

综 述

缓释/控释肥料研究进展^{*}

张 浩, 王正银

(西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 在前人有关缓释/控释肥料文献基础上, 对缓释/控释肥料的概念作了区分并提出了新的评判标准, 对缓释/控释肥料中的长效碳铵、沸石碳铵(硝铵)、缓释尿素、长效复混肥料作了介绍, 并对我国缓释/控释肥料的发展前景进行展望。

关键词: 缓释肥料; 控释肥料; 进展

中图分类号: S 14 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2002)05-0018-03

Advance in the Research of Slow/Controlled Release Fertilizers

ZHANG Hao, WANG Zheng-yin

(College of Resource & Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716)

Abstract: On the base of literature about slow/controlled release chemical fertilizers, slow/controlled release fertilizers are discriminated and a new method has been adopted for evaluating the longevity of controlled release fertilizer. An introduction is given to the study of long-acting ammonium bicarbonate, zeolite ammonium bicarbonate, slow/controlled release urea, long-acting compound fertilizers. Also, prospects are given for the development of slow/controlled chemical fertilizers in China.

Key words: slow release fertilizer; controlled release fertilizer advance

据统计目前我国氮肥利用率仅为 20%~50%、磷肥为 15%~25%、钾肥为 30%~35%, 为提高肥料利用率, 20 世纪初人们就提出了缓释肥料的设想, 但直到 40 年代才见到有关缓释肥料工艺和农化特性的报道。60 年代开展了大量的田间试验, 其应用范围由花卉、草坪、观赏植物扩大到稻、麦、棉、玉米、大豆、马铃薯、甘蔗和蔬菜^[1]。90 年代之后, 新型缓释肥成为国内外研究热点。

缓释肥(Slow Release Fertilizers 缩写为 SRF)又称缓释肥料、长效肥料、迟效肥料, 通常由于肥料化学成分改变或表面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^[2]。美国、加拿大、西班牙等国也相继进行了研究, 这些肥料属于长效缓释肥, 其优点是比常规肥料养分释放慢, 损失相对较少^[3]; 其缺点是肥料释放养分的速度与作物需要不一定吻合, 作物大量需要时供应不上, 作物需要少量

时肥料养分依然释放, 造成养分流失。缓释肥的高级形式为控释肥(Controlled Availability Fertilizers 缩写 CAFS), 它使肥料释放养分的速度与作物需要养分的量一致, 使肥料利用率达到最高。其中具有代表性的 Nutri-cote 包膜复合物(NPK 13-13-13)控制氮素释放速度在 100~360 d, 氮素释放量为 80%, 还有 20%未释放, 氮素利用率 60%~70%^[4]。控释肥通过肥料颗粒表面包膜厚度和空隙大小调节养分的释放速度, 最初选用非亲水性高分子化合物^[5], 但由于包膜价格昂贵和其在土壤中分解缓慢而带来环境污染问题, 科学家们正试图用亲水性高分子聚合物作为肥料粘结剂或包膜材料^[6,7], 如果该项研究能够有所突破, 将可大大提高肥料利用率, 特别是提高氮肥利用率。

^{*} 收稿日期: 2002-03-18

第一作者简介: 张浩(1978-), 男, 河南省内乡县人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 肥料资源与利用。

1 缓释/控释肥料概念区分及评价标准

缓释肥料、包膜肥料、包裹肥料、涂层肥料、控释肥料、肥效调节肥料等名词出现在不同文献中, 它们的概念相近, 但内涵有区别^[8]。另外, 关于缓释/控释肥料的评判标准也有所发展。

1.1 概念区分

1.1.1 包膜肥料 根据《中国农业百科全书》定义, 包膜肥料为肥料颗粒表面涂覆其他物质而成的一类缓释肥料, 用于成膜的物质有天然产品和人工合成的多聚体, 如聚氨基甲酸酯、聚乙烯、石蜡、沥青和硫磺等, 它们成膜后具有减少肥料与外界的直接接触、控制水溶性肥料中养分的释放速度、改善肥料的理化性能等作物^[8,9]。

1.1.2 包裹肥料 据中国包裹型肥料制造联合体资料定义: 包裹型复合肥料是一种或多种植物营养物质包裹另一种植物营养物质而形成的植物营养复合体。如美国包硫尿素属于此列, 但包裹肥料这一术语是原郑州工学院磷肥研究室(现郑州大学工学院磷肥与复肥研究所)许秀成等首次提出^[8]。

1.1.3 涂层肥料 涂层肥料是在肥料颗粒表面涂覆盖某些物质以改善肥料的物性或肥料功效。欧洲生产的大多数复合肥料均在表面带有涂层, 这些肥料的生产工艺中, 先干燥、冷却后, 再用于包裹机中涂以 0.3%~1.0% 的油及 1.05~2.0 的粘土, 以改善肥料的结块性。

1.1.4 缓释(缓效)肥料 施入土壤中的能缓慢放其养分的肥料称为缓释肥料, 它对作物具有缓效性或长效性, 美国 TVA 的 R·D Hauk 于 1985 年将缓释肥料分为四类: (1)微溶于水的合成有机氮化合物; (2)微水溶性或柠檬酸溶性合成无机肥料; (3)加工过的天然有机肥料; (4)包膜(包裹)型肥料。

1.1.5 控释(肥效调节)肥料 控制释放肥料是指那些养分释放速率能与作物需肥规律相一致(或基本一致)。这类肥料能最大限度提高肥料利用率, 防止多余养分对环境的污染。因此, 被认为是 21 世纪肥料的发展方向。在第一届控制释放与缓释肥国际研讨会(以色列 Haifa 市)上美国的 Hauk 提议将这种控制释放肥料称为 Controlled Availability Fertilizer (简称 CAF), 日本称这类肥料为“肥料调节肥料”与 CAF 在术语上一致^[8,10]。

1.2 缓释/控释肥料评判标准

欧洲标准委员会(Committee European Normali-

satim, CEN)对评判缓释肥料(TC 280/WG4/Fsf)作了如下说明: 若肥料养分在 25 °C、24 h 释放不大于 15% 及 28 d 释放不超过 78% 和规定时间内至少 75% 被释放, 则该肥料可称为缓释肥料^[8,11]。传统的评价肥料缓释性的标准是以肥料在水中的溶出率来说明的。日本对包膜肥料采用初期溶出率来测定肥料缓释率。所谓初期溶出率为称取试样 12.5 g, 加入 25 mL 水, 在 30 °C 的恒温箱中放置 25 h 后, 测定养分溶出率; 而微分溶出率是由测定在 30 °C 下恒温 7 d 后的溶出率通过计算出第 2~7 d 之间的每天平均溶出率^[8,12]。另一类测定包膜肥料养分释放和方法为土壤溶出率。美国宾西法尼亚大学的 E. J. Holcomb, 设计了一种简易方法, 将“养分从肥料颗粒中溶出与养分被一定土层的吸附”一并考虑, 测定养分从土层中溶出的量以判断缓释肥料的释放期^[8,13]。试验证明肥料浸入水中测得养分释放期不能代表肥料对作物表现出的肥效期。许秀成等^[8]认为应提出新的测试方法及评判标准来衡量缓释与控释肥料的肥效期。新评判标准考察了肥料在土壤中的变化, 分析可知肥料的肥效期远远大于肥料在水中溶解所需的时间, 并且不仅取决肥料本身的溶解性或养分释放期, 还与土壤中的行为密切相关。新评判标准如下: (1)将包裹肥料浸入水中, 于 8、24、36、48、60、72 h 后, 分别各取 10 粒肥粒, 观察尚存有核心(通常为尿素)的颗粒数目, 作为评判肥料缓释性能的生产在线控制; (2)将一定质量(10g)的包裹肥料浸入水中, 于 8、10、24、32h 后, 分别测定溶液中含氮量, 计算养分溶出率, 以评判所生产肥料是否符合缓释肥企业标准; (3)将一定质量(10g)的包裹肥料, 按文献^[13]介绍的方法, 埋入模拟土壤中, 测定养分溶出率, 以测定缓释肥料的肥效期。

2 缓释肥料的类型

2.1 缓释氮肥

2.1.1 长效碳铵 碳铵是一种较好的肥料品种, 但碳铵表施的利用率只有 27%。中科院南京土壤研究所利用钙镁磷肥作为包膜材料, 以碳铵为基质, 成功研制了一种长效碳铵^[14]。中科院沈阳生态所研制了在碳铵中加入 GM 高效矿物固氮剂后制成的长效碳铵^[15,16], 为灰色粉末, 粒度在 40~160 目, 硬度小、微孔多、表面积大、吸附性强, 具有润滑性、松散性、流动性和阴离子交换性, 热稳定性好。

2.1.2 沸石碳铵 沸石碳铵具有不结块、性能稳定、有易挥发、氮素利用率高等优点。施入土壤后不会残留任何有害的物质, 且可以提高土壤保肥、保水

能力,是一种很好的新型肥料。试验表明^[17]:使用30%沸石、70%碳铵配方混合的沸石碳铵效果较好。

2.1.3 沸石销铵 据内蒙古乌拉山肥料厂报道,将沸石与普通销铵按一定比例混合造粒,形成沸石硝铵,其中沸石吸附 NO_3^- 和交换性 NH_4^+ ^[18,19]将硝铵中氮素束缚起来。使用后随着作物根部周围氮素浓度降低, NH_4^+ 缓慢释放出来,使作物分阶段吸收,达到缓释或控释的目的。

2.1.4 缓释尿素 (1)经化学法制得缓释尿素:尿素经化学法制缓释尿素时,是由尿素与其他物质经化学反应成某种具有一定含氮量的,且释放有效氮速度较慢有机化合物。最常见的是尿素与醛类发生缩聚反应,生成不同聚合度的尿醛类化合物。(2)经物理法制得缓释尿素:阻溶类缓释尿素,这是一类水溶解速度慢的尿素,种类繁多,加工较简单。目前主要有大颗粒尿素、添加有阻溶物质的缓释尿素和包膜尿素三类。第一类为大颗粒尿素,一般指粒径大于2 mm的颗粒状产品,其中2~4 mm颗粒尿素广泛用于单一或复混肥料;4~8 mm用于森林、草原的飞播或撒施;8~12 mm的超大颗粒作为水稻的深施底肥^[1,20]。第二类为添加阻溶物性质的缓释尿素,该类尿素是含铜化合物、锌化合物及植物所需的微量元素的其他无机盐等物质添向尿素熔融液中,可使尿素的溶解速度减慢,同时增加微量元素供给。第三类为包膜尿素^[21]。通过向普通尿素表面涂覆一层薄膜而使制得的缓释尿素溶解速度变低。

抑制分解类尿素,该类肥料是通过向尿素中添加少量的脲酶抑制剂或硝化抑制剂。尿素挥发的快慢、肥效长短与土壤中脲酶活性有关,而土壤中脲酶活性与土壤有机质含量和肥力具有显著的相关性,加入脲酶抑制剂能降低酶活性,使尿素分解变慢^[22]。一般这类肥料能作底肥使用,其氮利用率可达50%~80%,有效期较普通尿素长数周至数月。

2.2 长效复混肥料

日本肥料株式会社在复合颗粒的表面使用磷酸与含Mg及 SiO_2 的无机粉末反应,由生成物将颗粒包覆,再用氨处理,得到粒状包裹复合肥料可作为缓释肥料使用。日本三菱化工公司研制的“卫德竣斯”超长效氮磷复合肥,能用于水稻、园艺及造林,产品呈30~40 mm的块状,重13 g,栽果树和植树时在坑中放入5~10块,可在三年内不施肥^[1]。郑州工学院以尿素为核心,以钙镁肥为包裹物料,以无机酸和缓溶剂制得钙镁磷肥改性复合肥料^[7,21]。

3 展望

尽管国内外在缓释/控释肥的研究上已取得较大进展,但仍存在诸多问题:如价位太高、养分释放速率与作物养分吸收模式不吻合、肥效缺乏系统定量的评价等。针对目前存在的问题,缓释/控释肥的研究应放在以下几个方面:(1)促进缓释/控释肥先进制作技术的开发和应用,生产价格较低的缓释/控释肥;(2)改进缓释/控释肥养分释放和供应模式,使其与作物需求同步;(3)定量评价从减少养分流失和节省劳力而得到实际经济效益;(4)完善缓释/控释肥释放行为特征的检测方法,规范缓释/控释肥生产、销售中的质量标准。

参考文献:

- [1] 于经元,白书培,康化芳.缓释肥料概况(上)[J].肥料工业,1999,26(5):15-19.
- [2] 孙先良.国内外肥料工业发展的新动向[J].化工进展,1996,(5):8-12,59.
- [3] Dou H. Alva. Nitrogen optake and growth of two rootstock seedling in a sandy soil secelvig different controlled— release fertilizer [J]. Biology and Fertility of soils, 1978, 26(3): 169-172.
- [4] Shaww A. Controlled— release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmentd deyradation[J]. A review Fertilizer Research, 1993, (35): 1-23.
- [5] Leoni. Rolyanaide of dimerized fatly ovids and polyether urea diamones and their use as adhesive. USA, 4 919, 196. United States Patent. <http://patft.uspto.gov/netahtml/srchum.htm>.
- [6] Sebmaks Kazys. Ureido— functional adhesion promoting amide monomers USA. 4, 599, 417. United States Patent. <http://patft.uspto.gov/netahtml/srchum.htm>.
- [7] Nada. Ganular fertilizer with a multiplayer coating. USA, 5, 645, 624. United States Patent. <http://patft.uspto.gov/netahtml/srchum.htm>.
- [8] 许秀成,李萍,王好斌.包裹型缓释/控释肥料专题报告[J].磷肥与复肥,2000,15(3):1-6.
- [9] 中国农牧渔业部.中国农业百科全书(农业化学卷)[M].北京:中国农业出版社,1996,5-6.
- [10] 庄子贞雄.肥效调节肥料,肥料(日)[J].1994,3(67):8-13.
- [11] Dr martin E Trenkel. Controlled— Release and Stabilized Fertilized in Agriculrture [M]. International Fertilizer Industry Association, 1997(11): 11-14.
- [12] 山添文雄.缓释肥料的评价标准探讨,肥料(日)[J].1994,3(67):16-19.
- [13] Jay holcomb E. Atechnique for determining potassium release from a slow release fertiltzer. Commu. In soil sci & plant analysis [J]. 1981, 12(3): 217-277.
- [14] 高俊文.缓释肥料的生产技术及发展趋势[J].肥料与催化,

(下转第11页)

$$0.05 X_2^2 - 0.16 X_1 X_2$$
$$f(X_{1_2}) = 138.82 + 4.75 X_1 + 1.49 X_2 + 0.05 X_1^2 -$$
$$0.05 X_2^2 - 0.16 X_1 X_2$$

高产出现在肥量充足的条件下。在中等氮肥表施的条件下($X_3 = 0$),小麦高产出现在氮肥深施量较高处,而与磷肥深施无关。

(2)氮肥深施(X_1)和氮肥表施(X_3)的互作效应及对产量的影响降维后的偏回归子模型为:

$$f(X_{1_3}) = 129.63 + 4.97 X_1 + 4.23 X_3 + 0.05 X_1^2 -$$
$$0.20 X_3^2 - 0.80 X_1 X_3$$
$$f(X_{1_3}) = 131.57 + 4.70 X_1 + 4.65 X_3 + 0.05 X_1^2 -$$
$$0.20 X_3^2 - 0.80 X_1 X_3$$
$$f(X_{1_3}) = 133.23 - 4.97 X_1 + 5.07 X_3 + 0.05 X_1^2 -$$
$$0.20 X_3^2 - 0.80 X_1 X_3$$

可见,小麦高产出现在足量的深施氮肥(X_1)处。随着磷肥深施量的增加,其高产区域稳定不变。

(3)磷肥深施(X_2)和氮肥表施(X_3)的互作效应及对产量的影响降维后的偏回归子模型为:

$$f(X_{2_3}) = 123.81 + 1.34 X_2 + 4.78 X_3 - 0.05 X_2^2 -$$
$$0.20 X_3^2 + 0.25 X_2 X_3$$
$$f(X_{2_3}) = 131.57 + 1.07 X_2 + 4.56 X_3 - 0.05 X_2^2 -$$
$$0.20 X_3^2 + 0.25 X_2 X_3$$
$$f(X_{2_3}) = 139.61 + 0.80 X_2 + 4.52 X_3 - 0.05 X_2^2 -$$
$$0.20 X_3^2 + 0.25 X_2 X_3$$

小麦高产分布在高肥区,在不深施氮肥或少深施氮肥的情况下,氮肥表施而不是磷肥深施左右着小麦的产量。随着深施氮肥量的增加,其高产区域逐渐扩大。

2.5 边际效应分析

对模型求偏导数,得方程:

$$dY/dX_1 = 4.70 + 0.09 X_1 - 0.16 X_2 - 0.08 X_3$$
$$dY/dX_2 = 1.07 - 0.16 X_1 - 0.09 X_2 + 0.25 X_3$$
$$dY/dX_3 = 4.65 - 0.08 X_1 + 0.25 X_2 - 0.40 X_3$$

将三个方程的 X_1 、 X_2 、 X_3 都固定在同一水平 0 上,可得:

$$dY/dX_1 = 4.70; dY/dX_2 = 1.07; dY/dX_3 = 4.65.$$

同样,将 X_1 、 X_2 、 X_3 分别固定在 1.682, 1, 0, -1, -1.682, 可分析出各决策变量对产量影响的波动状况及效应值。氮肥深施(X_1)、磷肥深施(X_2)和氮肥表施(X_3)均为增产效应。当各变量均在 0 水平时,其一个编码值的增产效应为:氮肥深施为 4.70 kg。深施氮肥最大,表施氮肥次之,深施磷肥为三。随着编码值的增加,0 水平为深施氮肥效应超过表施氮肥效应的临界水平。就因素而言,随着编码值的增加,氮肥深施(X_1)、氮肥表施(X_3)其增产效应呈递减态势。氮肥表施(X_3)递减幅度最大,全差值为 0.76,氮肥深施(X_1)值为 0.50,且绝对值超过氮肥表施。说明在氮肥用量大的条件下,边际效应值由表施氮肥向深施氮肥转移。

3 讨论

3.1 本研究结果对于我省小麦生产结合秋整地进行秋施肥具有现实意义。

3.2 氮肥深施和氮肥表施互作效应高,其水平的选择对小麦产量的分布起决定性的作用。

3.3 氮肥深施具有较高的利用效果。

3.4 氮肥深施具有巨大的增产潜力。

参考文献:

[1] 李仁岗. 肥料效应函数[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
[2] 陈丰民, 吴尔奇, 丁东 等. 配方施肥指南[M]. 北京: 学术期刊出版社, 1989.
[3] 北京农业大学. 肥料手册[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
[4] 山东农学院. 作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1980.

(上接第 20 页)

1991, (1): 59-65.
[15] 孙先良. 我国肥料工业发展前景[J]. 氮肥设计, 1993 31(4): 23-27.
[16] 于经元, 白书培, 康化芳. 缓释肥料概况(下)[J]. 肥料工业 1999 (6): 3-5.
[17] 刘伯元, 张寿稳, 董胜. 沸石肥料—一种可以减少肥料流失的肥料[J]. 磷肥与复肥, 1996, (6): 54-56
[18] 李秉毅译. 粒状包膜肥料[J]. 肥料工业译丛, 1990, (4): 46-48.

[19] 刘广余, 李吉进. 沸石在复混肥中的作用与应用[J]. 华北农学报, 1998 13(2): 93-97.
[20] 张开坚. 改产大颗粒尿素技术方案与选择[J]. 肥料设计, 1998, 36(4): 13-15.
[21] 成若林. 利用沸石载体减少氮肥在土壤中损耗的研究[J]. 草业科学, 1998, 15 (1): 70~封3.
[22] 张剑锋译. 聚乙烯包膜尿素[J]. 化肥工业译丛, 1990, (3): 5-8.