

文章编号: 1000-5692(2003)02-0124-04

聚丙烯酰胺缓释肥料的玉米肥效试验

刘兴泉¹, 闵凡国², 杨靖民³, 李 洁¹, 陈晓佳¹

(1. 浙江林学院 生命科学院, 浙江 临安 311300; 2. 张家港华源化工有限公司, 江苏 张家港 215600; 3. 吉林农业大学, 吉林 长春 130118)

摘要: 新研制的缓释肥料具有环保、保持水土、改良土壤、提高肥料利用率和增加农业的经济效益等优点。试验结果表明, 采用聚丙烯酰胺(PAM)生产的缓释肥料可以增产0.76%~12.82%, 增加经济效益179.5~579元·hm⁻², 对玉米生长中后期的性状也有很大改善, 是一种很有发展前景的新型缓释肥料。表3参7

关键词: 缓释肥料; 高吸水性树脂; 聚丙烯酰胺; 玉米

中图分类号: S147.5 **文献标识码:** A

目前国外化肥利用率为50%~55%, 我国化肥利用率一般只有35%左右^[1], 在南方降水量大的丘陵地区利用率还要低。由于利用率太低, 难免造成超量施肥, 使土壤的物理性质不断恶化, 不但影响农作物的产量和质量, 而且养分流失过大, 造成环境污染, 水体富营养化^[2]。

缓释肥料又称缓效肥料、长效肥料、迟效肥料或控制释放肥料, 通常是指由于肥料的化学成分改变或表面包涂半透水性或不透水性物质而使其中的有效养分缓慢释放。以前的缓释肥料主要有缓释尿素(包括硫衣尿素、大颗粒尿素、包膜尿素、添加阻溶性物质和抑制剂缓释尿素), 长效碳铵^[3,4]和缓释复合肥料等^[1]。当今应用最广的缓释肥料是以非亲水性高分子材料包膜肥料, 特别是以热塑性高分子材料为包膜的肥料, 虽然能够很好达到缓释和控释的要求, 但这种肥料不仅价格昂贵, 而且包膜材料在土壤中分解缓慢, 含量高, 带来严重的环境问题, 不符合可持续发展的要求。因此采用亲水性高分子材料的缓释肥料成为新的研究热点, 这种高分子材料可以形成一种三维骨架结构, 将水分和肥料保存在中间, 缓慢释放出来, 以满足作物生长的需要^[5]。中国科学院长春应用化学研究所承担了“九五”国家科技攻关计划专题, 采用聚丙烯酰胺(PAM)这一在农业上广泛应用的高吸水性树脂作为主要材料研制新型的缓释肥料。此肥料具有保水抗旱、减少水土流失、改良土壤、提高肥料利用率、增加农业的经济效益、减少养分流失和减少水体的高营养化等优点, 而且对环境没有不良影响。该文对此肥料的应用效果和经济效益进行讨论。

1 材料与方法

1.1 研究方法

在进行田间试验之前, 先进行了肥料加工工艺和室内土壤淋溶试验。在加工试验中采用了共混滚桶造粒、共混挤压造粒和包涂等3种加工方法, 由于PAM具有很强的吸水性, 滚桶造粒和包涂的加

收稿日期: 2002-10-25; 修回日期: 2003-02-17

基金项目: “九五”国家科技攻关项目(96-A14-01-05)

作者简介: 刘兴泉(1973-), 男, 黑龙江五大连池人, 硕士, 从事农业化学和环境科学研究。

工效果都不好, 而采用 PAM 和肥料预混粉碎后再进行挤压造料的效果较好。在土壤淋溶实验中, 肥料中的 PAM 添加量分别为 0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.0% 和 2.5%。从淋溶试验的结果来看, 添加的 PAM 量越多, 肥料的淋溶率越低, 但增加到 1.5% 以后, 淋溶速度的变化已不是很明显。考虑到成本等因素, 最后在中试中主要采用了 0.5% 和 1.5% 等 2 个添加比例。

该项研究田间试验工作是在长春市吉林农业大学农作物科学试验站进行。实验地的土壤类型为草甸黑土。土壤主要农化性质为: 有机质含量 $38.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $187.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $68.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $205.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值为 5.7。供试肥料: 吉林市仓源复合肥厂生长的 2 种复合肥, 中国科学院长春应用化学研究所这 2 种肥料和聚丙烯酰胺 (PAM) 生产的 5 种新型缓释肥料。采用等用量施肥, 通过对比试验, 测定几种肥料对玉米 *Zea mays* 产量的影响, 评价几种新型缓释肥料对玉米的增产效益和经济效益。

1.2 试验设计

试验设 8 个处理 (表 1), 试验采用随机区组排列, 4 次重复。小区面积 30 m^2 。复合肥全部做底肥施用, 施肥方法采用条施, 三铲三趟, 人工除草。供试玉米品种为吉单 180。播种日期为 5 月 4 日, 收获日期为 9 月 28 日。

表 1 试验处理及结果

Table 1 Experimental treatments and results

处理	肥料	养分含量/ %	PAM/ %	产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	5%水平多 重比较	1%水平多 重比较	价格/ ($\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$)	使用量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
1				5 278	c	C		
2	F25	25		6 714	b	B	900	500
3	F40	40		6 765	b	B	1 500	500
4	MS25-05	25	0.5	6 795	b	B	1 000	500
5	MS25-15	25	1.5	7 008	b	AB	1 200	500
6	MS40-05	40	0.5	7 020	b	AB	1 600	500
7	MS40-15	40	1.5	7 410	a	AB	1 800	500
8	CS40-15	40	1.5	7 575	a	A	1 800	500

2 结果与分析

2.1 不同肥料对玉米产量的影响

表 1 试验结果表明, 施用新型缓释肥料, 玉米干质量单产比处理 2 增产 0.76% ~ 12.82%, 比处理 3 增产 0.44% ~ 11.97%。其中增产最显著的是处理 7 和处理 8, 分别增产 10.37%, 9.53% 和 12.82, 11.97%。为了进一步验证试验结果的可靠性, 对玉米产量的增产效果进行方差分析, 用 LSD 法进行多重比较, 其结果见表 1。表 1 的方差分析结果表明玉米施用不同肥料的处理间产量差异显著, 不同新型缓释肥料间和新型缓释肥料与普通肥料间存在明显的差异。

从表 1 的多重比较中可以看出处理 6、处理 7 和处理 8 与处理 3 比较都有增产效果, 其中处理 8 达到极显著水平, 处理 7 达到显著水平, 处理 5 和处理 4 也比处理 2 的产量高, 说明采用 PAM 处理过的肥料比没有处理的肥料肥效有明显提高。处理 5 的产量高于处理 4, 处理 7 的产量高于处理 6, 说明增加 PAM 的量可能提高肥效。处理 8 的产量高于处理 7, 说明在相同的 PAM 用量下, 不同的加工方法也对肥效有影响。处理 3 比处理 2 的产量有所增加, 但增加幅度不大, 主要是由于处理 3 中所施肥料的养分含量高于处理 2, 但过高的养分含量也导致了高的流失, 大量的肥料流失不但不能有助作物生长, 还会导致环境问题。处理 3 的肥料经过 PAM 处理过后, 有效地抑制了这种流失, 所以处理 6、处理 7 和处理 8 比处理 3 有明显的产量提高。而处理 2 中的养分含量本身较低流失不严重, 所以处理 4 和处理 5 的增产效果不如处理 6、处理 7 和处理 8 明显。处理 5 和处理 4 与处理 3 比较, 玉米有增产效果, 尤其是处理 5 的增产达 3.59%, 说明 1.5% 的 PAM 对作物的作用比 15% 的养分还要大些, 而成本要低得多。

2.2 新型缓释肥料对玉米性状的影响

作物在不同生育阶段对养分的需要量是不同的, 苗期吸收养分很少, 吸收养分主要在生长的后期。普通肥料在中后期会出现供养不足, 缓释肥料的优越性就是体现在此时养分供给仍能满足作物需要。玉米生育性状是构成玉米产量的基础, 也能在一定程度上反映出各个时间的营养状况。试验中不同肥料对玉米生育性状的影响见表 2。

表 2 新型缓释肥料对玉米生长期性状的影响

Table 2 Effect of new slow-release fertilizers on character of corn growth

处理	出苗率/%	苗期株高/cm	拔节期株高/cm	拔节期茎周长/cm	成熟期株高/cm	成熟期茎周长/cm
1	84.1	52.4	160.2	8.20	178.2	7.56
2	83.5	59.3	183.7	9.80	222.5	8.29
3	92.0	60.9	183.8	9.40	224.6	8.25
4	88.4	59.7	184.9	9.70	226.4	8.32
5	86.8	60.5	196.4	10.01	234.1	8.53
6	86.3	60.4	202.9	9.49	241.0	8.53
7	87.9	62.3	195.0	9.60	233.0	8.76
8	92.4	63.6	191.2	10.10	230.9	8.69

从表 2 的测定结果可以看出, 出苗率以处理 3 和处理 8 最高, 分别比处理 2 高出 10.18% 和 10.66%。苗期株高以处理 7 和处理 6 最高, 分别比处理 2 高出 5.06% 和 7.25%, 比处理 3 高出 2.30% 和 4.43%, 其他的均比处理 3 低。说明幼苗期, 缓释肥料的效果不是很明显。拔节期株高处理 6 和处理 8 最高, 缓释肥比普通肥料高出 0.05% ~ 10.45%, 效果比较明显。拔节期茎周长, 以处理 4 和处理 7 最高, 缓释肥料的效果不大理想。成熟期株高, 以处理 5 和处理 6 最高, 缓释肥料比普通肥料高 0.80% ~ 8.31%。成熟期茎周长, 以处理 7 和处理 8 最高, 缓释肥料比普通肥料高 0.36% ~ 6.18%。这说明生长后期, 缓释肥料的效果比较好, 为玉米的高产打下了良好的基础。

2.3 经济效益分析

从表 3 可以看出, 7 种肥料经济效益最好的是处理 7、处理 8 和处理 4。而处理 3 的产量虽然高, 但经济效益却是最低的。从而说明单纯的靠增加肥料的用量来提高产量, 不但带来环境问题, 而且经济效益也会降低, 而采用 PAM 处理肥料, 具有明显的经济效益。

表 3 缓释肥料的经济效益分析

Table 3 Analysis of economic benefits of slow-release fertilizer

处理	成本及产值/(元·hm ⁻²)				
	肥料成本	总产值	扣除肥料成本总产值	比处理 2 增加净产值	比处理 3 增加净产值
1		4 750.2	4 750.2		
2	450	6 042.6	5 592.6		254.1
3	750	6 088.5	5 338.5	-254.1	
4	500	6 115.5	5 615.5	22.9	273.0
5	600	6 307.2	5 703.2	110.6	364.7
6	800	6 318.0	5 518.0	-74.6	179.5
7	900	6 669.0	5 769.0	176.4	430.5
8	900	6 817.5	5 917.5	324.9	579.0

说明: 玉米价格按 0.90 元·kg⁻¹ 计算

3 讨论

PAM 作为一种高吸水性树脂在农业已经得到了广泛应用, 除了具有很强的保水性能外, 还有改良土壤和保持水土流失的作用。夏海江等^[6] 经研究证明施用 PAM 可以减少地表径流量 18.4% ~

46.8%和减少土壤侵蚀量 13%~55%，施用 PAM 后还具有一定的保肥效果，土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量均高于未施用区。龙明杰等^[7] 研究证明 PAM 能够提高土壤团粒结构数量，降低土壤体积质量，增大土壤的毛管持水量和渗透系数，提高土壤的含水量。此外，研究者还证实，PAM 在土壤中的寿命可达 5~7 a，最后的分解产物对环境没有任何不良的影响。

将 PAM 应用于缓释肥料，一方面可以提高肥料效果，一方面可以改良土壤。在本研究中玉米施用新型缓释肥料比施普通肥料增加产量 162~825 kg·hm⁻²，增产幅度 2.67%~12.22%，经济效益可增加 179.5~579.0 元·hm⁻²。采用 PAM 研制的缓释肥料在国外已经商品化，而我国这方面的研究工作仍然还处于初级阶段。

参考文献:

- [1] 于经元, 白书培, 康仕芳. 缓释肥料概况 (上) [J]. 化肥工业, 1999, 26 (5): 15-19.
- [2] Tara R A, Stephen R C, Richard C L. Phosphorus flow in a watershed-lake ecosystem [J]. *Ecosystems*, 2001, 3 (6): 561-573.
- [3] Doan H D, Trass O, Fayed M E. Investigation of urea release from a coated sphere in to a quiescent liquid [J]. *Ind Eng Chem Res*, 1999, 38 (3): 1125-1132.
- [4] Badrulhasan. Production performance of some modified urea based nitrogen sources under temperate Kashmir [J]. *Indian J Agri Sci*, 2000, 69 (5): 389-390.
- [5] Robert L M. Using hydrophilic polymers to control nutrient release [J]. *Fert Res*, 1994, 38: 53-59.
- [6] 夏海江, 杜尧东, 孟维忠, 等. 聚丙烯酰胺防治水土流失的效果 [J]. 生态学杂志, 2001, 20 (1): 70-72.
- [7] 龙明杰, 张宏伟, 陈志泉, 等. 高聚物对土壤结构改良的研究 III. 聚丙烯酰胺对赤红壤的改良研究 [J]. 土壤通报, 2002, 33 (1): 9-13.

Polyacrylamide made slow-release fertilizer's effects on *Zea mays*

LIU Xing-quan¹, MIN Fan-guo², YANG Jin-min³, LI Jie¹, CHEN Xiao-jia¹

(1. School of Life Sciences, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Zhangjiagang Huayuan Chemical Engineering Limited Company, Zhangjiagang 215600, Jiangsu, China; 3. Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China)

Abstract: The new slow-release fertilizer protects environment, conserves soil and water, improves soil quality and increase efficiency and economic benefits. The results of experiments show the yield can be increased by 0.76%~12.82% and economic benefit can be increased by 179.5~579.0 yuan (RMB) per hectare by using the slow-release fertilizer made from polyacrylamide (PAM). The fertilizer can also improve the characters of corn during its medium and later period of growth. It is a very promising new slow-release fertilizer. [Ch, 3 tab. 7 ref.]

Key words: slow-release fertilizer; super absorbent polymer (SAP); polyacrylamide (PAM); *Zea mays*