

一种长效复合肥的研制及肥效试验

王忠全* 刘文利

(电子科技大学中山学院 广东 中山 528402)

【摘要】研制了一种长效复合肥料,并证实了它的效果。文中以不同氮源、磷源、养分配比、粘结剂种类和用量为因素,采用正交设计的方法设计肥料,通过元素溶出率模拟指标,优选出采用脲甲醛作为氮源、 CaHPO_4 作为磷源,使用少量的甲基纤维素为粘结剂制作成的全营养高浓度复合肥料,养分水溶出率低,物理性状好。盆栽试验表明,研制的长效复合肥与普通复合肥比较有效期长,达14个月以上,且可一次大量施用而不致产生肥害,优选出的使用方法为颗粒剂7.5 g/kg土。对花卉栽培可节省管理的时间。

关键词 长效复合肥; 溶出率; 肥效试验; 使用方法

中图分类号 S147.5 文献标识码 A

Development of a Slow-Release Fertilizer and Its Efficiency Test

Wang Zhongquan Liu Wenli

(Zhongshan College, UEST of China Guangdong Zhongshan 528402)

Abstract A new slow-release fertilizer was developed by laboratory and cultivated trials. Selected by the soluble rate of the treatments designed by orthogonality design, its components include urea formaldehyde(N source), CaHPO_4 (P source), methyl cellulose(adhesive), K, Mg, S and all microelements. It was tested that its efficiency is long than 14 months, and 7.5 g of it per kilogram soil (in particles) is more suitable than other treatments. It is profitable for gardening of saving time from management.

Key words slow-release compound fertilizer; develop; soluble rate; efficiencytest; use method

长效肥料有效期长,淋失少,养分利用率高^[1,2],对环境影响小。对长效肥料的研究现在是热门课题,本文将讨论以脲甲醛、 CaHPO_4 等作氮、磷源的长效肥料。

1 材料与方

1.1 长效肥研制

1.1.1 原料

以脲甲醛、尿素作为氮源, CaHPO_4 、 NaH_2PO_4 作为磷源,粘结剂种类为聚乙烯醇、甲基纤维素;Ca, Mg, K, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B等化学肥料作为原料。

1.1.2 肥料方案设计

肥料设计采用 $L_8(2^7)$ 正交试验,具体方案如表1所示。

2003年9月1日收稿

* 男 31岁 在职博士生 讲师 主要从事植物营养,环境生态方面的研究

表1 肥料配方设计

处理号	氮源	粘结剂用量/(%)	空列	粘结剂种类	空列	磷源	NPK配比
1	尿甲醛	10	1	聚乙烯醇	1	CaHPO ₄	12-12-12
2	尿甲醛	10	1	甲基纤维素	2	NaH ₂ PO ₄	12-9-9
3	尿甲醛	16	2	聚乙烯醇	1	NaH ₂ PO ₄	12-9-9
4	尿甲醛	16	2	甲基纤维素	2	CaHPO ₄	12-12-12
5	尿素	10	2	聚乙烯醇	2	CaHPO ₄	12-9-9
6	尿素	10	2	甲基纤维素	1	NaH ₂ PO ₄	12-12-12
7	尿素	16	1	聚乙烯醇	2	NaH ₂ PO ₄	12-12-12
8	尿素	16	1	甲基纤维素	1	CaHPO ₄	12-9-9

模拟化学肥料的造粒过程,采用千金顶等制作成的挤压装置挤压造粒,8个处理采用100 kg/cm²压力下,造成直径1.5 cm,高2 cm的圆柱体颗粒,该肥料中含有一般植物全部必需的营养元素。

1.1.3 化学特性测定方法

长效肥肥效化学测定采用水中溶出率法^[3]。各处理取3粒已造粒成型长效复合肥,用20倍的水浸提,浸提时间分别为24 h和7 d。将浸提液过滤,取出滤液分别测定N、P、K的含量,计算出24 h和7 d的溶出率,24 h溶出率称初始溶出率。电导法测定各处理浸提液EC值。

测定方法:1) N采用硫酸消化—甲醛法测定^[4];2) P采用钼锑抗比色法测定^[4];3) K采用四苯硼钠比浊法测定^[5]。

1.2 肥效试

土壤采自广东省中山市五桂山镇长命水村,为花岗岩赤红壤耕作层,性质如表2所示。

表2 供试土壤基本性质

项目	pH值	质地	有机质/(%)	碱解氮(N)/mg·kg ⁻¹	速效磷(P ₂ O ₅)/mg·kg ⁻¹	速效钾(K ₂ O)/mg·kg ⁻¹
指标	5.82	轻壤土	1.8	131.2	12.4	123.7

长效复合肥是根据以上研究结果调整配方组分含量制作成的。肥料处理采用肥料种类、用量两因素完全随机设计。肥料种类采用15-15-15复合肥、自制15-15-15长效复合肥粉剂(未造粒)、自制15-15-15长效复合肥颗粒剂;用量采用2.5 g/kg土、7.5 g/kg土、15.0 g/kg土。因此得到9个处理,进行3次重复。处理方法为复合肥和长效复合肥粉剂分别与土壤全层混匀,长效复合肥颗粒剂分散置于土壤表层,距植株基部约2 cm。每处理使用土壤2 kg盛于塑料盆中。植物采用观叶植物黑美人4片叶分蘖小苗,每盆1株。盆栽置于温室中生长。栽培处理时间为2001年8月3日,栽培过程中浇自来水,收获时间为2002年10月15日,收获后黑美人整株洗净凉干,称鲜重。

2 结果与分析

2.1 溶出试验结果分析

2.1.1 N溶出率

长效肥料养分溶出率数据如表3所示。

从表4、表5得出,在浸泡24 h后,对N溶出率起主要作用的是氮源的种类,而其他因素所起的作用不显著。颗粒经过7 d浸泡后,对N溶出率起主要作用的仍是氮源的种类,同时,磷源的种类也起显著作用。这可能是磷源的化学性质影响氮源的水解。结合表3分析,尿甲醛处理在浸泡24 h后,其溶出率最小的为3.04%,最大的为18.7%,平均溶出率为10.1%。经过7 d浸泡后,尿甲醛处理的溶出率最低为5.0%,最高为20.0%,平均N溶出率为12.4%。尿甲醛初始溶出率符合长效肥料的要求。而尿素处理经过24 h和7 d的浸泡以后,其N的溶出率达80%~90%,不能作为长效肥料氮源,而以尿甲醛作为原料较合适。

表3 溶出试验结果

处理号	N溶出率/(%)		P溶出率/(%)		K溶出率/(%)	
	(24 h)	(7 d)	(24 h)	(7 d)	(24 h)	(7 d)
1	5.80	10.20	2.70	30.50	72.40	62.40
2	12.80	14.10	75.00	81.25	72.30	74.70
3	18.70	20.00	72.00	76.00	53.60	95.30
4	3.04	5.00	7.70	8.85	59.60	101.30
5	66.80	70.40	1.10	1.15	65.10	77.00
6	93.50	95.60	45.80	47.00	93.10	97.60
7	61.20	100.00	48.00	48.00	88.90	102.10
8	78.30	78.30	1.85	2.60	79.70	96.40

表4 溶出率方差分析结果的F值

因素	N溶出率/(%)		P溶出率/(%)		K溶出率/(%)	
	(24 h)	(7 d)	(24 h)	(7 d)	(24 h)	(7 d)
氮源	39.68*	407.78**	<1	10.7	2.62	2.43
粘结剂用量	<1	<1	<1	1.05	<1	10.87
粘结剂种类	<1	<1	<1	<1	<1	1.72
磷源	<1	20.24*	27.33*	75.5*	1.00	1.66
NPK配比	<1	3.37	1.09	1.22	1.95	<1

注: $F_{0.01}=98.5$, $F_{0.05}=18.5$, $F_{0.10}=8.53$

表5 溶出试验的直观分析结果: 水平平均数与极差

	氮源	粘结剂用量	空列	粘结剂种类	空列	磷源	NPK配比
24 h N溶出率/(%)							
X_1	10.1	44.8	38.1	49.1	38.5	40.9	44.8
X_2	75.0	40.3	47.1	36.0	46.6	44.1	40.3
R	64.7	4.5	9.0	13.1	8.1	3.2	4.5
7 d N溶出率/(%)							
X_1	12.4	47.6	50.2	51.0	41.0	52.7	47.6
X_2	86.2	50.8	48.2	47.3	57.4	45.7	50.8
R	73.8	3.2	2.0	3.7	16.5	7.0	3.2
24 h P溶出率/(%)							
X_1	39.4	31.2	31.9	30.9	30.6	3.3	26.1
X_2	24.2	32.4	31.65	32.6	33.0	60.2	37.5
R	15.2	1.2	0.25	1.7	2.4	56.9	1.4
7 d P溶出率/(%)							
X_1	49.2	40.0	40.65	38.9	40.6	10.8	33.6
X_2	24.7	33.9	33.31	35.0	33.3	63.1	40.3
R	24.5	6.1	7.34	3.9	6.7	52.3	6.7
24 h K溶出率/(%)							
X_1	64.5	75.7	78.3	70	74.7	69.2	78.5
X_2	81.7	70.5	67.9	76.2	71.5	77.0	67.7
R	17.2	5.2	10.4	6.2	3.2	0.8	10.8
7 d K溶出率/(%)							
X_1	83.4	77.9	83.9	84.2	87.9	84.3	90.9
X_2	93.2	98.8	92.8	92.5	88.9	92.5	85.9
R	9.8	20.9	8.9	8.3	1.0	8.2	5.0

2.1.2 P的溶出率

根据表4、表5分析，P的溶出率决定于磷源的种类，在肥料浸泡7 d后，N对P的溶出率影响达到0.10显著水平。因为尿甲醛溶出率低，阻碍P的溶出，决定磷源的选择上，以P的种类选择为主，结合表4分析，CaHPO₄处理的平均初始溶出率为3.3%，经过7 d浸泡后溶出率为10.8%，表明CaHPO₄处理的溶出率很小，而NaH₂PO₄处理经过24 h和7 d浸泡以后，平均溶出率达到60.2%和63.1%，NaH₂PO₄处理的溶出率远大于CaHPO₄处理。同时，由于CaHPO₄处理的溶出率很小，但它经过肥水1:20浸泡24 h后，浸提液P的浓度仍达980 mg/kg，即使再稀释10倍，仍能满足植物对磷的需求，故磷源以CaHPO₄处理较好。

2.1.3 K的溶出率

由表4、表5的分析结果得出，经过24 h浸泡后，各种因素对K的溶出率影响不显著，而经过7 d浸泡后，粘结剂用量对K的溶出率影响达到0.10显著水平，而其它因素的作用则不显著。结合表3分析，肥料经过7 d浸泡后，粘结剂的用量对K的溶出率起负作用，粘结剂的用量在10%时比用量在16%时K的溶出率低，这可能是因为在经过7 d浸泡后，分解成一定量的有机酸，使K的溶出率增大。因此，在粘结剂用量的选择上，选取10%或更少比较好。

2.1.4 粘结剂的种类选择

颗粒经过7 d开放放置和7 d浸泡后，从外观形态上分析，用粘结剂甲基纤维素的造粒强度大，效果较好如表6所示。

2.1.5 粘结剂用量分析

通过以上所有的图表分析，粘结剂的用量对N、P、K三种元素的溶出率作用不显著，从经济效益分析，以少用量为合适。

表6 复合肥开放放置或浸泡7 d后形态

处理号	开放放置第7 d外观形态	浸泡7 d后形态
1	成粒好，有些有裂缝，内部形成有纤丝相连，强度大	散成少数几个棉花状个体
2	成粒好，粒面光滑，强度大，有些裂缝	稍有颗粒外形
3	强度较小，较松散	完全散，基本散成粉末
4	与2相似	有颗粒外形，有裂缝(全部未散落)
5	所有颗粒有裂缝，有一定弹性，内部形成纤丝相连，强度较低，但好于3	保持颗粒状，裂缝大(全部未散落)
6	吸潮，强度大，粒面光滑	保持颗粒状，有裂缝(全部未散落)
7	最松散，强度最小	完全散，基本散成粉末
8	强度大，粒面光滑	基本完全散，散成小颗粒

2.2 肥效结果分析

肥效试验收获称取各盆黑美人植株鲜重，数据汇总如表7所示。

	2.5 g/kg	7.5 g/kg	15.0 g/kg
复合肥	83.52	60.08	0
	37.78	0	0
	83.84	0	0
粉状长效肥	22.12	115.73	101.26
	79.04	86.50	32.36
	73.17	112.04	73.48
颗粒长效肥	55.02	92.85	143.19
	97.06	146.71	150.42
	74.31	111.80	89.21

变异来源	SS	df	MS	F	F _{0.01}
肥料种类	27 369.66	2	13 684.830	18.525	6.013
用量	1 224.33	2	612.167	0.829	6.013
互作	14 326.16	4	3 581.541	4.848	4.579
误差	13 297.35	18	738.742		
总变异	56 217.50	26			

方差分析如表8所示。肥料种类对植株鲜重有极显著影响, 长效肥生物量高, 复合肥生物量低, 且复合肥施肥量高时, 植株死亡。这种现象与复合肥速效, 溶出大, 造成植株根际溶液渗透压高, 使植物死亡, 同时由于溶出大, 浇水时有效养分淋失, 故长期肥效不好。表8所示肥料种类与用量互作也对鲜重有极显著影响, 与两个长效复合肥各处理分析得到的结果(如表9所示)不同, 需要优选出的最优方案肯定不是复合肥, 应是长效复合肥某剂型的特定用量, 因此采用表9得到优选结果更可靠。表9表明剂型和用量均显著影响到黑美人生物量, 互作对生物量无显著影响。需进一步多重比较剂型和用量的影响。由于颗粒处理鲜重平均106.73 g, 高于粉剂处理平均鲜重77.3 g, 颗粒剂效果好。用量处理多重比较如表10所示, 7.5 g/kg处理最好, 15.0 g/kg处理稍有降低, 但未达到显著水平, 2.5 g/kg处理生物量显著减少。因此优选的方案为采用颗粒状长效复合肥, 用量为7.5 g/kg或15.0 g/kg。

表9 长效复合肥剂型用量方差分析表

变异来源	SS	df	MS	F	$F_{0.05}$
剂型	3 897.562	1	3 897.562	4.930	4.747
用量	6 205.886	2	3 102.943	3.925	3.885
互作	1 929.676	2	964.838	1.220	3.885
误差	9 486.352	12	790.529		
总变异	21 519.480	17			

表10 长效肥料用量多重比较表

用量	鲜重平均数/g	0.05水平差异显著性
7.5 g/kg	110.94	a
15.0 g/kg	98.32	ab
2.5 g/kg	66.79	b

注: 新复极差法多重比较。

3 讨论与结论

3.1 肥料研制结果

采用氮源尿甲醛, 磷源 CaHPO_4 , 粘结剂甲基纤维素用量为10%, NPK配比为12-12-12或12-9-9处理为优化后选择的肥料配方组合。

3.2 研制长效肥料的效果

与文献[3]测定结果相比较, N和P的溶出率均低于国内几种长效肥料N、P的溶出率(其测定值为N30.23%~35.93%、P32.89%~36.93%), 而达到最好的加拿大灰色包膜肥料水平(其测定值为N7.12%, P4.64%)。试验中K的初始溶出率最低为49.5%, K溶出率与国内几种长效肥相近。

从外观长势及生物量分析, 肥效达14个月以上, 超过文献[6, 7]报道其它长效肥的已知有效期。自制长效肥在花卉栽培管理上是可行的, 有效的。

3.3 长效肥的施用量

长效肥的施用量浸提液的EC值如表11所示。

表11 浸提液的EC值

单位: $\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$

处理号	1	2	3	4	5	6	7	8
24 h	17.02	19.02	19.86	15.96	15.74	31.74	30.98	15.76
7 d	17.44	20.40	21.00	20.20	16.70	32.00	16.98	16.98

文献[8]报道, EC值低, 盐指数小, 对植物的盐害小, 一次施用量可增大, 各处理的EC值相差1倍左右, 从EC值指标选择长效肥料配方是有意义的。预计选择最优组合EC值与各处理中的低值相近。以经验公式估计, 1 L水中溶解1 g盐, EC值约增加1.0 ms/cm , 估计试验选择出的复合肥, 盐度指数比相同配方速效肥低1/2以上, 故施用量可为速效复合肥的2倍以上。栽培试验中也得到了证实, 自制长效肥料采用颗粒剂用量7.5 g/kg土或15.0 g/kg土, 15.0 g/kg土处理没有明显的毒害, 而普通复合肥7.5 g/kg土处理生物量低或死亡。

3.4 长效肥料的机制

长效肥料机制使用最多的为物理机制, 主要采用的是包膜法^[3, 9, 10]及吸附法^[11, 12]。包膜材料多用高分子材料^[3, 9], 枸溶性肥料^[13]、腐殖质等^[14]。另外有少量使用化学缓释性机制, 如有机物改性尿素^[15]、枸溶性肥料^[13]、脲酶抑制剂等。包膜机制主要问题是需要多一道包膜工序, 增加成本能耗; 矿物吸附机制使用

矿物较多,不易配制高浓度肥料。文献[13]使用钙镁磷肥包裹,同时作为磷源,磷含量偏低。本试验兼用了物理机制与化学机制,造粒可一次完成,使用 CaHPO_4 为枸溶性磷肥,95%可溶于稀柠檬酸,采用这些原料可制成高浓度复合肥,如15-15-15。

周瑾老师为本试验提供了压力造粒成型设备,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 何绪生,李素霞,李旭辉,等. 控效肥料的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 97-106
- [2] Shoji S, Kanno H. Use of polyolefin-coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emission[J]. Fert. Res, 1994, (3): 147-152
- [3] 徐和昌,柯以侃. 几种长效肥料包膜的性质和分析方法[J]. 中国农业科学, 1995, 28(4): 72-79
- [4] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1986, 69, 301
- [5] 王荫槐. 土壤肥料学[M]. 北京: 农业出版社, 1992, 298
- [6] 丁 志. 缓释长效剂的研制及其应用[J]. 干旱区研究, 2000, 17(1): 67-70
- [7] 余巧钢,朱本岳,余观海. 缓释肥在茶花上的应用研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(2): 131-132
- [8] 奚振邦. 化学肥料学[M]. 北京: 科学出版社, 1994, 340
- [9] 陈剑慧,曹一平,许 涵,等. 有机高聚物包膜控释肥氮释放特性的测定与农业评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 44-47
- [10] 杜建军,廖宗文,宋 波,等. 包膜控释肥养分释放特性评价方法研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 16-21
- [11] 吴平霄,廖宗文,毛小云. 矿物锌肥结构特征及其增效机理研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 449-454
- [12] 赵美芝,邵宗臣,邓友军,等. 有机粘土的特性及其对肥料养分的缓释作用[J]. 矿物学报, 2001, 21(2): 189-195
- [13] 李荫萍,许秀成,王好斌,等. 一种适用于草坪的专用肥 - 全营养,全包裹可控制释放肥料[J]. 化肥工业, 1997, (3): 26-33
- [14] 钱惠祥,孙明强,严玉娟. 腐殖酸包裹型长效尿素肥效机理初步研究[J]. 土壤肥料, 2002, (1): 34-40
- [15] 吴平霄,廖宗文,毛小云. 改性尿素的肥效及淋溶特性研究初探[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 75-76

编 辑 孙晓丹