

桐油包膜尿素和桐油包膜复合肥料的释放特性及其对黑麦草生长的影响

唐 辉¹, 张晓春², 施卫省², 王亚明¹, 戈振扬²

(1. 昆明理工大学生物与化学工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 昆明理工大学现代农业工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要:利用桐油为主要包膜材料在转动式包膜机中对尿素和复合肥料进行了包膜处理,制成了一系列缓释肥料。研究了2种桐油包膜尿素 UT-02、UC-04 及2种桐油包膜复合肥料 CT-02、CC-02 的特性和包膜形貌,测定了其养分释放曲线。在施以尿素、复合肥料和不同的桐油包膜肥料基肥的情况下,用盆栽试验考察了各施肥处理对黑麦草生长和生物性状的影响。结果表明,所有施肥处理均有助于黑麦草的出苗,在第6周时黑麦草植株高度顺序为 UC-04> UT-02> 尿素> CT-02≈CC-02> 复合肥料> 空白对照,黑麦草生物量的顺序为复合肥料> UC-04> UT-02> 尿素> CT-02≈CC-02> 复合肥料> 空白对照。施以包膜肥料处理的黑麦草绿期为可持续7周以上,其绿期顺序为: UC-04≈UT-02> CT-02≈CC-02> 尿素(U)≈复合肥料(C)> 空白对照。

关键词:桐油包膜尿素; 桐油包膜复合肥料; 养分释放曲线; 基肥施用; 黑麦草
中图分类号:S145.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2004)04-0748-05

Nutrient Release from Tung Oil - Coated Urea and Tung Oil - Coated Compound Fertilizer and Their Effects on Ryegrass Growth

TANG Hui¹, ZHANG Xiao-chun², SHI Wei-sheng², WANG Ya-ming¹, GE Zhen-yang²

(1. Faculty of Biological and Chemical Engineering, 2. Faculty of Modern Agriculture Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: A series coated urea and coated compound fertilizer with Tung oil as major coating materials in different coating rate were prepared in a rotating coating machine. The basic features, coating layer morphology of 2 kinds of Tung - oil coated urea (TCU) and 2 kinds of Tung - oil coated compound fertilizer (TCC) as well as the nutrient released curves of the above - mentioned coated fertilizers were determined in the present study. A pot experiment was conducted to investigate the effects on biomass and biological characters of ryegrass growth on the soil amended by base fertilizer of urea, compound fertilizer, TCU and TCC. The results showed that all the base fertilization has contributed to the emerging of the ryegrass, at the sixth week, it was found that the growing ryegrass had a plant height order with: UC - 04> UT - 02> urea> CT - 02≈CC - 02> compound fertilizer> control and a biomass order with: compound fertilizer> UC - 04> UT - 02> urea> CT - 02> CC - 02> control. The green periods of growing ryegrass was longer than 7 weeks for the coated fertilizer treatment, and the growing ryegrass had a green period order with: UC - 04≈UT - 02> CT - 02≈CC - 02> urea≈compound fertilizer> control.

Keywords: tung - oil coated urea; tung - oil coated compound fertilizer; nutrient released curve; base fertilization; ryegrass; plant height; biomass; plant color

草坪草一般为多年生,其灌溉和修剪次数多,营

养期长养分需求多,其抗逆性要求较高,通常以维持良好的营养阶段而被人们所利用。由于草坪草生物学特性与普通作物的巨大差异加之种植过程引起的土壤肥力衰减快、频繁修剪造成的施肥损失也很大,合理施肥成为草坪管理中的一项重要措施。施肥是否合理将对草坪草的颜色、密度、抗逆性、地下根系的生长等生物学特性构成显著的影响。

收稿日期:2003-11-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(20264002);云南省自然科学基金资助项目(2001B0009M)

作者简介:唐 辉(1963—),男,副教授,硕士生导师,主要从事天然高分子及多组分、多相高分子材料领域的研究工作。

E-mail:thz9017@sina.com

缓释型草坪肥料具有肥效长、延长绿色期的效果,加之其环境友好特性,现已成草坪肥料研发的主导方向^[1,2]。近年,国内学者也开始注意施用缓释肥料后草坪草的生长响应。边秀举等发现施用缓释氮肥能显著降低施肥后的氨挥发损失,且能持久高效地保持草坪质量^[3],刘玉杰等发现施用 Osmocote 控释复合肥料的草坪颜色较好、均一度较高,但这些研究主要关注已建植草坪对追施缓释肥料的响应情况,且缓释肥料的包膜材料多来源于合成树脂。本文在基肥施用条件下,考察了一类包膜材料来源于可再生的油桐资源、在土壤中容易降解的桐油包膜型缓释肥料对黑麦草出苗和生长的影响,并将包膜肥料的养分释放和黑麦草的生物响应作了对比研究,旨在为新型草坪用缓释肥料的研发及草坪的合理施肥提供依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

尿素:氮含量 $\geq 46.4\%$,直径为 2~4.75 mm,熔点 130℃;云南云天化股份有限公司生产;

硫酸钾型含镁 NPK 复合肥料(12-12-17):BASF 公司 Nitrophoska 复合肥料;

桐油:酸值为 6.2 mg·g⁻¹;云南红河州弥勒县荣华油脂有限公司生产;

供试材料:草种为美国引进的黑麦草(金牌美达丽)。

1.2 试验设备

无级调速不锈钢转动式包膜机:其调速范围 12~44 r·min⁻¹,调温范围为室温至 150℃,与相关厂家联合研制。

1.3 试验方法

1.3.1 桐油包膜肥料的制备

准确称取 300 g 尿素或复合肥料(W_0)放入包膜机中,设定转速及温度后启动包膜机和热风机预热肥料颗粒,将包膜液体滴加到翻滚中的肥料颗粒表面,然后加入调理成分 T 或 C,一定时间后将包膜肥料取出并称量(W_1),可计算出包膜率 $k = (W_1 - W_0) / W_1$ 及肥料含量 $U = 100\% - k$ 。

1.3.2 扫描电子显微镜(SEM)观察和拍照

将肥料颗粒、包膜肥料颗粒经真空镀金后于 Kyky1000G 型扫描电镜下观察并拍照,电镜加速电压为 20 kV,束流为 75 mA。

1.3.3 包膜肥料溶解释放率(浸泡法)的测定

用四分法取样并准确称取 1 g(W_2)包膜肥料置于

浸泡容器中,加入样品质量 20 倍的蒸馏水于室温下静置浸泡,一定时间后将浸泡液转移到烧杯中,于 90℃下烘干后称量并确定溶出物的质量(W_3),计算包膜肥料的瞬时溶解释放率 $r = [W_3 / (W_2 \times U\%)] \times 100\%$,转移完浸泡液后立即往浸泡容器中补足蒸馏水,继续测定不同浸泡时间时的 r ,并计算出包膜肥料的养分累积释放率 $R (R = \sum r)$,进而确定包膜肥料 R 达到 80% 所对应的时间 $t_{80, d}$ 。

1.3.4 黑麦草的盆栽试验

试验地点及气象条件:本试验位于昆明市,介于北纬 24°29'~25°28',东经 102°29'~103°01',海拔约 1900 m,年平均温度约 15℃,年降雨量约 900 mm,5—10 月几乎集中了年降雨量的 85%,11 月至次年 4 月晴天多、降雨少,干湿季十分明显。年太阳辐射能总量为 502~523 kJ·cm⁻²,5—10 月辐射量约占全年辐射量的 1/2。黑麦草种植 3 周(出苗 2 周)后,5 月 18 日到 6 月 2 日(播种第 6 周)之间,有记录的下雨次数多达 14 次,下雨时空气湿度常介于 79%~84% 之间,为基施肥料养分的释放和黑麦草的生长提供了适宜的条件。

盆栽试验及试验设计:土壤为山地红壤,取至昆明理工大学农业工程学院温室大棚外,其 pH 值为 5.8,肥力差。盆钵内径 26 cm,高 15 cm,面积为 0.053 m²,每盆土重 5 kg。试验共设 7 个处理:(1)不施肥料的空白对照(CK);(2)尿素(U);(3)复合肥料(C)(4)桐油包膜尿素 UT-02(调理剂为 T 包膜率为 9.5%);(5)桐油包膜尿素 UC-04(调理剂为 C 包膜率为 7.9%);(6)桐油包膜复合肥料 CT-02(调理剂为 T 包膜率为 9.2%);(7)桐油包膜复合肥料 CC-02(调理剂为 C 包膜率为 7.9%)。尿素和桐油包膜尿素的施肥量均为每盆 1.8 g 尿素,施 N 量均为每盆 0.84 g(相当于 15.8 g·m⁻²或 158 kg·hm⁻²),复合肥料的桐油包膜复合肥料的施肥量均为每盆 1.8 g,施 N、P₂O₅、K₂O 量分别为每盆 0.53、0.53 和 0.75 g(相当于 10、10 和 14.2 g·m⁻²或 100、100 和 142 kg·hm⁻²)。每个处理重复 3 次,试验在 21 编号的塑料盆中进行,按随机方式将各处理(含重复)确定的尿素、复合肥料、TCU 及 TCC 拌入土壤,将 1.5 g 黑麦草种子均匀撒于土壤表面,然后覆盖少量细土。播种时间为 2003 年 4 月 29 日,出苗前每天浇水 1 次,出苗后每 2 d 浇水 1 次(下雨则不浇水),每次浇水量均为每盆 1000 mL。第 3 周后每周测定 1 次植株高度,每周取部分植株测定生物量,观察黑麦草的生长情况并用数码相机

拍照。

2 结果与分析

2.1 桐油包膜肥料的性质

TCU 和 TCC 均为黄色球状颗粒, 电子显微镜揭示的包膜层厚度小于 200 μm , 见图 1。其水浸泡液的 pH 值与尿素和复合肥料相当, 其养分释放速度参数(24 h 溶解释放率和 80% 释放周期 t_{80}) 在包膜率相近时主要依赖于包膜肥料的种类, 供试的 2 种 TCU 包膜率介于 7.9% ~ 9.5%, 其 t_{80} 为 24 ~ 26 d, 供试的 2 种 TCC 包膜率介于 7.9% ~ 9.2%, 其 t_{80} 为 127 d, 见

表 1。在包膜率相近的情况下, 桐油包膜复合肥料的养分释放速度比桐油包膜尿素的养分释放速度要慢得多, 究其原因可能是尿素的水溶性比复合肥料大, 且较容易通过桐油包膜层。

图 2 给出了供试的 2 种 TCU、2 种 TCC 以及对照用的尿素和复合肥料在水中的养分溶解释放曲线, 尿素在水中溶解很快, 约数分钟就能完全溶解, 复合肥料在水中 3 d 内也基本溶完。而供试的包膜肥料在水中的溶解速度明显减慢, 其 1 d 溶解释放率为 3.8% ~ 11.2%, 已达到了欧洲缓释化肥 15% 的标准^[4], 具有适当的初期供肥速度。

表 1 桐油包膜尿素及桐油包膜复合肥料的 basic 特征

Table 1 The basic feature of tong oil - coated urea and tong oil - coated compound fertilizer

| 样品编号 | 调理剂 | 包膜率/% | 肥料含量/% | 1d 溶解率/% | t_{80} ^a /d | pH 值 |
|---------------------|-----|-------|-------------------|------------------|--------------------------|-----------|
| U(urea) | 无 | 0 | 100 | 100 ^b | 0.007 | 5.8 |
| C(NPK) ^c | 无 | 0 | 100 | 82.8 | 1 | 5.8 ~ 6.0 |
| UT-02 | T | 9.5 | 90.5 | 8.1 | 24 | 5.8 ~ 6.0 |
| UC-04 | C | 7.9 | 92.1 | 11.2 | 26 | 5.8 ~ 6.0 |
| CT-02 | T | 9.2 | 90.8 ^d | 3.8 | 127 | 5.8 ~ 6.0 |
| CC-02 | C | 7.9 | 92.1 ^d | 3.7 | 127 | 5.8 ~ 6.0 |

注: a 为养分累积释放率为 80% 的时间, b 为 10 min 时的溶解率, c 为 NPK(12-12-17) 含镁 NPK 复合肥料(NPK(12-12-17)), d 为以 NPK 复合肥料为基准

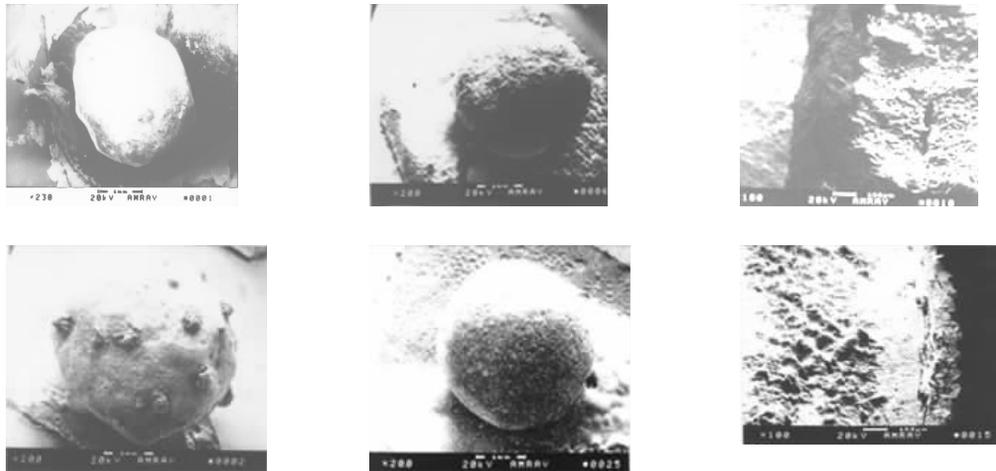


图 1 尿素、NPK 复合肥料(左上、左下: 表面 23 倍)及桐油包膜尿素 UT-02、桐油包膜复合肥料 CT-02(中上、中下: 表面 23 倍, 右上、右下: 截面 $\times 100$ 倍)的 SEM 照片

Figure 1 The SEM photograph of Urea/NPK compound fertilizer (left above/left below: surface $\times 23$) and TCU UT-02/TCC CT-02 (middle above/middle below: surface $\times 23$, right above/right below: section $\times 100$)

2.2 桐油包膜尿素对黑麦草生长的影响

本次试验地点位于云南昆明东郊, 地处亚热带, 气候温暖多雨; 土壤类型为红壤, 组成粘土矿物高岭石为主, 土壤风化淋溶强烈, 其固磷作用强, 速效磷、钾等养分含量低, 是一种既酸又瘦的低产土壤。本次试验黑麦草的播种时间为 2003 年 4 月 29 日, 接近昆

明地区的雨季开始时间。黑麦草播种 7 ~ 9 d 后, 所有处理均开始出苗, 未施基肥的空白对照样盆(43 号)出苗不整齐, 出苗率较低, 苗细而弱, 色泽发黄; 施以尿素、复合肥料、TCU 和 TCC 的所有样盆均出苗整齐, 苗粗而壮, 色泽葱绿。这一结果说明施以尿素、复合肥料、TCU 和 TCC 基肥均有助于黑麦草的萌发和

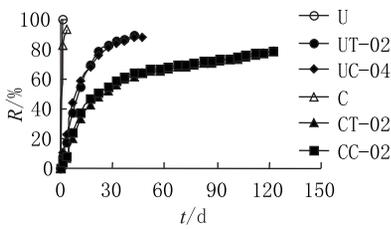


图 2 尿素及桐油包膜尿素(左右分别为 T 或 C 调理剂系列)在室温水中的养分溶出曲线

Figure 2 Nutrient dissolution curve of urea and TCU (left and right for T - type and C - type additive series respectively) in water at room temperature

出芽,但包膜肥料、尿素及复合肥料对黑麦草生长的影响差异还未充分表现出来。

草坪草植株的生长速度与其出苗速度一样会影响草坪的成坪快慢,图 3(左)给出了黑麦草在种植 6 周后的植株生长高度曲线,以种植后 3 周为时间界限,有两类有明显差异的黑麦草植株生长高度变化规律:在播种后的前 3 周,不论施不施基肥或施以何种基肥,黑麦草植株以一个较高的速度(约每周 2 cm)生长。在 3 周以后未施基肥的黑麦植株高度停止增长(稍有下降是由于部分植株顶端枯烂和倒伏所致),而施以尿素、复合肥料以及 TCU 和 TCC 基肥的黑麦草则以较低的速度(约每周 1 cm)继续缓慢增长。在第 6 周时黑麦草植株高度顺序为 UC-04> UT-02> 尿素> CT-02≈CC-02> 复合肥料> 空白对照。黑麦草的这一植株高度顺序表明,施用氮肥是决定黑麦草生长高度的主要因素,但在同样的施氮量(UC-04, UT-02 和尿素的施氮量同为 $15.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, CT-02、CC-02 和复合肥料的施氮量同为 $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)下桐油包膜的尿素(UC-04 和 UT-02)和桐油包膜的复合肥料(CT-02 和 CC-02)较之相应的普通肥料使黑麦草植株的生长高度都要高。但是,草坪与其它作物不同之处在于成坪之后要求草坪草尽可能长得慢,否则地上部分徒长既增加了剪草工作量,又因植株消耗大量的碳水化合物,将导致 C/N 比失调、植株柔软多汁而使草坪草抗性下降。尽管本试验中的黑麦草的基肥施 N 水平为 $10 \sim 15.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,少于文献[5]的施 N 量、更远低于文献[6]中获得理想黑麦草草坪的施 N 量,但由于桐油包膜尿素和桐油包膜复合肥料较普通肥料 N 素利用率更高,仍获得了较理想的黑麦草生长质量,这就为该类包膜肥料在实际应用进一步降低施肥量预留了很大的空间。

生物量是衡量草坪生产力、再生速度和草坪品质

的一个重要指标。从黑麦草种植后生物量的变化情况来看,见图 3 右。在播种后的前 4 周各处理的生物量增长均较慢,处理间的差异也不大。第 4 周后未施基肥的空白对照黑麦草,其植株生物量增长仍很缓慢,到第 5 周后甚至停止了增长;施以各种桐油包膜肥料的黑麦草的生物量在第 4 周后仍以较均匀的速度增长,而施以复合肥料的黑麦草的生物量增长则快得多。第 6 周时黑麦草生物量的顺序为复合肥料> UC-04> UT-02> 尿素> CT-02> CC-02> 空白对照。值得注意的是图 3 左中施以复合肥料的黑麦草的植株高度在施肥处理中是最小的,这表明未包膜的复合肥料由于 P、K 和 Mg 等养分的快速释放使黑麦草的茎部变粗或叶片变宽,生产相同的植株生物量需求的 N 肥量减少,这一结果与文献[7]的结果相吻合。但施用复合肥料处理的黑麦草由于生物量的快速增长,使 N 素的消耗也增加,供 N 的不足造成了黑麦草色泽的发黄,这表明施用普通复合肥料并不能全面改善草坪草的生长质量。

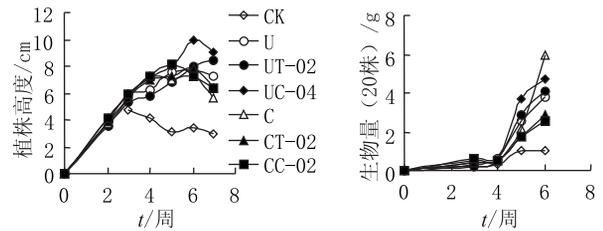


图 3 桐油包膜尿素和桐油包膜复合肥料对黑麦草植株高度(左)及生物量(右)的影响

Figure 3 Effect of TCU, TCC on plant height (left) and biomass (right) of ryegrass

草坪植物的绿色取决于其叶片中叶绿素的浓度,草坪颜色现已成为评定草坪质量好坏的重要指标。Mg 是叶绿素的重要组成元素,有文献认为施用含镁肥料可使草坪颜色特别鲜绿^[8]。本试验基肥施用的复合肥料和 TCC 中均含有镁,但黑麦草色泽的变化规律却较为复杂。从跟踪拍摄所得的数码照片反映的黑麦草色泽来看,不施肥的空白对照从出苗开始后的整个试验期内黑麦草的颜色都发黄,这主要是供试土壤缺 N 所致;在施肥处理中,施以尿素的黑麦草在播种第 5 周后也变黄,这主要是尿素 N 在试验前期损失过多导致试验后期供 N 不足所致;施以含镁复合肥料的黑麦草在第 5 周后也明显发黄,这与该处理的后期黑麦草的生物量增长过快、N 消耗量增大,而复合肥料本身含 N 少、在试验前期 N 素损失过多导致试验后期供 N 不足有关。施以含镁的桐油包膜复合肥料

CT-02 和 CC-02 的黑麦草在试验后期也出现了轻微的发黄也与肥料中 N 素较少有关; 施用的桐油包膜尿素 UT-02 和 UC-04 虽然不含镁元素, 但黑麦草在试验后期(第 7 周)仍然保持健康的葱绿色。这一结果表明, 欲通过施用含镁肥料来达到延长草坪草绿期的目的, 必须在足够长时间内有足量的 N 素供给作保证, 因而配施包膜含镁复合肥料和包膜尿素应该是一个明智的选择, 这方面的研究工作还有待于进一步进行。

上述试验结果表明, 以 TCU、TCC 作为黑麦草基肥在促进成坪的效果上与尿素和复合肥料相当, 成坪后仍然能提供一定量的养分以维持黑麦草的缓慢生长。即使在施氮水平较尿素低得多的情况下, 黑麦草的生长和绿色期仍能达到较好的水平。在酸性和固磷作用较强的红壤中施用缓释性的桐油包膜尿素或桐油包膜复合肥料对黑麦草的生长有较好的肥效, 配施桐油包膜的含镁复合肥料和桐油包膜尿素可能是一种更好的黑麦草施肥方案, 这方面的研究工作尚有待进行。

参考文献:

[1] Carrow RN. Turf grass response to slow-release nitrogen fertilizers[J].

Agron J. 1997, 89(3): 491-496.

[2] Zhang M, Nyborg M, Malhi S S, Comparison of controlled-release nitrogen fertilizer on turfgrass in moderate temperature area[J]. *Hort Science*, 1998, 22(7): 1203-1206.

[3] 边秀举, 李晓林, 张福锁, 施氮后的氨挥发损失及其对草坪草生长的影响[J]. *草地学报*, 2000, 8(3): 41-45.

[4] 唐 辉, 王亚明, 杨爱明. 以松香和桐油为成膜物的包膜尿素的释放特性和表面形貌[J]. *现代化工*, 2003, 23(2): 23-25, 29.

[5] 边秀举, 胡 林, 李晓林, 不同氮钾用量对多年生黑麦草草坪的影响[J]. *草业科学*, 2000, (3): 55-59.

[6] Canaway P W. The response of renovated turf loliu perenne to fertilizer nitrogen[J]. *Journal of The Sports Turf Research Institute*, 1985, 6(1): 92-99.

[7] Christians N E, Martin D P, Wilkinon J F. Nitrogen, phosphorus, and Potassium effects on quality and growth of Kentucky bluegrass and creeping bentgrass[J]. *Agronomy Journal*, 1979, (71): 564-567.

[8] 李 萍, 许秀成, 王好斌, 等. 一种适用于草坪的专用肥——全营养、全包裹的可控制释放肥料[J]. *化肥工业*, 1997, 24(3): 26-28, 33

致谢: 本校精细化工专业 2003 届本科毕业生张勇、林英同学参加了部分工作, 云南师范大学分析测试中心刘剑虹老师为 SEM 拍照提供了帮助, 在此深表谢意。