

坡缕石包衣肥缓释效应及其机理

罗春燕¹, 蔺海明¹, 刘伟生², 尚千涵¹, 曹发魁³, 宋颖³

1. 甘肃农业大学农学院, 兰州 730070
2. 兰州大学化学与工程学院, 兰州 730030
3. 甘肃凯迪生态农业科技有限公司, 兰州 730030

摘要 为研究坡缕石包衣肥的缓释效应及机理, 以春小麦为指示作物, 进行盆栽试验。结果表明, 坡缕石包衣磷酸二铵有利于肥料缓释, 使春小麦千粒重、经济系数、经济产量和生物产量均有不同程度增加, 并能有效促进春小麦体内生物物质的转化, 达到延缓衰老的作用。坡缕石可作为肥料的新型缓释包衣材料在生产中得以应用。

关键词 坡缕石; 包衣肥; 缓释效应; 缓释机理

中图分类号 S147.5

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)03-0056-05

Slow Release Effect and Mechanism of Palygorskite Coated Fertilizer

LUO Chunyan¹, LIN Haiming¹, LIU Weisheng²,
SHANG Qianhan¹, CAO Fakui³, SONG Ying³

1. College of Agromomy, Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China
2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730030, China
3. Gansu Kaidi Agroecology Science and Technology Co. Ltd., Lanzhou 730030, China

Abstract Spring wheat pot experiments were used to study the slow release effect and mechanism of palygorskite coated fertilizer. The results show that palygorskite coated phosphorus helps to make a slow release of fertilizer, to increase the weight per 1 000 grains, the economic coefficients, the economic yield, and the biomass of spring wheat, and to promote the transformation of biochemistry matter in spring wheat and the delayed aging. Therefore, palygorskite can be used as a new type of slow-release fertilizer coating materials in production.

Keywords palygorskite; coated fertilizer; slow release effect; slow release mechanism

0 引言

肥料用量大、成本高、肥效低、污染重已是农业生产中面临的普遍问题。积极研发缓、控释肥料是肥料科学的重大命题, 对未来农业发展将产生巨大而深远的影响^[1]。提高肥料利用率, 减轻或避免肥料损失是世界肥料科学研究的前沿; 对肥料本身进行改性, 开发缓、控释肥是最为快捷方便、能从根本上解决肥料损失问题的有效措施^[2]。而肥料包衣又是缓释肥料研发的一大热点。包衣缓释肥的研制主要集中在包衣材料的选择上, 寻求廉价、可降解的包衣材料是缓释、控释肥料研制的发展方向^[3-4]。

天然生态材料坡缕石具备完成上述重大任务的基质和特征。坡缕石又称凹凸棒石, 是一种稀缺的非金属矿产资源, 为含水镁质硅酸盐, 富含碘、硒、锌等 12 种植物必需的微量元素^[5]。由于其具有层、链、纤维状晶体结构和纳米级孔穴通道的微观构造, 除有良好的吸附性、悬浮性、缓释性、分散性和离子交换性外, 还具有较强的吸水性和保水性。全世界已探明的储量约 14 亿 t, 中国储量约 13.6 亿 t, 甘肃省远景储量达 11 亿 t, 约占世界各类储量总量的 79%。若能将这一可贵资源有效地应用到农业生产, 其意义和价值无可估量。已有研究表明, 在传统肥料中添加一定量的坡缕石, 对小麦、玉米、马铃薯等农作物和叶茎类蔬菜均有不同程度的增产作用^[6], 但尚未见到作为肥料包衣材料的应用研究报道。本研究通过春小麦 (*Triticum aestivum* L.) 盆栽试验, 从产量效应和生理生化指标等方面, 探索坡缕石作为包衣对肥料的缓释效应及作用机理, 旨在为将新材料坡缕石应用到肥料包衣技术上提供科学依据。

收稿日期: 2008-10-29

基金项目: 教育部博士点基金项目(200807330006)

作者简介: 罗春燕, 研究方向为作物栽培与耕作学, 电子信箱: luochunyan6@126.com; 蔺海明 (通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: S289300044M), 研究员, 研究方向为农业生态学, 电子信箱: Linhm@gsau.edu.cn

高小麦产量。参试肥料中坡缕石包衣磷酸二铵处理的千粒重和经济系数最高,分别为41.7 g和47.2%,较CK 36.0 g和43.8%依次高15.8%和7.8%,达到极显著水平($P=0.01$),比未包磷酸二铵处理依次高出0.8%和5.1%,比美国包衣处理高出1.4%和0.5%;经济产量和生物产量分别为31.2 g/盆和65.5 g/盆,依次较CK高64.0%和52.4%,但不及美国包衣处理的。由此看出,千粒重和经济系数都是坡缕石包衣磷酸二铵处理最高,而经济产量和生物产量是美国包衣磷酸二铵处理略高。这说明坡缕石包衣磷酸二铵能促进小麦千粒重和经济系数的提高,但经济产量和生物产量尚未表现出明显优势。主要原因是坡缕石包衣磷酸二铵处理的穗粒数较美国包衣磷酸二铵处理的少,使得经济产量和生物产量的增加受到影响。从副处理不同施肥量看,随施肥量的增加,千粒重、经

济产量、生物产量和经济系数也逐渐增加。坡缕石包衣磷酸二铵处理在2.59 g/盆施肥水平下经济系数和经济产量最高,分别达49.2%和36.9 g/盆;千粒重和生物产量是在3.46 g/盆施肥水平下最高,分别达46.3 g和75.8 g/盆。

2.1.2 坡缕石包衣磷酸二铵对小麦株高和叶面积的影响

坡缕石包衣磷酸二铵对小麦株高和叶面积的影响如表2所示。从小麦株高变化趋势分析,各种包衣肥料处理的小麦株高,在拔节至抽穗期一直呈迅速增长趋势,施美国包衣磷酸二铵和坡缕石包衣磷酸二铵的小麦株高均高于无包衣磷酸二铵的。从盆栽试验的生长状况来看,美国包衣磷酸二铵处理的小麦株高在拔节期以前表现出一定的优势,而自进入拔节期后坡缕石包衣磷酸二铵处理的株高增长幅度明显,表明在这一时期后者具有缓释效应。

表2 不同生育时期的株高和叶面积
Table 2 Plant height and leaf area in different growth periods

主处理	副处理	三叶期		拔节期		抽穗期	
		株高/cm	叶面积/cm ²	株高/cm	叶面积/cm ²	株高/cm	叶面积/cm ²
A	A ₀ (CK)	32.5 ^{aA}	26.7 ^{bAB}	36.5 ^{hA}	49.9 ^{cC}	60.8 ^{aA}	21.7 ^{dC}
	A ₁	31.0 ^{aA}	32.4 ^{aA}	37.8 ^{a^hA}	79.3 ^{aA}	61.8 ^{aA}	26.9 ^{eB}
	A ₂	31.0 ^{aA}	25.5 ^{bB}	38.5 ^{a^hA}	60.8 ^{bB}	62.5 ^{aA}	30.7 ^{bB}
	A ₃	31.5 ^{aA}	29.2 ^{abAB}	39.8 ^{aA}	62.8 ^{bB}	61.3 ^{aA}	40.3 ^{aA}
	平均	31.5 ^{aA}	28.5 ^{aA}	31.2 ^{aA}	63.2 ^{hA}	61.6 ^{aA}	29.9 ^{eB}
B	B ₀ (CK)	32.5 ^{aA}	26.7 ^{aA}	36.5 ^{aA}	49.9 ^{cC}	60.8 ^{aA}	21.4 ^{cC}
	B ₁	31.2 ^{aA}	29.0 ^{aA}	38.3 ^{aA}	85.1 ^{aA}	61.8 ^{aA}	36.5 ^{aA}
	B ₂	30.0 ^{aA}	23.2 ^{aA}	37.5 ^{aA}	64.6 ^{bB}	62.5 ^{aA}	31.1 ^{hB}
	B ₃	32.0 ^{aA}	25.3 ^{aA}	39.0 ^{aA}	59.2 ^{bB}	61.1 ^{aA}	37.7 ^{aA}
	平均	31.4 ^{aA}	26.1 ^{aA}	37.8 ^{aA}	64.7 ^{abA}	61.6 ^{aA}	31.7 ^{hAB}
C	C ₀ (CK)	32.5 ^{aA}	26.7 ^{aA}	36.5 ^{aA}	49.9 ^{bB}	60.8 ^{aA}	21.4 ^{cC}
	C ₁	31.2 ^{aA}	28.9 ^{aA}	39.0 ^{aA}	74.9 ^{aA}	63.2 ^{aA}	35.5 ^{hB}
	C ₂	30.8 ^{aA}	27.2 ^{aA}	39.8 ^{aA}	73.6 ^{aA}	62.5 ^{aA}	41.3 ^{aA}
	C ₃	34.6 ^{aA}	31.0 ^{aA}	40.0 ^{aA}			

mg/g)提高 21.3%,比无包衣磷酸二铵处理(1.80 mg/g)和美国包衣磷酸二铵处理(1.98 mg/g)的分别提高 23%和 12.1%。在收获前一周,几乎所有植株叶片干枯时,却发现坡缕石包衣磷酸二铵处理的几盆植株上还有未完全枯黄仍显绿色的叶片。说明,坡缕石包衣肥可在一定程度上推迟植株衰老枯死。

2.2.2 坡缕石包衣磷酸二铵对丙二醛含量的影响

从不同时期测定的结果看,丙二醛在小麦叶片中的含量从抽穗期到乳熟期呈现持续增长趋势,开花到灌浆期间增长幅度较快,其余时段增长幅度略为平缓(图 1(b))。在灌浆期坡缕石包衣磷酸二铵处理的丙二醛含量较低(79.2 $\mu\text{mol/g}$),比无包衣磷酸二铵处理的(81.3 $\mu\text{mol/g}$)和美国包膜磷酸二铵处理的(87.4 $\mu\text{mol/g}$)分别低 2.6%和 9.4%,可见在产量形成的关键时期坡缕石包衣磷酸二铵能在一定程度上抑制丙二醛含量的增加,延缓作物衰老。进一步分析得出,施肥量的多少对丙二醛含量的影响较大,总体上随着施肥量的不断增加丙二醛含量逐渐减小。乳熟期坡缕石包衣磷酸二铵在 2.59 g/盆施肥水平下丙二醛含量最低,为 78.4 $\mu\text{mol/g}$,表明坡缕石包衣磷酸二铵抑制了丙二醛含量增加。

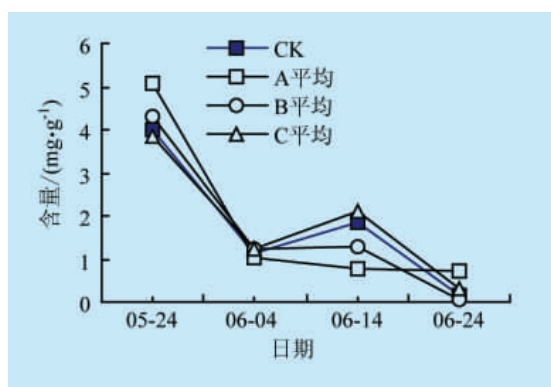
2.2.3 坡缕石包衣磷酸二铵对可溶性蛋白质含量的影响

各处理可溶性蛋白质含量总体呈现出持续增长的趋势,

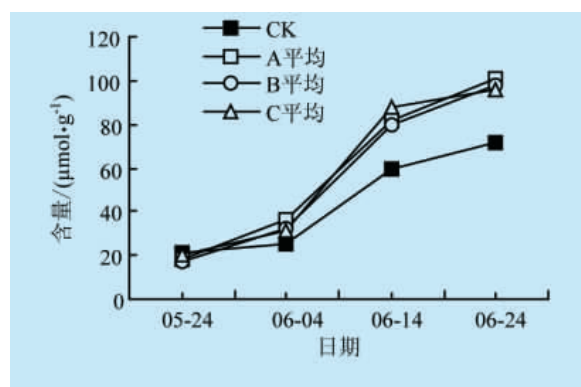
施肥处理较对照在不同时期都有不同程度的增幅,各处理自开花到灌浆期间增长极其迅速,其余时期增长较为缓慢(图 1(c))。另外在乳熟期测量时,3.46 g/盆施肥水平下,坡缕石包衣磷酸二铵处理的可溶性蛋白质含量比其余处理都高,为 0.167 $\mu\text{g/g}$,比 CK 的(0.165 $\mu\text{g/g}$)高出 1.2%,比美国包衣磷酸二铵处理植株的(0.161 $\mu\text{g/g}$)和无包衣磷酸二铵处理植株的(0.162 $\mu\text{g/g}$)分别高 3.7%和 3.1%。灌浆到乳熟期间,施肥量的增加可以明显抑制可溶性蛋白质含量的减小趋势,而坡缕石包衣磷酸二铵处理的可溶性蛋白质含量减小的幅度最小。

2.2.4 坡缕石包衣磷酸二铵对可溶性糖含量的影响

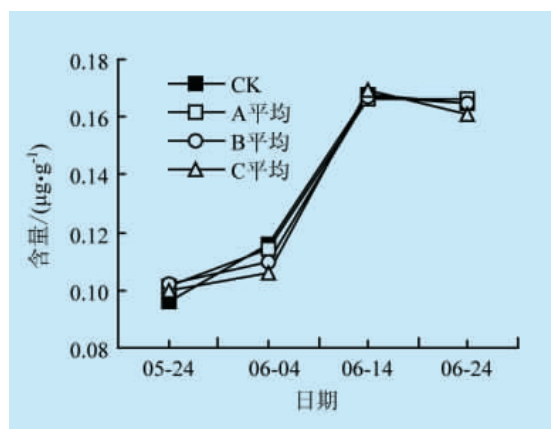
各处理可溶性糖含量总体表现出先增后减的趋势(图 1(d))。抽穗期到开花期表现为缓慢增长,自开花期后逐渐减小。在灌浆期测定,坡缕石包衣磷酸二铵处理的可溶性糖含量最高,为(0.92 $\mu\text{mol/l}$),比对照(0.74 $\mu\text{mol/l}$)高 24.3%,比美国包衣磷酸二铵处理的(0.69 $\mu\text{mol/l}$)和无包衣磷酸二铵处理的(0.79 $\mu\text{mol/l}$)分别高 33.3%和 16.5%。进一步分析,2.59g/盆施肥水平下,除坡缕石包衣磷酸二铵处理在灌浆期后可溶性糖含量才开始逐渐减小,其他两个施肥处理以及无施肥对照处理的植株均在开花期已开始逐渐减小。表明坡缕石包衣磷酸二铵可推迟小麦可溶性糖含量减少的时期。



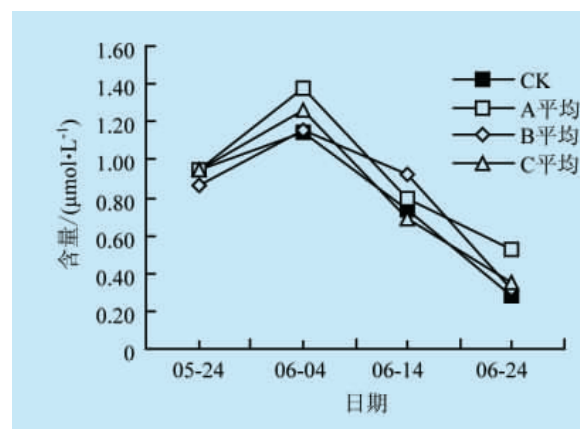
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1 不同包衣肥对小麦叶绿素(a)、丙二醛(b)、可溶性蛋白质(c)和可溶性糖(d)含量的影响
Fig. 1 Effect of different coated fertilizers on the chlorophyll (a), MDA (b), soluble protein (c), soluble sugar (d) content in wheat

3 讨论

坡缕石包衣磷酸二铵在春小麦上的应用效果是可促进小麦产量的增加,提高肥料利用效率,这与郭天文等^[9-10]在大麦上所做的研究结论相一致。至于小麦生物产量和经济产量增加的幅度不明显,初步分析原因可能是参试磷酸二铵的坡缕石包衣过厚,在小麦生长前期肥效不能及时释放,未能使其在苗期表现出生长优势,以至影响了穗分化的潜能,抑制了小穗发育,进而削弱了增产幅度,这一分析基于坡缕石包衣磷酸二铵处理的小麦苗期长势较弱,株高和叶面积增长较为缓慢。由此认为包衣厚度以及包衣技术有待于进一步完善。然而基于坡缕石这一新材料其本身所具有的特殊结构和性能,可以用作肥料包衣的功能材料,进而研发缓释、高效的包衣肥,以提高作物产量和肥料的利用率。

目前,在缓释肥上的研究多为合成复合肥,如胡仲平等^[11]研究的 ClayF 缓释复肥等,结果虽然能增加作物产量,提高肥料利用率,但是此类复合肥一般生产工艺复杂,成本过高而不易普遍推广应用,且所含部分物质会对土壤环境造成一定污染。坡缕石由于其本身的物理及化学特性,且富含植物所需多种微量元素,是比较理想的肥料包衣材料,包衣技术又相对简易,制作成本低,是一种环境友好型纯天然生态材料,不仅能提高产量,延缓作物衰老,还可以促进作物品质的改良,这无疑是坡缕石这一新材料区别于一般肥料包衣材料的新颖之处,加之在中国储量大,因而具有更大的开发潜力和更为广阔的应用前景,是值得引起重视和进一步开发研制的一种新型材料。

需要指出的是,本试验只是选取 1 个春小麦品种进行试验,且为 1 个年度的盆栽试验,所得试验结果可能与大田生产存在一定差异,还需大田和年度间重复试验得以印证。此外,试验所用磷酸二铵本身是一种缓释性复合肥,可能会影响包衣材料的缓释效果,若将坡缕石这种新材料用做尿素、硝铵等速效肥的包衣,其缓释效果可能会更为明显。

4 结论

坡缕石包衣磷酸二铵有利于肥料缓释,使春小麦千粒重、经济系数、经济产量和生物产量均有不同程度增加,并能有效地促进春小麦体内生化物质的转化,达到延缓衰老的作用。从小麦进入抽穗期后叶片内叶绿素、丙二醛、可溶性蛋白质和可溶性糖等生化物质含量的动态变化趋势来看,可以得出坡缕石包衣磷酸二铵处理的植株体内生理生化反应及相互影响变化是有利于产量形成和延迟衰老的。由此认为坡缕石可作为肥料的新型缓释包衣材料在生产中得以应用。

参考文献 (References)

- [1] 武志杰,周健民.我国缓释、控释肥料发展现状及对策[J].农业科技导报,2001,3(1):73-76.
Wu Zhijie, Zhou Jianmin. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2001, 3(1): 73-76.

- [2] 韩晓日.新型缓/控释肥料研究现状与进展[J].沈阳农业大学学报,2006,37(1):3-8.
Han Xiaori. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 37(1): 3-8.
- [3] 许秀成,李萍,王好斌.包衣型缓释/控制释放肥料专题报告[J].磷肥与复肥,2001,16(2):10-12.
Xu Xiucheng, Li Diping, Wang Haobin. *Phosphate and Compound Fertilizer*, 2001, 16(2): 10-12.
- [4] 熊又升,陈明亮,熊桂云,等.包膜控释肥料的研究进展[J].湖北农业科学,2000,(5):40-42.
Xiong Youshen, Chen Mingliang, Xiong Guiyun, et al. *Hubei Agricultural Sciences*, 2002, 39(6): 360-361.
- [5] 蔺海明,邱黛玉.坡缕石在生态修复及绿色农业中应用研究进展[J].甘肃农业,2007(9):61-63.
Lin Haiming, Qiu Daiyu. *Gansu Farming*, 2007(9): 61-63.
- [6] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,1999.
Wang Zhong. *Plant physiology* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
Zou Qi. *Plant physiology experiment instruction* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [8] 靳奇峰,牛俊义.小麦叶片衰老因素的研究进展与展望[J].甘肃农业科技,2003(2):17-19.
Jin Qifeng, Niu Junyi. *Gansu Agr Sci Tech*, 2003(2): 17-19.
- [9] 陈伟,郭天文,郭全恩.PAL肥料抑制氮挥发模拟研究[J].甘肃农业科技,2006(6):22-23.
Chen Wei, Guo Tianwen, Guo Quanen. *Gansu Agr Sci Tech*, 2006(6): 22-23.
- [10] 郭天文,王益权,刘军,等.PAL肥料氮素释放规律及其对大麦生长的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(5):68-72.
Guo Tianwen, Wang Yiquan, Liu Jun, et al. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2006, 24(5): 68-72.
- [11] 胡仲平,荣湘民,李元沅.ClayF缓释复肥对小麦生长发育的影响[J].作物研究,2005,19(2):91-93.
Hu Zhongping, Rong Xiangmin, Li Yuanyuan. *Crop Research*, 2005, 19(2): 91-93.

(责任编辑 吴晓丽)

《科技导报》“研究论文”栏目征稿

《科技导报》以发表国内外科学技术各学科专业原创性学术论文为主,同时刊登阶段性最新科研成果报告,以及国内外重大科技新闻,快速、全方位、高密度、大容量提供科技信息。“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信