

## NPK複合肥料中 尿素의 適正 使用量

(Phosphorus & Potassium No. 166, March-April,

1990. D.W. Ratland J.R. Polo 等)

NPK 複合肥料의 造粒工程 (특히 乾燥部門) 그리고 製品의 取扱 및 貯藏性에 있어서 害로운 效果가 있음에도 不拘하고 造粒 또는 配合 NPK 複合肥料의 成分比에 尿素를 使用하는 아이디어는 尿素가 窒素成分의 供給體로서 世界的으로 우수하기 때문에 매력에 있는 것이다. 本適用에 있어서 實際的인 尿素使用限度의 決定을 目標로 하는 一連의 계속된 調査의 一部로서 國際肥料開發센터 (IFDC)는 美國에서 가장 널리 普及되어 使用되고 있는 配合이나 造粒形의 各기 다른 成分으로 成分比化한 네가지 肥種의 吸濕性과 貯藏性을 調査하였다. 여기서 多數의 肥料 混合物에 對한 臨界 相對濕度 데이터를 提出하였으며 그리고 造粒複合肥料의 生産에 尿素를 使用할 때 豫想되는 工程仕樣을 概述하였다.

窒素含量이 46% (重量)인 尿素는 利用할 수 있는 가장 高濃度의 固體 窒素質 肥料이며 이 때문에 尿素는 單一 窒素肥料로서 世界的으로 가장 널리 使用되고 있다. 그러나 固體 多成分肥料에 使用하기 爲한 窒素源으로서의 人氣와는 거리가 멀다. 그것은 處理하기가 不便하고 尿素不包含 複合肥料과 比較하여 劣等한 貯藏性을 가지기 때문이다. 多數의 以前 論文은 尿素를 基材로 한 各種 造粒과 複合肥料과 그리고 尿素不包含 NP 및 NPK 複合肥料의 吸濕性과 貯藏性에 對하여, 그리고 尿素를 基材로 한 NPK 複合肥料의 造粒에 對하여 報告하였다. 美國 알라버마주 머슬쇼울에 있는 國際肥料開發센터 (IFDC)는 最近 配合이나 造粒에 依하여 만든 널리 보급된 4가지 肥

---

種의 吸濕性과 貯藏作用에 對한 比較 研究을 實行하였으며 그리고 이것을 處理하였거나 貯藏성에 해로운 영향을 미치지 않는 範圍內에서 最大로 混合할 수 있는 尿素의 量이 얼마인지의 解答을 求하기 爲하여 多數의 肥料混合物에 對한 臨界相對濕度를 모았다. 國際肥料開發센터는 造粒된 NPK 複合肥料 製品에 尿素를 混合할 때 일어나는 結果와 같이 工程의 無理함도 調査하였다. 그 結果는 이 問題를 主題로 하여 1989年 11月初 에틀렌타에서 열린 제 39회 年次 肥料産業會議에 提出한 論文에 報告되었다.

○ **벌크 配合肥料과 造粒된 NPK 複合肥料의 吸濕性과 貯藏性**

國際肥料開發센터는 3가지 肥種 (28-28-0, 19-19-19 및 17-17-17)의 吸濕性과 貯藏성에 關한 以前 研究結果를 1984年度 肥料産業會議에 報告하였다. 이 研究의 目的은 配合 벌크로 만든 複合肥料과 造粒하여 만든 複合肥料 사이에 物理的 特性이 어떻게 다른지를 決定하기 爲한 것이었다. 다음 2가지 基準을 試驗用 材料로 選定하여 使用하였다.

- 벌크 配合肥料과 造粒된 NPK 複合肥料는 基本的으로 同一한 成分을 含有하여야 한다.
- 尿素는 多成分 肥料을 製造하기 爲하여 尿素 使用量을 늘릴 경우 이들 製品의 吸濕性과 固結 問題에 注意가 集中되기 때문에 窒素源의 窒素로서만 使用되어야 한다.

이 最初의 研究結果 肥種과 原料에 對한 다른 選擇基準을 使用하여 2次 連續試驗을 實施해야 한다는 것을 決定하였다. 2次 研究는 美國에서 널리 보급되어 使用되고 있는 4種의 肥料 10-20-20, 10-10-10, 8-32-16 및 6-24-24로 集中되었다. 이들 肥種의 造粒化된 變形은 市販品으로 부터 얻었으며 한편 이와 對應하는 벌크 配合肥料는 市販用 肥料인 granula “原資材”로 製造하였다. 各 肥種은 其의 臨界相對濕度

Table I  
Composition of Bulk Blends (wt-%)

Grade	Composition Code	Urea (46-0-0)	Ammonium Nitrate (33-0-0)	Ammonium Sulphate (21-0-0)	Diammonium Phosphate (18-46-0)	Mono-ammonium Phosphate (11-54-0)	Triple Super-phosphate (0-46-0)	Potassium Chloride (0-0-60)	Potassium Sulphate (0-0-50)	Limestone Filler (0-0-0)
10-20-20	BB-1	4.8			43.5			33.4		18.3
10-20-20	BB-2		6.6		43.5			33.4		16.5
10-20-20	BB-3			23.2	28.5		15.0	33.3		
10-10-10	BB-1	13.3			21.8			16.7		48.2
10-10-10	BB-2			47.7			21.8	16.7	20.0	13.8
10-10-10	BB-3	13.3			21.8					44.9
8-32-16	BB-1				44.5		25.1	26.7		3.7
8-32-16	BB-2		3.8		37.4		32.1	26.7		
8-32-16	BB-3				17.1	44.8		26.7		11.4
6-24-24	BB-1				33.4		18.8	40.0		7.8
6-24-24	BB-2				12.8	33.6		40.0		13.6
6-24-24	BB-3		7.8		19.1		33.1	40.0		0

---

水分吸收 및 浸透 “流動能力” 과 固結 傾向의 檢査에 依하여 評價하였다. 모든 試驗은 國際肥料開發센터의 肥料의 物理的 性質 測定 敎範에 依하여 實行하였다.

○ 源資材

벌크 配合肥料을 만드는데 使用된 原資材는 尿素, 窒酸암모늄, 黃酸암모늄, 磷酸 2 암모늄, 磷酸 암모늄, 重過磷酸石灰, 鹽化加里, 黃酸加里 및 石灰石, 필러等 이었다. 各 肥料의 試料는 3 가지 다른 成分比 基準에 의거 選定된 粒子形 原資材로 조제하였다. 各 肥種에 對한 첫번째 成分比는 最低의 原資材費에 근거하였다. 두번째와 세번째도 最低費用에 근거하였지만 原資材는 特定 肥種의 性質에 미치는 影響을 測定하기 위하여 選擇的으로 除外시켰다. 例를들면 10-10-20 肥種에 對한 成分比 1은 尿素, 磷酸 2 암모늄, 鹽化加里 및 石灰石 필러를 包含하였다. 成分比 2와 3에서 尿素는 窒酸암모늄과 黃酸암모늄으로 各各 交替하였다. 이들 製品의 組成은 Table 1에 表示하였다.

이들 肥種의 造粒된 變形은 몇가지 전통적인 造粒技術에 依하여 조제 하였다. 造粒된 複合肥料에는 尿素를 包含한 것은 없다. 研究된 모든 肥料 成分比의 性質에 對한 試驗結果는 Table II에 表示하였다.

○ 臨界相對濕度

肥料物質 혹은 混合物質의 臨界相對濕度は 相對濕도와 그 以上에서는 物質이 大氣로 부터 水分을 吸收하지만 相對濕度 以下에서는 物質이 水分을 吸收하지 않는 相對濕度로서 定義된다. 10 mm 깊이의 알미늄 컵에 試料 2~4 g을 取하여 30 ℃의 標準實驗室 環境試驗用 챔바內的 調節된 溫度에 露出시킨다.

**Table II. Raw Materials Used Granulated NPKs**

Grade	Comoposition code	Raw materlals
10-20-20	GM-1	sulphuric acid ammonia/ammonium nitrate solution ammonium sulphate phosphoric acid monoammonium phosphate potassium chloride sand
10-10-10	GM-1	sulphuric acid anhydrous ammonia ammonium sulphate phosphoric acid monoammonium phosphate potassium phosphate sand
8-32-16	GM-3	sulphuric acid anhydrous ammonia phosphoric acid potassium chlpride sand
6-24-24	GM-4	sulphuric acid anhydrous ammonia phosphoric acid potassium chlorid sand

○ 實驗室의 吸收 및 浸透試驗

肥料 物質은 濕氣가 있는 大氣에 露出할때 物理的 低下에 저항하는 그들의 能力에 變化를 준다. 심지어 대략 같은 臨界相對濕度の 物質이라 할지라도 때로는 水分 保有能力 差異의 結果 때문에 다르게 行動한다. 濕氣가 있는 環境에 露出한후 配合 肥料의 物理的 品質은 測定하기 爲하여 實驗室의 吸收-浸透 試驗은 上部가 열린

**Table III**  
**Hygroscopic and Storage Properties of Mixtures of Granular Materials (Bulk Blends) and Granulated NPKs\***

Type and composition code <sup>b</sup>	10-20-20				10-10-10				8-32-16				6-24-34			
	GM-1	BB-1	BB-3	GM-3	BB-1	BB-3	GM-3	BB-1	BB-3	GM-3	BB-1	BB-3	GM-4	BB-1	BB-3	BB-3
Moisture content, % <sup>c</sup>	0.8	1.2	1.2	1.3	0.6	0.7	0.5	1.3	1.6	1.6	1.2	1.2	1.4	1.4	1.1	1.4
Critical relative humidity (30°C) % <sup>d</sup>	60-70	65-70	60-70	65-75	60-65	70-75	65-75	65-70	70-75	65-70	65-75	65-75	65-75	65-75	65-75	55-65
Laboratory absorption-penetration test (30°C, 80% relative humidity for 72 h)																
Moisture absorption, mg/cm <sup>2</sup>	328	253	256	138	267	284	88	179	209	198	138	284	190	132	270	270
Moisture penetration, cm	3.6	7.4	6.8	2.3	3.8	11.4	1.6	7.4	1.9	3.3	2.2	1.9	2.2	1.9	4.8	4.8
Moisture-holding capacity, mg/cm <sup>2</sup>	91	34	38	60	70	25	55	24	184	110	60	63	149	86	70	56
Moisture-holding capacity, %	8.9	3.4	3.6	6.0	7.1	2.4	5.1	2.1	18.8	10.9	6.1	5.8	14.7	8.7	6.5	5.7
Granule integrity	poor	fair	poor	poor	poor	fair	exc <sup>e</sup>	poor	fair	fair	poor	fair	fair	fair	poor	poor
Flowability (30°C and 90% relative humidity)	60	14	12	45	75	15	40	26	115	57	46	38	155	52	48	33
25% non-flowable, min	87	20	19	75	90	22	60	35	140	75	60	50	175	67	70	42
50% non-flowable, min	95	25	30	85	105	28	74	48	180	85	67	60	205	76	87	50
75% non-flowable, min																
Caking tendency, small bag storage test (percent + 12.5 mm lumps/hardness <sup>f</sup> )																
30°C and 0.28 kg/cm <sup>2</sup> pressure																
1 month	0/-	0/-	6.9/L	0.1/L	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	11.1/L	0/-	0/-	5.6/L	0/-	7.8/L
3 months	0/-	0.1/L	21.7/M	2.8/L	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	6.1/L	26.1/M	0/-	0/-	24.2/M	0/-	34.4/M
6 months	0/-	3.9/L	25.0/M	12.2/L	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	8.9/L	50.6/H	0/-	0/-	30.0/M	0/-	37.5/M
12 months	0/-	9.4/L	46.7/M	16.2/L	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	9.4/L	63.3/H	0/-	0/-	31.0/M	0.1/L	50.0/H

\*All tests were performed according to procedures described in IFDC reference manual R-6

<sup>b</sup>GM = granulated NPK mixture; BB = bulk blend.

<sup>c</sup>Refer to Table I for composition of bulk blends and Table II for composition of granulated mixtures.

<sup>d</sup>Determined by vacuum desiccation (Official Methods of Analysis, 13th Edition [1980], AOAC, 2.013). All granulated mixtures and raw materials were analysed for moisture content.

<sup>e</sup>The moisture content of the bulk blends was calculated from raw material moisture analyses.

<sup>f</sup>Critical relative humidity measured by exposing samples for 24 h. Most samples were still absorbing the moisture after the standard 3 h exposure period.

<sup>g</sup>Granule integrity is a qualitative observation based on the strength of the surface granules after exposure for 72 h.

<sup>h</sup>Exc = excellent.

<sup>i</sup>H = hard; M = medium; L = light.

---

유리실린더에 넣은 試料를 標準實驗室 環境試料用 챔바內에서 露出하는 方法으로 實  
行하였다.

水分 吸收는 露出 前後의 試料의 무게를 評量하고 무게의 增加量을 露出된 試料  
의 表面積으로 나누어서 測定하였다. ( $mg/m^2$ ).

水分 浸透는 肥料 粒子가 水分에 依해서 可視적으로 영향을 받은 것이 실린더의  
유리벽을 통하여 보여지는 깊이를 간단하게  $cm$ 單位로 재는것이다. 이 試驗은 大氣  
中の 水分이 露出된 肥料더미로 얼마나 깊이 들어가는가와 예상할 수 있는 必然的  
인 損傷 정도를 알아볼 수 있는 좋은 指針을 주는 것이다.

水分 保有 能力은 各個의 微粒子가 隣接 微粒子로 毛細管 作用에 依하여 水分을  
전달하게 하기 前에 吸收한 水分의 量을 말 한다. 高水分 保有 能力은 그것이 粒  
子の 物質 (強度)에 害롭게 影響을 미치지 않는가 하는 바람직한 特徵을 高찰한  
것이다. 그것은 吸收 및 浸透 데이터와 試料의 겉보기 比重으로 부터 計算되며 重  
量 퍼센트 (Wt.%)로 表示된다.

粒子の 物質 (強度)은 試料를 濕氣가 있는 大氣에 露出後 試料의 上部 表面層을  
取扱하여 定性的으로 測定된다. 다음에 粒子の 強度는 侵, 良, 可로 等級을 定한다.  
이 試驗은 粒子가 단지 表面만 젖게 되지만 아직 그의 強度를 유지하고 있는지 또  
는 그것이 軟弱化 되거나 젖어서 진흙같은 덩어리 모양으로 부서지는지를 신속하게  
나타낸다. 粒子の 軟弱化된 붕괴는 通常 造粒된 NPK 複合肥料가 더 特徵的이다. 그  
理由는 NPK 複合肥料가 處理하는 동안 水分의 蒸發로 인하여 多孔性으로 되기 때  
문이다.

#### ○ 流動性

“流動性”은 物質이 濕氣가 있는 條件下에서 自由로히 流動할 수 있는 能力을  
말한다. 이것은 標準 實驗室의 環境試驗用 챔바內에서 傾斜度  $20^\circ$ 의 回轉드럼에

---

500 *cm*의 試料을 넣고 관찰하는 方法으로 測定한다. 土層의 뒤벽 위에 4個의 同心圓을 새기고 自由로이 流動하는 試料 500, 375, 및 125 *cm*로 推定되는 水準에 마-크를 한다. 測定된 自由 流動時間은 物質이 各各 375, 250 및 125 *cm* 마-크가 試料線上에 可視적으로 될때의 경과된 時間을 記錄하는 方法으로 25%, 50% 및 75%가 非流動性으로 되는 物質에 對하여 要求되는 時間이다.

○ 固結傾向

肥料의 벌크 파일 (더미) 의 밑바닥이나 包袋內的 肥料粒子는 相當한 壓力下에 있음으로 덩어리나 흙덩어리 모양으로 또는 不利한 條件下에서 한 固體 덩어리로 굳어지는 傾向은 작은 包袋 貯藏試驗을 使用하는 方法으로 測定된다. 1800*cm*씩 測定된 試料을 完全히 防水에 包袋에 넣고 壓力 0.28 *kg/cm*, 濕度 30 °C의 條件下에 있게 한다. 試料은 1,3,6 그리고 12개월의 貯藏 期間이 지난후 評價한다. 貯藏後 試驗用 包袋를 1 *m*의 높이에서 떨어뜨린다 (包袋의 兩側에 對하여 각기 1회씩). 다음에 덩어리의 100分率을 測定하기 위하여 包袋의 內容物을 開口 1.3 *cm*의 체로 注意깊게 친다. 덩어리의 硬度는 輕, 中, 強의 等級을 定하는 方法으로 測定한다. 이 試驗을 實行하기 前에 造粒된 NPK 複合肥料과 벌크 配合肥料 原資材의 水分 含量을 分析한 後 配合肥料의 水分 含量은 原資材 水分 含量 分析值로 부터 計算한다.

○ 結 果

Table III의 데이터를 解析해 보면 配合에 依하여 조제한 NPK 複合肥料과 造粒에 依하여 조제한 NPK 複合肥料 사이에 그리고 다른 成分으로 만든 NPK 複合肥料 (벌크配合肥料나 造粒肥料 어느것이나) 사이에 많은 差異가 있음을 알수 있다.

벌크 配合肥料과 造粒混合肥料의 原資材가 類似할 때 造粒混合肥料가 水分 保有 能力과 流動性에 關聯하여 보다 優秀함에 反하여 벌크配合肥料는 臨界相對濕도와 水



---

分 濕收에 關聯하여 同一하거나 혹은 보다 優秀하다. 이 差異에는 造粒複合肥料가 乾燥工程中 水分의 蒸發로 인한 더 큰 多孔性인데 起因한 것으로 보인다. 正常的으로 肥料는 多孔性이 크면 클수록 水分保有能力이 높으며 流動性的 特徵이 增進된다. 거꾸로 말하면 벌크 配合肥料의 成分(특히 尿素와 鹽化加里)은 多孔性이 아니고 粘흙같은 덩어리形으로 되는 傾向이 더 적다.

吸濕性에 對하여 말하면 尿素와 窒酸암모늄을 含有하지 않은 造粒混合肥料와 벌크配合肥料가 尿素와 窒酸암모늄을 含有한 모든 벌크配合肥料에 比하여 一般的으로 優秀하다(吸濕性이 낮다).

이것은 尿素나 窒酸암모늄을 基材로한 NPK 複合肥料가 黃酸암모늄이나 磷酸암모늄을 基材로한 NPK 複合肥料보다 더 吸濕性이라는 것을 指示해 주는 것으로 前에 報告된 데이터가 뒷받침해 주고 있다. 이것은 단순히 黃酸암모늄이나 磷酸암모늄 그 自體가 尿素나 窒酸암모늄 보다 吸濕性이 더 적기 때문이다.

黃酸加里를 含有하는 尿素有 基材로한 配合肥料보다 吸濕性이 더 적다. 또한 이것은 黃酸加里가 鹽化加里보다 吸濕性이 더 적다는 것을 고려하면 理解가 되는 것이다.

窒酸암모늄을 含有하는 벌크配合肥料는 尿素와 黃酸암모늄을 基材로한 肥種보다 더 강한 固結 傾向이 있다. 그것은 窒酸암모늄을 基材로한 肥種이 黃酸암모늄을 基材로한 肥種보다 더 固結 傾向이 있게되는 것으로 豫想되기는 하지만 왜 그들이 尿素有 基材로한 肥種보다 더 固結하는 傾向이 있는지 分명한 說明을 할수는 없다. 貯藏試驗은 30℃에서 進行하였지만 조절 챔바내의 溫度 變化는 多少 있었다. 窒酸암모늄은 32℃에서 結晶 狀態로 變化를 惹起하는 相變化가 일어나고 이것이 다음에는 處理와 貯藏中 粒子의 붕괴를 야기할수도 있는 갑작스럽고 重大한 體積 變化가 계속해서 일어나기 때문에 窒酸암모늄의 固結 問題가 說明될 수도 있다.

DAP 와 重過磷酸石灰의 混合物을 含有한 벌크 配合肥料는 강한 固結 傾向이 있

---

다. DAP 와 重過磷酸石灰의 적합성이 限定的임을 指示해 주는 前에 報告된 데이터가 이  
이 發見 (DAP 와 重過磷酸石灰가 固結 傾向이 강한것 )을 뒷받침해 주고 있다. 固結은  
이들 두 物質 사이에서 특히 長期間 저장할 때에 일어나는 化學反應에 起因한 것이  
다. 配合에서 黃酸암모늄이 DAP 및 重過磷酸石灰와 함께 結合될때 固結傾向은 더 심  
하기 까지 하였다.

吸濕성과 貯藏性에 對하여 말한다면 粒狀 肥種을 제조하는데 使用하는 工程은 工  
程에 使用되는 原資材의 選定만큼 重大하지는 않다는 것을 結論지을 수 있다. 그러나  
類似한 原資材를 어느 두 工程에 使用할 때 벌크 配合肥料 쪽의 貯藏性質이 약간 더  
좋게 보여지고 있다.

#### ○ NPK 複合肥料의 臨界相對濕도에 對한 尿素의 영향

尿素는 本來 매우 吸濕性이므로 그것은 尿素를 混合하여 만든 NPK 複合肥料의 成  
分比의 臨界相對濕度を 현저하게 豫測할 수 있는 效果를 가지고 있다. 그 效果는 그  
成分비에 鹽化加里가 있게 되면 弱화된단. 어떤 2次 營養소 예를 들면 黃酸마그네  
슘 1 水化物型 ( 키제르石 )으로 되어있는 마그네슘은 混合肥料의 臨界相對濕度を 더  
減少시킨다.

낮은 臨界相對濕度値는 두가지 種類의 問題를 일으킨다. 첫째, 肥料는 더 吸濕性  
으로 되어 相對濕도가 낮을때 ( 50 % 또는 그 以下 )라도 大氣로 부터 水分을 吸收  
한다. 이것은 벌크 取扱이 되게 하는 것이며 脫濕施設을 마련하지 않는한 많은 場所  
에서 貯藏을 不可能하게 한다. 둘째, 尿素를 基材로한 混合肥料의 낮은 臨界相對濕  
度는 造粒工程의 乾造段階中 水分 蒸發에 要求되는 驅動力을 크게 減少시킨다. 이  
것은 工場이 낮은 臨界相對濕度の 物質로 조작할 수 있도록 特別히 設計되지 않는  
限 生産容量에 逆效果를 준다.

이들 問題點에도 不拘하고 尿素를 使用하여 NPK 複合肥料를 生産하려는 關心이

**Table IV**  
**CRH Values of Mixtures of Urea, DAP and KCl**

Sample ratio (Urea:DAP:KCl) (%-wt)	CRH of samples at 30°C	
	Mixture A <sup>a</sup> (% relative humidity)	Mixture B <sup>b</sup>
100-0-0	70-75	70-75
0-100-0	60-70	70-75
0-0-100	50-60	70-80
0-80-20	55-65	65-70
0-60-40	55-65	65-70
0-40-60	55-65	65-70
0-20-80	55-65	60-70
2-49-49	55-65	55-65
5-47.5-47.5	50-60	50-60
10-45-45	50-55	50-55
15-42.5-42.5	45-55	45-55
20-80-0	55-60	55-60
20-60-20	45-55	45-55
20-40-40	45-55	45-50
20-20-60	45-50	45-50
20-0-80	45-50	45-50
33.3-33.3-33.3 <sup>c</sup>	45-50	45-50
40-60-0	55-60	55-60
40-40-20	45-50	45-50
40-20-40	45-50	45-50
40-0-60	45-50	50-55
60-40-0	50-60	55-60
60-20-20	45-50	45-50
60-0-40	45-55	45-55
80-20-0	55-60	50-60
80-0-20	45-55	45-55

<sup>a</sup>Raw material - urea (0.3% HCHO), DAP (1.7% of total N as urea nitrogen), and KCl ("low CRH").

<sup>b</sup>Raw material - urea (0.3% HCHO), DAP (no urea nitrogen) and KCl ("high CRH").

<sup>c</sup>Midpoint sample - 5 replicates were analyzed.

**Table V**  
**Composition of Raw Materials Used in Critical Relative Humidity Evaluations**

Analysis <sup>a</sup> (%-wt)	Urea	DAP ("low CRH")	DAP ("high CRH")	Potassium chloride ("low CRH")	Potassium chloride ("high CRH")
Total nitrogen	46.0	17.3	18.1	-	-
Urea nitrogen	-	0.3	0.0	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	44.9	46.4	-	-
K <sub>2</sub> O	-	-	-	61.1	61.2
Magnesium	-	-	-	0.3	0.3
Sodium	-	-	-	0.8	1.4
Calcium	-	-	-	0.02	0.02
Organic carbon <sup>b</sup>	-	-	-	0.0	0.0
Total moisture	0.1	2.3	1.9	0.2	0.2

<sup>a</sup>Methods of Analysis, AOAC, 14th Edition (1984)

<sup>b</sup>NFDC-TVA Laboratory Manual, 1979, Tennessee Valley Authority, Division of Chemical Development, Fundamental Research Branch, Muscle Shoals, Alabama.

계속 늘어나고 있다. 이것은 특히 單肥의 使用이 2次 成分과 微量 元素를 含有하는 것 (複合肥料)을 包含하는 더 많은 開發途上國에 該當되고 있다. 尿素는 가장 쉽게 入手할 수 있고 窒素源을 가장 저렴한 費用으로 얻을 수 있기 때문에 尿素의 使用이 選好되고 있으며, 그리고 尿素가 肥料混合物에 미치는 영향의 더 좋은 理解가 必要하게 된 것이다.

肥料混合物의 臨界相對濕度는 肥料混合物의 取扱과 貯藏의 性質을 豫見하는데 도움이 될 수 있으며 그리고 또한 造粒工場의 乾燥 및 冷却系統의 豫想容量을 推定하는데 使用할 수 있다. 이와 같은 理由때문에 많은 種類의 肥料混合物의 臨界相對濕度を 決定함으로써 肥料混合量의 尿素含量과 其他 物質의 影響을 더 좋게 測定할 수 있다. (Table IV). 이들의 評價에 使用된 原資材는 市販品으로 부터 얻은 尿素粒子 DAP 粒子 및 모든 原資材는 各 混合物의 成分이 잘 섞이고 접촉하는 것을 促進하기 爲하여 180 m (미국메쉬 80)체를 通過하도록 分쇄하였다. 混合物은 各 測定을 하기 전에 個別的으로 評量하고 즉시 調整하였다. 粒子形 物質은 더 精密한 臨界相對濕度를 읽을 수 있을 뿐만 아니라 더 빠른 結果 (약 24시간 대신에 3시간)를 保證하기 爲하여 攪拌하여 分쇄하였다. 그것은 分쇄한 粒子의 表面 接觸面積의 增加는 어떤 物質의 相互作用이 加速되고 다음에는 大氣中の 水分 吸收率도 加速되기 때문이다. 物質 粒子의 크기가 그의 臨界相對濕度を 變更하지는 않는다 하더라도 分쇄한 試料의 더 작은 粒子의 크기는 水分蒸發率 및 또는 吸收率이 工場의 豫想되는 性能 (容量) 推定에 매우 重要視되는 NPK 複合肥料 造粒工場의 乾燥工程中 期待되는 條件에 있어서 더 특징적이다.

最初의 臨界相對濕度評價에 있어서 DAP와 鹽化加里 試料는 臨界相對濕度值가 豫想한 것 보다 더 낮다는 것을 알았다. DAP의 臨界相對濕度는 30 °C에서 試驗値는 60 ~ 70 %인데 反하여 通常적으로 대부분 報告된 것은 70 ~ 75 %이다. 이 DAP의 分析으로 尿素態窒素의 存在를 밝혀냈다. (Table V). DAP 工場에서 만일 磷酸中

의 不純物이 암모니아 處理 工程을 防害한다면 窒素와 磷酸의 比 ( $N : P_2O_5$ )를 조절하기 爲하여 尿素 또는 窒酸암모늄이 가끔 使用된다. 豫想值보다 더 낮은 試驗值를 갖은 鹽化加里의 境遇에 있어서 어떤 加里 生産業者들은 其 差異가 “낮은 臨界相對濕度”를 갖은 鹽化加里 粒子의 表面에 濃縮된 鹽化마그네슘과 鹽化나트륨 (工程鹽水로부터)의 表面 汚染으로 起因될 수 있다고 믿고 있다. 그러므로 이들 不純物의 位置는 絶對量보다 더 重要할 수도 있다.

이들 豫期치 않은 差異 때문에 臨界相對濕度 評價를 두 系列로 實行하였다. 한 系列은 “낮은 臨界相對濕度”를 갖인 DAP 와 鹽化加里 尿素와 함께 使用한 試驗이고 다른 한 系列은 순수한 DAP, 鹽化加里 및 尿素有 使用하여 試驗하였다.

#### ○ 結 果

Table IV에 나타낸 臨界相對濕度の 데이터와 Fig.1과 Fig.2의 그래프 解釋은 다음과 같다.

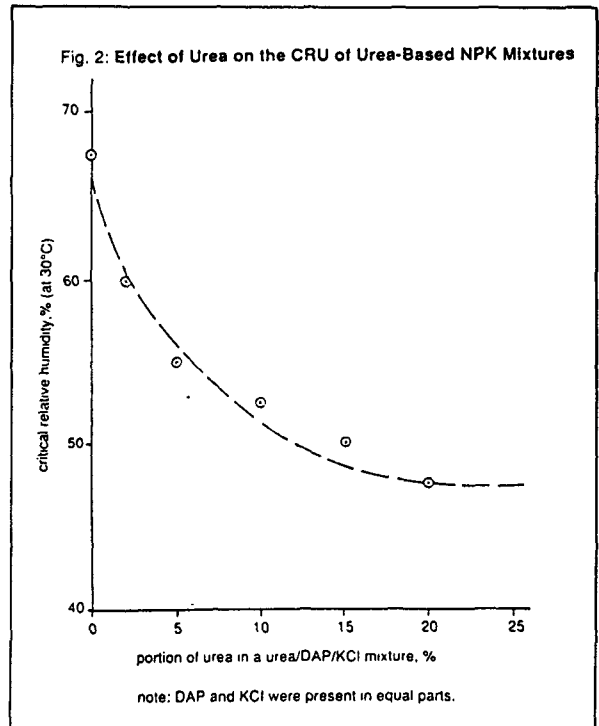
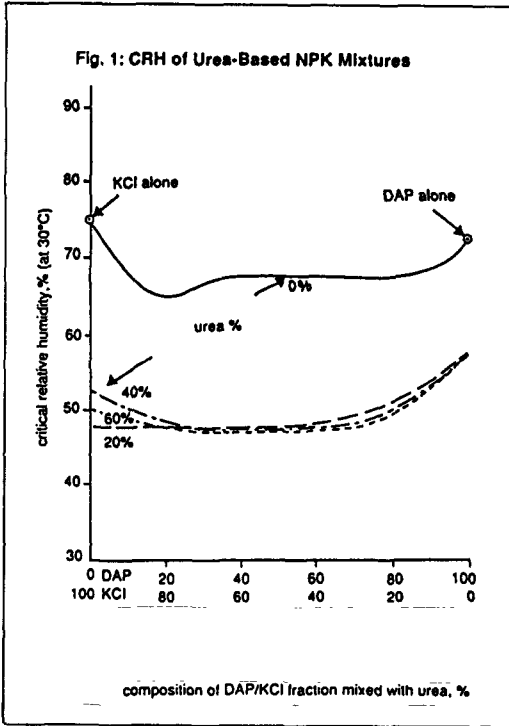
3成分 混合物에 있어서 尿素의 어떤 水準 (2% 以下일지라도)은 臨界相對濕度值에 해롭게 영향을 미친다.(Fig2)

3成分 混合物에 있어서 臨界相對濕度值은 尿素 : DAP : 鹽化加里의 比에 關係없이 尿素 20%와 그 以上の 水準에서 根本적으로 같다. (Fig.1).

2成分 混合物에 있어서 原資材의 比에 關係없이 DAP / 鹽化加里의 比는 가장 좋은 臨界相對濕度를 가지며 尿素 / DAP의 比는 적당하다. 그리고 尿素 / 鹽化加里의 比는 가장 나쁜 臨界相對濕度值를 갖는다.

여기서 3成分 混合物의 臨界相對濕度值은 “낮은 臨界相對濕度”의 DAP / 鹽化混合物 A나 “높은 臨界相對濕度”의 DAP / 鹽化加里 混合物 B의 어느것을 使用하든 간에 根本적으로 差異가 없음을 알수 있다.

混合物 A와 B 사이의 臨界相對濕度值의 오직 重要的 差異는 鹽化加里를 含有하



는 2成分 混合物에 있다.

이들 데이터는 肥料産業의 實驗的 結論을 NPK 複合肥料의 造粒 方式에서 尿素 (> 5%)는 工程에 해로운 影響을 미치고 그리고 尿素的 逆效果는 鹽化加里가 存在할때 擴大된다는 것을 立證한다.

○ 處理上의 問題點

一般的으로 尿素를 含有한 粒子形 NPK 複合肥料은 尿素를 넣지 않은 相對物質과 比較할때 제조나 저장하기가 어렵다. 少量의 尿素 (2~5%)일지라도 製粒器內 덩 어리의 熔解度를 끌어올리고 乾燥器를 熔融의 위험성 없이 運轉할 수 있는 溫度로 減少시킬 수 있으며 그리고 臨界相對濕度를 낮춘 다음에 乾燥에 必要한 驅動力도 낮 출수 있다.

---

附加적으로 낮은 臨界相對濕度 때문에 尿素를 基材로한 肥料은 매우 吸濕性이 있어서 빨리 젖게되며 스크린, 닥트 및 튜브를 막히게 한다. 창고등에 바닥이나 歩道를 미끄럽게 하고 장치와 電氣系統의 과도한 腐蝕은 더 重要的 問題이다. 이들 問題點中的 어떤것은 工場建物の 除濕에 依하여 모두 減少시키거나 可할수 있다.

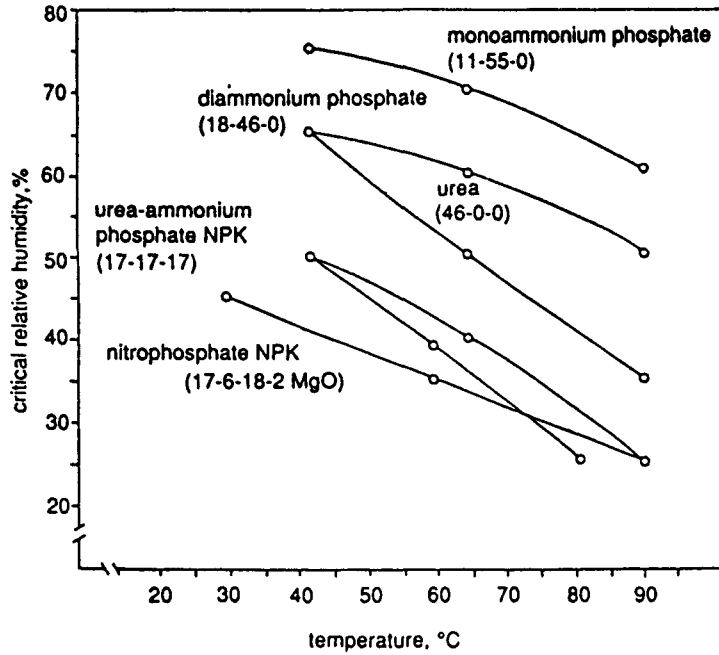
#### ○ 乾燥에 미치는 영향

造粒工程에 있어서 乾燥系統은 實際로 가장 高價의 裝置로 되어있으며 그의 性能과 스크린 및 冷却器와 關聯한 位置는 한번 設置한 後 바꾸기가 어렵다. 그러므로 工場에서 尿素를 使用하기 爲하여 特別히 設計하지 않고 尿素를 使用할 때는 乾燥工程이 重要 難點으로 된다.

#### ○ 高温에서의 限界相對濕度

特秀한 肥料製品이나 混合肥料의 臨界相對濕도에 對한 知識은 設計, 評價, 혹은 肥料 乾燥器의 性能은 예측하는데 必首的인 것이다. 乾燥器를 設計 하는데에 있어서 주변 空氣의 濕度 (30 ℃) 에 基準한 臨界相對濕度 데이터의 使用은 매우 그르치기 쉽게될 수 있으며 指定된 製品의 水分含量이 맞지않는 工場으로 귀착될 수 있다. 이것은 溫度の 作用으로서 普通 肥料 混合物의 臨界相對濕度の 큰 변화에 依해서 說明된다 ( 그림 3 ). 이들 混合物이 乾燥工程에서 전형적으로 부닥치게 되는 高度의 支配를 받아야 할 때 臨界相對濕度値는 尿素 磷酸암모늄을 基材로 한 NPK 複合肥料과 몇가지 NPK 肥料과 질산암모늄을 基材로한 肥料의 境遇에 있어서 約 45~50 %에서 約 25 %로 떨어어뜨리면서 빠르게 줄어든다. 臨界相對濕度は 키제르石과 같은 確實性이 있는 2次 營養素를 追加함으로써 더 減少된다.

Fig. 3: Effect of Temperature on CRH of Selected Fertilizers



source: IFDC Experimental Determinations.

臨界相對濕度—溫度 關係는 特殊 乾燥시스템에 對하여 要求되는 設計條件( 파라메터 )를 根本的으로 決定하는 매우 重要한 變數중의 하나이다. 臨界相對濕度는 別 問題로 하고 設計條件은 주변 공기의 溫度와 相對濕度, 固體原資材의 比率과 乾燥器에 걸리는 蒸發負荷, 願하는 製品中の 水分의 水準을 達成하기 爲하여 要求되는 乾燥器內의 物質의 滯留時間, 肥料의 溫度에 對한 感受性, 그리고 肥料 粒子의 크기와 密度 및 乾燥器內에서 견딜수 있고 許容할 수 있는 가스의 流速에 對한 그들의 關係를 包含한다. 이들중에서 肥料의 臨界相對濕도와 溫度에 對한 感受性 사이의 關係와 乾燥에 使用되는 주변 공기의 相對濕度는 대단히 큰 影響을 갖는다. 이 關係는



---

根本적으로 乾燥器의 濕度 驅動力을 決定하고 그리하여 건조기의 容量을 決定하는 것이다.

○ 肥料의 溫度에 對한 感受性

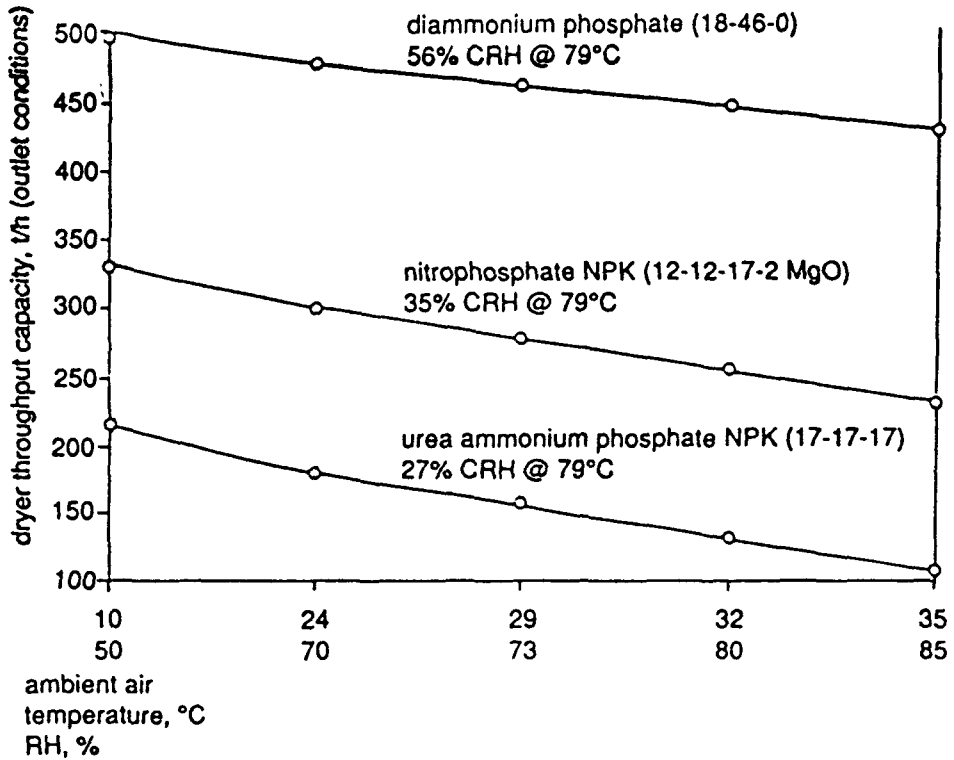
모든 肥料가 同一한 건조 溫度에 따라야만 되는것은 아니다. 어떤 尿素를 基材로 한 NPK 複合肥料는 約 70 °C에서 軟化되기 始作하여 柔軟하게 된다. 만일 出口溫度가 70 °C 以上에서 上昇한다면 粒子는 柔軟성이 과도하게 될수 있고 결국 덩어리 (粒子가 큰것)가 되고 乾燥器의 내벽에 달라 붙으며 取扱, 粒度 選別 및 分碎하기가 어렵게 될수 있다. 其他 尿素를 基材로 한 NPK 複合肥料는 高溫에서 간단히 分解한다. 다른 한편 DAP나 MAP는 勿論 많은 尿素不包含 NPK 複合肥料는 重大한 軟化나 惡化되는 일이 없이 100 °C部近의 溫度에서 乾燥될 수 있다.

○ 乾燥器의 容量

낮은 限界相對濕도와 尿素를 基材로한 複合肥料의 高溫에 對한 感受성의 兩立는 效果는 더 알맞은 臨界相對濕도와 溫度에 對한 感受성을 갖은 尿素를 含有하지 않는 製品과 比較할 때 주어진 工場에 對한 乾燥容量을 낮추는 것이다. 一般的으로 乾燥器는 尿素를 含有하는 NPK 複合肥料를 乾燥하는데 特히 尿素의 量이 約 15 %를 超過할 境遇에 使用되는 것을 尿素 不包含 NPK 複合肥料를 處理하기 爲하여 취지에 알맞게 變化시킬 수 있도록 設計된 乾燥器의 容量을 期待할 수 있다.

肥料의 臨界相對濕度, 溫度 및 乾燥에 使用된 주변 空氣의 相對濕度 사이의 매우 重要한 關係, 그리고 주어진 크기의 乾燥器의 容量 및 運轉基準의 一例는 그림 4에 나타낸바와 같다. 이것은 어떤 주어진 주변 空氣의 條件에서 항구적인 乾燥器 出口 物質의 溫度 (79 °C)를 가정하여 乾燥溫度에서의 肥料의 臨界相對濕度は 궁극적으로 指定된 運轉條件에 의거하여 乾燥器의 容量을 決定하는 要因이라는 것을 보여

**Fig. 4: Effect of Fertilizer CRH and Exit Air on Dryer Capacity**



**Dryer operating parameters**

Dryer size - 3.66 m diameter, 27.43 m long

Dryer superficial air velocity - 2.6 m/s at outlet conditions (all grades)

Fertilizer moisture, %	Inlet	Outlet
DAP	3.5	1.2
NPK 12-12-17-2 MgO	2.5	0.7
NPK 17-17-17	2.5	0.7

Dryer exit air temperature - 82°C ) all grades)

Fertilizer temperature - 79°C inlet and outlet (all grades)

RH of dryer exit air - DAP: 46%, 12-12-17-2 MgO: 25%  
17-17-17: 17%

Fertilizer CRH minus RH of dryer exit air - 10 percentage points (all grades)

---

---

준다. 여기서 分明하게 注意가 要求되는 것은 尿素 使用을 爲하여 特別히 設計되지 않은 造粒工場에서 尿素 使用을 고려하고자 할때이다.

要約하면 注意깊게 調節된 實驗室的 評價와 産業 經驗으로 부터 축적된 實驗的 데이터에 의하여 集約된 증거는 肥料 混合物中の 尿素의 存在가 製品의 貯藏이나 取扱에 미치는 영향 뿐만 아니라 製造工程에 미치는 영향 때문에 대단히 다루기 힘들게 된다는 것을 명백히하게 지시해 준다.

가정에는 소비절약 기업에는 원가절감