



景旭东, 毛小云, 阎 杰, 等. 改性酱渣废油制备包膜氮肥及对玉米生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(4): 25-31.

改性酱渣废油制备包膜氮肥及对玉米生长的影响

景旭东¹, 毛小云², 阎 杰¹, 林海琳¹, 梁关生³, 廖宗文²

(1 仲恺农业工程学院 化学化工学院, 广东 广州 510225; 2 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642, 3 仲恺农业工程学院 教学科研基地, 广东 广州 510225)

摘要:【目的】解决酱渣废弃物的资源再利用问题,减少其对环境的污染,扩大缓释肥包膜材料的来源。【方法】采用酱渣废油经过一定程度环氧化改性之后制备包膜氮肥,利用红外光谱(FTIR)和高倍显微镜及扫描电镜(SEM)分析包膜层的结构,同时通过玉米盆栽试验进行肥效验证。【结果】酱渣废油改性后结构发生了改变,更利于成膜,且膜层出现致密的网状结构;玉米盆栽试验表明,包膜肥组(T1)与普通化肥组(CK2)相比,玉米的叶绿素含量和叶片数差异不明显,但叶面积、茎周长和株高第60天测量T1与无施肥组(CK0)、单施磷钾肥组(CK1)差异显著,比CK2分别提高了9.5%、4.3%和7.3%;单株玉米鲜质量T1与其他3组差异均显著;单株玉米干质量T1与CK2差异不显著,但与其他2组差异均显著,T1比CK0和CK1组分别提高了14.2%和5.2%。【结论】包膜氮肥可以一定程度上促进玉米的生长,在土壤中具有一定的缓释功能。

关键词:酱渣废油; 改性; 包膜氮肥; 玉米生长; 肥效
中图分类号:S145.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2016)04-0025-07

Preparation of coated nitrogen fertilizer from modified soy sauce residue oil and its influence on maize growth

JING Xudong¹, MAO Xiaoyun², YAN Jie¹, LIN Hailin¹, LIANG Guansheng³, LIAO Zongwen²

(1 College of Chemistry and Chemical Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;
2 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
3 Teaching and Research Base, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract:【Objective】This study aimed to achieve recycling of soy sauce residue oil, reduce its environmental pollution, and expand the resources of slow-release fertilizer material. 【Method】Coated nitrogen fertilizer was prepared by epoxy modification of soy sauce residue oil. The structure of the coated film was analyzed by infrared spectroscopy, high-power microscope and scanning electron microscope. The fertilizer efficiency was examined in corn pot experiment. 【Result】After epoxy modification of the soy sauce residue oil, its structure changed which promoted forming of film with dense net structure. In corn pot experiment, there were no significant differences in leaf number and chlorophyll content between the test group using coated nitrogen fertilizer (T1) and the control group with normal fertilization (CK2). The final leaf area, stem girth and plant height of T1 were significantly different from those of the control group with no fertilization (CK0) and the control group with only phosphorus and potassium but no nitrogen fertilization (CK1), and increased by 9.5%, 4.3% and 7.3% at 60 days respectively compared with CK2. The corn plant fresh weight of T1 was significantly different from those of the other three groups.

收稿日期:2015-11-09 优先出版时间:2016-06-01
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160601.1630.036.html>
作者简介:景旭东(1988—),男,硕士研究生, E-mail:jxd315@163.com;通信作者:林海琳(1964—),女,教授,博士, E-mail:hailin0008@126.com
基金项目:广东省对外科技合作项目(2014A050503065);广州市产学研协同创新重大专项(201508030039);广东省科技计划项目(2015B020215012)

While the corn plant dry weight of T1 was not significantly different from that of CK2, it significantly increased by 14. 2% and 5. 2% respectively compared to CK0 and CK1. 【Conclusion】Coated nitrogen fertilizer could promote maize growth, and is considered slow-releasing in soil.

Key words:soy sauce residue oil; modification; coated nitrogen fertilizer; corn growth; fertilizer efficiency

我国每年生产大量的酱油,而酱渣正是生产酱油的主要副产物,其油脂含量丰富,特别是以大豆为原料的酱渣中粗脂肪含量可达 30% ~ 50% (干基)^[1];由于历史和饮食习惯的不同,世界上生产酱油并销售的国家不是很多,对酱渣开发利用的研究也鲜有报道,且长期以来受技术、市场、观念等因素的影响,国内对酱渣的开发利用并不多见。尽管目前缓释包膜肥在世界范围内已取得了较大的发展,但大多集中在树脂型包膜肥方面,虽然具有一定的缓释功能,但包膜材料的生产成本较高,且存在降解困难,环境友好性能差等缺点^[2-3];同时普通的无机肥料施入土壤后在作物尚未完全吸收之前往往就会随着雨水流失或者直接挥发至空气中^[4-5],这样不但造成资源的浪费,大量使用还会造成土壤结构破坏^[6],水体富营养化^[7]等不利后果。由于缓释包膜肥能够在一定程度上提高作物对肥料的利用率^[8],目前还是国内外研究的热点^[9-10],张岳芳等^[11]研究了缓释肥对春季氧化亚氮排放的影响,说明缓释肥在减少氮肥挥发方面具有较好的效果;徐玉鹏等^[12]也对缓释肥做了总结,总体上缓释肥对农作物生长具有良好的促进作用,基本上可以节约普通化肥的使用^[13];但由于市售价格(主要是树脂型缓释肥)是普通肥的 2 ~ 8 倍^[14],极大地限制了其推广和应用,因此开发研究新型高效低廉的缓释包膜材料是解决此问题的关键。本文为了解决酱渣废弃物的资源再利用问题,防止产生二次污染^[15],利用改性后的酱渣废油制备缓释包膜氮肥,节省了生产成本,这样不但可以促进农业的可持续发展,进一步扩展缓释肥的市场,而且对于废弃物资源的再利用具有十分重要的经济价值和长远的现实指导意义,以期对酱渣废弃物的综合利用及缓释包膜肥的进一步研究提供可靠的理论和技术参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

盆栽试验在广东省广州市仲恺农业工程学院钟村农场进行;土壤采自农场大田,为黏性水稻土:有机质 21. 3 g · kg⁻¹、全氮 1. 46 g · kg⁻¹、速效磷 21. 21 mg · kg⁻¹、速效钾 57. 83 mg · kg⁻¹,pH 4. 82;玉米种子为学校农场自留种。酱渣由广东省开平酱油生产商提供。供试肥料:市售尿素(含氮质量分数为 <http://xuebao.scau.edu.cn>

46. 3%)粒径 2 ~ 4 mm、过磷酸钙(含 P₂O₅ 质量分数为 12%)、氯化钾(含 K₂O 质量分数为 60%)。固化剂为实验室自配。

PS15 型傅里叶红外光谱仪(德国 Bruker 仪器公司);WSM900 型大平台金相显微镜(广州微域光学仪器公司);XL-30-ESEM 型扫描电镜(荷兰 PEI 公司)。

1.2 试验设计

盆栽试验在农场大田进行,随机区组设计,设置 1 个无施肥组,3 个施肥处理组,分别为无施肥对照组(CK0),单施磷钾肥组(CK1),施普通化肥组(CK2),施包膜氮肥组(T1);每组 5 盆,设 5 个重复(即 5 行 × 5 盆),盆距 33 cm,行距 54 cm,每盆装土 8 kg,具体每组肥料用量及配比见表 1,先取大田土,然后按表 1 中的肥料定量和土混合后装入盆中;2014 年 10 月 10 日农场自留玉米种直接播种于 25 cm(直径) × 30 cm(高)的塑料盆中,10 月 16 号提苗,每盆定苗 1 株,12 月 22 日收割,生长期 63 d。日常管理同田间常规。

表 1 盆栽试验设计				
Tab. 1 The design of pot experiment				
组别 ¹⁾	施肥量/(g · 盆 ⁻¹)			
	包膜肥	氮肥	磷肥	钾肥
CK0	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
CK1	0. 00	0. 00	6. 67	1. 34
CK2	0. 00	2. 08	6. 67	1. 34
T1	4. 16	0. 00	4. 65	1. 34

1) CK0 为无施肥组;CK1 为单施磷钾肥组;CK2 为普通化肥组;T1 为包膜肥组。

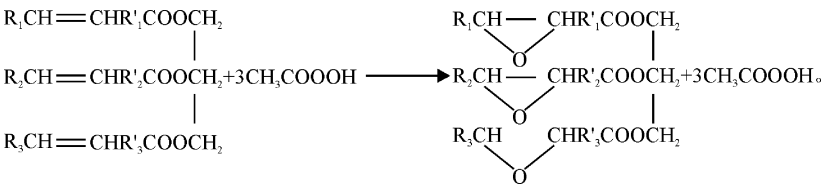
1.3 试验方法

1.3.1 酱渣废油的改性 称取从酱渣中自提取的粗脂肪(主要采用丙酮索氏提取法)20 g 加入到 100 mL 的三口烧瓶中,加热升温至 70 ℃时加入环氧化剂(乙酸、过氧化氢和浓硫酸按质量 1. 000: 6. 000: 0. 025 的比例配置),搅拌速度一般为 30 r · s⁻¹,滴加速度要前后均匀,反应 3 h 后,静置分层,先分去下层废液,油层先用稀碱粗洗至 pH 5 左右,再用饱和的自来水洗至 pH 7。然后减压蒸馏得到改性废油脂。具体反应机理如下:

第 1 步,改性环氧化剂的合成,



第2步:改性环氧化反应,



1.3.2 缓释包膜氮肥的生产方法 利用圆盘造粒机的原理,仪器来自郑州春长机械厂,自行改装后,在匀速且可调的开放式包膜机中加入颗粒尿素,然后加入混合改性废油黏接剂和一定量的磷矿粉。整个包膜过程一定要保持颗粒的运动性和分散性,以防止粘连,也可根据实际情况适当调节转速和包膜温度。

1.3.3 红外光谱和扫描电镜的检测方法 将待检测的包膜材料在 60 ℃真空干燥箱中干燥 24 h,分别取样品 8 mg 和 KBr 粉末 1.6 g 研磨成粉状后压片,以 2 cm⁻¹分辨率在 400 ~ 4 000 cm⁻¹光谱范围内用傅里叶变换红外光谱计 (FTIR) 分析各峰。

包膜氮肥材料的扫描电镜在华南农业大学检测中心测定,先用固体胶固定样品,干燥后真空喷金,在不同倍数下电镜观察。

1.4 指标测定和数据处理

1.4.1 指标测定 定苗后分别于第 20、27、32、42、50、60 天定期测量玉米的株高、叶片数、茎周长、叶面积和叶绿素含量。其中:株高和茎周长采用软尺田间测量;叶片数直接观察田间读出;叶面积是先测出每片叶的长 (l) 和宽 (b) [16], 利用公式 $S =$

$\Sigma 0.69348lb - 0.011186$ 可求出叶面积;叶绿素含量用 TYS-B 仪器田间直接测定。

玉米植株鲜质量在收割当天测定,然后放于温室中,3 个月后待完全脱水再测定植株的干质量。

1.4.2 数据处理 主要使用 Excel2007、Origin8.5、SPSS19.0 和最小显著差数法 (LSD) 进行方差分析及相关分析等。

2 结果与分析

2.1 不同处理组对玉米株高的影响

由表 2 可看出,随着玉米的生长,包膜氮肥 (T1) 组与其他各组的差异逐渐明显,前 32 d,T1 组的株高矮于普通化肥 (CK2) 组;T1、CK2 组与无施肥 (CK0) 组和单施磷钾肥 (CK1) 组差异显著,说明氮肥在玉米的营养生长中起到了重要的作用,虽然 CK1 组施加了相同量的磷钾肥,但由于缺少氮元素,违背了平衡施肥原理,玉米不能很好地生长;第 42 天之后,T1 组的株高显著超过了 CK2 组,且与其他各组差异显著,第 60 天,与 CK2 组相比提高了 7.3%,说明随着玉米的生长,缓释包膜肥能够提供长期的营养,满足玉米生长的需求。

表 2 玉米生长过程中株高的变化¹⁾
Tab.2 Change in plant height during maize growth cm

组别	第 20 天	第 27 天	第 32 天	第 42 天	第 50 天	第 60 天
CK0	18.0d	22.3d	29.5d	56.0d	75.0d	94.0d
CK1	19.0c	24.3c	33.0c	58.0c	81.7c	113.2c
CK2	22.1a	32.0a	43.1a	68.5b	108.6b	134.5b
T1	21.6b	28.2b	42.8ab	72.3a	116.4a	144.3a

1)CK0、CK1、CK2 和 T1 分别表示不施肥组,单施磷钾肥组,施普通化肥组和施包膜氮肥组;表中同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, LSD 法)。

2.2 不同处理组对玉米茎周长的影响

植物茎秆的粗细直接反应了植物的生长状况,由表 3 可看出,前 42 d 玉米的茎周长 T1 组略小于 CK2 组,差异不显著;但 32 ~ 42 d T1、CK2 组与 CK0 组和 CK1 组有显著性差异,说明氮肥在玉米茎秆生长中有一定的影响,且包膜肥在玉米生长期可以释放养分满足其对氮元素的需求;CK1 组的茎周长比

其他施氮肥组 T1 和 CK2 组要小,说明氮磷钾在玉米生长中有一定的协同作用,只施 1 种或 2 种肥料均会影响肥效,平衡施肥有利于玉米的生长;虽然 T1 与 CK2 组无显著性差异,但第 50 天后,T1 组茎周长超过 CK2 组,最后 2 次测量分别提高了 2.8% 和 4.3%,说明随着包膜肥养分的缓慢释放,能够满足玉米后期生长的需求,肥效比其他组好。

2.3 不同处理组对玉米叶面积、叶绿素含量及叶片数的影响

从表 4 可看出,T1 组拔节期的叶面积和叶绿素含量与 CK2 组相比无显著性差异,但与其他 2 组差异显著;在开口期和开花期,叶面积 T1 组比 CK2 组分别提高了 7.8%和 9.5%,且差异显著,虽然叶绿素含量在开口期和开花期 T1 组与 CK2 组差异均不显著,但 T1 组与 CK0、CK1 组有显著差异,和 CK2 组相比叶绿素

含量分别提高了 1.1%和 1.3%;叶片数在玉米整个生长期 T1 组和 CK2 组无显著性差异,但 T1 组与 CK0、CK1 组差异显著,说明平衡施肥对叶片的枯萎有抑制作用,包膜肥在玉米生长的后期作用相对较为明显,仍能较好地提供养分促使玉米生长,前期由于普通肥的养分大量释放,可以较快地促进玉米生长,但后期养分不足,其生长受到限制,没有缓释包膜氮肥的肥效好,而且不施肥组与施肥组差别也较为明显。

表 3 玉米生长过程中茎周长的变化¹⁾
Tab.3 Change in stem girth during maize growth

组别	第 20 天	第 27 天	第 32 天	第 42 天	第 50 天	第 60 天
CK0	3.5c	4.0c	6.0bc	7.1c	7.5c	8.2c
CK1	4.0b	5.0b	6.3b	8.3b	8.9b	9.5b
CK2	4.8a	6.0a	7.4a	9.6a	10.6ab	11.5ab
T1	4.5ab	5.6ab	7.2a	9.5a	10.9a	12.0a

1)CK0、CK1、CK2 和 T1 分别表示不施肥组,单施磷钾肥组,施普通化肥组和施包膜氮肥组;表中同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,LSD 法)。

表 4 玉米生长过程中叶面积、叶绿素含量 (SPAD 值) 及叶片数的变化¹⁾
Tab.4 Changes in leaf area, chlorophyll content (SPAD value) and leaf number during maize growth

组别	拔节期(第 20 天)			开口期(第 40 天)			开花期(第 60 天)		
	叶面积/cm ²	SPAD 值	叶片数	叶面积/cm ²	SPAD 值	叶片数	叶面积/cm ²	SPAD 值	叶片数
CK0	554.3c	36.7c	6.5c	3 315.3d	42.1c	9.5c	4 015.2d	42.7d	10.5c
CK1	756.6b	40.5b	7.0b	3 866.8c	43.6b	10.0b	4 761.3c	43.6c	11.5b
CK2	1 125.6a	42.1a	7.5a	4 752.6b	45.3ab	11.5a	5 318.5b	45.2ab	12.0ab
T1	1 113.2a	42.5a	7.5a	5 121.3a	45.8a	11.5a	5 825.9a	45.8a	12.5a

1)CK0、CK1、CK2 和 T1 分别表示不施肥组,单施磷钾肥组,施普通化肥组和施包膜氮肥组;表中同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,LSD 法)。

2.4 不同处理组对玉米生物量的影响

由表 5 可以看出玉米单株鲜质量 T1 组与其他 3 组相比差异均显著,分别提高 16.7%、5.5%、2.2%,这与文中其他生长指标分析结果较为一致;单株玉米干质量 T1 组比其他 3 组分别提高了 14.2%、5.2%、1.9%,虽然 T1 组比 CK2 组只提高了 1.9%,无显著性差异,但与 CK0、CK1 组相比差异显著,说明包膜肥具有增加玉米鲜质量和干质量的作用,肥效比普通肥好,这在一定程度上也说明其具有一定的缓释功能。

表 5 不同组别玉米单株鲜质量与干质量的比较¹⁾
Tab.5 Comparisons of corn plant fresh weight and dry weight among different groups

组别	鲜质量/kg	干质量/kg
CK0	1.56c	1.33c
CK1	1.72bc	1.47b
CK2	1.78b	1.52a
T1	1.82a	1.55a

1)CK0、CK1、CK2 和 T1 分别表示不施肥组,单施磷钾肥组,施普通化肥组和施包膜氮肥组;表中同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,LSD 法)。

2.5 缓释包膜氮肥膜层结构的红外光谱分析

由图 1 可看出,改性油在 1 710 cm⁻¹处的波峰相比原油变得钝圆,这是 C=C 双键打开形成环氧基团的结果,说明双键发生了反应,同时包膜层在此处的波峰明显减弱,但在 1 070 cm⁻¹处的波峰明显增强,这很有可能是改性油中未被氧化的 C=C 双键在成膜固化时进一步被空气中的氧气氧化,形成 C—O—C 键,这样就增加了形成膜层的分子量,更有利于成膜疏水,同时由于共轭和中介效应,改性环氧化油中的 C=C 双键在成膜时减弱,使 C=O 键的电子密度平均化,吸收频率向低波数位移,所以改性油 1 735 cm⁻¹处的伸缩峰在包膜层中向后移动到 1 600 cm⁻¹处左右;由于包膜层在成膜固化时吸收了氧,结合了改性油中的氢键,所以包膜层在 3 000 cm⁻¹左右的氢键吸收峰减弱,充分地说明包膜层在成膜固化时改性油本身发生了聚合和氧化,更有利于成膜。

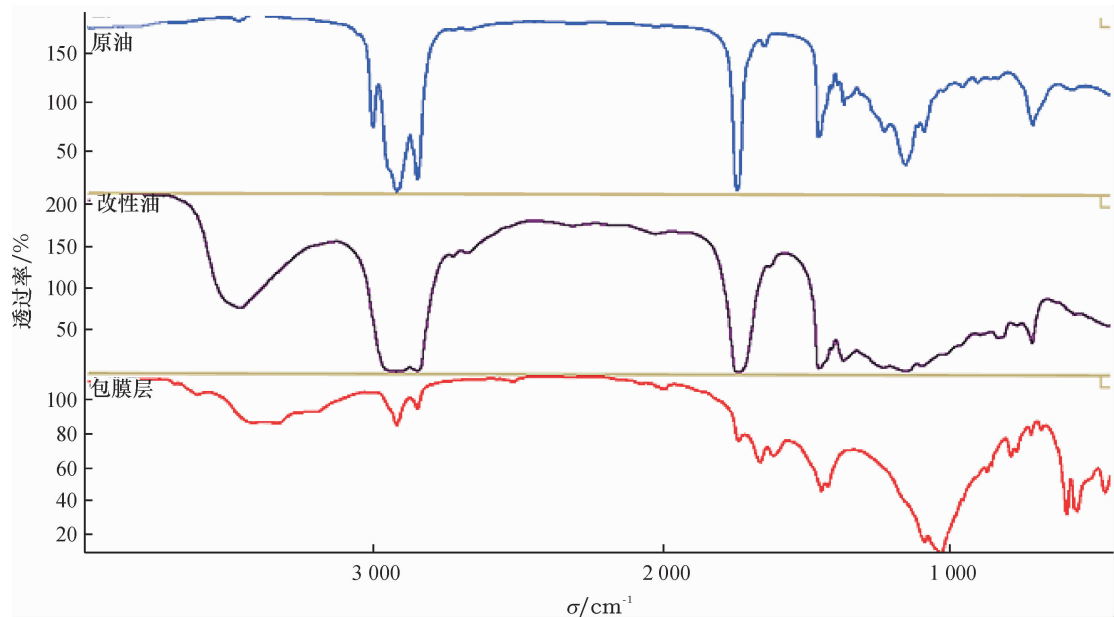


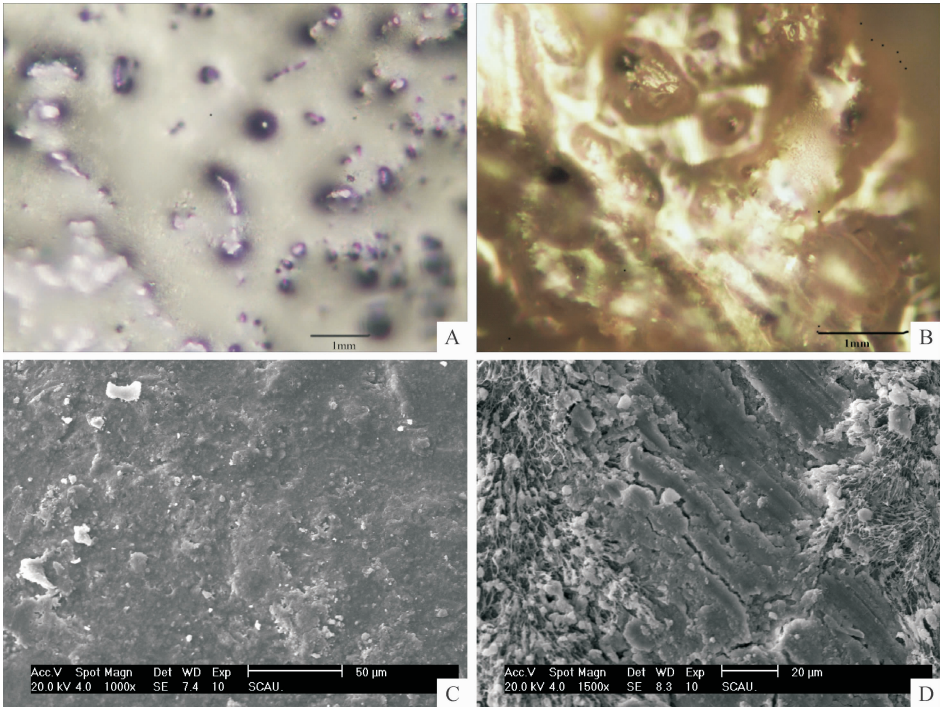
图1 包膜材料与包膜层结构红外光谱

Fig.1 FTIR of coating materials and coating layer

2.6 缓释包膜氮肥膜层结构的高倍显微镜及电镜分析

缓释包膜氮肥的缓释性与膜层的厚度、致密性和膜孔等特征密切相关。从2个高倍显微镜图(图2A和图2B)可以看出,普通尿素虽然肉眼观察较为平滑,但微观可见表面凹凸不平,有较多的突起(图2A),这样增加了与土壤中水分的接触面积,养分很容易流失;包膜层可以看到膜层表面不但光滑而且形成了一层类似玻璃状的结构(图2B),这样就很好

地起到防止外层水分进入的作用;从图2C可以明显地看出,包膜层表面较为平整,形成块儿状的膜层,且其周围有类似塑料颗粒的结构,这很可能是改性油固化形成的;图2D是包膜层的断面结构,可以清晰地看出,断面结构致密,层与层之间有缝隙存在,这是养分释放的通道,在膜层周围可以看到类似树脂状的结构,说明在固化成膜时,改性油起到了固化交联的作用,这样就又增加了膜层结构的稳定性,提高了其疏水性能。



A:普通尿素高倍显微镜(40×10);B:包膜层高倍显微镜(40×10);C:包膜肥膜层表面 SEM(1 000×);D:包膜肥膜层断面 SEM(1 500×)。

图2 普通尿素与包膜肥膜层高倍显微镜和SEM观察

Fig.2 Observation of urea and coated fertilizer film under high power microscope and SEM

3 讨论与结论

中国是酱油生产大国,每年有大量的酱渣资源被废弃而没有得到较好的利用,本研究从酱渣中低成本提取废油脂合成包膜材料,其成本相对低廉,仅为市售普通化肥的 1.5 倍,可以在一定程度上扩大包膜肥的使用范围,为酱渣废弃资源的再利用提供较好的途径。盆栽试验得出,缓释包膜氮肥的各生物指标在玉米生长前期与普通施肥组区别不是很明显,与无施肥组和单施磷钾肥组差异较为显著,开口期和开花期缓释包膜肥组的叶面积与其他 3 组差异都达到显著水平,说明包膜肥不但在玉米生长前期可以提供有效的养分,在后期随着养分的释放与普通施化肥组的区别逐渐明显,包膜肥起到了很好的养分缓释作用。谭华等^[17]对缓释肥对玉米的作用效果进行了探讨,发现缓释肥 1 次施肥即可满足玉米整个生长期的养分需求,而且对增加玉米植株的株高和茎周长效果更为明显,这与本研究的结果较为一致,本试验也发现对照组(CK1)虽然施加了磷钾肥,但玉米的各个生物指标均与不施肥组(CK0)区别不是很明显,与施普通化肥组和包膜肥组差异显著,充分说明了平衡施肥在玉米生长中起着重要的作用^[18]。邱现奎等^[19]研究了粉煤灰缓释包膜肥对不同农作物生长及产量的影响,发现缓释肥均能较好地提高作物产量,最大可提高 60% 以上,虽然本试验在单株玉米鲜质量和干质量最高提高了 16.7% 和 14.2%,但也较好地反应了缓释包膜氮肥的良好肥效。杜衍红等^[20]研究了炭基缓释肥对玉米生长的影响,发现其对玉米的生长发育具有良好作用,对玉米的株高、茎粗增加明显,分别比施同等氮肥组提高了 6.2% 和 10.8%,同时也测量了单株干质量增加量为 50.7%。赵欢等^[21]也研究了缓释肥对玉米产量的影响,其中缓释肥组的株高、茎周长和千粒质量明显高于其他各组。本研究中包膜肥组比施同等量普通化肥组在株高和茎周长第 60 天测量分别提高了 7.3% 和 4.3%,本研究单株干质量最高仅提高了 14.2%,很可能是生长后期天气转冷,抑制了玉米正常生长,因而缩短了生长周期,但从叶面积显著差异能很好地说明缓释包膜肥能在一定程度上促进玉米的生长发育。刘金雷^[22]研究了底施不同缓释控释肥对玉米生长的影响,发现其株高比施化普通肥组最高提高 1.9%。陈建生等^[23]研究了控释肥对水稻的增产效果,一次施用缓释肥即可增产 10.1%。于爱军等^[24]主要研究了缓释肥对夏玉米的增产效果,其增产率为 7.5%,投入产出比为 0.085。本研究中包膜肥组

<http://xuebao.scau.edu.cn>

的株高比施普通化肥组第 60 天测量可提高 7.3%,虽然本试验由于天气原因没有等到玉米结实,但单株玉米鲜质量和干质量分别提高了 2.2% 和 1.9%,也在一定程度上反应了其良好的增产效果。

为了深入研究环氧油形成包膜层的机理,本试验还进行了红外分析和用高倍显微镜及电镜观察了其膜层变化,毛小云等^[25]也研究了麦饭石混合物包膜肥膜层结构的变化,红外分析得出麦饭石包膜前后结构发生较大的变化,出现了一些新官能团,电镜观察结果表明麦饭石包膜前后由分散的颗粒变为固体粉末颗粒,且排列紧密,这是麦饭石包膜尿素的膜层控释性能增强的原因;本研究也是利用固液成膜的原理,红外(FTIR)观察发现,包膜前后膜层形成了新的基团结构,这是因为酱渣废油在环氧化时没有进行彻底,油脂中还有没有成环的双键,所以在成膜时,双键氧化或聚合形成大分子,这样就更有利于成膜固化,缩短成膜的时间;电镜等微观分析发现,缓释包膜氮肥的膜层出现了致密的网状结构,同时也出现了少许的微孔结构,这是膜层中尿素溶出的通道,而对于尿素养分溶出的快慢与微孔的大小、数量的关系,需要进一步深入地探讨和研究。

综上所述,从酱渣中提取废油并进行环氧化改性制备缓释包膜氮肥,可以促进玉米生长期茎秆的增粗,虽然包膜组与施普通化肥组相比叶绿素指标区别不明显,但叶面积、株高及生物总量与不施肥对照组和单施磷钾肥组差异显著,也很好地反应了缓释包膜氮肥的良好肥效;红外(FTIR)分析和电镜(SEM)观察缓释包膜氮肥的膜层表明,固化前后其结构发生了较大的变化,膜层更利于疏水保肥,这对提高缓释效果起到较大的作用。

参考文献:

[1] 何海芬,阎杰,林海琳. 从酱渣中制取粗脂肪的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2014,40(10): 180-183.

[2] MA H B, XU X J, NING Y W, et al. Nutrient release characteristics of vinyl chloride-vinyl acetate copolymers coated slow-release nitrogen fertilizer and its effect on soil mineral nitrogen[J]. Agric Sci Technol, 2014, 15(3): 412-416.

[3] ZHAO Q G, HE J Z, YAN X Y, et al. Progress in significant soil science fields of china over the last three decades: A review[J]. Pedosphere, 2011, 21(1): 1-10.

[4] KIN M, TEN M, YU H. Removal of nitrate nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal[J]. Bio-Resource Technol, 2004, 131(95): 255-257.

[5] DUN M, JIN P C U, MU B. Sorption of arsenic, cadmium, and lead by chars produced from fast pyrolysis of

woodland bark during bio-oil production[J]. J Colloid Interf Sci,2007,214 (310): 57-73.

[6] 王弘菲,高志岭,陈新平. 不同控释尿素与普通尿素对比对冬小麦茎蘖、产量、土壤硝态氮和氮素平衡的影响[J]. 华北农学报, 2012,27(2): 196-201.

[7] CHENG D D, WANG Y, ZHAO G Z, et al. Effects of polymeric slow release fertilizer on Chinese cabbage growth and soil nutrients[J]. Arch Agron Soil Sci,2015, 61(7): 34-41.

[8] 郑雨,唐树梅,李玉影,等. 控释尿素对黑龙江省玉米氮肥利用率及产量的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22 (1): 127-131.

[9] 王宜伦,卢艳丽,刘举,等. 专用缓释肥对夏玉米产量及养分吸收利用的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015 (1): 29-32.

[10] VAN ZWI T L. Influence of biochars on flux of N₂O and CO₂ from Ferroso[J]. Aust J Soil Res,2010, 48(6/7): 555-568.

[11] 张岳芳,郑建初,周炜. 免耕条件下控释肥对麦季氧化亚氮排放的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30 (5): 1037-1043.

[12] 徐玉鹏,赵忠祥,张夫道. 缓/控释肥料的研究进展[J]. 华北农学报,2007,22(S2): 190-194.

[13] GUAN Y, SONG C, GAN Y T, et al. Increased maize yield using slow-release attapulgite-coated fertilizers[J]. Agron Sustain Dev,2014, 34(3): 657-665.

[14] 景旭东,林海琳,阎杰. 新型缓释/控释肥包膜材料的研究与展望[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2): 139-141.

[15] LIN H L, WEDEGAERTNER T C, MAO X Y, et al. A method to refine crude cottonseed oil using non-toxic poly-amine-based cationic polymers[J]. Chinese J Chem Eng, 2015, 23(2): 379-383.

[16] 滕耀聪,张彪,赵良全. 玉米叶面积简易测定法[J]. 西南农业学报,1992, 1(5): 30-33.

[17] 谭华,邹成林,郑德波. 不同缓控释肥料对玉米作用效应探讨[J]. 农业科技通讯,2014(1): 50-55.

[18] 侯云鹏,陆晓平,赵世英,等. 平衡施肥对春玉米产量及养分吸收的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22 (4): 126-131.

[19] 邱现奎,董元杰,胡国庆. 新型包膜缓释肥对大白菜生理特性、产量及品质的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48 (2): 375-382.

[20] 杜衍红,蒋恩臣,王明峰,等. 炭基缓释肥对玉米生长的影响研究[J]. 中国农学通报,2015,31(12): 72-76.

[21] 安江勇,葛皓,肖厚军,等. 施用缓释肥对玉米产量及其性状和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 2148-2153.

[22] 刘金雷. 底施不同控释肥对玉米生物性状及产量的影响[J]. 种子科技, 2015, 33(4): 33-34.

[23] 唐拴虎,郑惠典,张发宝,等. 控释肥料养分释放规律及对水稻生长发育效应的研究[J]. 华南农业大学学报, 2003, 24(4): 9-12.

[24] 于爱军. 临清市夏玉米缓释肥的试验效果比较[J]. 中国农业信息, 2015(3): 49-50.

[25] 冯新,毛小云,卢其明. 麦饭石混合物包膜尿素的肥效及成膜理化特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 508-513.

【责任编辑 柴 焰】