

PAL 肥料氮素释放规律及其对大麦生长的影响

郭全恩^{1,2}, 郭天文¹, 王益权^{2*}, 刘军², 南丽丽³, 曹发魁⁴, 武天云¹

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃凯西生态环境工程有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 利用盆栽试验研究了 PAL 肥料的氮素释放动态及对大麦经济性状和产量的影响。结果表明: PAL 肥料与尿素 NH_4^+ -N 释放没有显著差异, NO_3^- -N 释放趋势相同, 都呈现“S”型特征曲线, 且差异极显著。在大麦的整个生育期, PAL 肥料氮素释放较尿素具有两个缓释阶段。第一个缓释阶段, 是从施肥后到 14 d 内; 第二个缓释阶段, 是施肥后的 28~42 d 内。其缓释作用表现为: 前控—后释—再控—再释, 以此满足作物对不同生育期养分的需求。在施 N 量相同的情况下, 施 PAL 肥料较尿素增产显著。且在试验设计的施氮量 0~7 kg/667m² 范围内, 随着施氮量的增加, 大麦产量增加; 在施氮量 7~14 kg/667m² 范围内, 随着施氮量的增加, 大麦产量呈下降趋势。

关键词: PAL 肥料; 铵态氮; 硝态氮; 大麦

中图分类号: S143.1⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0068-05

氮素是植物需要最多, 供求存在着尖锐矛盾的元素。然而, 氮肥利用效率低一直是氮肥使用面临的最大问题, 不但造成了很大的浪费, 还带来了许多负面效应^[1]。为此, 甘肃凯西生态有限公司与有关部门及专家, 经过多年的研究开发研制出一种具有良好吸附性和缓释性的非金属矿物, 利用其特点与肥料复配而成为一种新的 PAL 肥料, 具有缓释性能。其含 N 量为 9.3%, 为了进一步验证探讨它对 N 的生物缓释性能, 特做本试验, 为今后大面积推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验设在甘肃省农科院土壤肥料研究所玻璃温室内, 用盆栽进行试验。试验盆钵采用高 22 cm, 直径为 18 cm 的白瓷盆。土样采集后风干、过筛、装盆, 每盆装土 5.0 kg。指示作物为大麦, 品种为甘啤 3 号, 每盆播种 15 粒, 出苗后定苗 10 株。

试验用土壤采自兰州试验农场 0~20 cm 的耕层土, 土壤类型属灌淤土, 土壤 pH 为 8.1, 全盐 0.87 g/kg, 有机质 15.58 g/kg, 全氮、磷、钾分别为 1.22 g/kg, 1.03 g/kg 和 20.7 g/kg, 有效氮、磷、钾分别为 92.2 mg/kg, 23.1 mg/kg 和 209 mg/kg。

1.2 试验设计

试验共设 5 个处理: ①PAL 肥料 2.50 g/盆(折

合大田纯 N 7.0 kg/667m²); ②PAL 肥料 5.02 g/盆(折合大田纯 N 14.0 kg/667m²); ③尿素 0.51 g/盆(折合大田纯 N 7.0 kg/667m²); ④尿素 1.01 g/盆(折合大田纯 N 14.0 kg/667m²); ⑤对照(CK)。

试验重复 4 次, 随机区组排列。于 2003 年 4 月 6 日装盆, 4 月 7 日播种。装盆前先每盆土样基施 5 g 过磷酸钙(含 P₂O₅ 17%)、0.8 g KCl(含 K₂O 60%)、0.5 g FeSO₄, 然后将不同处理肥料按用量与 5 kg 土样充分混匀后装盆, 第一次灌水按风干土的 20% 计, 即每盆浇水 1 000 ml, 待盆内土壤湿度合适时进行播种。

在整个试验过程中记录各生育期的变化, 观察各处理长势, 收获后考种并统计产量。

1.3 测定指标及方法

从出苗后, 定期(每 5~7 d)采集各处理土样, 分析全氮、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 的变化, 直到土壤中的离子态 N 素不再变化时(即和对照的含量接近)为止。

NO_3^- -N 的测定用新鲜土样酚二磺酸比色法, NH_4^+ -N 的测定用直接蒸馏法。

1.4 统计学分析

土壤中的氮素含量方差分析计算程序采用 SAS(10.3)中的组内只有单个观察值的两向分组资料的方差分析; 产量方差分析计算程序采用 SAS(10.7)中的单一自由度的独立比较进行。

收稿日期: 2006-03-16

基金项目: 国家科技成果重点推广项目“钠质碱化土壤新型改良剂示范推广”(2005EC000335)

作者简介: 郭全恩(1974—), 男, 甘肃天水人, 助研, 主要从事土壤物理改良等方面的研究。E-mail: qnguo@sina.com。

* 通讯作者: 王益权, E-mail: soilphysics@163.com

2 结果与分析

2.1 不同时期土壤中 NH_4^+-N 的动态变化

从图 1 可以看出,尿素施入土壤后,经脲酶水解形成大量的 NH_4^+-N ,在土壤微生物和酶的作用下,开始形态转化。从施肥后 14 d 到 21 d(即 4 月 30 日到 5 月 7 日),施用尿素的都比施用相同含氮量的 PAL 肥料释放出的 NH_4^+-N 含量高,从 21 d 到 35 d 这一段时间内,它们释放量之间发生变化,到第 35 d(5 月 21 日)它们 NH_4^+-N 释放量比较接近;从第 35 d 之后,施用 PAL 肥料的都比施用相同含氮量的尿素释放出的 NH_4^+-N 含量高,直到第 62 d(6 月 18 日),不同处理间的 NH_4^+-N 含量与对照比较接近,这时,证明肥料中的 NH_4^+-N 完全释放。

对不同时期土壤中的 NH_4^+-N 含量方差分析(见表 1),结果表明,总处理间: $F=1.63$, $P=0.1590>0.05$,故总体没有显著差异。A 因素: $F=$

0.27, $P=0.8942>0.05$,故认为因素 A(处理)间没有显著差异,即施用 PAL 肥料和尿素以及对照之间土壤中的 NH_4^+-N 含量没有显著差异。B 因素: $F=2.53$, $P=0.0485<0.05$,故认为因素 B(不同时期土壤中的 NH_4^+-N 含量)间有显著差异。

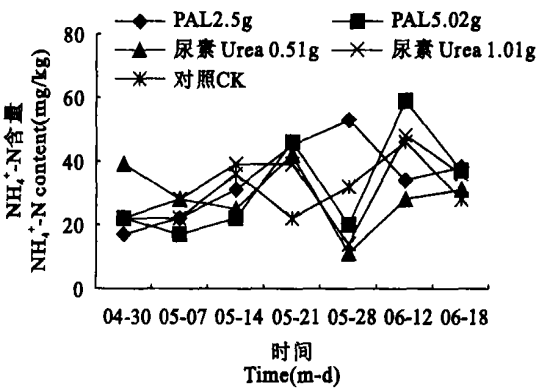


图 1 不同时期土壤中 NH_4^+-N 的变化
Fig.1 Change of soil NH_4^+-N content during different growth period

表 1 土壤中氮素含量方差分析结果

Table 1 The result of variance analysis on soil nitrogen content

种类 Classification	变异来源 Source	DF	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	Pr > F
NH_4^+-N	模型 Model	10	1814.971429	181.497143	1.63	0.1590
	误差 Error	24	2679.714286	111.654762	—	—
	总和 Corrected total	34	4494.685714	—	—	—
	A	4	120.685714	30.171429	0.27	0.8942
	B	6	1694.285714	282.380952	2.53	0.0485
	模型 Model	10	2348592.229	234859.223	8.83	<0.0001
NO_3^--N	误差 Error	24	638596.914	26608.205	—	—
	总和 Corrected total	34	2987189.143	—	—	—
	A	4	679524.286	169881.071	6.38	0.0012
	B	6	1669067.943	278177.990	10.45	<0.0001
	模型 Model	10	2293436.114	229343.611	8.71	<0.0001
	误差 Error	24	632160.857	26340.036	—	—
$\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NO}_3^--\text{N}$	总和 Corrected total	34	2925596.971	—	—	—
	A	4	686825.543	171706.386	6.52	0.0011
	B	6	1606610.571	267768.429	10.17	<0.0001
	模型 Model	10	2293436.114	229343.611	8.71	<0.0001

注:A 代表不同处理,B 代表不同时期土壤中的氮素含量。
Note: A—different treatment; B—soil nitrogen content during different stages.

2.2 不同时期土壤中 NO_3^--N 的动态变化

硝态氮是植物能够直接吸收利用的速效性氮素,是反映干旱半干旱地区农业土壤氮素水平的一个重要指标^[2]。从动态分析(图 2)可以看出,硝态氮含量在大麦生育期中波动较为剧烈,受水分条件

及作物不同生长阶段的影响较大,且施肥的明显高于对照。

施肥后 14 d(即 4 月 6 日到 4 月 30 日),土壤中 NO_3^--N 含量第一次出现高峰,施肥的明显高于对照,且在施氮量相同的情况下,施用尿素较施用

PAL 肥料的高。直到 5 月 7 日(即施肥 21 d),随尿素用量的增加,NO₃⁻-N 含量急剧下降,第一次出现低谷,这可能与 pH 的升高、土壤脲酶活性和硝化细菌数量下降有关,从而减弱了硝化作用^[1]。之后随着时间的延长,NO₃⁻-N 含量逐渐增加,直到 5 月 14 日(即施肥后 28 d),NO₃⁻-N 含量第二次出现高峰,之后随着生育时期的延长,逐渐降低,直到第 62 d(6 月 18 日),不同处理间的 NO₃⁻-N 含量与对照比较接近,这时,证明肥料中的 NO₃⁻-N 完全释放。从整个生育期来看,PAL 肥料与尿素中的 NO₃⁻-N 释放规律相近,都呈现“S”型特征曲线。这与武志杰研究报道的农作物对养分的吸收速度,在一个生长期中,大体呈 S 形,即开始较慢,随后大大加快,以后又逐渐变慢相一致^[3]。

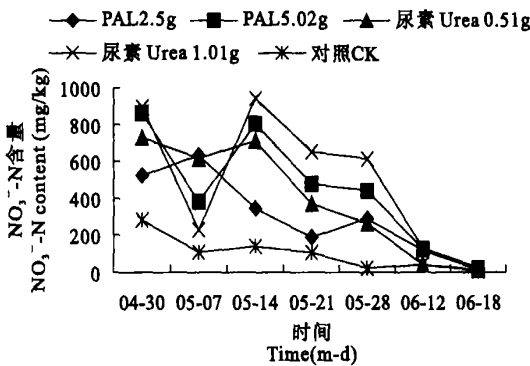


图 2 在不同时期土壤中 NO₃⁻-N 的变化

Fig. 2 Change of soil NO₃⁻-N content during different growth period

对不同时期土壤中的 NO₃⁻-N 含量方差分析(见表 1),结果表明,总处理间: $F = 8.83, P = 0.0001 < 0.01$,故总体有显著差异。A 因素: $F = 6.38, P = 0.0012 < 0.01$,故认为因素 A(处理)间有极显著差异,即施用 PAL 肥料和尿素以及对照之间土壤中的 NO₃⁻-N 含量有极显著差异。B 因素: $F = 10.45, P = 0.0001 < 0.01$,故认为因素 B(不同时期土壤中的 NO₃⁻-N 含量)间有极显著差异。

2.3 不同时期土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的变化

从图 3 可以看出,在大麦的整个生育期,土壤中的 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 含量施肥处理的明显高于对照。施肥后 14 d(即 4 月 30 日),施用相同含 N 量的尿素和 PAL 肥料,土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量处理③明显高于处理①,处理④明显高于处理②。施肥后 21 d(即 5 月 7 日),其变化趋势发生了变化,土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量处理①略高于处理③,处理②略高于处理④,之后土壤中的 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量又发生变化,施用相同

含 N 量的尿素处理较 PAL 肥料处理的高。直到 42 d~63 d(即 5 月 28 日~6 月 18 日),土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量处理①明显高于处理③,而处理②高于处理④是在 56 d~63 d(即 6 月 12 日~6 月 18 日)。

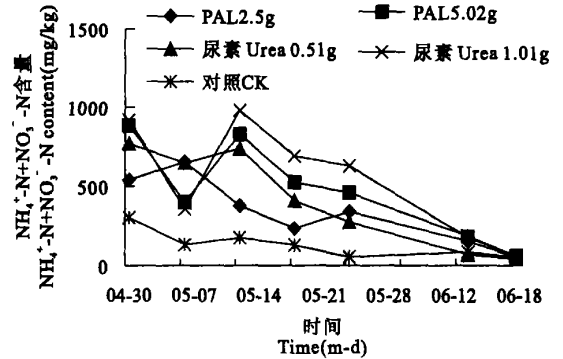


图 3 在不同时期土壤中的 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 变化

Fig. 3 Change of soil NH₄⁺-N+NO₃⁻-N during different growth period

因此,在大麦的整个生育期,从土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量来看,PAL 肥料较尿素具有两个缓释阶段。第一个缓释阶段,是从施肥后到 14 d 内;第二个缓释阶段,是施肥后的 28 d~42 d 内。而在施肥后的大约 14 d~28 d 以及 42 d~63 d 这两个阶段,是其释放较尿素具有两个高峰时期。所以说其缓释作用表现为:前控—后释—再控—再释,满足作物在不同生育期对养分的需求。

对不同时期土壤中的 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 含量方差分析(见表 1),结果表明,总处理间: $F = 8.71, P = 0.0001 < 0.01$,故总体有极显著差异。A 因素: $F = 6.52, P = 0.0011 < 0.01$,故认为因素 A(处理)间有极显著差异,即施用 PAL 肥料和尿素以及对照之间土壤中的 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 含量有极显著差异。B 因素: $F = 10.17, P = 0.0001 < 0.01$,故认为因素 B(不同时期土壤中的 NO₃⁻-N 含量)间有极显著差异。

2.4 PAL 肥料生物缓释对大麦经济性状的影响

由表 2 可以看出,不同处理的肥料用量对大麦的株高、穗长、有效分蘖数、穗粒数、千粒重、生物产量均有显著影响。其中株高较对照增加 0.7~3.4 cm,穗长较对照增加 0.5~1.5 cm,有效分蘖数较对照增加 1~2 个/株,穗粒数较对照增加 3~10 粒,千粒重较对照增加 0.3~7.3 g,生物产量较对照增加 8.9~11.6 g/10 株。

表 2 PAL 肥料生物缓释对甘啤 3 号产量及经济性状的影响

Table 2 Effects of applying PAL fertilizer on economic characters and yield of barley

处理 Treatments	株高 Plant height (cm)	穗长 Ear length (cm)	有效分蘖 (个/株) Effective tillers per plant	穗粒数 (粒) Grains per ear	千粒重 TGW (g)	生物产量 (g/10 株) Biomass yield (g/10 plants)	籽粒产量 (g/盆) Grain yield (g/pot)
①	42.4	6.8	3	22	52.3	35.7	11.4
②	40.0	6.9	3	16	49.1	36.4	8.4
③	42.7	6.5	4	18	48.7	37.8	9.3
④	41.5	5.8	5	15	45.3	35.1	6.7
⑤(ck)	39.3	5.3	2	12	45.0	26.2	6.7

2.5 PAL 肥料生物缓释对甘啤 3 号产量的影响

试验结果(图 4)表明,含 N 量相同的 PAL 肥料与尿素相比,施 PAL 肥料的大麦产量较施尿素的产量有所增加。其中施 PAL 肥料(纯 N7.0 kg/667m²),处理①较处理③增产 2.1 g/盆;施 PAL 肥料(纯 N14.0 kg/667m²),处理②较处理④增产 1.7 g/盆。而不同处理的肥料用量对大麦产量都有影响。

经单一自由度的独立比较,方差分析结果表明(见表 3),施肥对不施肥(处理①+②+③+④对处理⑤)和施 PAL 肥对施尿素(处理①+②对处理③+④)以及施含氮量相同的 PAL 肥对尿素(处理①对处理③和处理②对处理④)的差异都显著($P<0.05$),但没有达到极显著水平($P>0.01$)。

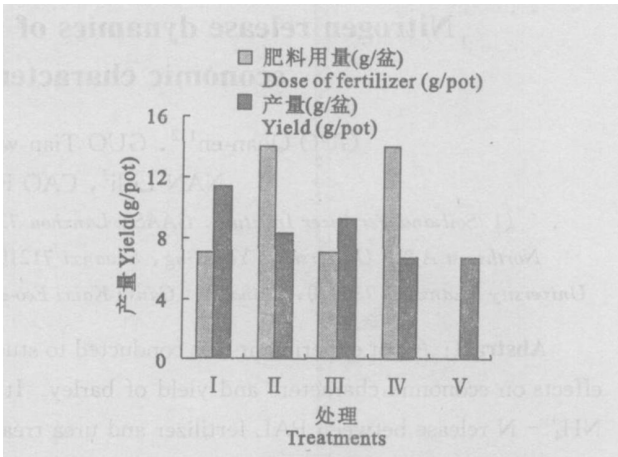


图 4 不同处理的肥料用量与产量的关系图

Fig.4 Effect of different treatments of fertilizers on yield of barley

表 3 单一自由度方差分析

Table 3 The variance analysis of single DF

比较 Contrast	DF	平方和 Contrast SS	均方 Mean square	F 值 F value	Pr > F
①+②+③+④ vs ⑤	1	12.15000000	12.15000000	6.66	0.0274
①+② vs ③+④	1	11.21333333	11.21333333	6.14	0.0326
① vs ③	1	13.80166667	13.80166667	5.70	0.0381
② vs ④	1	10.40166667	10.40166667	7.56	0.0205

注:①、②、③、④、⑤分别是不同的处理。 Note: ①, ②, ③, ④ and ⑤ mean different treatments.

据王荣栋研究报道,大麦需肥特点每生产 100 kg 籽粒,要从土壤中吸收纯养分约为:氮 2.6 kg,磷 1.2 kg,钾 2.2 kg。与小麦相比,大麦籽粒所需养分较少^[4]。在试验设计的施氮量 0~7 kg/667m² 范围内,随着施氮量的增加,大麦产量增加;在施氮量 7~14 kg/667m² 范围内,随着施氮量的增加,大麦产量呈下降趋势。这可能是由于施肥量增加,群体增大,导致千粒重下降,产量降低^[5]。

3 小 结

1) 根据本试验施用 PAL 肥料和尿素氮素释放比较,结果表明: NH₄⁺-N 释放没有显著差异, NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 释放具有极显著差异,且 NO₃⁻-N 释放 PAL 肥料与尿素趋势相同,都呈现“S”型特征曲线。

2) 在大麦的整个生育期,从土壤中 NH₄⁺-N+NO₃⁻-N 的含量来看, PAL 肥料较尿素具有两个缓

释阶段。第一个缓释阶段,是从施肥后到 14 d 内;第二个缓释阶段,是施肥后的 28~42 d 内。其缓释作用表现为:前控—后释—再控—再释,以此来满足作物对不同生育期养分的需求。

3) 在施 N 量相同的情况下,施 PAL 肥料较尿素增产显著。且在试验设计的施氮量 0~7 kg/667m² 范围内,随着施氮量的增加,大麦产量增加;在施氮量 7~14 kg/667m² 范围内,随着施氮量的增加,大麦产量呈下降趋势。

参 考 文 献:

- [1] 王曙光,侯彦林,郭伟.不同肥土比对 NO₃⁻-N 浓度变化的影响研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):148—151.
- [2] 党廷辉,马海涛,高晓妮.矿态氮反映旱地土壤供 N 能力的研究[J].陕西农业科学,1991,(6):14—15.
- [3] 武志杰,周健民.开发缓释控释肥料提高化肥利用率[J].中国科学院院刊,1999,(5):354—358.
- [4] 王荣栋.啤酒大麦的合理施肥.安徽农业,1996,(11):21.
- [5] 许峰,王亦勤,罗来君,等.氮肥对啤酒大麦蛋白质含量及产量的影响.大麦科学,2003,(3):32—35.

Nitrogen release dynamics of PAL fertilizer and its effects on economic characters and yield of barley

GUO Quan^{en1,2}, GUO Tian^{wen1}, WANG Yi^{-quan2}, LIU Jun²,
NAN Li^{-li3}, CAO Fa^{-kui4}, WU Tian^{-yun1}

(1. Soil and Fertilizer Institute, GAAS, Lanzhou 730070, China; 2. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Grass Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 4. Gansu Kaixi Eco-environment Engineering Corporation, Lanzhou 730000, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the nitrogen release dynamics of a PAL fertilizer and its effects on economic characters and yield of barley. It was observed that there was no significant difference in NH₄⁺-N release between PAL fertilizer and urea treatment. The trend of NO₃⁻-N release was similarly “S” type curve, and there was a very significant difference. During the whole growth period of barley, there were two stages of nitrogen release from PAL fertilizer: the first stage was 0~14 d and the second stage was 28~42 d after applied. The function of nitrogen release from PAL fertilizer was satisfied with the nutrient demand of crop. Under the same nitrogen level, the yield of barley treated with PAL fertilizer was higher than that with urea. In the range of 0~7 kg/667m², as the nitrogen levels ascended, the yield of barley increased; in the range of 7~14 kg/667m², as the nitrogen levels ascended, the yield of barley descended.

Keywords: PAL fertilizer; NH₄⁺-N; NO₃-N; barley

欢迎订阅 2007 年《南方园林花卉》

《南方园林花卉》为重庆市农业科学院主办,是既综合花卉、园林,又兼顾学术和技术的公开发行人刊。栏目设置有试验研究、园林设计、专题论述、基地建设、栽培养护、品花论花、居家花艺、小小花经。彩色印刷,大 16 开本。双月刊,每期定价 10 元,全年 60 元。邮发代号 78—120,全国各地邮政局(所)均可订阅。同时,欢迎汇款到编辑部邮购,平寄免收邮费。热忱欢迎投稿和刊登广告信息。

地 址:重庆市江北区华新街 345 号

邮编:400020

收款人:南方园林花卉编辑部

电话:023—67722381

E-mail:nfylhh@163.com

nyflhh@yahoo.com.cn