

"肥料仍是农场主能够做出的最佳投资之一。肥料施用量低于最优值意味着种植商盈利减少,还会导致土壤养分过度消耗。保持土壤肥力比重新积蓄肥力更容易、成本更低。"

Terry Roberts博士,国际植物营养研究所

独立试验检测了英保地对压实、蒸汽和化学造粒氮磷钾复合肥肥料产品特性的影响。本手册使用真实数据概述实际试验结果,并展示氯化钾、尿基和硝基氮磷钾复合肥产品的物理与化学性质。



目录

什么是肥料?	2	结块倾向	34
植物必需的养分	3	蒸汽造粒的英保地氮磷钾复合肥中的磷	35
肥料的形态	4	化学造粒的英保地复合肥	36
肥料的类型	5	化学造粒的尿基氮磷钾复合肥: 试验结果	38
肥料的质量参数	6	化学造粒的硝基氮磷钾复合肥: 试验结果	40
在掺混肥中的相容性	8		
使用英保地生产氮磷钾复合肥	10	化学造粒的英保地氮磷钾复合肥:物理性质	42
压缩型英保地复合肥	11	耐磨性	44
尿基氮磷钾复合肥: 试验结果	12	粉尘率	45
硝基氮磷钾复合肥: 试验结果	14	抗冲击强度	46
压缩型英保地复合肥:物理性质	16	抗压强度	47
耐磨性	18	吸水性	48
临界相对湿度	19	渗水性	49
粉尘率	20	结块倾向	50
抗压强度	21	化学造粒的英保地氮磷钾复合肥中的磷	51
蒸汽造粒的英保地复合肥	22	撒施	52
蒸汽造粒的尿基氮磷钾复合肥: 试验结果	24	撒施□英保地颗粒作为单肥	53
蒸汽造粒的硝基氮磷钾复合肥: 试验结果	26	撒施-粒径分布	54
蒸汽造粒的英保地氮磷钾复合肥: 物理性质	28	撒施□掺混肥	55
耐磨性	30	临界相对湿度	56
粉尘率	31	临界相对湿度-散装尿基氮磷钾掺混肥	58
		临界相对湿度 - 散装硝基氮磷钾掺混肥	59
抗冲击强度	32	注释与参考文献	60
抗压强度	33	THE STATE OF THE S	



植物必需的养分

施肥方法因地而异,但是本质上肥料的主要功能是补充被已收割作物消耗的养分。作物从土壤中吸收养分来积累生物量。如果土壤能继续供应养分,作物的生产力就能继续保持。

目前农业部门公认植物生长所必需的养分有16种。

肥料输送养分以支持作物的生长。任何含有一种或多种植物可利用 形式的主要、中量或微量营养元素的物质都可作为肥料。

常量元素	来自空气和水	碳 (C) 氢 (H) 氧 (O)
	来自土壤: 主要营养元素	氮 (N) 磷 (P) 钾 (K)
	来自土壤: 中量营养元素	钙 (Ca) 镁 (Mg) 硫 (S)
微量元素	来自土壤: 微量营养元素	硼 (B) 氯 (CI) 铜 (Cu) 铁 (Fe) 锰 (Mn) 钼 (Mo) 锌 (Zn)



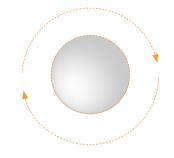
肥料的形态

固体肥料的生产方式不同导致终端产品的形态不同。

晶粒是通过在高塔中向下喷洒液化的化合物,与逆流向上的冷空气接触而形成的光滑球状颗粒。晶粒在高塔中向下掉落时凝固,并经过筛分后包装。优质的晶粒质地坚硬均匀,结块倾向低。正常的颗粒粒径范围为1至3毫米,其中75%介于2.4到2.8毫米之间。

造粒的目的是为了使肥料更加便于装卸和施用。颗粒型肥料质地粗糙,是通过将待烘干的浆料投入旋转机而制成的球状颗粒。优质产品通常为坚硬和堆密度均匀的颗粒,结块概率和磨损指数低。90%的优质英保地颗粒的粒径介于2到4毫米之间。

压缩型肥料比颗粒型肥料更有棱角,是产品经过对辊挤压形成的固体块。压缩后的物料之后被打碎并筛分,以便使产品粒径介于2到4毫米之间。压缩型肥料产品也可以称为颗粒或碎粒。



"90%的优质英保地颗粒的生产粒径介于2到4毫米之间。"



肥料的类型

农户可以选择只施用一种植物营养元素(单肥)或包含至少两种主要营养元素的混合营养产品(复合肥)。其他的肥料类型称为复混肥、掺合肥、混合肥、掺混肥或氮磷钾肥。

在肥料界,大部分复合肥产品都是以颗粒的形式进行分销的,包含至少两种(通常是三种)主要营养元素(氮、磷、钾)。混合肥可以是以下两种形式:

- 复合肥-通过化学过程制成,每个肥料颗粒的成分相似;
- 掺混肥-通过将不同的肥料颗粒在干燥的条件下混合而制成, 含多种不同的肥料颗粒。

目前认为,为了种植健康的植物,在适合的时间获取适合的养分和提高产量,更广谱的养分配方至关重要。因此,基础的氮磷钾肥被氮磷钾+硫、氮磷钾+镁或+微量元素的配方所取代。英保地的价值在于能够在一种产品中提供多种营养元素。



肥料的质量参数

复合肥和压缩型、蒸汽造粒和化学造粒的肥料产品可以使用几种不 无论选择哪种生产方式,肥料的质量都是由相同的参数决定。同的方式生产。



粒径

肥料产品的粒径指粒径范围。造粒技术 会影响粒径,进而影响肥料的肥效、贮 存、装卸、撒施和掺混。



抗压强度

抗压强度是指压碎单个颗粒所需的最小力。 抗压强度有助于评估颗粒型原料的装卸、贮 存性能,以及确定袋装贮存和散装贮存时所 能承受的压力范围。



耐磨性

耐磨性指抵抗装卸所致的粉尘或粉末的特性。该参数可帮助评估装卸、贮存和施用时的物料损失,在有些情况下还可以帮助控制污染和风险。



肥料的质量参数(续)



抗冲击强度

抗冲击强度指颗粒撞击到坚硬表面时 抗破碎的能力。该参数对于使用鼓风式 撒肥机的用户和当肥料从高空卸到散 堆时(例如,在装船时)尤其重要。



临界相对湿度 (CRH)

当空气湿度大于某一湿度时,物质会 吸收水分,这一湿度值即为临界相对 湿度。临界相对湿度决定肥料产品在 贮存时以及在装卸和分销时所需的保 护程度。测试是在一个有控制的湿度 箱内进行的,所吸收的水分通过产品 的重量来反映。



吸水性

吸水性是指材料从大气中吸收水分的倾向。有相似临界相对湿度的肥料可能由于吸水容量不同而有不同的表现。 肥料可以通过在潮湿环境中暴露不同的时间来进行比较。评估根据单位表面积的吸水量、水分渗透深度、吸水容量和湿润颗粒的完整度来确定。这一参数对于肥料在不同气候下的装卸、贮存和保质期很重要。

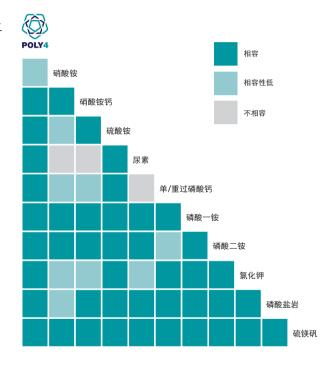
7



业界众所周知,硝酸铵与尿素不相容,与硫酸铵、重过磷酸钙、过磷酸钙、氯化钾和磷酸盐岩相容性低。硝酸铵的性质与英保地相似。

然而,结果显示,英保地与试验中的其他肥料产品(即尿素、磷酸二铵、磷酸盐岩和氯化钾)之间有广泛且良好的相容性。英保地的相容性三角进一步扩展了欧洲肥料制造商协会的肥料相容性指南⁵,英保地试验的结果显示,英保地是一种可以掺入氮磷钾肥中的相容的原料。

英保地相容性三角67





压缩型英保地复合肥

压缩型肥料是通过对辊挤压产品而形成固体块,这是一种既简单又经济的生产复合肥的方式。有些材料不容易被压缩到一起,而有些材料是粘合剂,能有效促进较一过程。

试验将生产各种规格的氮磷钾复合肥所需的原料以粉末形式混合均匀。然后混合物填入压缩机中压缩。压缩后的材料被粉碎,之后经筛分使细小颗粒、过大的碎块与所需粒径的产品颗粒分离。粒径过小的材料重新与新的混合物一起送回压缩机。粒径过大的材料送回粉碎机,经粉碎机粉碎后卸入筛分系统,从而完成整个闭环流程。

为确定尿基和硝基氮磷钾复合肥的物理性质,包括粒径分析、颗粒抗压强度、耐磨性、产品粉尘率、临界相对湿度和吸水渗水性,

国际肥料发展中心使用这一压缩流程对不同规格的尿基和硝基氮磷钾复合肥系列进行了试验(尿基氮磷钾复合肥成分:尿素-磷酸二铵-氯化钾-英保地;硝基氮磷钾复合肥成分:硝酸铵-磷酸盐岩-氯化钾-英保地)。



尿基氮磷钾复合肥的压缩流程:试验结果的

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8			
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9			
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)					
4.00毫米	0.1	0.4	1.1	1.2			
3.35毫米	2.6	5.9	16.0	22.9			
2.80毫米	19.3	30.3	42.2	55.5			
2.36毫米	42.9	61.3	68.6	85.8			
2.00毫米	61.9	82.7	84.6	98.3			
1.70毫米	72.3	91.6	91.5	99.4			
颗粒扎	亢压强度(粒径大于2.36	毫米且小于2.80毫米的部	8分)				
平均值(千克/颗粒)	0.98	1.67	2.26	2.19			
范围(千克/颗粒)	0.55-2.1	1.0-2.5	1.35-3.3	1.25-3.3			
耐磨性(%损耗比例)	10.45	3.86	2.54	1.44			
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	0.6	1.66	1.19	0.83			



尿基氮磷钾复合肥的压缩流程:试验结果(续)。

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9
	物理	性质		
产品的粉尘率 (毫克/千克产品)	17,296	6,507	6,828	3,125
临界相对湿度(%)	55-60	55-60	55-60	55-60
	吸水性-渗水性(72 小)	討 @ 30°C, 80% RH)		
吸水率 (毫克/平方厘米)	486.1	505.9	478.7	492.6
渗水性(厘米)	9.2	7.0	6.5	6.3
吸水容量 (毫克/立方厘米)	53.0	72.7	74.0	77.9
吸水容量 (%)	6.8	9.4	8.4	8.6
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较差的	较好	较好
1个月时的结块率	4.7	10.6	0.0	0.0
3个月时的结块率	36.1	28.9	1.4	0.6
6个月时的结块率	31.1	37.8	4.2	0.6



硝基氮磷钾复合肥的压缩流程:试验结果[®]

目标规格	13:13:13	12:12:12	10:10:10	7:7:7
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6
	物理	性质		
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)		
4.00毫米	0.2	0.3	0.2	0.1
3.35毫米	7.4	8.3	4.7	5.8
2.80毫米	30.4	32.0	24.8	29.9
2.36毫米	53.0	53.9	46.5	53.2
2.00毫米	73.6	74.0	67.3	75.1
1.70毫米	83.5	84.5	78.6	86.0
颗粒打	抗压强度(粒径大于2.36	毫米且小于2.80毫米的部	8分)	
平均值(千克/颗粒)	0.95	0.94	0.78	1.02
范围 (千克/颗粒)	0.45-1.75	0.40-1.8	0.35-1.3	0.40-1.7
耐磨性(%损耗比例)	22.14	20.76	34.7	19.91
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	11.07	15.61	13.26	20.15



硝基氮磷钾复合肥的压缩流程:试验结果(续)。

目标规格	13:13:13	12:12:12	10:10:10	7:7:7
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6
	物理	性质		
产品的粉尘率(毫克/千克产品)	18,661	17,627	21,253	14,149
临界相对湿度(%)	60-65	60-65	60-65	60-65
	吸水性-渗水性(72 小	时 @ 30°C, 80% RH)		
吸水率 (毫克/平方厘米)	385.4	374.8	411.4	405.1
渗水性 (厘米)	6.6	7.9	8.0	7.1
吸水容量(毫克/立方厘米)	58.8	47.8	51.5	57.2
吸水容量 (%)	6.4	4.8	5.1	5.0
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较差的	较差的	较差的
1个月时的结块率	0.3	0.0	0.0	0.0
3个月时的结块率	0.0	0.0	0.0	0.0
6个月时的结块率	0.0	0.0	0.0	0.0



压缩型英保地复合肥: 物理性质

压缩型尿基和硝基复合肥产品可以无困难地按照所测试的规格进行生产。

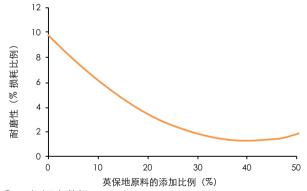
尿基氮磷钾复合肥中的英保地添加比例为35%时,抗压强度和耐磨性最高且粉尘率最低。临界相对湿度不受影响。英保地含量为35%时,肥料的质量最高。

与预期结果一致,在硝基氮磷钾复合肥中加入英保地不影响其临界相对湿度,也不影响耐磨性,但对吸水容量和渗透性有轻微影响。与尿基复合肥一样,产品的粉尘率有所改善。

耐磨性

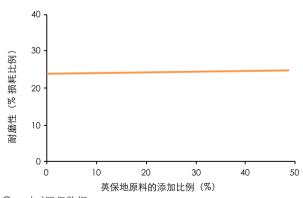
使用真实数据表示的实际试验结果显示,英保地的添加比例为35%时,尿基氮磷钾复合肥的耐磨性最高。硝基氮磷钾复合肥的耐磨性不受影响。

尿基复合肥*



* Genstat回归数据

硝基复合肥*

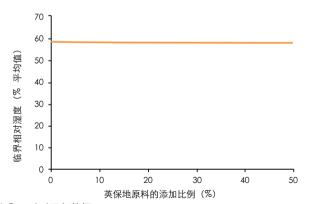


* Genstat回归数据

临界相对湿度

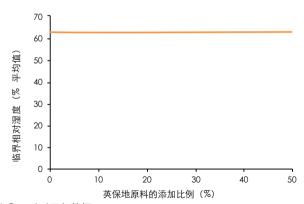
与预期结果一样,尿基和硝基氮磷钾复合肥的临界相对湿度均不受 英保地添加比例的影响。

尿基复合肥**



* Genstat回归数据

硝基复合肥*

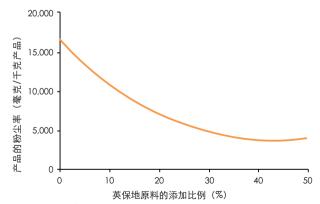




粉尘率

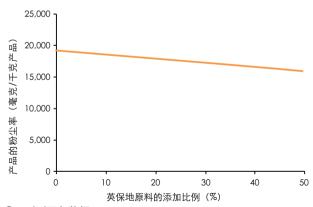
使用真实数据表示的实际试验结果显示,英保地的添加比例为35%时,尿基氮磷钾复合肥的粉尘率最低。硝基氮磷钾复合肥的粉尘率也有所改善。

尿基复合肥*



* Genstat回归数据

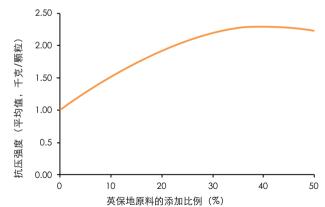
硝基复合肥*



抗压强度

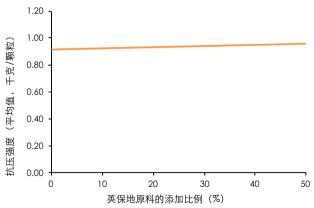
使用真实数据表示的实际试验结果显示,英保地的添加比例为35%时,尿基氮磷钾复合肥的抗压强度最高。硝基氮磷钾复合肥的抗压强度不受影响。

尿基复合肥*



* Genstat回归数据

硝基复合肥*

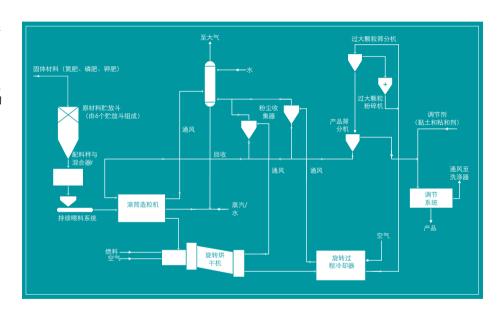




为测试英保地的相容性,国际肥料发展中心设计了一个小型造粒试验设备,以模拟商业氮磷钾造粒设备。这一流程包括使用滚筒造粒机、滚筒烘干机和滚筒冷却机。首先将氮肥(硝酸铵或尿素)加入搅拌机。之后加入磷酸二铵(DAP)、氯化钾,最后加入英保地。所有的材料都加入造粒机。湿的材料颗粒从造粒机中先转移至烘干机烘干,然后再进入冷却机。干燥的产品被输送至筛分系统,以便将最终产品与粒径过小和过大的颗粒分离。达到所需粒径的颗粒经由产品冷却机冷却,最后冷却的颗粒产品被收集起来。右图为典型的蒸汽造粒流程图。

为确定尿基和硝基氮磷钾复合肥的物理性质,包括粒径分析、颗粒抗压强度、耐磨性、产品粉尘率、临界相对湿度和吸水渗水性,国际肥料发展中心使用蒸汽造粒法对两种氮磷钾肥系列进行了试验(尿基氮磷钾复合肥成分:尿素-磷酸二铵-氯化钾-英保地;硝基氮磷钾复合肥成分:硝酸铵-磷酸盐岩-氯化钾-英保地)。

使用蒸汽和/或水进行氮磷钾肥料造粒的典型设备



蒸汽造粒的尿基氮磷钾复合肥:试验结果,

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8			
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9			
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)					
4.00毫米	0.1	0.0	0.0	0.0			
3.35毫米	13.6	2.0	2.3	15.2			
2.80毫米	55.7	24.7	21.3	60.1			
2.36毫米	87.5	77.8	71.9	90.1			
2.00毫米	98.2	97.7	97.7	98.5			
1.70毫米	98.9	98.9	99.5	99.0			
颗粒扎	亢压强度(粒径大于2.36	毫米且小于2.80毫米的部	『分)				
平均值(千克/颗粒)	1.34	1.62	2.03	2.44			
范围 (千克/颗粒)	0.95-1.9	1.05-2.6	1.55-2.85	1.75-3.35			
耐磨性(%损耗比例)	2.02	0.71	0.57	2.41			
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	1.82	1.43	0.27	1.2			





蒸汽造粒的尿基氮磷钾复合肥:试验结果(续)。

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9
	物理	性质 性质		
产品的粉尘率(毫克/千克产品)	4,742	2,935	1,295	1,975
临界相对湿度(%)	50-55	50-55	50-55	50-55
	吸水性-渗水性(72 小)	村 @ 30°C, 80% RH)		
吸水率 (毫克/平方厘米)	549.0	580.6	521.1	500.4
渗水性 (厘米)	19.5	11.8	12.2	11.8
吸水容量(毫克/立方厘米)	28.2	50.5	42.6	43.6
吸水容量 (%)	3.6	6.0	4.6	4.4
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较差的	较好	较好
1个月时的结块率	2.0	0.6	4.2	0.1
3个月时的结块率	20.6	0.6	2.8	0.6
6个月时的结块率	7.2	1.7	4.2	4.4



蒸汽造粒的硝基氮磷钾复合肥:试验结果,

目标规格	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10			
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6			
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)					
4.00毫米	0.2	0.6	1.6	0.1			
3.35毫米	4.5	8.9	18.7	11.2			
2.80毫米	22.4	37.5	52.3	49.0			
2.36毫米	65.4	75.4	85.8	85.7			
2.00毫米	94.9	95.7	98.2	99.1			
1.70毫米	98.9	98.0	99.4	99.8			
颗粒扎	抗压强度(粒径大于2.36g	毫米且小于2.80毫米的部	8分)				
平均值(千克/颗粒)	1.27	1.02	1.27	1.20			
范围 (千克/颗粒)	0.5-3.35	0.9-3.0	0.5-2.75	0.55-1.95			
耐磨性(%损耗比例)	9.35	4.94	1.41	0.34			
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	10.05	3.53	1.16	0.68			

蒸汽造粒的硝基氮磷钾复合肥:试验结果(续)

目标规格	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6
	物理	性质		
产品的粉尘率(毫克/千克产品)	3,244	1,362	456	195
临界相对湿度(%)	60-65	60-65	60-65	60-65
	吸水性-渗水性(72 小)	时 @ 30°C, 80% RH)		
吸水率(毫克/平方厘米)	423.6	437.5	475.8	453.9
渗水性 (厘米)	7.2	7.0	5.7	4.7
吸水容量(毫克/立方厘米)	58.7	62.7	83.4	96.4
吸水容量 (%)	7.2	7.4	8.3	8.4
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较好	较好	较好
1个月时的结块率	21.1	25.6	23.3	12.2
3个月时的结块率	36.1	36.7	33.3	7.8
6个月时的结块率	69.4	47.9	55.6	28.6



此外,英保地可提高颗粒的抗压强度。

一个月后各产品之间的结块倾向几乎无差别,但是三个月后英保地的价值显现。在第三个月时,即使是最小的英保地添加比例,也可以明显减少结块造成的损失。

四种尿基氮磷钾复合肥产品存放六个月后的结块率:

- 不含英保地的产品结块率为7.2%;
- 英保地含量为13.8%的产品结块率为1.7%;
- 英保地含量为35.8%的产品结块率为4.2%;
- 英保地含量为50.9%的产品结块率为4.4%。.

使用蒸汽造粒法可以无困难地按所测试的规格用磷酸二铵、尿素、 氢化钾和最高53%的英保地生产硝基氮磷钾复合肥。

随着英保地的添加比例从0升高到35%,硝基氮磷钾复合肥的耐磨性和粉尘率持续改善。最终产品的抗冲击强度随着英保地添加比例的增加而提高:即使是最小的英保地添加比例,也可使损耗减少50%。

改变英保地的添加比例不影响颗粒的抗压强度,而且对渗水性的影响很小。

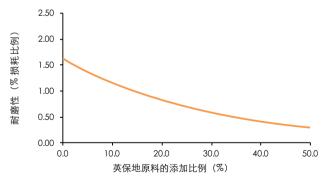
结块倾向表明肥料在农场里的保质期。四种硝基氮磷钾复合肥产品 存放六个月后的结块率:

- 不含英保地的产品结块率为69.4%;
- 英保地含量为3.9%的产品结块率为47.2%;
- 英保地含量为25.9%的产品结块率为55.6%;
- 英保地含量为52.6%的产品结块率为25.6%。

耐磨性

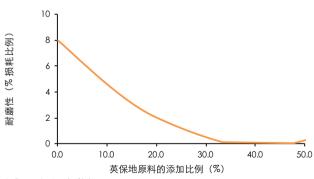
使用真实数据表示的实际试验结果显示, 随着英保地添加比例的升高, 尿基和硝基氮磷钾复合肥的耐磨性持续增强。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

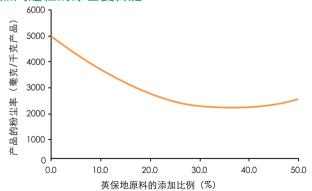
蒸汽造粒的硝基复合肥*



粉尘率

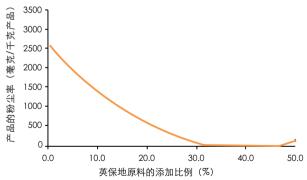
随着英保地的添加比例从0升高到35%,尿基和硝基复合肥的粉尘率持续改善。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

蒸汽造粒的硝基复合肥*



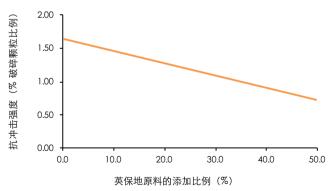


抗冲击强度

用真实数据表示的实际试验结果显示, 英保地可提高最终产品的抗冲击强度。

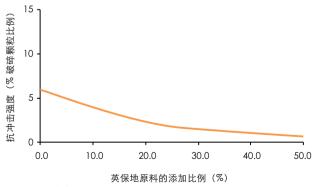
即使是最小的英保地添加比例,也可以使硝基氮磷钾肥料的损耗减少50%。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

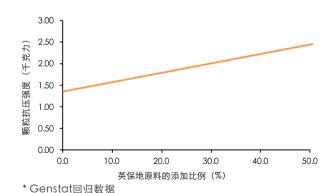
蒸汽造粒的硝基复合肥*



抗压强度

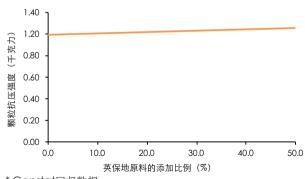
英保地还可提高尿基氮磷钾复合肥的抗压强度。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



改变英保地的添加比例不影响硝基氮磷钾复合肥颗粒的抗压强度。

蒸汽造粒的硝基复合肥*

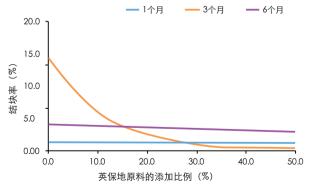




结块倾向

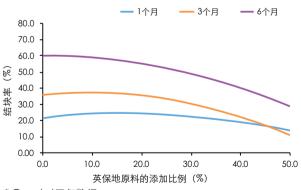
一个月后各产品之间的结块倾向几乎无差别,但是三个月后英保地的价值显现。三个月后,即使是最小的英保地添加比例,也可以明显减少结快造成的损失。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

蒸汽造粒的硝基复合肥*





蒸汽造粒的英保地氮磷钾复合肥中的磷

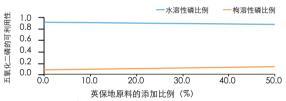
活性钙 (Ca) 和磷 (P) 能形成磷酸二钙,据知此种化合物可溶性低。

选择更高级别的磷酸盐岩对于确保理想的钙磷比非常重要。使用磷酸盐岩生产复合肥的蒸汽和化学造粒流程必须考虑钙的含量。

国际肥料发展中心分析了最终的尿基和硝基复合肥产品的水溶性与枸溶性磷酸盐(五氧化二磷) 10。添加英保地之后,只有少量的五氧化二磷从水溶性形式转变成枸溶性形式:尿基复合肥5%,硝基复合肥11%。即使是最高的英保地添加比例,尿基氮磷钾复合肥中也有87%的五氧化二磷是水溶性形式,硝基氮磷钾复合肥中有86%的五氧化二磷是水溶性形式。因此使用英保地可以成功地将钙素加入氮磷钾复合肥中,而不抑制磷的可利用性。

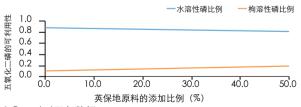
植物能够利用水溶性磷。使用含钙的产品生产氮磷钾复合肥可能会抑制水溶性磷。试验表明,在造粒时加入英保地对五氧化二磷的可利用性影响很小:请参阅图中的水溶性磷趋势线。枸溶性磷趋势线表明,磷元素没有在生产过程中流失。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

蒸汽造粒的硝基复合肥*



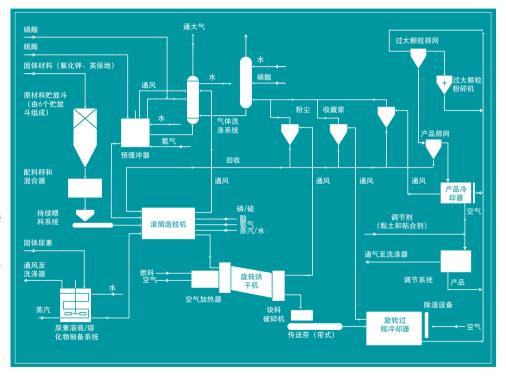
* Genstat回归数据



为测试英保地的相容性,国际肥料发展中心设计了一个小型的造粒试验设备以模拟商业造粒过程。商用级磷酸和氨气加入预缓冲器中制备成磷酸铵浆料。磷酸铵(NH₄:H₃PO₄)的比率为1.5:1。浆料用泵抽入滚筒造粒机中,并在造粒机的肥料滚床下方加入更多氨气,将NH₄:H₃PO₄的比率提高至1.8以上。除了浆料和氨气、尿素或硝酸铵、氯化钾和英保地之外,造粒机中还要加入水和回收的材料。造粒机造出的颗粒随后进入顺流式旋转烘干机中,然后再在顺流式旋转冷却机中冷却,之后进行筛分。

为确定尿基和硝基氮磷钾复合肥的物理性质,包括粒径分析、颗粒抗压强度、耐磨性、产品的粉尘率、临界相对湿度和吸水渗水性,国际肥料发展中心使用化学造粒流程对两种氮磷钾复合肥系列进行了试验(尿基氮磷钾复合肥成分:尿素-磷酸二铵-氯化钾-英保地;硝基氮磷钾复合肥成分:硝酸铵-磷酸盐岩-氯化钾-英保地)。

典型的氮磷钾复合肥化学造粒设备





化学造粒的尿基氮磷钾复合肥:试验结果"

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8		
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9		
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)				
4.00毫米	0.0	0.0	0.0	0.0		
3.35毫米	5.7	1.5	0.3	0.7		
2.80毫米	30.7	8.4	2.8	3.3		
2.36毫米	69.2	34.7	34.1	18.0		
2.00毫米	96.9	91.8	92.6	80.9		
1.70毫米	99.6	99.3	99.4	97.4		
颗粒扎	颗粒抗压强度(粒径大于2.36毫米且小于2.80毫米的部分)					
平均值(千克/颗粒)	1.62	1.19	1.77	1.96		
范围 (千克/颗粒)	0.95-2.45	0.85-1.6	1.1-2.85	1.2-3.65		
耐磨性(%损耗比例)	3.16	3.50	1.24	2.01		
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	1.99	1.29	2.73	1.61		



化学造粒的尿基氮磷钾复合肥:试验结果(续)"

目标规格	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
目标英保地原料含量(%)	0.0	13.8	35.8	50.9
	物理	 性质		
产品粉尘率 (毫克/千克产品)	1,370	1,611	865	1,201
临界相对湿度(%)	55-60	55-60	60-65	60-65
吸水性-渗水性(72 小时 @ 30°C, 80% RH)				
吸水率 (毫克/平方厘米)	629.3	527.5	476.4	424.2
渗水性 (厘米)	10.8	9.1	6.8	5.1
吸水容量(毫克/立方厘米)	58.4	59.1	70.1	87.6
吸水容量 (%)	7.1	7.0	7.0	8.6
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较差的	较好	较好
1个月时的结块率	0.3	0	0	0
3个月时的结块率	0	0	0	0



化学造粒的硝基氮磷钾复合肥:试验结果"

目标规格	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10		
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6		
	粒径分析 (筛网截	留的累计百分比)				
4.00毫米	0.1	0.3	0.2	0.1		
3.35毫米	12.8	11.8	15.2	8.6		
2.80毫米	50.6	48.3	57.7	43.4		
2.36毫米	80.6	80.8	88.5	82.1		
2.00毫米	97.3	94.9	98.9	98.7		
1.70毫米	99.4	96.8	99.7	99.8		
颗粒扎	颗粒抗压强度(粒径大于2.36毫米且小于2.80毫米的部分)					
平均值(千克/颗粒)	3.55	1.77	2.26	3.02		
范围 (千克/颗粒)	1.9-6.55	1-2.55	1.05-3.75	1.55-6.3		
耐磨性(%损耗比例)	2.42	5.96	1.15	0.38		
抗冲击强度(%破碎颗粒比例)	1.73	3.26	4.57	1.15		



化学造粒的硝基氮磷钾复合肥:试验结果(续)"

目标规格	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
目标英保地原料含量(%)	0.0	3.9	25.9	52.6
	物理	 性质		
产品粉尘率 (毫克/千克产品)	1,982	6,318	1,747	354
临界相对湿度(%)	60-65	65-70	65-70	65-70
吸水性-渗水性(72 小时 @ 30°C, 80% RH)				
吸水率(毫克/平方厘米)	383.1	328.8	348.8	360.9
渗水性 (厘米)	5.6	4.8	5.3	5.4
吸水容量(毫克/立方厘米)	67.7	68.1	66.6	67.6
吸水容量 (%)	7.6	8.3	6.5	5.9
颗粒完整度(潮湿)	较差的	较差的	较好	较好
1个月时的结块率	0	0	0.3	0
3个月时的结块率	0	0	0	0
6个月时的结块率	26.1	28.3	17.8	5.6

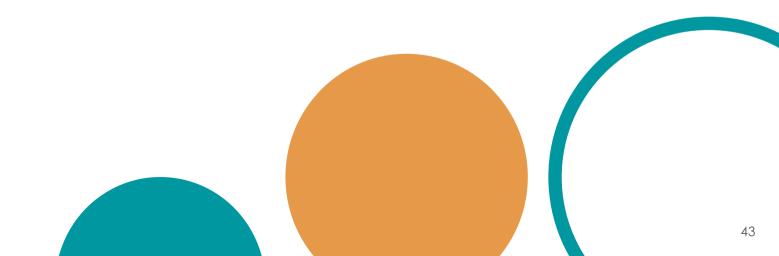


随着英保地添加比例的升高,耐磨性有小幅上升。此外,随着英保地添加比例的升高,颗粒抗压强度也随之提高,粉尘率下降。添加英保地不影响抗冲击强度。但是英保地可以改善吸水性和渗水性特性。 英保地的含量越高,每单位面积所吸收的水分量越少。

使用化学造粒法可以无困难地用硝酸铵、商用级磷酸、氨气和氯化钾以及最高53%的英保地生产硝基氮磷钾复合肥。

添加英保地不影响颗粒抗压强度和抗冲击强度参数,尽管这两个参数呈现出小幅上升趋势。添加英保地可提高耐磨性。随着英保地添加比例的升高,化学造粒的硝基氮磷钾复合肥的粉尘率明显下降。吸水性和渗水性参数不受英保地添加比例的影响。

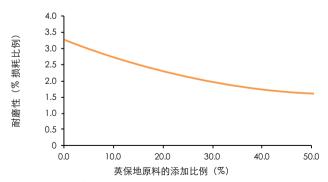
尿基和硝基氮磷钾复合肥在存放六个月后均出现结块。试验表明, 提高英保地的添加比例可以降低结块倾向。



耐磨性

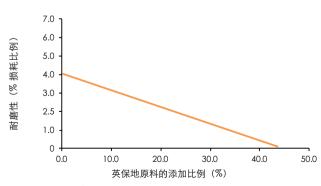
使用真实数据表示的实际试验结果表明,随着英保地添加比例的升高,尿基和硝基氮磷钾复合肥的耐磨性均明显提高。

化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

化学造粒的硝基复合肥*

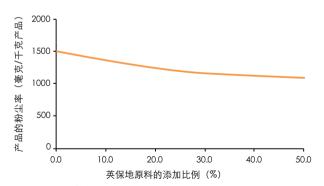


* Genstat回归数据



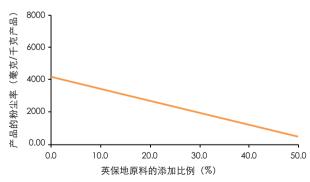
随着英保地添加比例的升高,化学造粒的尿基和硝基复合肥的粉尘率明显下降。

化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

化学造粒的硝基复合肥*

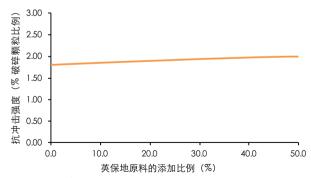


* Genstat回归数据

抗冲击强度

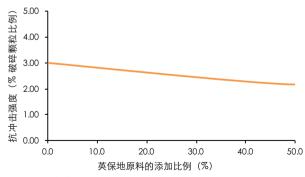
用真实数据表示的实际试验结果表明,添加英保地不影响尿基和硝基氮磷钾复合肥的抗冲击强度,尽管硝基氮磷钾复合肥的抗冲击强度呈小幅上升趋势。

化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

化学造粒的硝基复合肥*

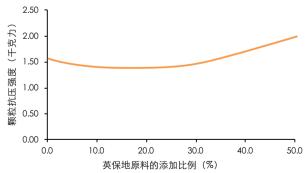


* Genstat回归数据



用真实数据表示的实际试验结果表明,随着英保地添加比例的升高,尿基氮磷钾复合肥的颗粒抗压强度增强。

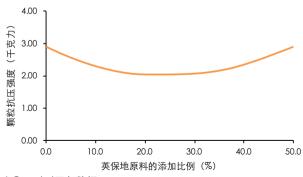
化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

添加英保地不影响硝基氮磷钾复合肥的颗粒抗压强度,尽管抗压强度呈小幅上升趋势。

化学造粒的硝基复合肥*

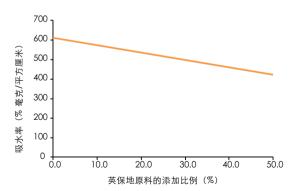


* Genstat回归数据

吸水性

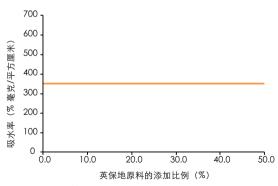
在尿基氮磷钾复合肥中添加英保地可改善吸水性参数 - 英保地的含量越高,单位面积吸收的水分量越少。硝基氮磷钾复合肥的吸水性不受英保地添加比例的影响。

化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

化学造粒的硝基复合肥*



* Genstat回归数据

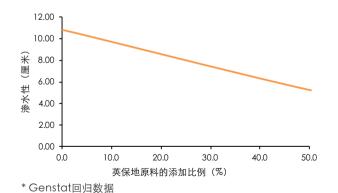


渗水性

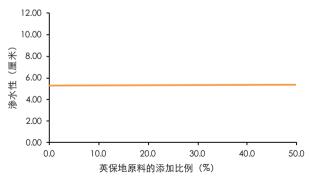
在尿基氮磷钾复合肥中添加英保地可以改善渗水性 - 英保地的含量越高,单位面积吸收的水分量越少。

硝基氮磷钾复合肥的渗水性不受英保地添加比例的影响。

化学造粒的尿基复合肥*



化学造粒的硝基复合肥*

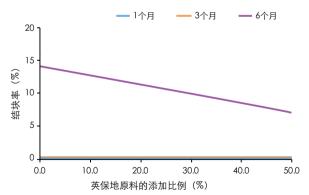




结块倾向

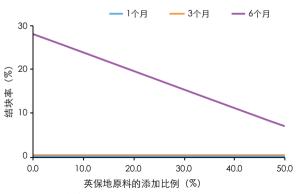
存放六个月后, 尿基和硝基氮磷钾复合肥产品中均出现结块。试验表明, 提高英保地的添加比例可以降低结块倾向。

蒸汽造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

蒸汽造粒的硝基复合肥*



* Genstat回归数据



化学造粒的英保地氮磷钾复合肥中的磷

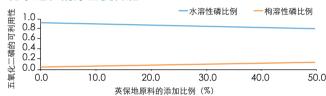
活性钙 (Ca) 和磷 (P) 可以形成磷酸二钙, 据知该物质的溶解度低。虽然英保地含钙, 但是试验表明磷的可利用性并没有受影响。

选择更高级别的磷酸盐岩对于确保理想的钙磷比非常重要。使用磷酸盐岩生产复合肥的蒸汽与化学造粒流程必须考虑钙的含量。

国际肥料发展中心分析了最终的尿基和硝基氮磷钾复合肥产品中的水溶性和枸溶性磷(五氧化二磷) ¹²。添加英保地后,只有少量的五氧化二磷从水溶性形式转变成枸溶性形式:尿基复合肥5%;硝基复合肥9%。即使是最高的英保地添加比例,尿基氮磷钾复合肥中也有89%的五氧化二磷为水溶性形式,硝基氮磷钾复合肥中有83%的五氧化二磷为水溶性形式。因此,使用英保地能成功地将钙素加入氮磷钾复合肥中,而不抑制磷的可利用性。

植物能够利用水溶性磷。使用含钙的产品生产氮磷钾复合肥可能会抑制水溶性磷。试验表明,在造粒时加入英保地对五氧化二磷的可利用性影响很小:请参阅图中的水溶性磷趋势线。构溶性磷趋势线表明,磷元素并没有在生产过程中流失。

化学造粒的尿基复合肥*



* Genstat回归数据

化学造粒的硝基复合肥*



* Genstat回归数据

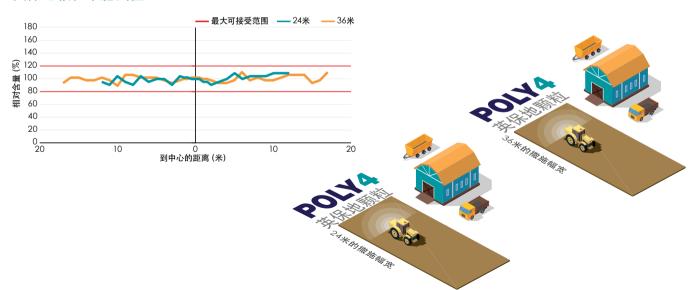


撒施-英保地颗粒作为单肥

英保地颗粒的物理性质和单独或在干混肥中的撒施模式已被检测。试验使用撒肥机测试了英保地颗粒在常用的施肥幅宽24米和36米下的撒施模式。

英保地颗粒单肥的撒肥机试验图表显示,测试结果在20%的变异系数公差范围内。英保地的优质撒施模式可以降低采取昂贵矫正措施的风险。

英保地颗粒单肥试验15

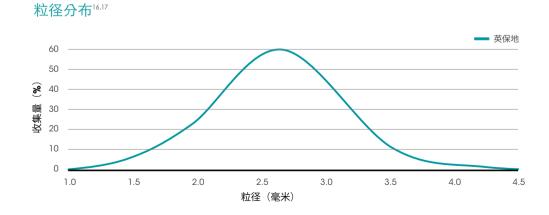




撒施-粒径分布

测试旨在了解英保地颗粒的粒径分布。均匀的粒径对于机械撒施时的肥料分布非常重要。测试结果如下方的粒径分布图所示。粒径介

于2毫米至4毫米之间的英保地颗粒被筛分出来。92%的英保地颗粒在这一粒径规格范围内。





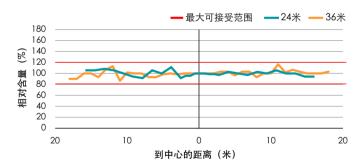
撒施-掺混肥

试验还测试了20:10:10英保地掺混肥在24米和36米的幅宽下的撒施模式。

20:10:10英保地掺混肥试验18

掺混比例	粒径	撒肥机 幅宽	变异系数
20:10:10	2毫米-4毫米	24米	5.03%
20:10:10	2毫米-4毫米	36米	5.52%
20:10:10	2毫米-4毫米	24米	7.82%
20:10:10	2毫米-4毫米	36米	6.4%

24米和36米幅宽下的撒施模式 18







临界相对湿度值是将英保地与散装氮磷钾掺混肥的成分以50:50的比例混合而进行测定的。试验对颗粒型和粉末型产品均进行了测定 19。颗粒型50:50混合物与粉末型50:50混合物之间的差别很小。调节剂或包膜可以将临界相对湿度提高5%。英保地与硝酸铵混合物的临界相对湿度最低,这与加速结块试验的结果一致(见第9页在掺混肥中的相容性)。

50:50混合物的临界相对湿度值

样品	临界相对湿度
英保地:尿素-颗粒	70-75%
英保地: 尿素 一 粉末	70-75%
英保地:硝酸铵 — 颗粒	55-60%
英保地:硝酸铵 一 粉末	50-55%
英保地:磷酸二铵 — 颗粒	75-80%
英保地:磷酸二铵一粉末	70-75%
英保地:磷酸盐岩一颗粒	85-90%
英保地:磷酸盐岩一粉末	80-85%
英保地: 氯化钾-颗粒	80-85%
英保地: 氯化钾 一 粉末	75-80%



临界相对湿度 -散装尿基氮磷钾掺混肥

下表所示规格的氮磷钾掺混肥的化学相容性通过尿素、磷酸二铵、氯化钾和英保地掺混试验测定。

试验结果表明,四种散装尿基氮磷钾掺混肥均相容。规格为16:8:8 的掺混肥性质尤其稳定。下表为散装尿基氮磷钾掺混肥的临界相对 湿度测定结果。将英保地的含量从0增加到51%,同时相应地将氯化钾的含量从23%减少到0%,临界相对湿度不受影响。包膜/调节剂对临界相对湿度有明显影响(颗粒型产品系列的结果)。

散装尿基掺混肥的构成

养分比	养分比 +11+42		材料(% 重量/重量,克/100克)				
率	规格 ─	尿素	磷酸二铵	氯化钾	英保地		
	27:14:14	47.57	29.51	22.92	0.00		
2:1:1	24:12:12	42.49	26.36	17.34	13.81		
	20:10:10	34.39	21.34	8.44	35.83		
	16:8:8	28.86	17.91	2.36	50.87		

散装尿基掺混肥的临界相对湿度

样本	临界相对湿度
27:14:14 — 颗粒	70-75%
27:14:14 — 粉末	50-55%
24:12:12 — 颗粒	70-75%
24:12:12 — 粉末	50-55%
20:10:10 — 颗粒	75-75%
20:10:10 — 粉末	50-55%
16:8:8 — 颗粒	70-75%
16:8:8一粉末	50-55%



临界相对湿度 - 散装硝基氮磷钾掺混肥

下表所示规格的氮磷钾掺混肥的化学相容性通过硝酸铵、磷酸二 铵、氯化钾和英保地掺混试验测定。

在对散装硝基氮磷钾掺混肥进行加速结块试验时,30天后可以探测到一些氨气,因此试验人员进行了额外试验以确定氨气来源。试验评估了六种50:50肥料混合物和两种13:13:13掺混肥的化学相容性:颗粒型硝酸铵/磷酸盐岩、晶粒型硝酸铵/磷酸盐岩、颗粒型硝酸铵/氯化钾、晶粒型硝酸铵/氯化钾、颗粒型硝酸铵/英保地、硝酸

铵/英保地,使用颗粒型硝酸铵生产的13:13:13掺混肥和使用晶粒型硝酸铵生产的13:13:13掺混肥。额外的化学相容性试验显示,磷酸盐岩与硝酸铵混合物会产生氨气,但英保地不会导致氨气产生。

下表所示为硝基掺混肥的临界相对湿度测定结果。将英保地的含量从0增加到53%,同时相应地将氯化钾的含量从18%减少至0%,临界相对湿度不受影响。

散装硝基掺混肥的构成

养分比	AH .		材料(% 重量/重量,克/100克)				
率	+111 &X	硝酸 铵	磷酸盐岩	氯化 钾	英保地		
	13:13:13	36.80	42.29	20.91	0.00		
1:1:1	12:12:12	35.68	41.00	19.38	3.95		
1.1.1	10:10:10	29.44	33.83	10.85	25.88		
	7:7:7	21.83	25.08	0.46	52.63		

散装硝基氮磷钾掺混肥的临界相对湿度

样本	临界相对湿度
13:13:13 — 颗粒	65-70%
13:13:13 — 粉末	60-65%
12:12:12 — 颗粒	65-70%
12:12:12 — 粉末	60-65%
10:10:10 — 颗粒	65-70%
10:10:10 — 粉末	55-60%
7:7:7 — 颗粒	65-70%
7:7:7 — 粉末	55-60%

注释

第2页 1) 联合国经济与社会事务部人口司 (2017) 世界人口展望: 2017年修订,主要发现与详细表格。工作文件编号: ESA/P/WP/248; 2) 联合国粮农组

织 (2015) 2018年肥料趋势与展望 http://www.fao.org/3/a-i4324e.pdf (2018年2月18日获取).

第8页 3) 国际肥料发展中心认可Walker等人的方法(1998) 和出版。Albadarin等人的发现(2017); 4) 根据《确定肥料物理性质的手册》(IFDC-R-10)测

定。

第9页 5) EFMA, 2006; 6) 来源:66000-IFDC- 60010-17; 32000-LIM-32011-15; 7) 相容指干燥、自由流动;相容性低指潮湿、自由流动到潮湿、非自由流

动;不相容指湿润、非自由流动。

第12-15页 8)物理性质根据《确定肥料物理性质的手册》(IFDC-R-10)中编号为S-107、S-115、S-116、S-118、S-122、S-101和S-100的IFDC程序确定。

第24-27页 9)物理性质根据《确定肥料物理性质的手册》(IFDC-R-10)中编号为S-107、S-115、S-116、S-118、S-122、S-101和S-100的IFDC程序确定。

第35页 10) 根据美国公职分析化学师协会(AOAC)国际方法。

第38-41页 11)物理性质根据《确定肥料物理性质的手册》(IFDC-R-10)中编号为S-107、S-115、S-116、S-118、S-122、S-101和S-100的IFDC程序确定。

第51页 12) 根据美国公职分析化学师协会(AOAC)国际方法。

第52页 13) Hoffmeister等, 1964; Johanson, 1978; Williams, 1976 和 1990; 14) Williams, 1976; Carson和Marinelli, 1994.

第53页 15) SCS, Spreader & Sprayer测试有限公司. (UK), 2013.

第54页 16) Genstat平均值; 17) Novochem (2016) 结果基于摇筛机分析。

第55页 18) SCS, Spreader & Sprayer 测试有限公司. (UK), 2013.

第57页 19)临界相对湿度的测定根据《确定肥料物理性质的手册》(IFDC-R-10)中IFDC S-101号程序进行。

参考文献

Albadarin, A. B., Lewis, T. D. and Walker, G. M. Powder Technology 308, pp. 193-199 (2017).

Carson, J. W. and Marinelli, J., Characterize Bulk Solids to Ensure Smooth Flow. Chemical Engineering, pp. 78-90 (1994).

Hoffmeister, G.; Watkins, S.C. and Silvergerg, J., Bulk Blending of Fertilizer Material: Effect of Size, Shape and Density on Segregation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 12, n. 1, pp. 64-69 (1964).

Johanson, J. R., Particle Segregation... and What to Do about It. Chemical Engineering, pp. 183-188, (1978).

Walker, G. M., Magee, T. R. A., Holland, C.R., Ahmad, M.N., Fox, J.N., Moffatt, N.A. and Kells, A.G., Caking processes in granular NPK fertilizer, Ind. Eng. Chem. Res. 37, pp. 435–438, (1998).

Williams, J.C., The Segregation of Particulate Material. A Review. Powder Technology, v. 15, pp. 245-251 (1976).

Williams, J.C., Mixing and Segregation in Powder Technology. John Wiley & Sons, pp. 71-90 (1990).



poly4.com

采用可持续且可追溯来源的原材料制成的纸张印刷

版本:2020四月