

冀西北坝上旱地大白萝卜缓释氮肥效应研究

卢 杨¹, 刘 树 庆^{1,2,3}, 王 向 峰⁴, 曹 银 珠¹, 薛 占 军⁵

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学, 鄯洪杰土壤与环境实验室, 河北 保定 071001;

3. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071001; 4. 衡水市环境监测站, 河北 衡水 053000;

5. 河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以冀西北坝上旱薄沙土-作物系统为研究对象,通过对萝卜产量、氮素利用率、硝酸盐含量及其经济效益的分析,研究了自制缓释氮肥在该区域的应用效果。结果表明:氮素利用率随着施氮量的增加而逐渐降低,但缓释氮肥的氮素利用率较等氮量下的普通尿素提高了4%~11%。与施用等氮量尿素处理相比,缓释氮肥明显提高了萝卜产量,其增产范围在1.98%~8.19%,净收入增幅在0.97%~7.69%。萝卜体内硝酸盐含量与施氮量呈极显著正相关。由此可见,在冀西北坝上旱薄沙地上,缓释氮肥在提高土壤氮素利用率、增加萝卜产量、降低萝卜体内硝酸盐累积和提高经济收益方面具有明显的促进效应。

关键词:缓释氮肥;施肥效应;经济效益;坝上

中图分类号:S 143.1⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)14-0177-04

冀西北坝上高原属内蒙古高原的东南部,位于内蒙古草原与华北农区之间的农牧交错带,土地面积约1 000万hm²。土壤以栗钙土为主,土壤沙薄贫瘠,保蓄水肥能力差。农民为了提高产量,盲目地大量施肥,尤其是氮肥。目前此类现象在各地十分突出,如北京市温室蔬菜年施氮量为1 000 kg/hm²^[1],山东惠民县年施氮量为2 800 kg/hm²^[2],氮的大量投入,在造成肥料资源浪费的同时也极大地限制了作物产量的提高和品质的改善。

农业综合开发不能脱离氮素资源的合理利用。白萝卜作为冀西北坝上地区的主要蔬菜品种之一,在冀西

北坝上特殊环境下,通过新型缓释氮肥在白萝卜上的研究,达到减少施肥次数、减少化肥施用量、显著提高肥料利用率、提高作物品质、保障农产品安全的目标,对合理开发利用坝上地区的农业资源,确保该地区生态农业可持续发展具有重要的指导意义^[3-6]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在农业部张北农业资源与生态环境重点野外观测试验站试验田内进行。试验田海拔1 450 m,生长期总降雨量278.4 mm,年均气温2.8℃,最冷月(1月)平均气温-15℃,最热月(7月)平均气温18℃,年积温2 446℃;无霜期94 d左右;大风日数70 d左右,多数年份遭受干旱、霜冻和风沙灾害。

1.2 试验材料

供试大白萝卜‘HNX12224002’为青头加工类型,由圣尼斯种子(北京)有限公司提供。供试土壤为砂质栗钙土,基本理化性质见表1。供试肥料:普通尿素纯N含量46%。自制缓释氮肥按比例用粘结剂(腐殖酸溶液)

第一作者简介:卢杨(1988-),男,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为土壤与肥料科学。E-mail:heriluyang@yahoo.com.cn.

责任作者:刘树庆(1956-),男,河北青县人,博士,教授,现主要从事土壤环境质量及环境质量评价与监控等研究工作。E-mail:liushuqing2002@163.com.

基金项目:国家科技支撑计划集成示范类资助项目(2013)。

收稿日期:2013-03-07

Abstract: Taking the alfalfa variety ‘Sandeli’ as material, the effect of different combinations of nitrogen, phosphorus and potassium ratios on the production performance of alfalfa were studied using a completely random design. The results showed that fertilizer had a promotion on the production performance of ‘Sandili’, while phosphate and potassium fertilizers could significantly promote the production performance of ‘Sandili’, and no obvious differences were observed with the application of nitrogen fertilizer. Integrated considered, no nitrogen, 100 ~ 150 kg/hm² phosphorus and 100 kg/hm² potassium chloride were proposed to fertilize for the production of ‘Sandili’ in Qingdao, Shandong province.

Key words: alfalfa; fertilizer ratio; production performance

将尿素(纯 N 含量 46%)、尿酶抑制剂(硼酸)、硝化抑制剂(双氰胺)和添加剂(沸石)复配粘结,滚动造粒,晒干后备用。

表 1 试验地基本理化性质

土层深度 /cm	有机质 /mg·kg ⁻¹	全氮 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	pH
0~20	14.40	1.83	71.75	2.79	55.85	7.32
20~40	10.25	1.05	46.37	1.22	40.13	7.17

1.3 试验方法

试验设置缓释氮肥和普通尿素 2 个主处理,氮肥用量设 6 个水平,分别为不施氮 CK;纯氮 N₁:75 kg/hm²;N₂:150 kg/hm²;N₃:225 kg/hm²;N₄:300 kg/hm²;N₅:450 kg/hm²,共 11 个处理,各处理 3 次重复,采用完全随机排列。小区面积 2 m×1.7 m,小区间深埋 50 cm 塑料布,防止水肥测渗。所有处理磷、钾肥施用量一致,用量为:重过磷酸钙(有效 P₂O₅ 含量 41.6%)144 kg/hm²;K₂SO₄(有效 K₂O>50%)165 kg/hm²,播种前以基肥形式一次性施入土壤。

1.4 项目测定

用电子天平称取生物量,计算产量;用硫酸-双氧水消煮植物样,碱解扩散测定全氮含量^[7],计算氮素利用率;用连续流动分析仪测定植物硝酸盐含量;通过收支与投入差值衡量经济效益。

1.5 数据分析

氮肥利用率=[(施氮区作物吸氮总量-无肥区作物吸氮总量)/所施肥料中氮素的总量]×100%^[8],净收入=产量×单价-氮肥成本-其它投入。其它投入包括种子、农药、磷钾肥等费用。劳动力成本未计算在内。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平的肥料对萝卜产量的影响

由表 2 可以看出,施用缓释氮肥的萝卜产量均高于施普通尿素的萝卜产量,增产效果并不是随着氮肥施入量的增加而增加,当施入氮肥量达到 N₃时,增产效果达 8.19%,增产效果达到显著水平(P<0.05)。施用缓释氮肥的各处理均比 CK 不施肥的产量高,其中 N₄增产 1.98%效果最明显,LSD 检验达极显著水平(P<0.01)。由图 1 可以看出,在一定范围内氮肥的增加会提高作物产量,但当施入量过高时反而会造成减产。张贵龙等^[9]研究证明,当尿素氮施用量大于 100 kg/hm²时,增产幅度开始下降。

从图 1 可以看出,尿素施用量与萝卜产量关系线性方程为 $y = -0.1332x^2 + 75.489x + 82\,590$, $R^2 = 0.8696$ (n=6),计算得出当施入纯氮 283.37 kg/hm²时,得到理论最高产量 93 285.55 kg/hm²。缓释氮肥施用量与萝卜产量关系线性方程为 $y = -0.2148x^2 + 114.58x + 83\,377$, $R^2 = 0.8860$ (n=6),当施入纯氮 266.71 kg/hm²

时,得到理论最高产量 98 657.00 kg/hm²。缓释氮肥的理论最高产量比普通尿素高了 5 371.45 kg/hm²,并且施氮量减少了纯氮 16.66 kg/hm²。

表 2 不同肥料对萝卜产量的影响

氮素水平	萝卜产量/kg·hm ⁻² 尿素	缓释氮肥	缓释肥较尿素 增产/%
CK	—	83 805bB	—
N ₁	84 780	88 560bAB	4.46
N ₂	92 505	97 905aA	5.84
N ₃	92 490	100 065aA	8.19*
N ₄	93 750	95 610aA	1.98
N ₅	89 355	92 055abAB	3.02

注: * 为施用缓释氮肥的萝卜产量比施用尿素的萝卜产量 t 检验增产效果显著。英文字母为缓释氮肥不同施用量处理间萝卜产量 LSD 检验,同一列小写字母表示在 0.05 水平上显著性,同一列大写字母表示在 0.01 水平上显著性。

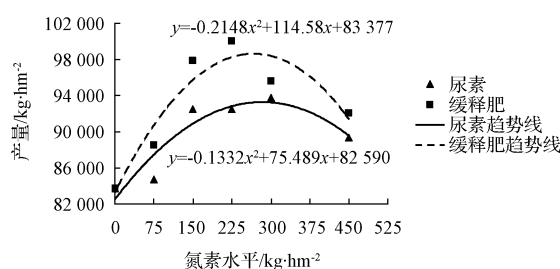


图 1 萝卜产量与不同肥料施氮量关系趋势图

2.2 不同施氮水平的肥料对萝卜氮素利用率的影响

由图 2 可知,缓释氮肥 N₁和 N₂处理的氮素利用率最高,均大于 50%,当施氮量不断增加时,氮素利用率在不断降低。N₅处理时的氮素利用率仅为 38.10%。另外,对比等氮量的缓释氮肥和普通尿素的氮素利用率提高了 4%~11%。在 N₃和 N₄处理时,缓释氮肥的氮素利用率高出普通尿素的氮素利用率 10 个百分点以上,即使是 N₅处理,氮素利用率均低于 40%时,缓释氮肥的氮素利用率仍能比尿素高 4.35 个百分点。由此可见,施用缓释氮肥能够有效提高氮素利用率。这可能是由于尿素施入土壤后释放迅速,大量氮存在于土壤中没有被作物吸收情况下短时间内挥发,造成氮素损失。而缓释氮肥的养分释放曲线比普通尿素更吻合作物的养分吸收需求曲线,在减少氮损失提高氮素利用率的前提下,还能够减少氮肥的施用量,并提高作物产量。

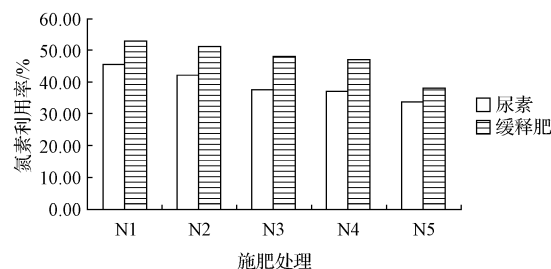


图 2 缓释氮肥和尿素不同施氮量的氮素利用率

2.3 不同施氮水平的肥料对萝卜硝酸盐含量的影响

由图3可知,CK处理萝卜体内的硝酸盐含量仅为30 mg/kg, N_1 处理的硝酸盐含量增长到200 mg/kg以上, N_2 处理的尿素硝酸盐含量超过300 mg/kg, 缓释肥的硝酸盐含量也达到284.36 mg/kg, N_4 处理的尿素和缓释肥的硝酸盐含量均超过300 mg/kg, 尿素硝酸盐含量接近400 mg/kg, N_5 处理的硝酸盐含量均超过国际一级标准(≤ 432 mg/kg), 但没有超过无公害蔬菜硝酸盐最高含量标准(GB 18406.1-2001)1 200 mg/kg。刘建平^[10]发现, 在纯氮施用量大于450 kg/hm²时萝卜体内硝酸盐含量高于1 200 mg/kg。该研究结果偏低可能是由于没有追肥, 尤其是收获前未施用任何肥料, 使收获时萝卜体内硝酸盐含量偏低。

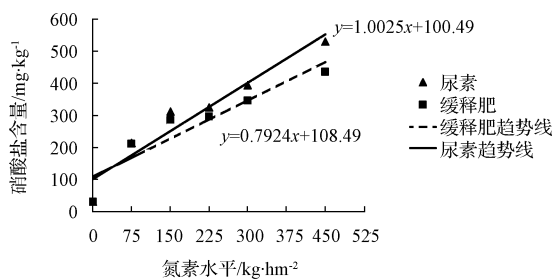


图3 缓释氮肥和尿素不同施肥量对萝卜硝酸盐含量的影响

表3

不同肥料投入产出统计

肥料种类	氮素水平	产量 /kg · hm ⁻²	产值 /元 · hm ⁻²	氮肥成本 /kg · hm ⁻²	投入 /元 · hm ⁻²	净收入 /元 · hm ⁻²	比对照增收 /元 · hm ⁻²
CK	—	83 805.00	50 283.00	0.00	1 219.20	49 063.80	—
	N_1	84 780.00	50 868.00	326.10	1 545.30	49 322.70	258.90
	N_2	92 505.00	55 503.00	652.20	1 871.40	53 631.60	4 567.80
尿素	N_3	92 490.00	55 494.00	978.30	2 197.50	53 296.50	4 232.70
	N_4	93 750.00	56 250.00	1 304.40	2 523.60	53 726.40	4 662.60
	N_5	89 355.00	53 613.00	1 956.60	3 175.80	50 437.20	1 373.40
	N_1	88 560.00	53 136.00	475.05	1 694.25	51 441.75	2 377.95
	N_2	97 905.00	58 743.00	950.25	2 169.45	56 573.55	7 509.75
缓释氮肥	N_3	100 065.00	60 039.00	1 425.30	2 644.50	57 394.50	8 330.70
	N_4	95 610.00	57 366.00	1 900.50	3 119.70	54 246.30	5 182.50
	N_5	92 055.00	55 233.00	2 850.60	4 069.80	51 163.20	2 099.40

注:投入包括:氮肥成本、磷肥成本330元/hm²、钾肥成本259.2元/hm²、种子成本225元/hm²、农药成本405元/hm²。

比对照增收8 330.70元/hm², 比等氮量的普通尿素增收7.1%。由图4可知, 继续增加氮的投入量, 收入反而会减少, 说明并不是施氮量越高效益越好。普通尿素施氮量与经济效益的关系为: $y = -0.0799x^2 + 40.945x + 48 335$, $R^2 = 0.8261$ ($n=6$), 当施氮量为256.23 kg/hm²时经济效益最高, 为53 580.60元/hm²。缓释氮肥施氮量与经济效益的关系为: $y = -0.1289x^2 + 62.411x + 48 807$, $R^2 = 0.8595$ ($n=6$), 当施氮量为242.09 kg/hm²时经济效益最高, 为56 361.56元/hm²。缓释肥的最佳经济效益比普通尿素高2 780.96元/hm²。

对比各处理萝卜体内硝酸盐含量发现, 施用等氮量的缓释肥料能明显降低萝卜体内硝酸盐的累积, 尤其是 N_4 和 N_5 的降低效应最明显, 其降低量分别高达48.71 mg/kg 和 95.00 mg/kg。随着施氮量的增加, 萝卜体内的硝酸盐含量在逐渐增加, 二者间呈极显著正相关 ($r=0.9328$), 这与众多研究结果相一致^[11-15]。尿素施用量与萝卜体内硝酸盐含量的线性关系为: $y = 1.0025x + 100.49$, $R^2 = 0.9246$ ($n=6$), 计算得出当普通尿素施用量超过330.68 kg/hm²时硝酸盐含量将超过国际一级标准, 当施用量超过1 096.77 kg/hm²时将超过无公害蔬菜标准。缓释氮肥施用量与萝卜体内硝酸盐含量的线性关系为 $y = 0.7924x + 108.49$, $R^2 = 0.8701$ ($n=6$) 计算得出当缓释肥施用量超过408.27 kg/hm²时硝酸盐含量将超过国际一级标准, 当施用量超过1 377.47 kg/hm²时将超过无公害蔬菜标准。

2.4 产量和经济效益分析

按当年市场价格, 缓释氮肥2.1元/kg (其中含100元/t加工费), 磷肥1.6元/kg, 钾肥2元/kg, 萝卜价格0.6元/kg。由表3可以看出, 各处理的净收入均在49 000元/hm²以上。等氮量的不同处理之间, 施用缓释氮肥处理的产量比施入尿素的高, 增产范围在1.98%~8.19%; 净收入均比施用尿素的高, 收入增幅在0.97%~7.69%。净收入最高的是缓释肥料的 N_3 处理, 57 394.50元/hm²,

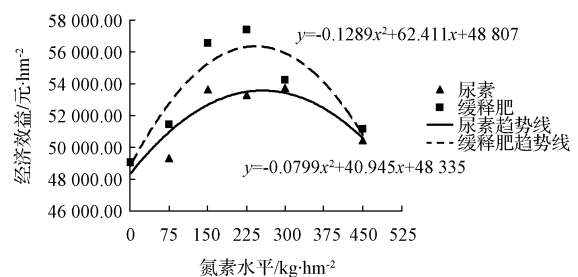


图4 缓释氮肥和尿素不同施肥量对萝卜经济效益的影响

3 结论与讨论

缓释氮肥的最佳施肥量处理为 N_3 , 此时的经济效益达到最高, 为 57 394.50 元/hm², 并且萝卜体内硝酸盐含量符合国际一级标准, 氮素利用率为 48.06%。通过模拟缓释氮肥施用量与萝卜产量及萝卜体内硝酸盐含量之间的关系方程发现, 萝卜的最佳施氮量为 266.71 kg/hm², 安全施氮量为 408.27 kg/hm², 安全施氮量不能简单等同于最佳施氮量, 最佳施氮量往往是安全施氮量的 60%~70% 之间。

通过对比施用普通尿素与缓释氮肥 2 个处理发现, 冀西北坝上旱薄沙地萝卜当施入纯氮 266.71 kg/hm² 时, 得到理论最高产量 98 657.00 kg/hm², 比普通尿素高了 5 371.45 kg/hm², 并且施氮量减少了纯氮 16.66 kg/hm²。缓释氮肥在明显提高萝卜产量的同时, 还能够提高氮素利用率、降低萝卜体内硝酸盐的累积, 其理论最佳经济效益 56 361.56 元/hm², 比普通尿素高 2 780.96 元/hm²。自制缓释氮肥效果明显优于普通尿素。

参考文献

- [1] Chen Q, Zhang X, Zhang H, et al. Evaluation of current fertilizer practice and soil fertility in vegetable production in the Beijing region[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2004, 69(1): 51-58.
- [2] Ju X T, Liu X J, Zhang F S, et al. Nitrogen fertilization, soil nitrate accumulation, and policy recommendations in several agricultural regions of

China[J]. Ambio: A Journal of the Human Environment, 2004, 33(6): 323-326.

- [3] 刘树庆, 张立峰. 旱地农业研究[M]. 北京: 中国科学技术农业出版社, 1995: 10-13.
- [4] 刘树庆. 北方旱地“两高一优”农业的技术途径及对策[J]. 河北农业大学学报, 1995, 18(S1): 28-35.
- [5] 刘树庆, 张立峰. 论坝上旱干区农业抗逆稳产的技术途径与对策[J]. 河北农业大学学报, 1995(5): 19-23.
- [6] 孙新章, 张立峰, 张新民, 等. 河北坝上农牧交错带生态经济型土地利用模式与技术[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 255-258.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 陈伦. 应正确看待化肥利用率[J]. 磷肥与复肥, 1996(4): 4-7.
- [9] 张贵龙, 任天志, 李志宏, 等. 施氮量对白萝卜硝酸盐含量和土壤硝态氮淋溶的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 877-883.
- [10] 刘建平. 不同氮肥种类和数量对潍县萝卜产量和品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [11] 刘明池, 陈殿奎. 氮肥用量与黄瓜产量和硝酸盐累积的关系[J]. 中国蔬菜, 1996(3): 26-28.
- [12] 任祖淦, 邱孝煊. 氮肥施用与蔬菜硝酸盐积累的相关研究[J]. 生态学报, 1998, 81(5): 523-528.
- [13] 李亦松. 施氮量对绿叶蔬菜硝态氮的累积和产量的影响[J]. 塔里木大学学报, 2005, 17(1): 16-18.
- [14] 王翠红, 唐建初, 刘钦云, 等. NPK 肥不同配比对萝卜产量及硝酸盐含量的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(4): 62-66.
- [15] 胡博, 好孕凤, 樊明寿. 马铃薯-大白菜双季栽培体系中大白菜氮肥施用量对其产量、氮肥利用、硝酸盐积累的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(10): 60-65.

Study on Fertilizer Effect of the Slow Release Nitrogenous Fertilizer on Radish in Dry Sand on the Bashang Plateau

LU Yang¹, LIU Shu-qing^{1,2,3}, WANG Xiang-feng⁴, CAO Yin-zhu¹, XUE Zhan-jun⁵

(1. College of Resource and Environment, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001; 2. Hongjie Di Soil and Environment Laboratory, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001; 3. Key Laboratory of Farmland Ecological and Environment, Baoding, Hebei 071001; 4. Hengshui Environmental Monitoring Station, Hengshui, Hebei 053000; 5. College of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking the northwest Bashang drought thin sand-crop system as object, the application effects of slow release fertilizer made by ourselves in northwest Bashang drought thin sand and crop system were studied through the analysis of the radish yield, nitrogen use efficiency, nitrate content and economic benefit. The results showed that nitrogen utilization rate gradually reduced with the increase of the amount of nitrogen while nitrogen utilization rate of slow release nitrogen fertilizer increased 4%~11% than ordinary urea. The slow release nitrogen fertilizer improved the radish production obviously, increasing by 1.98%~8.19% and net income increased by 0.97%~7.69% compared with the application of equal nitrogen in urea treatment. It had highly significant positive correlation between nitrate content of radish and the amount of nitrogen applied. In conclusion slow release fertilizer had evident promoting effects in improving nitrogen utilization rate in soils, increasing production, reducing nitrate accumulation in radish and economic improvement in northwest Bashang drought thin sands.

Key words: slow release nitrogenous fertilizer; fertilizer effect; economic benefit; Bashang plateau