合缓释尿素 60% 基施增产效果最好,单独使用缓释尿素基施可以减少施氮量 25% 马铃薯产量基本不减少。说明缓释尿素具有较好的节肥增效作用,在玉米、水稻等作物上表现结果相同^[9-12]。

施用氮肥单株节薯数均有增加,以 100% 缓释尿素和 75% 缓释尿素基施单株结薯数最高。施用氮肥马铃薯单薯重增加,以普通尿素 40% 配合缓释尿素 60% 基施、40% 普通尿素 +60% 缓释尿素基施和 100% 缓释尿素基施 3 个处理单薯重较高。施用缓释尿素马铃薯的商品薯率有所提高,以 100% 缓释尿素基施和 40% 普通尿素 +60% 缓释尿素基施商品率较高。研究表明,施用

缓释尿素马铃薯单株结薯数、单薯重和商品薯率都有所提高。

施用缓释尿素处理的农学效率在 40 公斤/公斤左右,而施用普通尿素处理的农学效率为 27-28 公斤/公斤。施用缓释尿素或缓释尿素与普通尿素配合氮素回收率在 40% 以上,而普通尿素基施氮素回收率都低于 30%。说明施用缓释尿素可以提高肥效,增加施肥效益^[5-7]。

施用缓释尿素可提高氮肥利用率 4.3-17 个百分点,因而施用缓释尿素可减少氮肥施用量。试验结果表明,用 75% 缓释尿素基施可以代替 40% 普通尿素基施 +60% 普通尿素追施或 40% 普通尿素基施 +60% 缓释尿素基施,没有减产。

收获后土壤铵态氮和硝态氮含量总体差异不大,以 100% 施氮量土壤矿质氮较多一些,氮各处理之间差异不大,可以认为缓释尿素在土壤中没有残留。

参考文献

- [1] 中国种植业信息网. 农作物数据库 [2011-5-20]. 网址: <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>.
- [2] 段玉, 妥德宝. 内蒙古马铃薯最佳养分管理. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社 2011.2.
- [3] Carl J. Rosen and Peter M. Bierman. Best Management Practices for Nitrogen Use: Irrigated Potatoes. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/nitrogen/docs/08559-potatoesMN.pdf>.
- [4] Robert, M. and Bryan, H. Fertilizer Management Practices for Potato Production in the Pacific Northwest. [http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/1510bfb2a4649f7c8525756f005899e9/\\$FILE/BMP_Potato.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/1510bfb2a4649f7c8525756f005899e9/$FILE/BMP_Potato.pdf).
- [5] 段路路, 张民, 刘刚, 等. 缓控释肥料养分释放特性评价及快速测定方法研究. 土壤学报, 2009, 46(2): 299-307.
- [6] 刘宁, 孙振涛, 韩晓日, 等. 缓/控释肥料的研究进展及存在问题. 土壤通报. 2010, 41(4): 1005-1009.
- [7] 古慧娟, 石元亮, 于阁杰, 等. 我国缓/控释肥料的应用效应研究进展. 土壤通报. 2011, 42(1): 220-224.
- [8] Bai, Y., L. Yang, and J. Jin. Principles and Practices of Soil Test Based Fertilizer Recommendations. China Agriculture Press. 2007.
- [9] 纪雄辉, 罗兰芳, 郑圣先. 控释肥料对提高水稻养分利用率和削减稻田土壤环境污染的作用. 磷肥与复肥. 2007, 22(3): 67-68.
- [10] 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. 植物营养与肥料学报. 2016, 22(2): 307-316.
- [11] 邵鹏. 树脂包膜型缓释尿素在玉米上应用的肥效试验. 安徽农学通报, 2014, 20(14): 39-40.
- [12] 闫童, 丁文峰, 曹永贞, 等. 控释氮肥对夏玉米氮素积累及产量的影响. 中国农学通报. 2015, 31(36): 60-64.