



複合肥料 製造方法의 選擇

(Fertilizer International No. 313 September 1992)

그레놀형 NPK肥料製造法의 代案에 대한 이 包括的인 評價는 에이.제이.사케트 앤드 손스社의 代表인 라리테일러氏가 Trinidad의 首都인 Port-of-Spain에서 1992年 7月 8-10日에 개최된 國際肥料協會의 라틴아메리카 및 카리부海沿岸國 地域會議에 제출한 論文에 의거한 것이다.

世界에는 農民이 사용할 수 있는 肥料의 種類가 여러가지 있다. 西歐나 北美地域과 같은 先進産業國에 있어서는 肥料의 使用방법이 매우 발달되어 있지만 다른 地域에서는 이제 廣域施肥法이 보급되고 있는 실정이며 總體法인 人口增加가 예상대로 계속 된다면 넘치는 人口를 먹여 살리기 위하여 世界의 農業은 심각한 挑戰에 직면하게 될 것이다. 따라서 肥料은 이러한 挑戰에 대응하는 중요한 역할을 해야 할 것이다.

世界各國의 農業은 다양함에도 불구하고 肥料의 效率的인 使用에 관해서는 몇가지 일반적으로 共通된 支配力이 있으며 食糧문제가 總體的인 安保에 挑戰을 받게 될것인지 考慮할 필요가 있는 것이다. 考慮되어야 할 또 다른 요인은 人口의 增加에 比해서 食糧을 생산할 수 있는 農地面積은 遞減되고 있다는 것이며 人件費도 상승하고 있다는 것이다.

일반적인 支配要因으로서는 대략 다음과 같이 要約될 수 있다:

- (1) 肥料使用의 經濟性은 주로 사용된 肥料의 單位 營養素當 收穫되는 穀物의 값에 의해 좌우된다.
- (2) 가장 能率的인 生産이나 流通 및 施肥方法의 開發이 필요하다.

(3) 肥料은 流通이나 施肥의 費用을 줄이기 위하여 가능한한 成分含量이 높은 高濃度로 製造하는 것이 좋다.

(4) 複合肥料의 사용은 農家經濟에 가장 좋은 效果를 준다.

(5) 實際的인 면에서 좀 복잡하기는 하지만 필요한 微量成分의 肥料을 함께 사용하는 것이 效果를 더욱 增進해준다.

다음의 두가지 要因도 빈번하게 나타나는 문제들이다.

(1) 生産과 流通은 어떤 방법으로 할수 있으며 어떻게 使用지역의 要求條件에 맞게 供給할 수 있는가?

(2) 우리가 선택한 NPK肥料의 製造方法은 어떤 것이며 우리가 가지고 있는 特殊한 資源과 條件에 관계가 있는 製造方法을 어떻게 評價하는가?

• 애매한 解答

한마디로 精確한 解答이나 좋은 方法을 말할수는 없다. 여기에는 여러가지 變數 즉 技術, 經濟, 政治 및 環境등 參照해야 할 많은 문제들이 있기 때문이다. 政治的인 要因은 때때로 國家의 農業政策을 결정하게 되며 이것은 그 나라에 있어서 肥料의 生産이나 流通에 미치게 할 수도 있는 것이다. 최근 강력한 環境運動家들의 出現은 農業政策에 특히 肥料의 生産과 使用에 대하여 심각한 압력을 加하고 있다. 이 要因은 앞으로 더욱 중요한 문제로 될 것이 確實하다.

그러면 이제 어떤 製造方法을 선택해야 할 것인가? 複合肥料의 粒子를 生産하는 主要工程은 4가지가 있는데 그 方法은 다음과 같다:

(1) 化學的 造粒(그레놀레이시온)

(2) 스팀 造粒

(3) 壓縮式 造粒

(4) 벌크 配合

이 技術들에 대한 각각의 利點은 다음과 같이 검토되었다.

● 化學的 造粒

化學的 造粒工程으로 가장 많이 製造되고 있는 複合肥料은, 물론 현재 사용되고 있는 대부분의 NPK 固體肥料도 이 工程에 의하여 生産되고 있다. 化學的 造粒方法은 NPK 肥料의 最終製品을 生産(특히 西歐에서)하거나 또는 流通經路를 통하여 다시 NPK 肥料의 最終製品으로 生産될수 있는 中間製品을 生産(美國에서 많이 사용됨)하는 데도 사용된다.

1930年代를 회고해 보면 化學的造粒工程의 개념은 特定成分의 肥料를 일반적이고 信賴할 수 있는 제품을 생산하게 되므로서 획기적인 발전을 한것이다. 化學的 造粒工程의 본래 목적은 施肥하기에 적합한 형태의 肥料를 農家에 供給할수 있도록 저장이나 출하중 包袋內的 肥料粒子가 固結되는 것을 防止하는데 있었다.

오늘날 固體肥料은 80%이상이 벌크상태로 出荷되고 있는데 化學的 造粒技術은 入出荷操作의 편의를 위하여 肥料粒子가 自由로히 流動할 수 있게 하고 固結을 最小化하며 기계적인 취급을 할때 각 肥料粒子가 깨지지 않도록 強度를 충분히 높여주는 일들을 保障해 주는 것이다.

化學的 造粒工程은 固體와 液體 또는 가스를 결합시켜 비료적 견고한 상태의 肥料粒子를 얻을수 있는 化學反應이 일어나게 하고 粒子의 成長을 조절해 준다. 이 工程은 일반적으로 회전식 造粒裝置와 최종 그레놀이 형성되는 廻轉식 드라이어로 되어 있다. 肥料粒子에 함유되어 있는 水分을 蒸發除去해주면 각 그레놀의 結合狀態는 단단하게 된다. 乾燥된 製品은 粒子의 크기에 따라 選別하여 冷却한 후 곧 바로 倉庫에 저장된다.

北美地域에 있는 대부분의 NPK 造粒工場은 固形物이 많이 들어가는 工程을 사용하고 있다. 필요한 流動性 原料는 液相의 原料사용량을 적절한 수준으로 하므로서 工程에 소요되는 熱量을 비교적 적게 할 수 있다. 대분의 原料를 저장하거나 취급하는 시설이

재래식이고 수준이 낮은 工程技術을 사용하면 工場의 장치나 技術의 要求條件이 간편하게 된다. 이러한 낮은 수준의 技術을 사용한 工場들은 일반적으로 年産 100-200,000 t 규모의 生産容量을 가진 地方의 工場에서 잘 사용된다. 이러한 工場들은 北美地域에 널리 보급되어 있다.

西歐地域에 있는 化學的 造粒工場들은 大單位工場으로서 암모니아와 磷酸을 生産하는 工場들과 복잡하게 연계되어 개발되었다. 이 工場들은 自國의 消費量보다 훨씬 많은 量을 生産하게 되어 있으며 따라서 品質이 좋은 NPK肥料를 輸出하게 되었다.

● 스팀 造粒

스팀造粒은 微細한 粉末로 된 固體原料를 사용하는 방법인데 이 固體原料들은 원하는 成分比로 맞추기 위하여 적당한 比率로 混合한 다음 충분한 流動性 液相으로 만들기 위하여 스팀이나 물과 함께 섞어서 造粒機로 送込되며 이것을 加熱하여 可塑性으로 해 주면 미세한 原料粒子가 덩어리로 굳어져서 그레놀형의 肥料粒子로 만들어지게 된다. 水分이 함유되어 있는 유연한 이 그레놀은 드럼형 회전드라이어에서 乾燥된 다음 規格製品의 그레놀을 選別한다. 規格에 미달된 粒子들은 造粒機로 再循環된다. 選別된 規格製品은 제품의 규격이나 그 地域의 溫度 또는 溫度의 條件에 따라 통상적으로 選別前이나 選別後에 冷却할 필요가 있다.

冷却이 필요할 때는 일반적으로 회전드럼을 사용하여 冷却한다. 스팀造粒은 그레놀을 生産하는데 化學反應이 요구되지 않기 때문에 限定的으로 사용되고 있다.

● 壓縮式 造粒

이 방법으로 NPK肥料를 生産할 때에는 NPK肥料粒子를 만드는 原料를 기계적인 힘을 사용하여 微細한 粉末로 만든다. 壓縮工程은 原料粒子를 그레놀로 結合시켜 주기 위한 어떤 液相의 媒體나 化學反應이 필요치 않은 본질적으로는 乾式 造粒을 하는 것이다.

肥料原料의 微細한 粒子들을 충분히 높은 壓力으로 壓搾하면 分子間의 表面이 매우 近接하게 되어 靜電氣力이 발생하므로 粒子들은 서로 密着하게 된다. 壓搾技術은 加里를 그레늘형으로 생산하는데 자주 사용된다.

壓縮工程의 第1단계는 微細한 粉末이나 그레늘로 된 肥料原料들의 무게를 측정하고 필요한 成分比로 混合하는 것이다. 적절하게 混合된 原料는 壓縮하기에 적합한 粉末로 만들기 위하여 효율이 매우 좋은 粉碎機內로 送入된다. 이 단계에서 새로 供給되는 原料와 분쇄 및 粒度選別과정에서 나온 규격미달의 再循環原料는 강력한 연속믹서기(Mixer)內로 送入된다. 재순환원료와 새원료의 送入比率은 1:1과 2:1사이로 하는 것이 대표적이다. 균일하게 섞여진 混合原料는 壓縮機內로 送入된다.

壓縮機는 롤프레스(Roll Press)로 구성되어 있는데 이것은 壓力에 의하여 덩어리로 만드는(Pressure agglomeration)원리를 이용한 것이다. 生産된 製品은 두께가 5-20mm 정도인 마치 薄板과 같은 모양이다.

壓縮機에서 生産된 薄板은 분쇄되어 원하는 크기의 粒子로 되어야 한다. 몇가지 분쇄방법에 의하여 粒子의 크기를 작게 만들수 있으며 한편 選別시스템은 일반적으로 規格보다 큰 粒子의 이탈을 방지하기 위하여 閉鎖回路로 되어 있다. 規格에 맞는 粒子로 選別된 製品은 마무리를 하거나 창고에 저장되며 規格보다 작은 粒子들은 壓縮工程으로 再循環된다. 粉碎와 選別시스템의 效率은 工場의 生産容量에 상당한 영향을 미치게 된다. 原料나 生産되고 있는 製品을 처리하기 위하여 몇가지 마무리 단계가 필요할 수 있으며 한편 團結억제를 위하여 被覆劑의 첨가가 필요할수도 있다.

이 工程은 原料의 성질이 工程의 成績에 주요 영향을 미치는는 하지만 수반되는 化學反應은 없다. 壓縮工程에 의한 NPK複合肥料의 生産은 西歐에서 최초로 관심을 갖았던 비교적 새로운 개념의 工程이다. 壓縮工程은 乾燥原料를 사용하여 複合肥料를 생산하는 유일한 工程으로 世界的인 인기를 얻고 있다. 壓縮工場은 1基 또는 몇基의 配合工場과 함께 사용하면 原料나 최종제품 및 微量成分의 면으로 보아서 매우 전망이 밝

은 것이다.

● 벌크配合

이 技術은 의도적인 化學反應을 시키거나 粒子를 增大시켜 造粒하는 方法이 아니고 그레놀형 肥料原料를 物理的으로 混合시키는 方法이다. 配合用 原料는 上述한 工程중의 하나로 生産한 것인데 사실상 그레놀형으로 되어야 하며 單肥나 두가지 成分肥料製品과 같은 최종제품으로 판매하거나 施肥될수도 있는 것이다. 配合工程은 비교적 간단한 것인데 때로는 지나치게 간소화 하므로서 低品質의 제품을 生産하는 結果를 招來하게 된다.

配合은 적절한 原料의 사용이 필요하며 필요한 成分들이 알맞게 함유될수 있도록 하기 위하여 配合을 하기전에 각 성분원료의 量을 測定해야 한다.

配合條件에 맞는 특징은 다음과 같다.

- (1) 自由로운 流動性이어야 한다.
- (2) 精確한 成分分析을 할 수 있어야 한다.
- (3) 分離(Segregation)되는 성질이 없어야 한다.
- (4) 吸濕性이 비교적 적어야 한다.

이러한 基準에 맞게 하기 위해서는 어떤 技術的인 節次를 따르는 것이 필요하다. 絶대적으로 필요한 것은 사용하는 原料들의 粒度가 規格에 맞는 것이어야 하며 原料의 무게를 測定하는 方法이 精確해야 하는 것도 중요한 것이다. 原料의 配合은 精밀한 配合工場에서 이루어져야 한다.

일단 무게가 測定된 配合原料의 成分은 品質이 우수한 配合肥料를 生産할 수 있는 성능이 좋은 믹서를 사용하여 配合되어야 한다. 어떤 지역에서는 지나치게 간소화된 裝置를 사용하는 경우도 있다. 配合裝置의 自動化와 配合의 效率은 品質이 우수한 配

합肥料를 생산하게 할수 있는 중요한 要因이 되는 것이다.

混合된 配合肥料을 취급할때 配合肥料중의 각 成分粒子들이 따로 分離되는 것을 방지하는 것은 매우 중요한 것이다. 規格에 맞는 粒度도 중요한 特征중의 하나이다. 配合製品은 包裝하기전에 加급적 취급을 적게 하는 것이 좋다. 통상적으로 포장할때 호퍼를 사용하는데 이 호퍼는 내부에 배플(Baffle)을 설치하여 製品의 粒子가 分離되는 것을 방지해야 한다. 配合肥料은 生産되는 즉시 包裝되어야 하며 저장이나 수송중 包裝속으로 水分이 들어가지 않도록 하기 위하여 성능이 우수한 포장시스템을 사용해야 한다.

● 代案의 査定

NPK肥料의 造粒工程은 대부분 地域사정에 따르기 때문에 보편적으로 적당한 生産方法이 없다. 어떤 生産方法의 목표는 원하는 成分含量이 들어 있는 複合肥料을 생산하는 것이고 그 地域市長의 農經學的 요구조건에 가장 적합해야 하는 것이다. 經濟的인 문제나 環境的인 문제점도 고려되어야 하는 것이다.

技術的인 견지에서 보면 化學的 造粒工程이 가장 좋은 NPK固體肥料을 生産할수 있는 工程이다. 각 個體的인 그레놀은 모든 成分들을 미리 結定한 比率로 함유하고 있으며 品質이 좋고 最適의 物理的 性質을 가지고 있다. 그러나 이러한 肥料의 生産은 복잡한 設備와 效率的이고 經濟的인 生産을 위하여 原資材의 産源이 근처에 있어야 하는 資本集約的인 工場을 필요로 한다.

동시에 이러한 工場들은 經濟的 運營을 위해서는 地域的인 市場보다는 國際的인 대형市場을 가지고 있어야 할 것이다. 소형 그레놀工場들이 아직도 남아 있기는 하지만 그 數는 감소되고 있다.

스팁造粒工程은 地域的인 工場에 對해서 더 적합할 수도 있다. 이 工程은 化學的 造粒工程으로 生産한 製品과 유사한 性質을 가진 그레놀형 NPK肥料을 生産한다. 그러나

스팀造粒工程의 短點은 工場의 建設費나 運轉費가 높고 사용될 수 있는 原料는 물론 生産될수 있는 製品의 범위가 制限的이라는 것이다. 製品의 物理的 性質도 化學的 造粒工程으로 生産한 製品에 比하여 좋지 않다. 따라서 스팀造粒工程은 印度의 成功한 사례를 제외하고는 다른 地域에서는 비교적 비정상이었다.

壓縮工程은 그레놀형 造粒工程이나 配合工程이 가지고 있는 몇가지 長點이 있다. 이 工程은 造粒工程과 마찬가지로 원하는 成分比로 製品을 生産하기 위하여 모든 成分組成을 結合시켜 준다. 이 工程은 化學反應이나 水分이 없으므로 裝置가 간단하게 될수 있으며 에너지 消費量도 節減되고 化學反應으로 인한 腐蝕의 위험도 적다. 肥種의 형식변경도 비교적 간단하며 이 工程은 乾燥原料만을 사용하기 때문에 環境汚染을 최소화 할수 있다.

기타 長點은 비교적 投資費가 낮고 소요人力이 적으며 運轉하기가 간편한 점이다. 壓縮工程은 여러가지 原料를 사용할 수 있으므로 광범위한 肥種을 쉽게 生産할 수 있다. 壓縮工程의 몇가지 短點을 보면 다음과 같다:

- (1) 原料중에 들어있는 遊離水分含量에 制限的이다.
- (2) 尿素나 窒酸암모늄과 같은 原料의 사용은 化學的 適合性이나 吸濕性때문에 制限的이다.
- (3) 壓縮製品의 모서리는 취급하기전에 적절한 처리를 하지 않으면 깨질수 있으므로 미세한 粉末의 量일 增加될 수 있다.
- (4) 壓縮工程으로 生産된 그레놀은 그레놀형造粒工程으로 生産된 것과 비교하여 球狀이 아니며 모양이 더 불규칙하다.

NPK肥料를 生産하는 工場은 최종제품을 벌크配合工程으로 生産하면 비슷한 규모의 그레놀형造粒工場이나 壓縮工場에 비하여 建設費가 훨씬 적으며 運轉하기가 쉽다. 配合工場도 형식을 바꾸거나 生産할 수 있는 肥種의 數에 있어서 그레놀형造粒工場보다 더 융통성을 나타낸다. 그러나 사용할 수 있는 原資材의 타입이나 數는 制限되어 있다.

벌크配合工場의 주요 長點은 資本費와 運營費 및 生産費가 낮다. 이 技術은 간편하기 때문에 需要에 따라 工場을 쉽게 運轉하거나 停止할수 있으며 稼動率을 낮추더라도 經濟的인 문제나 技術的인 문제가 若起되지 않는다.

이 工程은 品質일 좋은 配合肥料을 生産할 수 있으나 이것은 사용되는 原料의 品質이나 적합성에 크게 依存되는 데 配合에 사용된 原料는 化學的으로 적합해야 하고 規模에 관해서도 알맞아야 하며 取扱중 變化에 견딜수 있도록 충분히 耐久性이어야 하는 것이 중요하기 때문이다. 配合工程의 短點은 다음과 같다 :

(1) 粒度가 불규칙한 原料를 사용하거나 취급을 잘 못하면 分離현상이 일어나는데 이것은 作物일 肥效에 좋지 않은 영향을 미친다.

(2) 配合肥料에는 微量成分을 組合시키기가 어렵게 될수 있다.

(3) 配合裝置의 精確한 運轉節次에 따르지 못하면 品質일 좋지 않은 配合肥料을 生産하게 될수 있다. 이 裝置의 精確한 運轉은 運轉員의 숙련도에 依存되기 때문이다.

配合工場을 效率的으로 運轉하기 위해서는 지나치게 간소화 되어서는 안된다. 世界的으로 配合工場에 대한 가장 큰 문제점의 하나는 美國식 配合工程을 모델役으로 사용했던 것이다. 美國에서는 配合工程을 30여년동안 慣行的으로 사용하였지만 지금은 유력한 NPK肥料의 供給源인 美國이나 農家に NPK肥料를 별로 보급하지 않은 世界の 여러 나라가 서로 유사하게 되었다.

美國시스템의 특징은 다음과 같다 :

(1) 대형 農場의 支配形이다.

(2) 소량의 벌크형 원료공급을 위한 全國的인 輸送시스템이 잘 되어 있다.

(3) 모든 配合肥料는 사실상 高度로 機械化된 방법을 사용하여 벌크상태로 生産된 製品이 보급되며 施肥된다.

(4) 美國에서 5000基이상의 配合肥料工場이 全國의 여러곳에 설치되어 있다. 이 工場들은 전형적으로 15-20마일범내의 地域市長에 供給되며 여러가지 서비스도 해 준다.

世界的으로 다른 나라의 條件는 매우 다르다. 라틴아메리카와 카브리海沿岸國에서는 다음과 같은 특징을 들수 있다 :

- (1) 대부분의 農場이 小規模이다.
- (2) 原料는 통상적으로 地域에서 얻을수가 없기 때문에 다량의 벌크로 供給되어야 한다.
- (3) 벌크형 原料를 供給하기 위한 內陸運送시스템이 制限的이다.
- (4) 거의 모든 肥料는 包裝한후 農家에 전달된다.
- (5) 일반적으로 肥料는 비교적 적은 量을 손으로 施肥하도록 되어 있기 때문에 肥料의 品質이 매우 중요하다.

農農家가 구입하는 肥料는 불과 몇포대에 지나지 않는다.

- (6) 여러가지 作物이 재배되며 土質도 매우 다양하다.
- (7) 人件費가 낮다.
- (8) 대부분의 地域이 熱帶 또는 亞熱帶 地方이며 農事철이 길다.

이와 같이 條件이 다르기 때문에 美國의 벌크配合方法은 世界的으로 다른나라에 移轉하기가 쉽지 않은 것이다. 그레놀형造粒工程이나 壓縮工程으로 生産된 제품과 똑같이 품질이 우수한 配合肥料의 生産은 아직도 적절한 새로운 方法이 없는한 불가능한 것이다. 複合肥料와 配合肥料는 生産技術이나 農場에 사용하는 經濟性에 있어서 중요한 長點과 短點을 가지고 있다는 것은 분명하다. 相對的인 重要性은 일반적으로 地域의 條件에 따라 다르다.

● NPK肥料製造方法의 選擇

NPK肥料에 대한 需要는 다음과 같은 방법으로 충족될 수 있다 :

- (1) 使用지역의 要求條件에 적합한 成分比로 製造되어 언제든지 사용할수 있게 化學的 造粒工程으로 生産한 NPK肥料를 輸入한다.

(2) 사용地域の 要求條件에 맞는 그레놀이나 壓縮工程으로 만든 NPK肥料를 생산하기 위한 原料의 輸入(또는 그 地域에서 얻을 수 있는 原料의 사용)한다.

(3) 原料가 生産되는 가까운 地域에서 그레놀형造粒工程이나 壓縮工程으로 生産한 原料를 輸入하여 特定地域の 要求條件에 맞게 配合한다.

어떤 한 地域이나 나라에 적합한 最善의 解答은 없다. 經濟性, 技術的 要求條件, 環境問題 및 政治的 介入條件의 범위내에서 첫째로 요청되는 필요한 문제들은 다음과 같다:

(1) 地域적으로 사용할 수 있는 原料는 있는가?

(2) 어떤 原料들이 있으며 현재 사용할 수 있는 것인가? 만일 開發되어야 한다면 費用이 얼마나 들 것인가?

(3) 供給될 地理的 面積은 어느 정도 넓은 것인가?

(4) 市場需要에 맞게 生産할 量은 얼마나 되는가? 輸送은 어떻게 할 것인가?

(5) 農家가 요구하는 최종제품은 어떤 형태로 할 것인가?

(6) 包裝肥料인가? 또는 벌크肥料인가?

(7) 만일 原料를 輸入해야 한다면 어떤 類型의 原料가 가장 經濟的인 條件으로 特定作物의 요구조건에 맞는 肥料를 製造할 수 있는가?

모든 경우에 적합한 對策은 없지만 보편적으로 우월한 方案의 하나는 提案될 수 있다. 아마도 제일 좋은 肥料는 原料가 生産되는 地域이나 부근에 있는 대형공장에서 生産된 것일 것이다. 이러한 工場에서는 地域의 要求條件에 맞는 成分比의 製品을 供給할 수 있다. 이용할 수 있는 工程은 몇가지가 있지만 각기 長點이나 短點을 가지고 있다. 반드시 필요한 基準은 最小의 費用으로 最大의 農家所得을 올릴 수 있도록 使用地域의 要求條件에 만족해야 하는 것이다. 農家は 오직 利益을 얻기 위해서 肥料를 사용한다는 것을 잊어서는 안된다. 이것은 成分含量을 信賴할 수 있고 취급하기 쉬우며 필요할 때 언제나 사용할 수 있는 高濃度의 複合肥料를 필요로 하는 것이다.