

窒素質液体肥料

編輯者 註

窒素質液体肥料는 單肥로서나 液体配合肥料用 窒素成分의 原料로서 사용할 수 있는 확실한 장점을 가지고 있다.

(Nitrogen No. 196. March-April 1992)

液体肥料형식은 그것이 溶液으로 되어 있거나 또는 懸濁液(Suspension)으로 되어 있던 간에 고체형식이 아니라는 데 매력이라는 것은 실로 常識的인問題인 것이다. 液体肥料는 펌프를 사용하여 취급할 수 있으므로 더 편리하며 취급중 機械的損傷이 일어날 수 없기 때문에 粉塵이 발생하지 않으므로 훨씬 편리하고 정확하게 農作物에 施肥할 수가 있다. 液体肥料는 微量영양소나 殺蟲劑 및 選擇的除草劑와 같은 農化學藥品의 撒布하는데 우수한 擔保로서도 역할을 할 수 있다. 이러한 藥品들은 少量을 사용하기 때문에 固體肥料로도 均一하게 섞어서 사용하기가 어려우며 撒布하는데도 별도의 費用이 다소라도 필요하게 되므로 液体肥料에 섞어서 사용하는 것이 유리한 것이다.

液体肥料를 사용하는데 있어서 불편한 점은 固體肥料처럼 수시로 農場에 施用할 수가 없다는 것이다. 液体肥料는 창고의 한쪽에 있는 병커에 저장하거나 포장한 固體肥料처럼 野積할 수도 없고 전용저장탱크나 저장용坑(Pit) 그리고 펌프나 輸送파이프라인과 같은 몇가지 보조장비를 필요로 하며 固體로 沈澱되려는 경향이 있기 때문에 無期限的

으로 저장하는 일이 없이 제조하는대로 사용하는 것이 좋다는 점이다. 그리고 만일 農場에 정밀하게 施肥할 수 있는 液體肥料의 잠재능력을 최대한으로 활용코자 한다면 적절한 計量裝置와 分射裝置를 가지고 있는 特裝車가 필요하다는 것이다. 農民들 개개인으로 보면 이 장치를 사용하는 日數가 年中 平均的으로 극히 적기 때문에 投資할 가치가 충분하지 못한 것이다.

그러나 集約農業地域에서는 딜러나 協同組合에 의하여 運營되는 하나의 中央普及所를 뒷받침하기 위한 작은 地域農場의 市場이 충분히 있다. 이들은 肥料를 農場에 供給하는 것만이 아니고 “注文施肥” (Custom application)로 알려진 서비스 즉 실제로 農民의 農土에 施肥해 주는 책임도 가지고 있다. 그러므로 각 農民들은 저장시설이나 施肥用 裝備의 費用을 부담할 필요가 없으며 肥料를 정확하게 撤布하기 위한 施肥用裝置의 運轉책임도 덜게 된다.

이러한 시스템은 딜러나 協同組合이 顧客(農民)이 원하는 개별적인 要求에 맞게 여러가지 成分原料를 사용하여 다른 肥種을 간단히 만들수 있으므로 對農民 서비스에 融通性이 있는 利點도 가지고 있다. 磷酸암모늄과 加里를 함유하고 있는 NPK液體肥料는 低濃度에서만 안정적으로 저장할 수 있는데 그것은 가리와 磷酸암모늄속에 들어 있는 鐵, 알루미늄 및 마그네슘과 같은 陽이온性 不純物이 암모늄 및 磷酸이온과 상호반응하여 不溶性 複合磷酸鹽을 생성하여 슬러리로 沈澱하게 되기 때문이다. 그러므로 NPK液體肥料는 産業規模의 工場에서 멀리 떨어진 消費者의 農場까지 長距離輸送을 하는데는 매우 부적합한 것이다. 溶解度の 制限때문에 NPK液體肥料는 대개 成分營養素의 含量에 있어서 固體肥料와 같을수가 없다. 그러나 많은 高濃度NPK형식의 肥料는 신속하게 地方으로 輸送될수 있으며 沈澱된 固體成分을 懸濁상태로 유지하기 위하여 懸濁劑 또는 膠化劑(보통 Attapulgate Clay를 사용함)와 組合하여 사용한다.

그러므로 液體肥料는 溫帶地域의 大型農場과 機械化할 수 있는 平野 즉 美國의 中西部에 있는 穀倉地帶나 캐나다의 平原을 이룬 大牧草地 및 西北歐의 高度로 개발된 農

業에 대부분의 基盤을 확보하고 있다. 熱帶地域에서는 土壤의 條件 및 성장한 作物의 형태때문에 이와 같은 種類의 肥料를 사용하는 것은 의미가 없다. 그러나 液體肥料은 低濃度로 하여 灌溉水에 섞어서 쉽게 사용할수가 있는데 대개 開發途上에 있는 國家에서 이와 같은 형태의 肥料를 사용하면 크게 성장할 가능성이 있기 때문이다.

적절하게 저장하는 동안이나 벌크상태로 輸送 또는 輸出하는 동안까지도 高濃度의 成分營養素를 충분히 안정하게 함유할 수 있어서 産業規模로 生産할 價値가 있는 主要 液體肥料은 두가지로 區分할수가 있다. 그중 하나는 重磷酸암모늄 淸淨液(11-37-0까지의 濃度범위)인데 이 淸淨液은 때때로 液體配合製品으로 사용하기 위하여 膠化用粘土를 미리 첨가하여 懸濁製品으로 조제된 것이고 다른 하나는 “窒素質肥料溶液”(32%N까지)이다. 이 두 液體肥料은 모두 위에서 언급한 地域操作의 種類로서 混合肥料의 成分原料로 사용하지만 窒素質肥料溶液은 당연히 “單肥”로서도 널리 사용된다. 최근에 報告된바와 같이 예를 들면 窒素質液體肥料의 消費量은 美國의 總窒素質肥料 消費量에 대한 약 26%로 計算되며 이 比率은 아직도 증가되고 있는 것으로 보인다.

● 窒素質液體肥料의 種類

통상적인 모든 窒素質肥料의 原料즉 美國에서 土壤에 직접 投入하여 널리 사용하고 있는 암모니아 그 自體와 물에 잘 녹는 窒酸암모늄 및 水素는 窒素質液體肥料의 製品을 만드는데 사용된다. 만일 이들 成分原料의 合成에 관련된 절차를 무시한다면 窒素質液體肥料을 만드는 技術은 정확히 말해서“하이테크”라고 생각할 수는 없다. 그러나 인간이 예나 이제나 어떻게 하면 더 아담한 작은 집을 짓느냐 하는 문제로 정신을 들여 왔던 것과 마찬가지로 물에다가 평범한 肥料의 成分原料를 최대한 녹인 溶液을 만드는 것이 걸보기로서는 간단한 것 같지만 다소간의 才能은 필요한 것이다. 本文은 이 分野의 技術報告書에 대하여 간단하게 검토해 보고자 하는 것이다.

● 암모니아수

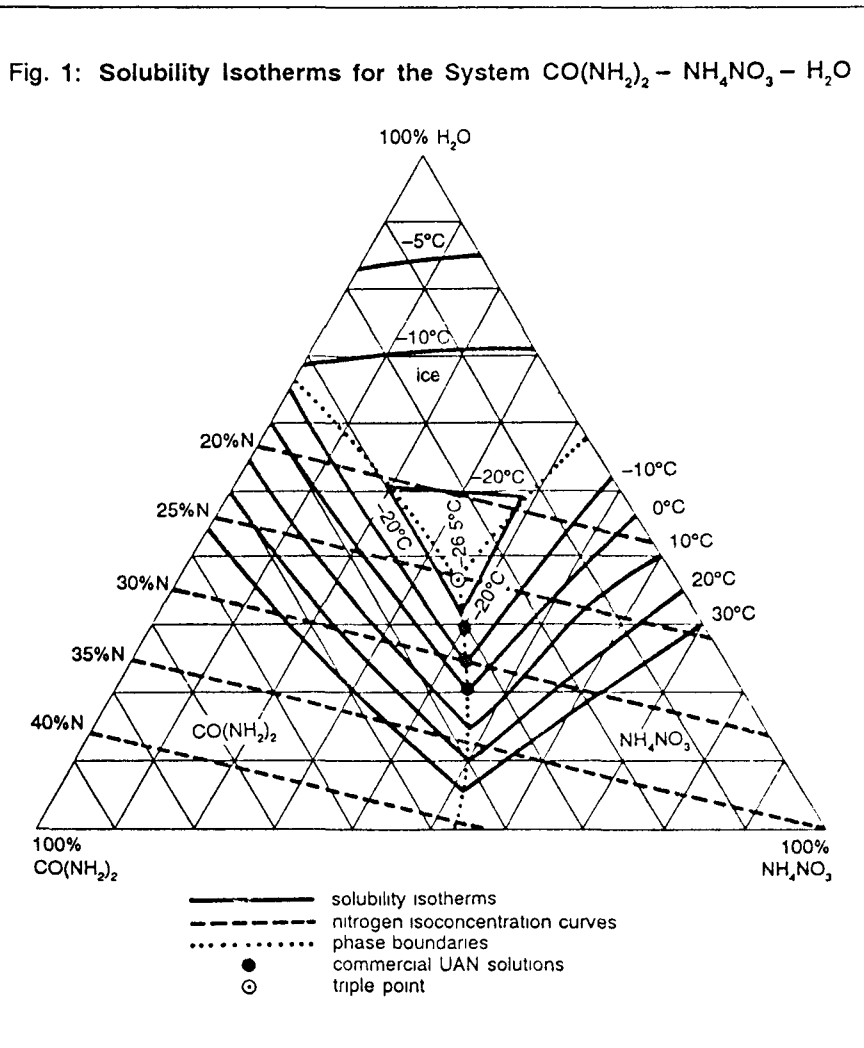
암모니아는 물에 잘 용해되어 窒素質의 成分이 20%까지 함유하는 溶液을 생산할 수 있는데 이 溶液은 常溫에서 壓力이 없는 탱크에 저장할 수 있을 정도로 낮은 증기압을 암모니아는 가지고 있다. 이 溶液은 파이프형 혼합참바내에 있는 물과 냉각, 재순환 암모니아수(Agua ammonia)의 混合物에 無水암모니아를 注入하여 제조된다.

無水암모니아와 같이 암모니아수는 통상적으로 土壤表面아래로 注入된다. 그러나 과도한 揮發損失을 피하기 위하여 無水암모니아는 최소한 15cm깊이나 때로는 30~45cm깊이에 放出되어야 하는데 土壤의 條件에 따라 無水암모니아는 겨우 8~13cm깊이에 放出된다. 灌溉施設이 되어있는 地域에 있어서 無水암모니아는 주변온도가 그다지 높지 않다면 灌溉水에 低濃度로 섞어서 注入할 수 있다.

암모니아수는 無水암모니아 보다 위험성이 적다고 할지라도 만일 옆질러질 경우 有 害로울 가능성이 있는데 즉 암모니아溶液은 苛性이 있으며 암모니아蒸氣는 그 濃度가 아주 낮은 것이라 할지라도 자극성이 있다. 암모니아수는 窒素含量도 다소 낮기때문에 지금은 그다지 널리 사용되지 않고 있다.

● UAN溶液

尿素나 窒酸암모늄은 모두 물에 可溶性인데 암모니아처럼 揮發性을 나타내지는 않는다. 그러나 尿素나 窒酸암모늄 단독으로는 混合物에서 보다 훨씬 적게 溶解된다. Fig. 1에 나타난 尿素-窒酸암모늄-물($\text{Co}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$)의 系에 대한 相平衡圖는 이 系의 3成分의 比率에 따라 結晶化濃度가 어떻게 다른가를 보여 준다. 尿素와 窒酸암모늄이 대략 같은 물比率로 存在할 때 溶解度는 최대로 된다. 3重點(氣相·液相·固相의 平衡



點) 즉 共晶點(Eutectic Composition)에서 溶液은 液體의 組成과 같은 組成을 가진 어
 림이 어는데 이 어림이 어는 점에서 溶液중의 尿素含量은 약 28몰%이고 窒酸암모늄의
 含量은 약 35몰%인데 대응하는 窒素含量은 약 25wt%이다. 이 溶液의 氷點 즉 UAN(尿素-
 窒酸암모늄)溶液에 대한 最低의 氷點은 -26.5°C 이다. 이 3重點의 濃度보다 더 眞한 溶
 液은 尿素, 窒酸암모늄 또는 이 두성분의 混合物(만일 Fig. 1에서 그 成分造成이 折線
 點에 의하여 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 와 NH_4NO_3 로 구분되는 것을 의미한다면)의 結晶이 그들의 濃度에

比例하여 점진적인 높은 溫度에서 생기기 시작하며(工業用語인 “鹽析”과 化學的인 析出의 의미와 混同해서는 안된다) 한편 溶液의 濃도가 3重點에서의 濃도보다 낮으면 그 溶液중의 水分含量에 비례하는 溫度에서 물이 얼게 된다. UAN溶液의 실제적인 최대농도는 그 溶液의 濃도에서 안정하게 되는데 요구되는 최저온도에 의하여 결정된다. 이 溶液의 最大濃도는 저장이나 사용하는 장소의 기후에 따라 좌우되는 것이 분명하다.

Table I
Properties of UAN Solutions

Composition, wt-%				Salt-out temperature °C	Specific gravity 15°C
N	Ammonium nitrate	Urea	Water		
32	43.3	35.4	20.3	-2	1.32
30	42.2	32.7	25.1	-10	1.30
28	40.1	30.0	29.9	-18	1.28

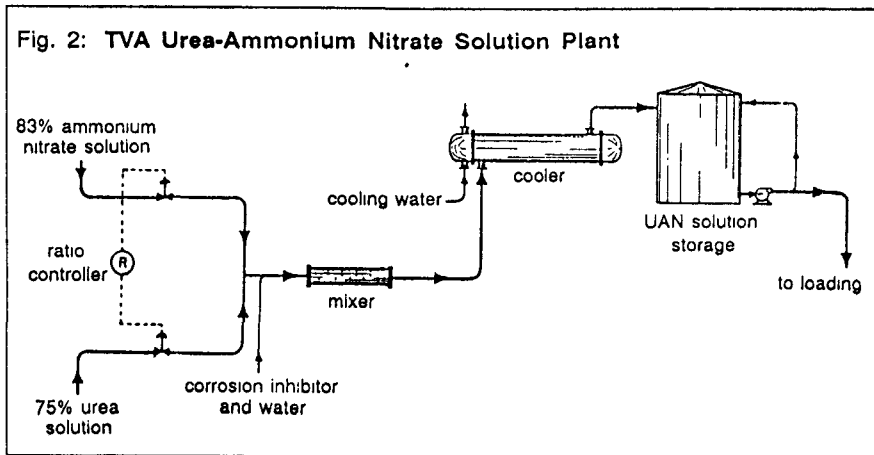
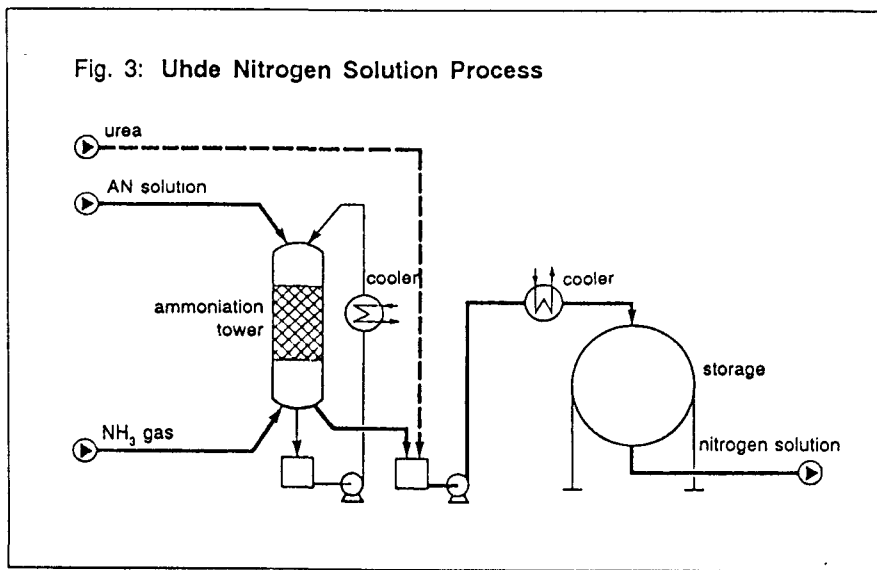


Table I 은 UAN溶液에 대한 3가지 標準肥種의 性質을 나타낸 것이다.

Fig. 2는 合成工場에서 대표적으로 생산되는 83% 窒酸암모늄과 75% 尿素溶液을 가지고 尿素-窒酸암모늄溶液을 연속적으로 생산하기 위한 TVA社가 설계한 工場의 工程圖이다. 콘트롤러로 混合比를 조정 한 일정한 비율의 原料는 물과 함께 스태틱 믹서(Static

mixer)-攪流를 줄이기 위하여 내부에 바플을 설치한 容器-를 통과한 다음 冷却장치로 송입된다.

溶液으로 된 尿素는 본질적으로 腐蝕性이 없지만 窒酸암모늄은 強酸과 弱鹽基로 된 鹽이므로 加水分解하여 酸性溶液을 형성한다. 마일드 스틸로 만든탱크에 저장할 수 있도록 하기 위하여 腐蝕抑制劑를 첨가할 필요가 있다. TVA社는 약 0.05%의 磷酸암모늄을 사용하는데 이것이 탱크내부의 表面위에 受動態의 磷酸鐵被膜을 형성하지만 통상적인 實際는 遊離암모니아를 첨가하기도 한다. 첨가제의 濃度를 약 0.5%로 하면 이 溶液을 中性인 PH범위 7-7.5로 유지할수가 있다. 그러나 窒素質肥料의 溶液은 때때로 암모니아濃度를 더 높게 유지한다. Fig.3 은 Uhde社의 窒酸質肥料溶液을 제조하는 工程인



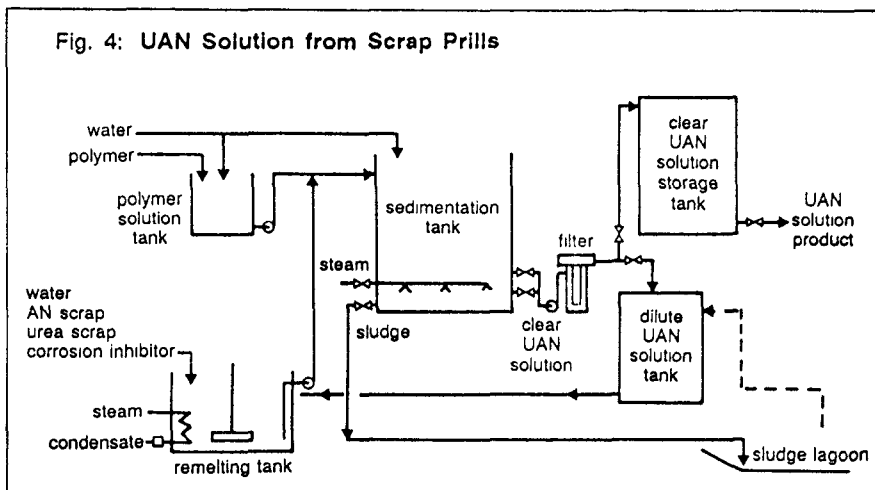
데 이 工程은 UAN이나 또는 尿素를 사용하지 않고 암모니아를 첨가한 窒酸암모늄溶液을 생산하는데 사용될 수 있다.

이 窒酸암모늄溶液은 充填塔(Packed tower)에서 암모니아를 첨가한 다음 冷却장치로 가기전에 尿素溶液과 混合하여 저장한다.

● 固體成分原料의 사용

UAN溶液은 대개 窒酸암모늄과 尿素가 제조되고 있는 현장에서 편리하게 생산할 수 있지만 固體原料나 가끔 汚染되어 生産工程으로 되돌려 보내질수 없는 等外品등의 不良品까지도 原料로 사용하여 제조할 수 있다. 不良製品을 原料로 사용하는데 있어서 가장 문제가 되는 것은 약 2%(Wt)정도로 들어있는 被覆劑로 사용했던 粘土이다. 이것은 溶液중에서 膠質性懸濁液을 형성하는데 점차 가라앉기는 하지만 이 工程은 특히 窒素質의 含量이 32%인 UAN溶液의 粘度때문에 苛性폴리머(Caustic Polymer)를 첨가하면 沈降效果를 크게 개선할 수 있다.

Fig. 4는 粘土懸濁液을 성공적으로 沈降시킨 60t/d規模의 批操作工場에 대한 工程圖이다. 窒酸암모늄이나 尿素의 不良品을 스팀코일로 가열할 수 있게 만든 파문친 “리멜팅탱크”내의 물과 再循環稀UAN溶液에 다시 녹여진다. 腐蝕抑制劑가 첨가된 후 이 溶液은 計量된 응집제와 함께 沈降槽로 送入된다. 沈降槽는 3-4회분의 批操作용액을 저장하여 하루밤동안 가라앉칠수 있는 충분한 容量으로 되어 있다. 淸淨溶液은 탱크의 上層部로 부터 회수한 다음 濾過하여 저장탱크로 送入된다. 沈降槽의 바닥에 있는 슬



라지는 같은 容積의 물로 洗滌되는데 沈降槽의 底部에 설치된 스팀스파저(Steam Sparger)로 攪拌 洗滌한 다음 放置하여 沈降시킨다. 결과적으로 窒素含量이 16%N인 UAN上澄溶液이 회수되는데 이것은 再溶解槽로 再循環하고 20%의 窒酸암모늄과 15%의 尿素 및 10%의 粘土로 구성된 殘餘슬러지는 除去하여 防水된 沈澱地로 送入된다. 이 슬러지중에서는 50%의 殘餘窒素成分을 함유하고 있으므로 최후로 窒素含量 16%N의 溶液을 더 회수할 수 있다. 결과적으로 전체적인 回收率은 약 95%이다.

약 20%N의 窒素成分을 함유하고 있는 尿素溶液도 地方消費市場에서 液體配合肥料를 생산하는데 사용한 小規模의 batch믹서(Batch mixer)型的 시설로 생산되었다. 여기서 중요한 문제는 尿素가 溶解될때 熱을 吸收하여 그것이 溶解된 만큼 더 冷却되므로 溶液을 加熱해주는 스팀코일이 부족하게 되는 문제이다. 이 문제는 모든 尿素가 溶解될때 溶液의 溫度를 유지해 주는데 필요한 溶解熱을 補償해 줄수 있는 암모니아첨가와 연계함으로서 해결되었다.

尿素는 尿素態窒素成分의 單位原價가 窒酸암모늄성窒素成分의 單位原價보다 저렴하다고 할때 UAN溶液중의 “窒素成分 높이는데”도 사용될수 있다. Fig. 1 에서 42%의 窒酸암모늄과 35%의 尿素(예를 들면 窒素成分의 약 51%는 尿素態窒素이다)를 함유한 32%N의 窒素質肥料溶液은 0.°C의 溫度에서 “鹽析”(Salt-Out)된다는 것을 보여주고 있다. 동일한 鹽析溫度에서 28%N의 UAN중에는 약 64%의 窒素成分이 尿素態窒素로 구성된다.

한편 尿素의 價格이 현저하게 비쌀 경우 窒酸암모늄含量을 증가시키면 地面에 施肥한 UAN溶液으로 부터 생기는 揮發損失이 크게 감소된다는 것을 나타냈다.

모든 土壤은 尿素를 炭酸암모늄으로 轉換해주는 우레아제(Urease)라고 하는 酵素(Enzyme)를 함유하고 있다. 이 炭酸암모늄은 不安定하여 쉽게 암모니아로 蒸發하여 損失된다. 만일 尿素를 地面 밑에 施肥한다면 증발된 암모니아의 약간은 최소한 土壤粒子에 吸收될 수 있지만 尿素를 地面에 施肥한다면 거의 모든 암모니아蒸氣는 空氣중에 分散하여 損失된다. 물에 잠겨있는 畝作土壤에서는 암모니아를 吸收하는 條件이 좋기

때문에 揮發問題가 없지만 UAN溶液이 통상적으로 사용되는 주변 조건에서는 상당한 損失이 있을 수 있다. 이 영향은 窒化作用의 損失로 인해서 악화되는데 土壤속에 들어 있는 암모니아가 溶出作用(Leaching)이나 또는 암모니아를 窒素元素로 逆轉換시키는 脫窒化박테리아(Denitrifying bacteria)의 작용에 의하여 쉽게 損失되는 細菌學的活性으로 인하여 窒酸鹽으로 轉換되기 때문이다. 窒素質肥料溶液에 대한 여러가지 窒化作用抑制劑가 商業적으로 市販되고 있는데 이 抑制劑에는 DOW케미칼社의 Nserve[2-클로로-6-(트리클로로메틸)피리딘]와 다이딘(Didin)이라는 商品名으로 SKW표시가 되어 있는 다이시안다이아마이드(Dicyandiamide)등이 있다. 그러나 揮發에 의한 損失은 하나의 알려진 UAN溶液의 短點으로서 우레아제의 活性을 억제하는 效果를 가지고 있는 어떤 물질을 첨가제로서 사용하도록 제안되어왔지만(예를 들면 페닐포스포로 다이아미데이트와 치오유레아) 아직까지 市販되고 있는 것은 없다.

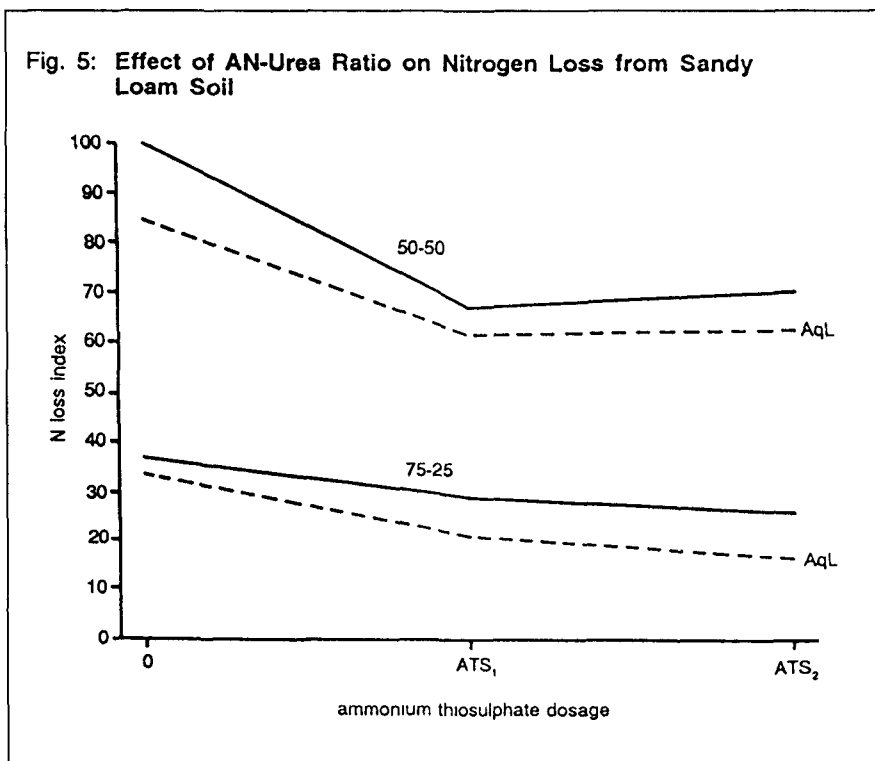
Table II는 5種의 土壤에 대하여 尿素와 窒酸암모늄의 10%溶液을 적용한 比率에 따라 揮發에 의한 損失率이 어떻게 변하는가를 나타낸 것이다.

그리고 우레아제의 抑制作用을 가지고 있는 것으로 알려진 첨가제로서 암모늄치오설페이트(ATS)는 이 용액에 연계(사용량은 특별히 정해져 있지않음)하였던 결과 그 效果가 改善되었다는 것을 알았다. 이 溶液중에 함유된 窒酸암모늄의 절반을 公害防止工程으로 부터 회수한 窒酸암모늄液으로 만든 것을 사용한 實驗도 실시하였다. 이 液중에

Table II
Effect of AN-Urea Ratios on Soil Surface Losses
from Five Soil Types

Treatment		Ammonia-N volatilized after 10 days			
AN	Urea	% of total N applied		% of urea N applied	
		Range	Ave.	Range	Ave.
0	100	22.5-54.7	41.2	22.5-54.7	41.2
25	75	13.2-35.3	26.2	17.7-47.2	34.0
50	50	4.8-26.0	16.0	9.8-52.0	82.0
75	25	2.1-8.6	5.5	8.8-34.6	22.4

함유된 窒酸鹽은 窒酸암모늄이 약 90%이고 칼슘과 마그네슘의 窒酸鹽이 10%이인데 이들 不純物이 炭酸암모늄을 안정하게 하여 줌으로서 더 높은 揮發損失을 制御하여 준다. Fig. 5는 窒酸암모늄液(AqL)을 投入한 것과 投入하지 않고 조제한 두가지 比率 즉 50-50과 75-25의 UAN溶液을 沙質良土(Sandy loam soil)에 적용하였을때 窒素質의 損失에 미치는 ATS의 영향을 試驗한 結果를 나타낸 것이다.



75%의 AN-N(질산암모늄態 질소)와 25%의 U-N(尿素態窒素)로 UAN溶液을 생산하면 통상의 UAN溶液이 0°C에서 鹽析되는 것과 같은 溫度에서 鹽析이 일어남으로 總窒素含量은 24%로 감소되지 않으면 안된다. 窒素成分의 減少에 대한 經濟的利得은 窒酸암모늄의 附加費用과 追加輸送費를 比較하여 더 採擇된 溶液을 사용하는 문제에 주의깊게 均衡을 맞추어야 한다.

● 窒素基底懸濁液

窒素質肥料溶液은 窒素質單肥로서 직접 施用하는 것과 液體肥合肥料用 成分原料로도 사용된다. 위에서 설명한바와 같이 溶解度는 加里를 함유하고 있는 配合肥料, 특히 磷酸鹽과 混合物로 되어 있는 配合肥料와 관련하여 특별한 문제가 되고 있는데 좋은 成分組成의 肥料를 얻으려면 固體成分을 懸濁液형태로 유지하기 위하여 膠化用 粘土를 사용할 필요가 있다. 膠化用 粘土를 미리 섞어서 만든 磷酸鹽基底懸濁液이 이와같은 종류의 肥料를 만들기 위하여 가끔 사용되고 있는데 만일 窒素基底溶液이 여기에 부가된다면 粘土의 含量을 효과적인 수준까지 올려주기 위하여 粘土를 좀더 추가해줄 필요가 있다. 그러나 이것은 逆效果를 촉진해주는 경향이 있기때문에 UAN成分이 함유되어 있는데다가 건조한 追加粘土를 分散시켜 주기는 어려운 일이다.

이 문제를 극복하기 위하여 이미 잘 分散된 膠化粘土를 함유하고 있는 窒素基底懸濁液이 개발된바 있으므로 追加粘土에 의하지 않고 液體配合肥料에 연계할 수 있다.

예를 들면 TVA社는 3種類의 窒素基底懸濁液을 개발하였는데 이들중 2種類는 UAN을 基底로 하였다. 液體粘土(Attapulgit 점토를 50%의 尿素溶液이나 또는 물과 分散劑인 테트라소듐 파이로모스테이트에 分散시켜 만든)와 32-0-0의 UAN溶液을 단순히 混合하고 이 混合液을 터바인으로 駟動하는 高剪斷攪拌機로 攪拌하여 주면 TableⅢ에 나타난 내역과 같은 31-0-0基底 懸濁液이 얻어진다.

기후가 추운지역에서 저장하기가 더 좋은 특징을 가진 36-0-0의 UAN懸濁液은 88%의 窒酸암모늄과 87%의 尿素溶液을 120°C에서 混合한 다음 55°C로 冷却하고 어태폴지트점토(Attapulgit clay)를 첨가하여 제조하였다. 이 溶液에서 형성된 미세한 結晶은 粘土를 分散하기 위하여 슬러리를 좀더 攪拌할때 적당한 剪斷應力(Adequate shear)을 마련해 준다는 것을 알았다. 이 懸濁液은 최종적으로 저장하기 전에 스프레이식 蒸發冷却槽에서 冷却된다. 이 懸濁液의 내역은 Table Ⅲ에 나타났다.

Table III
Specification of TVA Nitrogen Base Suspensions

	31-0-0	36-0-0	29-0-0-4S
Total N, wt-%	31.0	36.0	29.0
Urea N, % of total N	51.5	72.7	88.0
Ammonium nitrate N, % of total N	48.5	27.3	
Ammonium sulphate N, % of total N			12.0
Clay content, wt-%	2.0	2.0	2.0
pH (10% UAN/UAS, 90% water)	8.3	7.0	
Relative density at 27°C	1.317	1.317	1.245
Salt-out temperature, °C	-2	<-20	<-20
Viscosity at 27°C, cP	200	500	500
Viscosity at 0°C, cP	250	1,400	1,400

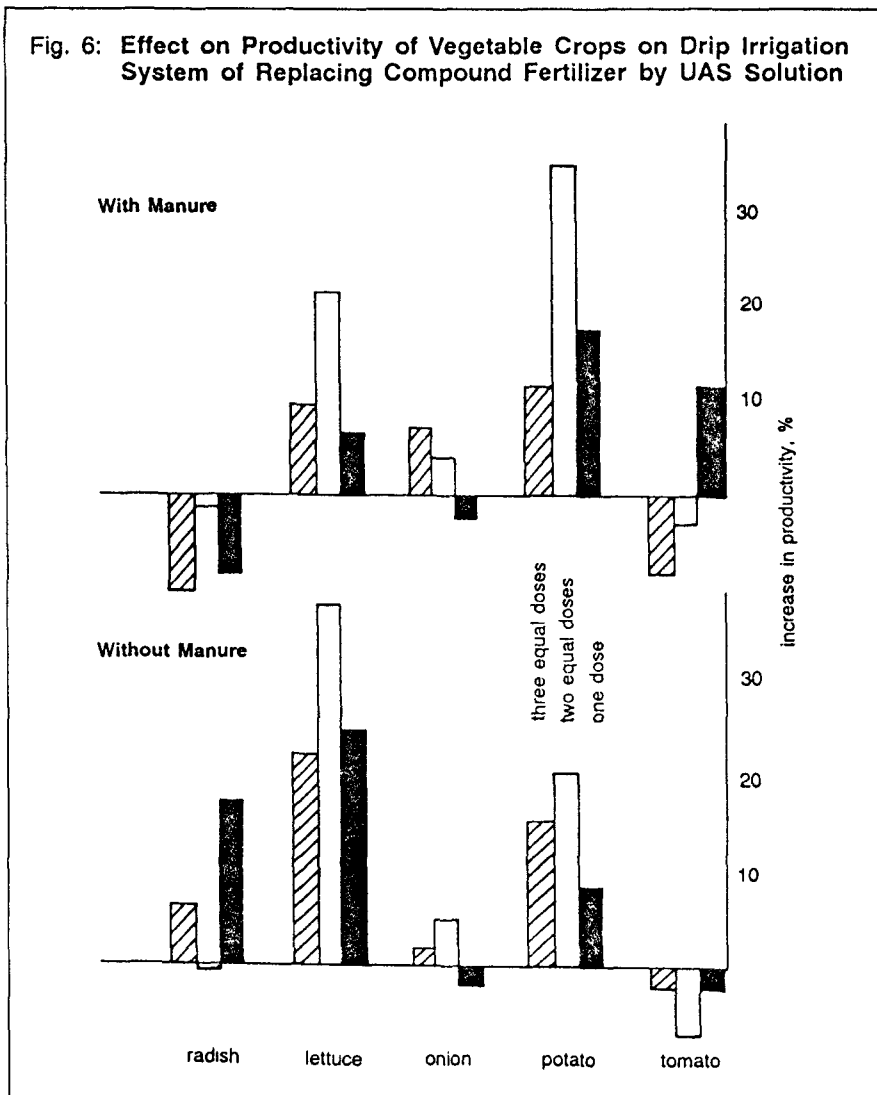
● 尿素-黃酸암모늄

TVA社의 세번째 窒素基底懸濁液은 75%의 尿素溶液과 黃酸 및 無水암모니아를 탱크형 反應槽의 內容物을 沸騰點(118°C)으로 유지하는데 충분하였다. 공저의 다른 부분들은 36-0-0의 UAN工程과 同一하였다. 이 현탁액의 내역은 Table III에 나타났다.

현재 黃成分의 缺乏현상은 美國을 비롯하여 世界의 여러나라에서 나타나고 있는데 근래의 高濃度肥料(Highanalysis fertilizers)는 黃成分을 함유하고 있지 않으므로 土壤이 供給하는 것만으로는 農作物이 吸收하는 量을 더 이상 充當할 수 없기때문이다. 黃成分을 公供給하기 위한 여러가지 肥料製品이 市長에 나왔는데 적절한 技術開發로 당 연히 該型 製成으로 만든 黃酸암모늄과 該型 磷酸鹽製品에 소량의 副組成物(Minority constituent)로 들어 있는 黃酸암모늄의 관심이 다소 不活하게 되었다. 黃酸암모늄은 高濃度の 淸淨溶液을 生産할만큼 충분히 容해되지 않지만 懸濁濁液의 基礎 技術을 開發함으로써 黃酸암모늄을 高濃度の 液體肥料로 만들어 사용할 수 있는 方法이 열린것이다.

물론 肥料를 灌溉水로 稀釋하여 사용하게 되는 곳에서는 溶液의 濃度는 그다지 重要

한것은 아니다. 數年前 쿠웨이트의 페트로 케미칼 인더스트리社는 黃酸암모늄-尿素混合物의 溶解度에 관한 研究를 하였는데 濃度와 結晶의 折出點(4°C)간의 折衷物로서 22% N와 5Wt%S를 함유하는 조성의 溶液이 灌溉시스템을 통한 施肥用으로 선정되었다. 이 선정된 溶液은 토마토, 무, 양상추, 감자 및 양파등의 각종 채소밭(畜糞肥料를 投入한 밭과 投入하지 않은 밭)에 적용되었다. 比較試驗作物에는 同量의 窒素成分을 함유하고 있는 12-12-17-2의 복합비료를 사용하였는데 그 결과는 Fig. 6에 나타냈다. 世界的인



基準으로 볼때 窒素質液體肥料의 消費量은 總窒素質肥料의 消費量에 비하여 상대적으로 작은 비율을 차지하고 있다. 그러나 窒素質液體肥料은 이미 점유하고 있는 市場이 계속해서 확장될수 있기 때문에 많은 관심을 끄는 특징을 가지고 있다. 灌溉水를 통한 窒素質液體肥料의 적용도 결국 광범하게 채택될수 있을 것이다.