

黄酸암모니아 및 尿素의 施用이 水稻의
生育과 養分 吸收에 미치는 影響

李 哲 遠 · 李 殷 雄*

**Growth and Nutrients Uptake as Affected
by Ammonium sulfate and Urea
in the Paddy Rice**

Lee, Chul Won · Eun Woong Lee*

ABSTRACT

Urea and ammonium sulfate without and with sulfur group, respectively, were compared with respect to their nutritive effects on the rice plants, Suweon 264 and Jinheung, under the nursery trial on the protected upland and lowland seedbed, the pot trials with their various combination ratios and with added sodium sulfate to urea and the trials on the paddy fields which have undergone urea and ammonium sulfate application for many years.

The rice seedlings fertilized with ammonium sulfate surpassed those with urea in growth performance and nutrients absorption of the rice seedlings at nursery period. Such stimulating effect of ammonium sulfate on the growth and nutrients uptake was more remarkable under the upland nursery than under the lowland one.

The pot trial with the various combination ratios of urea and ammonium sulfate revealed that the chlorophyll content in leaf blade increased with the increment of sulfate ratio in the combination and the sole application of urea caused the chlorosis of leaf which was more conspicuous in Suweon 264 than in Jinheung. Fertilized with the same active ingredient amount of nitrogen, the rice plants supplied with ammonium sulfate surpassed those with urea in the chlorophyll content consistently under the nursery, the pot and the paddy field trials. The photosynthesis of flag leaf at heading stage increased with the combination rate of ammonium sulfate in the pot trial. The sulfur applied as supplementary element of nitrogen in the nursery, the pot and the field trials were observed to be in positive relationship to the nitrogen and potassium content, but to be in negative correlation to the calcium content. The sulfur content in the rice plants was higher at early growth stage and decreased with the advance in growth stage. The nitrogen content also showed a similar tendency to the sulfur content, and the N/S ratio was higher at early growth stage than at later one. The N/S ratio was negatively correlated with the chlorophyll content.

In the field experiment, ammonium sulfate surpassed urea in the number of productive tiller, dry matter production and unhulled rice yields, but much stimulating effect of ammonium sulfate on the grain production was shown to be less effective than that on the straw production. The nitrogen and major nutrients content in the rice straw at harvest were higher in the paddy field with long-term ammonium sulfate application than

*서울대학교 農科大學

*Department of Agronomy, Seoul National University, Suweon 170, Korea.

in that with long-term urea application, suggesting that the former might have greater potentiality in nutrients supply than the latter.

緒 言

窒素質 肥料는 水稻栽培에서 生育 및 收量을 支配하는 가장 重要한 要素이며 窒素肥種으로는 黃酸암모니아, 尿素, 石灰窒素, 窒酸암모니아 등 여러가지 形態의 것이 利用되어 왔는데 우리 나라에서 金肥로서의 窒素質 肥料는 黃酸암모니아(硫安)가 1950年 頃까지는 그 大部分을 차지하였으며 그 후 數年間은 窒酸암모니아(硝安)가 導入되어 供給되었다. 그리고 1961年 忠州 肥料 工場을 비롯하여 여러개의 尿素 工場이 設立되면서 窒素質 肥料의 供給은 尿素가 大部分을 차지하게 되었다. 또한 黃酸암모니아의 連用은 土壤의 酸性化 및 秋落畚에서의 黃化水素發生으로 인한 根腐現象의 誘인이 된다는 理由로 이의 施用을 避하게 되었다. 따라서 우리 나라에서의 施肥 패턴은 암모니아態에서 尿素態로 바뀌게 되어 黃酸암모니아의 施用에 따른 副成分으로서의 黃의 供給은 거의 없는 狀態로 20餘年이 경과되었다.

黃은 植物生理上 三要素와 더불어 多量元素로 알려져 있고 窒素와 함께 蛋白質의 合成에 關하여 相補的 關係에 있으며 養分吸收面에서 有利하게 作用하는 것으로 알려져 있다. 이러한 觀點에서 黃酸암모니아의 副成分으로 供給되는 黃에 對하여 觀心을 갖게 되었다.

本 研究는 水稻의 窒素源으로 供給되는 黃酸암모니아와 尿素를 對比하고 副成分으로 供給되는 黃이 水稻의 生育과 生理的 反應에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 實施한 바 몇가지 結果를 얻었기에 報告하고자 한다.

I. 研究 史

水稻에 供給되는 窒素質 肥料는 주로 尿素와 黃酸암모니아로 이의 比較 研究는 比較的 많다.^{10, 34, 44, 52, 53, 56)} 그러나 黃酸암모니아의 副成分으로 供給되는 黃의 營養적 要素로서 檢討된 成績은 별로 없는 실정이다.⁵⁷⁾ 더우기 含硫酸根肥料의 施用은 秋落과 관련지어 H₂S 發生으로 인한 水稻의 根腐現象이 報告⁶⁸⁾ 되면서 水稻栽培에서 하나의 타부가 되었다고 하였다.⁵⁷⁾ 趙¹¹⁾ · 洪³²⁾ · 朴⁵⁸⁾ 등은 H₂S의 理論的 分析과 實測

을 통하여 韓國 畚土壤에서 H₂S의 有害한 수준까지의 集積 可能性은 희박하다고 하였으며 Ponnampetuma⁵⁹⁾도 湛水 狀態下에서 土壤의 pH가 6.7~7.2 부근으로 상승하면 SO₄⁼의 H₂S化는 경미하다고 하였으며 水稻 根이 내는 酸素에 의하여 혐기적 토양조건에서 환원된 S⁼를 SO₄⁼로 산화시켜 버가 利用한다고 하였는데 이와 관련하여 Joshi 등³⁹⁾은 水稻 品種의 H₂S 抵抗力 정도를 根에 의한 根圈土壤의 酸化 정도로 表示하였다.

吳⁵¹⁾ 등은 老朽化畚에서도 含硫酸根肥料 施用에 의하여 水稻 收量을 增大시켰다고 하였고 孟⁴⁴⁾ 등도 黃酸암모니아와 尿素 施用에 의한 水稻의 生育 및 收量을 檢討한 결과 黃酸암모니아 施用區에서 增大된다고 하였으며 이러한 原因은 窒素의 土壤中 流失에서 尿素가 硫安보다도 窒素의 溶脫이 크므로 水稻의 初期生育을 減少시키기 때문이라고 하였다. 吳⁵²⁾ 등에 의하면 토양 pH와 Ammonia 揮散과는 밀접한 關係가 있어서 pH가 높을 수록 Ammonia 揮散이 增加하는데 黃酸암모니아 施用은 pH가 보통 7.3에 이르고 尿素 施用은 그보다 높아져서 Ammonia 揮散에 의한 窒素의 損失이 크다고 하였다.

窒素의 吸收 特性에 對하여 朴⁵⁶⁾ 등은 NH₄ > Urea > NO₃의 順으로 NO₃의 吸收 速度가 가장 느리다고 하였으며 窒素 肥種別 窒素 吸收는 生育初期에는 尿素와 黃酸암모니아 施用에 따른 差異는 없으나 出穗期 以後에는 黃酸암모니아 施用區가 窒素 吸收量이 많다고 하는 報告가 있고⁴⁴⁾ 低位 生産畚에서도 토양의 完충능력을 증대시키면 黃酸암모니아의 施用이 尿素보다 效果가 크다고 하였다.⁵³⁾

黃酸암모니아와 尿素의 根本的인 差異는 黃의 含有 여부인데 朴⁵⁷⁾ 등은 水稻作의 窒素源으로 尿素가 대부분이며 磷酸 및 칼리로 施用되는 肥料도 無含黃肥料인 關係로 黃이 水稻 栽培의 制限因子로 될 可能性이 있음을 시사하였다. 水稻栽培地帶에서 黃이 制限要素로 報告된 지역은 Burma,¹⁾ Indonesia,^{7, 8, 9, 36, 45)} Brazil의 Amazon江 流域⁸¹⁾ 등이며 日本에서도 大塚⁵⁰⁾가 黃의 결핍 토양을 報告하였다. 水稻作에서 黃의 부족이 점점 늘어간다는 것이 최근의 傾向이고,^{66, 84)} 이러한 原因에 對하여 Ensminger²⁰⁾ 등은 含黃肥料의 施用量 減少로, Wang⁸²⁾ 등은 三要素와 더불어 黃의 要求도가 큰 多收穫 벼 品種의 育成에 따라 상

대적으로 토양의 황 함량이 제한되기 때문이라고 하였다. Tisdale 등⁷⁵⁾은 地球表面에서 平均 黃의 含量이 600ppm으로 비교적 풍부한 要素이나 토양 中の 有機物 含量에 따라 다르고⁴⁶⁾ 온대지역에서는 50~400 ppm의 分布를 나타낸다.⁶⁹⁾ 우리 나라에서 李동⁴²⁾이 調査한 바로는 山間 및 平野地帶의 畝에서 50 ppm 미만의 토양이 각각 72%, 44%이고 平均의 으로는 山間地帶 58 ppm, 平野地帶 74 ppm, 海안 지대 187 ppm, 都市近郊 156ppm이라고 하였으며 山間 및 平野地帶의 밭에서는 50ppm 미만의 토양이 각각 82%, 89%라고 하였다. 植物은 토양에서 주로 黃의 供給을 받는데 공기 中の SO₂도 利用 可能한 것으로 알려져 있으나^{24, 47, 76, 77)} 공기 中の 平均 SO₂ 농도는 作物이 利用하기에는 그 량이 미미하다.⁴⁷⁾ 또한 灌溉水에서도 黃의 供給이 可能하지만 그 량은 지역에 따라 다르다.⁸⁴⁾

植物體에서 黃의 吸收 利用은 作物에 따라 다르지만 상당한 량을 吸收하는 것으로 알려져 있으며²⁹⁾ Howard 등³³⁾은 植物의 黃의 含量은 磷의 含量보다 많거나 같다고 하여 따라서 作物에 의한 黃의 수탈은 年間 8~43kg/ha에 이른다고 하였다.

黃의 植物體에서의 移動을 P나 Ca와 비교한 報告²⁾에 의하면 黃의 移動性은 他無機營養要素에 비해 커서 일단 吸收된 黃은 대부분 어린 잎에서 發見되고 곧 대사작용에 이른다고 하였고 또 다른 報告^{6, 46, 48)}들은 SO₄의 移動은 上向의이며 高等植物에서 黃의 下部 移動은 매우 稀박하다고 하였고, Hendrix³¹⁾는 pH에 따라서 黃의 吸收가 달라진다고 하며 荳科植物에서는 pH 6.5에서 가장 크다고 하였다.

植物體에서 黃은 에너지 저장 要素로서³⁷⁾ 窒素와 더불어 蛋白質의 合成에 관여하여 含黃아미노산인 메티오닌, 시스틴, 시스타인의 構成成分이고^{15, 16, 28, 33, 71, 78)} 바이타민(biotin, thiamine)의 形成과 Coenzyme A를 生成하는 많은 酵素에 관여하는 sulfhydryl group에서 發見되고 있다.^{14, 33)} Robins 등^{64, 65)} Bandurski⁴⁾에 의하면 植物體에 吸收된 SO₄는 ATP와 결합하여 Adenosine-5'-phosphosulfate(APS)를 生成하고 生成된 APS는 여러가지 含黃아미노산을 形成한다고 하였다.

植物體에서 窒素와 黃의 關係는 매우 밀접한 관계가 있음은 여러 연구자들이 報告하였다.^{12, 13, 19, 21, 22, 25, 26, 38, 40, 60, 61, 71, 74)} 黃이 결핍된 作物에서는 아마이드態나 窒酸態 窒素가 축적하게 된다고 하며 Stewart 등⁷¹⁾은 밀, 옥수수, 두류에서 黃의 供給이 없으면 窒素를

추가하더라도 收量이나 蛋白質의 含量은 증가하지 않는 반면 non-protein인 窒酸態 및 아마이드態 窒素가 增加한다고 報告하였으며 이러한 결과는 Rendig⁶²⁾ 등이 옥수수에서, Freney 등²⁷⁾이 밀에서, Eppendorfer²¹⁾은 보리에서 Westermann⁸³⁾은 알팔파에서도 同一한 것으로 報告하였다. Daigger¹²⁾ 등은 단옥수수에서 窒素의 增施는 黃의 吸收를 增加시킨다고 하고 最大 收量을 올리는 데 必要한 窒素의 량은 黃을 施用하지 않았을 때는 225kg/ha, 黃을 66kg/ha 施用하였을 때는 135kg/ha이 된다고 報告하였다.

또한 Ergle 등^{22, 23)}은 黃의 결핍과 窒素의 결핍은 그 差異를 區分하기가 어렵다고 하였으며 특히 黃 결핍의 목화는 정상에 비하여 葉綠素의 含量이 40%나 감소하였다고 하였고 Eaton 등^{18, 19)}은 黃의 결핍은 植物體內에 可溶性 窒素가 축적되고 葉의 黃化에 이어 Antocyanin 色素가 增大됨을 報告하였다. Hall 등³⁰⁾은 옥수수의 葉에서 각종 無機成分이 결핍된 현상을 전자현미경下에서 관찰한 바 黃의 결핍은 엽중에서 Stroma lamella가 減少되고 수많은 Osmiophilic 덩어리가 發見되었다고 하였다.

한편 窒素/黃 比는 植物體에서 窒素와 黃의 反應 및 정도를 결정하는 지표로 이용되어 왔는데^{12, 15, 28)} 黃의 결핍 작물은 窒素/黃 比가 높아지며 반대로 窒素/黃 比가 낮아지면 無機態로 된 黃의 含量이 많아진다고 한다.^{61, 70)}

水稻에 대한 黃의 效果는 生育初期에 유효하고 生育初期의 黃의 부족은 分蘖莖의 현저한 減少를 초래한다고 하며^{7, 66)}鈴木⁷²⁾은 分蘖期의 黃이 결핍된 벼는 정상적인 벼에 비하여 草長, 葉身은 작아지고 뿌리의 량이나 수가 증대되며 T/R 比가 낮아진다고 報告하였다. 稻體 內의 黃의 含量은 移秧期에 최고에 달하고³⁵⁾ 生育이 경과됨에 따라서 감소된다고 하였다.^{57, 80)}

水稻에서의 黃에 대한 研究는 H₂S와 관련하여, 그리고 窒素肥種의 效果 試驗이 있을 뿐이고 黃의 供給에 따른 水稻의 生理的 反應과 體內 黃의 含量에 대한 研究는 희소하다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 水稻 水原 264號와 振興을 供試 品種으로 하여 서울大學校 農科大學 實驗農場에서 遂行하였으며 試驗內容은 (1) 窒素 肥種이 다른 黃酸암모니아와 尿素를 施用하여 苗垡에서의 苗의 生育 및 養分

吸收를 살펴보는 한편 (2) 황산암모니아와 요소의施用比率를 달리하고 또한 요소에 황산나트륨을添加한 콧트試驗과 (3) 황산암모니아와 요소를 長期間 連用해은 논에서 水稻의 生理的 反應과 乾物生産, 收量形質 및 收量性を 檢討하였으며 그 處理內容은 다음과 같다.

1. 황산암모니아와 요소의 施用에 따른 苗의 生育 및 養分 吸收에 關한 試驗은 1982年에 保溫折衷못자리와 保溫밭못자리에서 수행하였으며 處理內容은 다음 표와 같다.

Type of nursery	N- Fert.	Amount of fertilizers per 3.3m ² (g)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(S)
Lowland seedbed ¹⁾	AS	60	50	50	70
	UR	60			-
Upland seedbed ²⁾	AS	60	50	50	70
	UR	60			-

1) : Protected semi-irrigated seedbed

2) : Protected upland seedbed

AS : Ammonium sulfate

UR : Urea

(S) : Sulfur combined with AS

범씨는 3.3m²당 4.5dl를 播種하였으며 窒素는 基肥로서 50% 播種後 20日에 나머지 50%를 施用하였고 磷酸 및 칼리는 각각 옹과린과 염화칼리로 少量 基肥로 施用하였다.

試驗區 配置는 苗壟를 主區로 하여 品種을 細區로 하고 肥種을 細細區로 하는 細細區配置法 3反復으로 하였다.

試驗前 保溫折衷못자리와 保溫밭못자리의 토양의 化學的 特性은 다음 표와 같다.

試料 採取는 播種 3週後부터 1週日 간격으로 4回 實施하여 草長, 乾物重 및 葉綠素 含量을 測定하였고

Chemical properties of soil in the nursery experiment.

Type of seedbed	pH	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ⁺ (me/100g soil)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	O.M. (%)
Lowland seedbed ¹⁾	5.36	0.127	170.0	0.15	4.08	0.82	182	2.07
Upland seedbed ²⁾	5.88	0.102	244.6	0.17	3.24	0.58	52	1.64

1) Protected semi-irrigated seedbed

2) Protected upland seedbed

乾物 試料는 60 mesh 粉末로 하여 無機成分 分析에 使用하였으며 分析 方法은 다음과 같다.

葉綠素의 抽出 및 分析은 Arnon³⁾法에 의하였다.

全窒素는 乾燥 試料 0.5g을 salicylic acid를 加한 欝炭酸과 H₂O₂를 加하여 濕式分解시킨후⁶⁷⁾ 이 액을 100ml로 부피를 맞춘 다음 Sodium salicylate, sodium nitroprusside, sodium hypochlorite 등을 加하여 pH 12.8 ~ 13.0에서 Technicon Autoanalyzer III에 의하여 比色定量하였다.⁷³⁾

磷은 上記 100ml中の 溶液 1 ~ 2 ml를 取하여 比色法⁶³⁾으로 測定하였다.

K, Ca, Mg 은 역시 上記 100 ml 溶液을 희석하여 原子 吸光 分析機에 의하여 測定하였다.

黃은 H₂O₂와 HClO₄를 加하고 Chat set를 利用하여 濕式 分解시킨 후 BaCl₂(0.2 ~ 0.3 mm체를 통과) 1.8g를 加하여 比濁法⁶⁷⁾으로 測定하였다.

2. 황산암모니아 및 요소의 施用比率, 그리고 황산나트륨 添加에 따른 水稻의 生育 및 生理的 反應에 關한 試驗은 1982年에 1/5000a 콧트를 利用하여 土耕栽培로 하였으며 다음의 處理內容에 따라 完全 任意配置法의 要因試驗으로 遂行하였다.

窒素는 黃酸암모니아와 요소의 施用比率를 달리하여 同一한 量이 되게 하고 黃酸암모니아에 含有된 黃을 比例적으로 增加시킨 試驗과 尿素單用區, 尿素+黃酸나트륨區 및 黃酸암모니아 單用區로 한 試驗으

The treatment in the pot experiment

Application rate	Amount of fertilizer(g/pot)				Fertilizer	Amount of fertilizer(g/pot)			
	N	S*	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
AS : UR									
0 : 100	1	0	1	1	Urea	1	0	1	1
25 : 75	1	0.43	1	1	Urea + Na ₂ SO ₄	1	1.72**	1	1
50 : 50	1	0.86	1	1					
75 : 25	1	1.29	1	1	AS	1	1.72*	1	1
100 : 0	1	1.72	1	1					

UR : Urea AS : Ammonium sulfate

* : Sulfur combined with AS

** : Sulfur combined with sodium sulfate

로 하였으며 이때 황산나트륨의 량은 황을 기준으로 황산암모니아에 함유된 량과 동일하게 하였다.

施肥 방법은窒素는 基肥로 60%, 移秧後 15일에 25%, 40日後에 15%를 施用하였으며 磷酸 및 칼리는 각각 용과린과 염화칼리로서 전량 基肥로 施用하였다. 試驗에 使用한 모는 保温折衷못자리에서 45日된 苗로서 각 포트에 1本씩 移秧하였고 植物体 地下部の 温度를 一定하게 하기 위하여 灌水 狀態로 하였으며 灌溉水는 수도물을 利用하였다. 試驗에 使用된 土壤은 서울大學校 農科大學 實驗農場에 설치된 多年間의 無肥畝에서 채취하여 그늘에서 風乾한 다음 각 포트당 4kg 씩을 담았다. 이 때 토양의 化學的 特性은 다음 表와 같다.

pH	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ⁺ (me/100g soil)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼ O.M. (ppm)	O.M. (%)
5.5	0.13	59.1	0.15	3.20	0.57	75	2.07

調査內容은 出穗 前後에 각각 乾物重, 葉綠素 含量 및 無機成分을 分析하고 出穗 10日後에 止葉에 대하여 光合成 能力을 測定하였다. 葉綠素 및 無機成分 分析은 苗莖試驗과 同一하게 하였으며 光合成 測定은 葉을 0.125cm²의 크기로 잘라서 그 조각을 酸素電極 (Oxygen electrode & Meter, YSI, CO., Ohio, U. S.A.)을 利用하여 25°C의 温度와 300μEM⁻²sec⁻¹의 光度(tungsten lamp)下에서 光合成時 O₂ 放出量으로 測定하였으며 葉綠素의 含量을 구하여 光合成量을 계산하였다.

3. 1965년 이후 1982년 현재까지 18년간 황산암모니아와 尿素를 각각 連用해온 논에서 品種別로 肥種을 單要因 處理로 하는 完全任意配置法에 의하여 水稻의 生理的 反應과 收量에 대한 試驗을 1980년부터 1982년까지 3個年間に 걸쳐 수행하였으며 토양의 化學的 特性은 다음과 같다.

Experimental plot	pH	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ⁺ (me/100g soil)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼ O.M. (ppm)	O.M. (%)
Paddy on the long-term AS appl.	5.50	0.13	202	0.07	1.94	0.33	105	1.9
Paddy on the long-term UR appl.	5.52	0.12	154	0.12	2.20	0.37	102	1.9

栽培方法은 每年 4月 20日에 保温折衷못자리에 播種하고 6月 1日 30×15cm의 栽植距離로 移秧하였다. 施肥 方法은 窒素는 黃酸암모니아區 및 尿素區에 각각 成分量으로 10a당 15kg씩을 基肥로 50%, 移秧後 15일에 30%, 出穗前 25일에 20% 施用하였고 칼리는 成分量으로 10a당 10kg씩 窒素의 分施比率와 同一하게 하였으며 磷酸은 成分量으로 10a당 10kg씩을 全量 基肥로 施用하였고 기타 栽培管理는 標準耕種法에 準하였고 調査內容은 試驗 1, 2와 같다.

III. 試驗結果 및 考察

試驗 I. 黃酸암모니아와 尿素의 施用에 따른 水稻 苗의 生育 및 養分吸收

1. 生育 狀況

苗의 草長 및 乾物重을 時期別로 調査한 結果는 表 1과 같다. 草長은 苗莖間, 肥種間 모두 有意한 差異를 보여 苗莖에 따라서는 保温折衷못자리의 苗가 保温밭못자리의 苗보다 더 크며 黃酸암모니아의 施用區가 尿素 施用區보다 더 컸다. 播種 3週後에 있어서는 苗莖와 品種間, 苗莖와 肥種間에 相互作用이 認定되어 振興은 保温밭못자리에서 保温折衷못자리보다도 현저하게 작아지며, 黃酸암모니아의 施用은 保温밭못자리에서 尿素 施用보다 더 컸다. 播種 4週後에는 苗莖에 따른 肥種의 反應이 相異하여 保温折衷못자리에서는 肥種間 큰 차이가 없었으나 保温밭못자리에서는 黃酸암모니아 施用區의 苗가 현저하게 큰 것으로 나타났다.

苗의 乾物重을 보면 草長과는 달리 生育期間에 關係없이 苗莖間에는 有意한 差異를 보이지 않았으나 品種間, 肥種間에는 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다 크며 黃酸암모니아 施用區의 苗가 尿素 施用區의 苗보다 컸으며 移秧 당시의 苗인 播種 6週後의 苗에 있어서는 苗莖와 品種間 相互作用이 認定되어 水原 264號는 保温밭못자리의 苗가 保温折衷못자리의 苗보다 작았으나 振興은 兩 苗莖間에 큰 差異를 보이지 않았다.

2. 葉綠素 含量

播種後 3, 4, 5, 6週에 測定한 葉綠素의 經時的 變化를 보면 表 2와 같다. 全 生育期間中 苗莖의 種類에 따른 差異는 없었으나 品種에 따라서는 振興이 水原 264號보다 높았고 肥種別로 보면 播種 4週後까지

Table 1. Changes in the plant height and dry matter weight of the rice seedlings grown under the different seedbeds and nitrogen fertilizers(Refer to appendix 1)

Seedbed	Cultivar	N-Fert.	Plant height(cm)				Dry matter wt.(g/100seedlings)			
			Weeks after seeding							
			3	4	5	6	3	4	5	6
Lowland ¹⁾ seedbed	Suweon264	AS	13.3	17.2	18.1	21.9	2.28	4.26	7.70	11.39
		UR	13.1	17.8	18.8	22.2	2.11	4.16	6.93	10.69
		Mean	13.2	17.5	18.5	22.1	2.20	4.22	7.32	11.04
	Jinheung	AS	21.3	28.4	32.1	37.3	3.17	6.54	11.00	13.41
		UR	21.1	27.2	29.8	36.7	2.43	4.56	9.21	12.86
		Mean	21.2	27.8	31.0	37.0	2.80	5.55	10.08	13.13
Mean		17.2	22.7	24.7	29.5	2.50	4.88	8.70	12.09	
Upland ²⁾ seedbed	Suweon264	AS	13.4	16.5	17.3	18.0	2.16	4.21	7.86	10.17
		UR	12.4	14.2	15.2	16.7	2.14	3.98	7.42	9.38
		Mean	12.9	15.4	16.3	17.8	2.15	4.10	7.64	9.77
	Jinheung	AS	19.7	27.4	29.5	33.7	2.77	5.77	9.88	13.35
		UR	17.6	25.5	28.2	32.2	2.75	5.62	9.55	14.03
		Mean	18.6	26.5	28.9	33.0	2.76	5.70	9.72	13.69
Mean		15.8	20.9	22.6	25.2	2.46	4.90	8.68	11.73	

LSD at 5% between

Seedbed	0.75	1.32	1.22	1.62	NS	NS	NS	NS
Cultivar	0.85	1.37	0.51	2.10	0.27	0.54	0.73	0.27
N-Fert.	0.63	0.76	0.52	0.91	0.23	0.48	0.47	NS
Cultivar within same seedbed	1.20	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.39
N-Fert. within same seedbed	0.88	1.08	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-Fert. within same cultivar	NS	NS	0.73	NS	NS	NS	NS	NS
N-Fert. within same seedbed and cultivar	NS	NS	1.03	NS	NS	0.97	NS	NS

1) Protected semi-irrigated seedbed AS : Ammonium sulfate

2) Protected upland seedbed UR : Urea

는 큰 差異가 없었으나 播種 5週後에는 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아 施用區가 尿素 施用區보다 높았으며 播種 6週後에도 同一한 傾向이었다. 播種 5週後에는 保溫折衷자리에서보다는 保溫밭자리에서 黃酸암모니아 施用區의 苗가 尿素 施用區의 苗보다 높아 苗莖에 따라 肥種에 대한 反應이 相異하였고 播種 6週後에는 苗莖와 肥種間에는 相互作用이 認定되지 않았으나 品種에 따라서는 肥種에 따른 反應이 相異하여 水原 264號는 黃酸암모니아의 施用이 尿素 施用보다 葉綠素 含量이 增大되었으나 振興은 그 差異가 크지 않았다.

일반적으로 논은 밭보다 黃의 含量이 많다고 하며⁴²⁾ 本 試驗이 수행된 토양의 黃의 含量은 논이 182ppm, 밭이 52ppm으로 현저한 差異를 나타냄으로써 밭 상태에서 黃酸암모니아의 效果가 컸을 것으로 생각된다. 우리 나라에서 논 토양의 黃 含量은 平野地帶를 기준

으로 평균 74ppm이며 밭 토양은 50ppm 미만이 89%를 차지하고 있으며 평균 25ppm으로서 比較的 낮다고 볼 수 있고⁴²⁾ 이와 比較하여 本 試驗 土壤의 黃의 含量은 논, 밭 모두 平均值보다 높다. 논, 밭에서 黃의 有效度는 다를 것으로 보이는데 밭 土壤은 항상 酸化狀態로 있는만큼 $SO_4^{=}$ 의 有效度는 湛水下의 논 토양과 比較하여 오히려 높을 可能性도 배제할 수 없다.⁴⁹⁾

3. 主要 無機成分의 含量

28日 苗와 42日 苗의 主要 無機成分의 含量을 分析한 결과는 表 3과 같다. 窒素의 含量은 28日 苗에 있어서는 品種間에는 差異가 없었으나 苗莖에 따라서는 有意한 差異를 보여 保溫밭자리의 苗가 保溫折衷자리의 苗보다 높았으며 肥種別로는 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높았다. 42日 苗에 있어서는

Table 2. Changes in chlorophyll content of the rice seedlings grown under the different seedbeds and N-fertilizers(Refer to appendix 2).

Unit : mg/g.f.w.

Seedbed	Cultivar	N-Fert.	Weeks after seeding				
			3	4	5	6	
Lowland seedbed	Suweon 264	AS	0.883	0.837	0.881	0.947	
		UR	0.880	0.856	0.906	0.925	
		Mean	0.882	0.847	0.894	0.936	
	Jinheung	AS	0.840	0.878	0.944	0.984	
		UR	0.846	0.882	0.947	0.972	
		Mean	0.843	0.880	0.946	0.978	
	Mean		0.862	0.863	0.920	0.957	
	Upland seedbed	Suweon 264	AS	0.868	0.782	0.875	0.965
			UR	0.825	0.759	0.748	0.809
Mean			0.847	0.770	0.812	0.887	
Jinheung		AS	0.828	0.826	0.874	0.949	
		UR	0.832	0.873	0.856	0.958	
		Mean	0.830	0.849	0.865	0.953	
Mean			0.838	0.810	0.838	0.920	
LSD 5% level between							
Seedbed				NS	NS	NS	NS
Cultivar			NS	0.039	0.035	0.041	
N-Fertilizer			NS	NS	0.018	0.035	
Cultivar within same seedbed			NS	NS	NS	NS	
N-Fert. within same seedbed			NS	NS	0.026	NS	
N-Fert. within same cultivar			NS	NS	0.026	0.050	
N-Fert. within same seedbed and cultivar			NS	NS	0.037	0.071	

Table 3. Effect of ammoniumsulfate and urea on the uptake of major nutrients of the rice seedlings grown under the different seedbeds(Refer to appendix 3).

Unit : % of D.W.

Seedbed	Cultivar	N-Fert.	28 - day old						42 - day old						
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
Lowland seedbed	Suweon 264	AS	4.17	0.50	3.78	0.113	0.174	0.63	3.27	0.58	3.46	0.143	0.183	0.62	
		UR	4.11	0.56	4.14	0.095	0.182	0.64	2.94	0.51	3.50	0.115	0.171	0.48	
		Mean	4.14	0.53	3.96	0.104	0.178	0.64	3.11	0.55	3.48	0.129	0.177	0.55	
	Jinheung	AS	4.28	0.52	4.06	0.120	0.155	0.74	3.72	0.58	4.07	0.139	0.209	0.78	
		UR	3.91	0.58	4.37	0.124	0.185	0.82	3.23	0.54	3.57	0.102	0.182	0.56	
		Mean	4.10	0.55	4.22	0.122	0.170	0.78	3.47	0.56	3.82	0.121	0.196	0.67	
	Mean		4.12	0.54	4.09	0.113	0.174	0.67	3.29	0.55	3.65	0.125	0.186	0.61	
	Upland seedbed	Suweon 264	AS	4.84	0.82	4.28	0.262	0.240	0.76	4.07	0.76	4.10	0.278	0.253	0.87
			UR	4.41	0.59	4.05	0.370	0.243	0.64	3.36	0.47	3.76	0.322	0.228	0.57
Mean			4.63	0.70	4.17	0.316	0.242	0.70	3.72	0.62	3.93	0.300	0.241	0.72	
Jinheung		AS	4.68	0.86	4.47	0.257	0.249	0.85	3.82	0.71	4.13	0.280	0.260	0.80	
		UR	4.41	0.60	4.25	0.339	0.248	0.69	3.37	0.55	3.94	0.274	0.267	0.75	
		Mean	4.55	0.73	4.36	0.298	0.249	0.77	3.60	0.63	4.04	0.277	0.264	0.78	
Mean			4.59	0.72	4.26	0.307	0.245	0.77	3.66	0.62	3.98	0.289	0.252	0.75	
LSD 5% between															

Seedbed	Cultivar	N-Fert.	28 - day old					42 - day old						
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Seedbed			0.33	0.07	NS	0.029	0.026	NS	NS	NS	NS	0.089	0.041	NS
Cultivar			NS	NS	NS	NS	NS	0.06	0.23	NS	0.15	NS	0.015	0.03
N-Fert.			0.09	0.04	NS	0.021	NS	NS	0.15	0.06	NS	NS	0.012	0.06
Cultivar within same seedbed			NS	NS	NS	0.013	NS	NS	0.33	NS	NS	NS	NS	0.04
N-Fert. within same seedbed			NS	0.06	0.22	0.029	NS	0.11	NS	0.09	NS	NS	NS	NS
N-Fert. within same cultivar			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-Fert. within same cultivar and seedbed			0.19	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.12

다른 反應이 相異하여 保溫折衷자리에서보다는 保溫밭자리에서 水原 264號의 窒素 含量이 振興보다 높았다.

燐의 含量은 28日 苗에 있어서 苗岱 및 肥種間에 有意한 差異를 보여 保溫折衷자리에서보다는 保溫苗岱間에는 有意한 差異를 보이지 않았으나 品種 및 肥種間에는 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다 높았으며 保溫밭자리의 苗가 保溫折衷자리 苗보다 더 높았다. 苗岱에 따라서는 品種의 肥種에 밭자리에서 높았으며 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높았다. 苗岱 및 肥種間에는 保溫折衷자리에서는 黃酸암모니아區가 尿素區보다 燐의 含量이 낮았으나 밭자리에서는 黃酸암모니아區가 높아 苗岱에 따른 肥種間에 相互作用이 인정되었다. 42日 苗에서는 苗岱 및 品種間에는 有意성이 認定되지 않았으나 肥種間에는 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區에서 높고, 保溫折衷자리에서보다는 保溫밭자리에서 黃酸암모니아區에 있어서 燐의 含量이 增大되었다.

칼리의 含量은 28日 苗에 있어서는 苗岱, 品種, 肥種間에 有意한 差異를 보이지 않았으나 保溫折衷자리에서는 尿素區가 높고 保溫밭자리에서는 黃酸암모니아區가 높아 苗岱와 肥種間에 相互作用이 認定되었다. 42日 苗에서는 苗岱 및 肥種間에는 有意한 差異를 보이지 않았으나 品種間에만 有意한 差를 보여 振興이 水原 264號보다 높았다.

칼슘의 含量은 28日 苗 및 42日 苗에서 苗岱間에 有意한 差異를 보여 保溫折衷자리의 苗보다 保溫밭자리의 苗가 칼슘 含量이 현저하게 높았으며 肥種에 따른 反應을 살펴보면 28日 苗에서는 黃酸암모니아區보다 尿素區가 有意하게 높고 保溫折衷자리에서는 肥種에 따른 차이가 크지 않았으나 保溫밭자리에 따라서는 黃酸암모니아 施用區의 苗가 尿素 施用區의 苗보다 높았으나 다만 칼슘의 含量은 尿素 施用

區가 더 높게 나타나 칼슘의 흡수는 窒素와 칼리의 含量이 增加되면 낮아지고^{2, 43)} SO₄⁼가 同伴 음이온 리에서는 黃酸암모니아區보다 尿素區에서 뚜렷하게 增大되어 苗岱에 따라 肥種의 反應하는 정도가 相異하였다.

마그네슘의 含量도 칼슘의 含量과 같이 28日 苗, 42日 苗 모두 保溫折衷자리에서보다는 保溫밭자리에서 더 높으나 28日 苗에서는 品種間, 肥種間 有意한 차이를 보이지 않았으며 42日 苗에서는 品種間, 肥種間 모두 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다 높고 黃酸암모니아區의 苗가 尿素區의 苗보다 높았다.

黃의 含量은 28日 苗에 있어서는 品種間에만 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다 높았으며 保溫折衷자리에서보다는 保溫밭자리에서 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높아 苗岱에 따른 肥種의 反應이 다르게 나타났고, 42日 苗에서는 品種間, 肥種間에 有意한 差異를 보여 이 時期에 있어서도 振興이 水原 264號보다 높고 黃酸암모니아區의 苗가 尿素區의 苗보다 黃의 含量이 뚜렷하게 높았다.

이상과 같이 無機成分의 含量은 대체로 苗岱에 따라서 保溫밭자리가 保溫折衷자리보다 높고 肥種으로 作用할 때 吸收量이 낮아진다는 事實⁴⁶⁾로 보아 黃酸암모니아의 副成分으로 施用된 SO₄⁼의 作用에 기인되는 것으로 생각된다.

못자리의 種類와 肥種에 따른 移秧 당시의 42日 苗에 대하여 主要 無機成分의 總量을 表示한 것은 그림 1 과 같다. 水原 264號는 保溫折衷자리에서는 振興에 비하여 현저하게 적으나 保溫밭자리에서 특히 黃酸암모니아 施用區의 苗는 振興보다도 오히려 높았다. 일반적으로 良苗는 전분 및 질소 含量이 높아 本畝 初期의 生育을 旺盛하게 하여 有效莖比率을 높이고 收量 增大에 有利하다고 할 수 있는데 本試

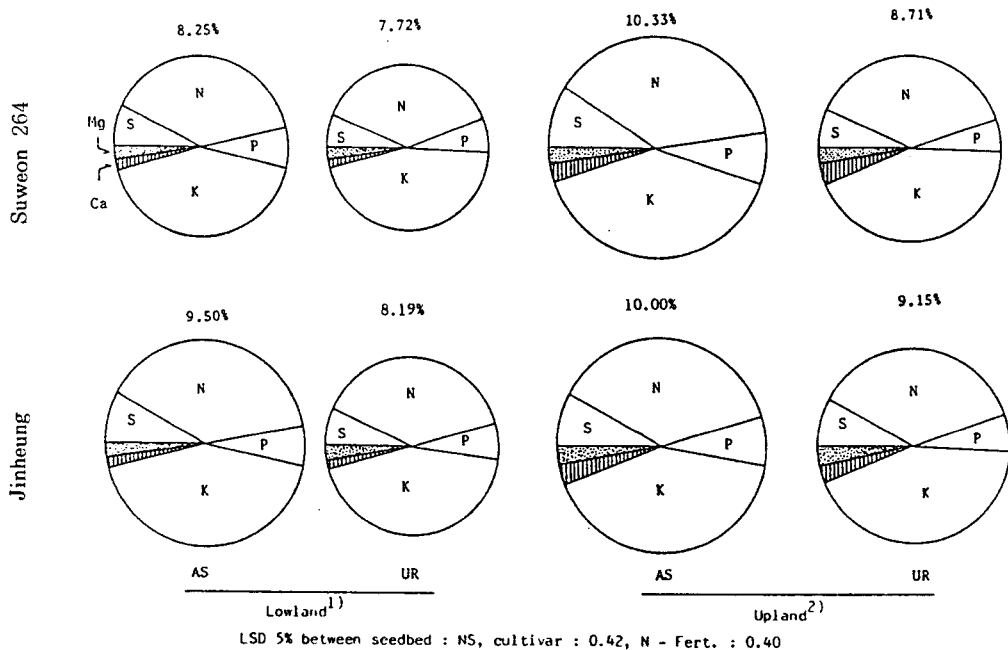


Fig. 1. Composition of the major nutrients of the 42-day old rice seedlings as affected by ammonium sulfate (AS) and urea (UR) under low and upland condition (Circular areas indicate the total nutrients content proportionally. 1) : Protected semi-irrigated seedbed 2) : Protected upland seedbed)

驗에 있어서 黃酸암모니아 施用區의 苗素質이 尿素區에 비하여 양호한 것은 黃酸암모니아가 苗의 無機成分 含量을 높히는데 有利하게 作用하였기 때문이라 생각된다.

4. 苗의 黃 含量과 主要 無機成分 含量과의 關係
 苗의 黃 含量과 主要 無機成分 含量과의 關係를 보면 表 4와 같다. 즉, 28日 苗에서 水原 264號는 칼슘을 제외한 窒素, 磷, 칼리, 마그네슘 含量과 有意

Table 4. Correlations between content of T-S and of other nutrients in the rice seedlings.

Elements of nutrients	Suweon 264		Jinheung	
	28-day old	42-day old	28-day old	42-day old
N	.683**	.892**	-.159NS	.682**
P	.559**	.909**	-.106NS	.279NS
K	.650**	.757**	.718**	.621**
Ca	.204NS	.454*	-.241NS	.510*
Mg	.448*	.753**	.134NS	.653**

*, ** means significance at 5%, 1% level respectively.

한 正의 相關이 인정되었는데 振興은 칼리의 含量만이 有意한 正의 相關이 認定되었다. 42日 苗에서도 水原 264號는 主要 無機成分들과 有意한 正의 相關이 認定되었고 振興도 磷을 제외하고 그 밖의 無機成分 含量과 有意한 正의 相關이 認定되었다. 따라서 黃의 存在는 苗의 無機成分 含量을 增加시키는 面에서 有利하게 作用하는 것으로 생각된다.

5. 窒素/黃 比率 및 窒素/黃 比率와 葉綠素 含量과의 關係

苗袋 및 肥種을 달리한 條件에서 苗의 時期別 窒素/黃 比率를 살펴본 결과는 表 5와 같다.

水稻 苗의 窒素/黃 比率는 28日 苗보다는 42日 苗에서 낮아지는 傾向을 보여 苗의 生育中期보다 生育後期가 黃의 含量이 相對的으로 높아졌다. 苗齡別로 보면 28日 苗에서는 苗袋의 種類 및 品種間에 有意한 差異를 보여 保温折衷못자리의 苗가 保温밭못자리의 苗보다, 振興이 水原 264號보다 窒素/黃 比率가 낮아졌다. 42日 苗에서는 品種間, 肥種間 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다, 그리고 黃酸암모니아區가 尿素區보다 낮았다.

Table 5. N/S ratio of the rice seedlings as affected by ammonium sulfate and urea in the different seedbeds (Refer to appendix 2).

Seedbed		Cultivar	N-Fert.	28-day old	42-day old
Lowland Seedbed	Suweon 264	AS		6.63	5.31
		UR		6.47	6.21
		Mean		6.55	5.76
	Jinheung	AS		5.82	4.78
		UR		4.87	5.79
		Mean		5.34	5.29
Mean			5.95	5.52	
Upland Seedbed	Suweon 264	AS		6.42	4.72
		UR		7.00	5.91
		Mean		6.71	5.31
	Jinheung	AS		5.63	4.76
		UR		6.45	4.51
		Mean		6.04	4.64
Mean			6.37	4.97	
LSD 5% between					
Seedbed			0.39	NS	
Cultivar			0.68	0.06	
N-Fert.			NS	0.73	
Cultivar within same seedbed			NS	0.09	
N-Fert. within same seedbed			NS	NS	
N-Fert. within same cultivar			NS	NS	
N-Fert. within same cultivar and seedbed			NS	NS	

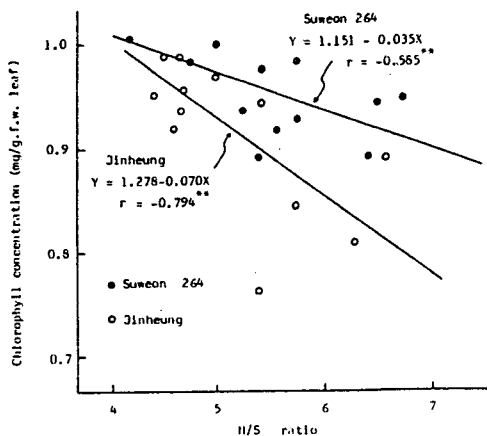


Fig. 2. Relationship between N/S ratio and chlorophyll content in the rice seedlings (42-day old).

黃은 植物体에서 窒素와 밀접한 관계에 있고^{12,13, 15,77)} 前述한 바와 같이 本 試驗에서도 窒素와 黃 含量 間에 높은 正의 相関이 인정되었다. 窒素/黃 比率은 窒素 및 黃의 關係 및 反應을 결정하는 지표로 이용되고 있고,^{12,15)} 窒素 및 黃은 葉綠素의 形成에 關여하는데 黃은 葉綠素의 構成成分은 아니지만³³⁾ 植物体에서 黃의 부족은 葉綠素 含量의 低下를 초래한다.²³⁾ 그림 2는 窒素/黃 比率과 葉綠素 含量과의 關係를 나타낸 것으로 兩 品種 모두 窒素/黃의 比率이 높아 질 수록 葉綠素의 含量은 낮아져서 黃의 存在는 窒素의 機能을 增大시키는 同時에 植物体の 葉綠素 含量을 增大시킨다는 既存의 報告^{16,17,19,23)}와 일치하였다.

試驗 II. 黃酸암모니아 및 尿素의 施用 比率, 그 리고 黃酸나트륨 添加時의 水稻의 生育 과 生理的 反應

1. 主要 收量 관련 形質과 收量

黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率을 달리한 試驗 結果는 表 6 과 같다.

稈長은 水原 264號와 振興 모두 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增大되는 경향을 보였는데 黃酸암모니아의 單用은 尿素 單用에 비하여 振興은 有意하게 增大하였으나 水原 264號는 有意한 보이지 않았다.

穗長에 있어서는 黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率에 따른 差異는 有意하지 않았으며 品種間에만 有意한 差異를 보였다.

穗數는 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아짐에 따라 兩 品種 모두 增大되었는데 黃酸암모니아 50% 區 이상의 수준에서 급격히 增加하였다.

蘗重은 兩 品種 모두 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增加하였는데 水原 264號는 黃酸암모니아 75% 區 이상에서, 振興은 50% 區 이상에서 有意하게 增加하였다.

正租 收量에 있어서는 處理間에 有意性이 認定되어 水原 264號는 黃酸암모니아 施用 比率이 75% 區 이상에서 有意하게 增加되었으나 振興은 尿素 單用 區에서만 減少하며 處理에 따른 品種間 反應이 相異하였다.

租藥比率에 있어서는 品種間, 處理間에 有意한 差異를 보이지 않았다.

또한 尿素區, 尿素에 黃酸나트륨 添加區(黃酸나트

Table 6. Effect of the application rate of ammonium sulfate(AS)and urea(UR) on agronomic characters and yields of the rice plants in the pot experiment.

Cultivar	Application rate AS : UR	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle	Straw weight (g/pot)	Yield (g/pot)	Grain/Straw
Suweon 264	0 : 100	13, Aug.	48.4	20.7	27.5	32.60	33.37	1.03
	25 : 75	14, Aug.	51.0	19.5	27.5	36.79	35.09	0.96
	50 : 50	14, Aug.	50.5	20.7	38.5	43.54	43.94	1.02
	75 : 25	14, Aug.	51.2	20.7	38.5	55.74	52.26	0.94
	100 : 0	15, Aug.	51.5	21.9	40.5	53.24	50.09	0.94
	Mean	14, Aug.	50.5	20.7	34.5	44.38	42.95	0.98
Jinheung	0 : 100	19, Aug.	70.2	16.9	28.0	40.18	36.48	0.91
	25 : 75	19, Aug.	67.5	16.7	31.5	46.45	47.18	1.03
	50 : 50	19, Aug.	71.5	16.9	36.0	51.96	46.37	0.90
	75 : 25	19, Aug.	73.0	16.5	36.0	54.63	49.21	0.90
	100 : 0	19, Aug.	74.5	16.2	42.0	56.60	49.62	0.88
	Mean	19, Aug.	71.3	16.6	34.0	44.96	45.77	0.92
LSD 5% between								
Cultivar		2.0	1.45	1.10	NS	3.46	1.92	NS
Appl. rate		NS	3.26	NS	4.14	5.47	3.03	NS
Cultivar × Appl. rate		NS	NS	NS	NS	NS	4.29	NS

Table 7. Effect of urea, urea + sodium sulfate and ammonium sulfate on agronomic characters and yields of the rice plants in the pot experiment.

Cultivar	Fert.	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle	Straw weight (g/pot)	Yield (g/pot)	Grain/Straw
Suweon 264	UR	13, Aug.	49.0	20.3	27.5	34.98	37.58	1.08
	UR+Na ₂ SO ₄	14, Aug.	48.3	20.9	23.0	31.30	31.60	1.01
	AS	14, Aug.	52.3	19.7	37.8	48.57	44.83	0.94
	Mean	14, Aug.	49.8	20.3	29.4	38.28	38.00	1.01
Jinheung	UR	19, Aug.	72.0	17.3	22.3	36.90	40.49	1.07
	UR+Na ₂ SO ₄	19, Aug.	70.5	15.9	23.5	38.25	38.42	1.04
	AS	19, Aug.	76.0	17.1	36.5	50.21	44.52	0.89
	Mean	19, Aug.	72.8	16.7	27.4	41.78	41.14	0.998
LSD 5% between								
Cultivar		2.1	2.73	0.68	NS	3.30	2.90	NS
Fert.		NS	3.35	NS	3.29	4.04	3.55	0.11
Cultivar × Fert.		NS	NS	1.17	NS	NS	NS	NS

트름 添加區로 함) 및 黃酸암모니아區의 試驗에서 주요 收量 관련 形質과 收量을 살펴보면 表 7 과 같다.

稈長은 兩 品種 모두 黃酸암모니아區에서 가장 컸으며 尿素區 및 黃酸나트륨 添加區 間에는 差異가 없었다.

穗長은 處理間 差異는 없었으나 處理에 따른 品種間 反應은 相異하여 振興은 黃酸나트륨 添加區에서 작아졌다.

穗數에 있어서는 兩 品種 모두 處理間에 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區에서 현저히 增加하였으며 尿素區 및 黃酸나트륨 添加區 間에는 차이를 보이지 않았다.

稈重 및 正租 收量에 있어서도 兩 品種 모두 黃酸암모니아區에서 有意하게 높았고 尿素區, 黃酸나트륨 添加區 順으로 낮아졌다.

租稈 比率에 있어서는 處理間에 有意한 差異를 보

여 兩品種 모두 황산암모니아區에서 가장 낮았고 황산나트륨 添加區, 尿素區 順으로 높아졌다.

2. 生育時期別 葉面積, 葉綠素 含量 및 乾物重

황산암모니아와 尿素的 施用 比率를 달리하였을때 水稻의 葉面積, 葉綠素 含量 및 乾物重을 調査 分析한 結果는 表 8 과 같다.

葉面積은 出穗前後期에 兩品種 모두 황산암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增大되었으며 특히 兩品種 모두 尿素 單用區에서는 현저히 減少하였다.

잎의 葉綠素 含量은 황산암모니아의 施用 比率이 높아질수록 兩品種 모두 出穗前後期에 增大되었는데 水原 264 號는 황산암모니아 50%區 이상에서, 振興은 25%區 이상에서 有意하게 增大되었다.

地上部 乾物重도 出穗 4週前에 있어서는 황산암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增加되었으며 葉身重도 有意한 增加를 보였으나 莖重(葉鞘 및 稈重)은 處理間 有意한 差異를 보이지 않았다. 그러나 出穗 2週後에 있어서는 葉身重과 莖重이 兩品種에서 황산암모니아의 施用 比率이 75%區 이상에서 有意하게 增大되었다.

또한 尿素區, 황산나트륨 添加區 및 황산암모니아 區의 處理에서 葉面積, 葉綠素 含量 및 乾物重을 調査 分析한 結果는 表 9 와 같다.

葉面積은 出穗前後期에 兩品種 모두 황산암모니아 區가 尿素區 및 황산나트륨 添加區에 비하여 有意하게 增大되었고, 葉綠素의 含量은 出穗前後期에 모두 處理에 따라 有意한 差異를 보였으며 品種別로 보면 水原 264 號는 出穗前後期에 황산암모니아 區 및 황산나트륨 添加區 間에는 有意한 差異를 보이지 않았으나 尿素區에서만 有意하게 낮아졌다. 그런데 振興은 出穗前後期에 모두 황산암모니아 區가 가장 높았고 다음이 황산나트륨 添加區이고 尿素區에서 가장 낮았다. 出穗前 乾物重에 있어서 葉身重은 兩品種 모두 황산암모니아 施用區에서 有意하게 增大되었으며 尿素區 및 황산나트륨 添加區 間에는 有意한 差異를 보이지 않았으며 莖重도 모든 處理에서 有意한 差異를 보이지 않았다. 出穗後의 葉身重도 出穗前과 같은 傾向이었으며 莖重은 有意한 差異를 보여 황산암모니아 區에서 유의하게 增大되었고 황산나트륨 添加區, 尿素區 順으로 낮아졌다.

本 試驗에 使用된 土壤의 黃의 含量은 75 ppm 으

Table 8. Effect of the application rate of ammonium sulfate and urea on the leaf area, chlorophyll content, and dry matter weight of the rice plants in the pot experiment.

Cultivar	Applica- tion rate	4 weeks before heading					2 weeks after heading				
		Leaf	Chlorop- hyll	Top	Leaf	LS + C	Leaf	Chlorop- hyll	Top	Leaf	LS + C
		area	Content	D.W.	D.W.	D.W.	area	Content	D.W.	D.W.	D.W.
AS : UR	cm ² /pot	mg/g.f.w.		g/pot		cm ² /pot	mg/g.f.w.		g/pot		
Suweon 264	0:100	2,667.7	0.783	20.70	8.53	12.17	2,232.6	0.550	37.06	5.40	31.66
	25: 75	3,153.7	0.812	22.44	10.67	11.77	2,381.7	0.625	45.94	9.41	36.53
	50: 50	3,484.9	0.967	23.58	11.63	11.95	2,762.1	0.696	46.94	10.50	36.44
	75: 25	3,739.5	0.987	26.62	12.35	14.27	3,560.9	0.750	59.91	14.17	45.74
	100: 0	4,000.5	1.006	26.44	12.63	14.70	3,140.4	0.753	58.07	13.77	44.30
	Mean	3,409.3	0.911	23.95	11.16	12.97	2,595.6	0.675	49.58	10.65	38.93
Jinheung	0:100	2,934.4	0.984	22.64	10.12	12.52	1,811.5	0.509	49.49	8.83	40.66
	25: 75	3,201.1	1.001	22.85	11.20	11.66	2,530.0	0.642	58.46	12.14	46.32
	50: 50	3,328.9	1.000	24.74	11.96	12.78	2,984.9	0.662	59.08	13.29	45.79
	75: 25	3,203.0	1.064	24.44	12.07	12.37	3,571.1	0.690	67.16	15.54	51.62
	100: 0	3,099.7	1.058	23.32	11.30	12.02	3,202.8	0.697	70.79	16.99	53.80
	Mean	3,153.4	1.003	23.60	11.33	12.27	2,820.1	0.640	59.99	13.36	47.63
LSD 5%	Cultivar (A)	NS	0.03	NS	NS	NS	NS	NS	5.71	1.06	3.08
	appl.rate (B)	382.8	0.05	NS	0.88	NS	373.7	0.08	9.03	1.08	4.87
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

LS: Leaf sheath C: Culm

Table 9. Effect of urea, urea + sodium sulfate, and ammonium sulfate on the leaf area, chlorophyll content, and dry matter weight of the rice plants at the different growth stages in the pot experiment.

Cultivar	Fert.	4 weeks before heading					2 weeks after heading				
		Leaf area	Chlorophyll content	Top D.W.	Leaf D.W.	LS+C D.W.	Leaf area	Chlorophyll content	Top D.W.	Leaf D.W.	LS+C D.W.
		cm ² /pot	mg/g.f.w.	g/pot			cm ² /pot	mg/g.f.w.	g/pot		
Suweon 264	UR	2,364.3	0.742	24.65	8.90	15.75	1,857.8	0.391	37.09	8.32	28.77
	UR+SO ₄ ²⁻	2,431.3	0.907	21.15	9.11	12.04	2,019.3	0.495	43.63	8.66	34.97
	AS	3,189.4	0.928	25.27	11.26	13.98	3,314.7	0.498	59.42	13.86	45.57
	Mean	2,661.7	0.859	23.69	9.76	13.92	2,397.3	0.461	46.71	10.28	36.44
Jinheung	UR	2,255.5	0.871	21.72	8.27	12.02	1,981.5	0.437	44.26	9.19	35.07
	UR+SO ₄ ²⁻	1,866.6	0.929	18.48	9.69	10.21	1,874.8	0.539	44.14	8.90	35.24
	AS	2,870.1	0.981	26.71	12.86	13.86	3,558.3	0.646	70.35	16.06	54.29
	Mean	2,330.7	0.927	22.30	10.27	12.03	2,471.5	0.541	52.91	11.38	41.53
LSD 5%	Cultivar (A)	NS	0.04	NS	NS	NS	NS	0.06	NS	NS	3.94
	Fert. (B)	340.2	0.05	NS	1.58	NS	324.8	0.07	7.82	1.66	4.82
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

SO₄²⁻: Sodium sulfate.

로 우리 나라의 평野地帶와 비슷한 수준이며⁴²⁾ 수도 물을 관개수로 사용하였기 때문에 SO₄²⁻의流入은 極히 적었을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 條件이라면 충분히 黃의 不足이 예견될 수 있는 것으로 판단되는데 黃酸암모니아 및 尿素의 施用 比率을 달리하거나 尿素에 黃化物을 添加함으로써 葉綠素의 含量 및 乾物重이 增大되고 尿素 單用區에서는 葉綠素의 含量이 뚜렷히 저하되었다. 이러한 結果로 作物의 葉綠素 含量은 窒素 및 黃의 含量에 영향을 받으므로 窒素 및 黃의 結晶은 심히 구분하기 어렵고^{22, 84)} 黃의

結晶은 植物體의 黃化와 더불어 Antocyanin 色素의 含量이 增大된다고 하며¹⁹⁾ 또한 黃이 結晶된 목화에서 葉綠素 含量은 正常에 비하여 40% 減少하였다는 報告²³⁾와 같은 경향이라 생각된다.

3. 主要 無機成分 含量

黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率을 달리한 試驗에 있어서 出穗 4週前과 出穗 2週後에 植物體를 分析한 結果는 表 10, 11과 같다.

窒素의 含量은 出穗 4週前에 葉, 莖, 根 모두에서

Table 10. Effect of the application rate of ammonium sulfate(AS) and urea(UR) on major nutrients of the rice plants at 4 weeks before heading in the pot experiment.

Cultivar	Application rate AS : UR	Unit : % of D.W.																	
		Leaf						Leaf sheath + culm						Root					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Suweon 264	0:100	3.28	0.24	3.27	0.44	0.16	0.61	1.50	0.25	3.84	0.09	0.15	0.35	1.39	0.18	1.13	0.11	1.10	0.42
	25: 75	3.41	0.24	3.74	0.43	0.16	0.73	1.57	0.26	4.03	0.11	0.15	0.42	1.25	0.18	0.75	0.10	0.10	0.37
	50: 50	4.37	0.26	3.87	0.39	0.18	0.87	2.55	0.29	5.11	0.11	0.16	0.50	1.66	0.18	0.84	0.13	0.11	0.46
	75: 25	4.19	0.25	3.98	0.37	0.18	0.88	2.30	0.25	4.82	0.10	0.15	0.54	1.79	0.18	0.99	0.14	0.10	0.49
	100: 0	4.31	0.25	3.82	0.37	0.25	0.89	2.21	0.25	4.77	0.10	0.17	0.59	1.85	0.20	1.22	0.11	0.08	0.45
Mean	3.91	0.25	3.74	0.40	0.19	0.80	2.03	0.26	4.51	0.10	0.16	0.48	1.59	0.18	0.99	0.12	0.10	0.44	
Jinheung	0:100	3.54	0.26	2.95	0.38	0.18	0.63	1.38	0.27	3.89	0.11	0.15	0.36	0.77	0.16	0.67	0.12	0.11	0.51
	25: 75	4.03	0.28	3.07	0.34	0.19	0.77	1.84	0.26	4.60	0.10	0.15	0.53	1.26	0.15	1.10	0.12	0.10	0.49
	50: 50	4.15	0.28	2.74	0.34	0.21	0.80	1.93	0.30	4.63	0.10	0.14	0.56	1.38	0.19	1.23	0.12	0.07	0.47
	75: 25	4.45	0.28	2.71	0.32	0.21	0.95	2.29	0.26	4.87	0.09	0.14	0.62	1.46	0.18	1.28	0.12	0.08	0.47
	100: 0	4.44	0.27	2.79	0.31	0.21	1.04	2.31	0.25	4.90	0.09	0.14	0.60	1.33	0.19	1.07	0.13	0.11	0.56
Mean	4.12	0.27	2.85	0.34	0.20	0.84	1.95	0.27	4.58	0.10	0.14	0.53	1.24	0.17	1.07	0.12	0.09	0.50	
LSD 5% between																			
Cultivar (A)		NS	0.01	0.27	0.02	0.01	0.01	NS	NS	NS	NS	0.01	0.02	0.14	NS	NS	NS	NS	0.04
Appl.rate(B)		0.31	NS	NS	0.03	0.02	0.02	0.23	NS	0.48	NS	NS	0.04	0.22	NS	NS	NS	NS	NS
A × B		NS	NS	NS	NS	0.02	0.03	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.23	NS	NS	NS

Table 11. Effect of the application rate of ammonium sulfate and urea on the nutrients content of the rice plants at 2 weeks after heading in the pot experiment.

Unit : % of D. W.

Cultivar	Application rate AS : UR	Leaf						Leaf sheath + culm					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Suweon 264	0:100	1.12	0.12	1.81	0.64	0.16	0.74	0.34	0.11	1.68	0.11	0.15	0.42
	25: 75	1.50	0.17	2.35	0.68	0.17	1.01	0.50	0.16	1.94	0.09	0.16	0.42
	50: 50	1.72	0.17	2.35	0.65	0.16	1.03	0.59	0.16	1.83	0.09	0.16	0.45
	75: 25	1.86	0.17	2.68	0.62	0.24	1.11	0.62	0.18	1.84	0.08	0.17	0.50
	100: 0	2.02	0.19	2.72	0.61	0.28	1.12	0.55	0.16	1.68	0.08	0.19	0.50
	Mean	1.64	0.16	2.38	0.64	0.20	1.00	0.52	0.15	1.79	0.09	0.17	0.46
Jinheung	0:100	1.66	0.18	2.01	0.51	0.12	0.79	0.34	0.13	1.25	0.07	0.07	0.26
	25: 75	1.85	0.18	2.17	0.49	0.14	0.91	0.54	0.13	1.30	0.06	0.08	0.29
	50: 50	1.98	0.18	2.40	0.46	0.14	0.95	0.57	0.14	1.43	0.06	0.08	0.32
	75: 25	2.02	0.17	2.30	0.50	0.18	0.96	0.48	0.14	1.22	0.06	0.11	0.36
	100: 0	2.06	0.16	2.23	0.51	0.19	1.01	0.41	0.14	1.27	0.05	0.12	0.40
	Mean	1.91	0.17	2.22	0.49	0.15	0.92	0.47	0.14	1.29	0.06	0.09	0.33
LSD 5% between													
Cultivar(A)		0.05	NS	0.08	0.02	0.11	0.05	NS	0.01	0.10	0.004	0.011	0.02
Appl. rate(B)		0.08	0.02	0.13	NS	0.11	0.08	0.10	0.02	NS	0.011	0.010	0.03
A×B		0.11	0.02	0.19	NS	0.01	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

황산암모니아의 施用 比率이 높아질수록 有意하게 增加하였으며 出穗 2週後에도 葉 및 莖에서 出穗前과 같이 黃酸암모니아의 施用 比率이 增加할수록 有意하게 증가하였다.

磷의 含量은 出穗前에는 葉에서만 品種間 有意한 差異를 보여 振興이 水原 264號보다 높았고 處理에 따른 差異는 없었지만 出穗後에는 出穗前과는 달리 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 葉, 莖에서 增加하는 것으로 나타나 振興의 葉은 水原 264號와는 달리 黃酸암모니아 施用 比率이 높아질수록 다소 낮아져 品種間 反應이 相異하였다.

칼리의 含量은 出穗 4週前 葉에서는 品種間에만

有意한 差異가 인정되었으며 處理에 따른 差異는 없었다. 莖에서는 處理에 따라 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增大되었다. 出穗 2週後에는 葉에서는 處理間 差異가 인정되었지만 莖에서는 品種間에만 有意성이 인정되었다.

칼슘의 含量은 出穗前의 葉에서는 品種間, 處理間 有意差를 보여 水原 264號가 振興보다 높았고 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 減少하였으나 莖 및 根에서는 品種間 差異는 없었다. 出穗後의 部位別 含量을 보면 葉에서는 品種間, 處理間 모두 有異한 差異를 보였다.

마그네슘의 含量은 出穗前 葉에서만 品種間, 處理

Table 12. Effect of urea, urea + sodium sulfate, and ammonium sulfate(AS) on major nutrients of the rice plants at 3 weeks before heading in the pot experiment.

Unit : % of D. W.

Cultivar	Fert.	Leaf						Leaf sheath + culm						Root					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Suweon 264	Urea	2.99	0.28	2.60	0.45	0.21	0.74	1.68	0.31	3.18	0.12	0.18	0.48	1.27	0.17	0.54	0.01	0.11	0.39
	Urea + SO ₄ ²⁻	3.85	0.28	2.73	0.43	0.22	0.96	2.52	0.35	3.80	0.09	0.18	0.71	1.32	0.19	0.74	0.04	0.12	0.52
	AS	4.50	0.26	2.84	0.40	0.33	1.01	2.68	0.36	4.32	0.08	0.15	0.75	1.57	0.16	0.92	0.01	0.12	0.56
	Mean	3.78	0.27	2.72	0.43	0.25	0.90	2.29	0.34	3.77	1.00	0.18	0.65	1.39	0.17	0.73	0.02	0.12	0.49
Jinheung	Urea	4.39	0.29	2.40	0.42	0.22	0.72	2.23	0.34	3.90	0.11	0.14	0.57	1.44	0.18	0.97	0.02	0.13	0.43
	Urea + SO ₄ ²⁻	4.42	0.27	2.44	0.38	0.20	0.97	2.35	0.33	3.46	0.09	0.13	0.67	1.47	0.18	0.96	0.02	0.15	0.52
	AS	4.90	0.28	2.48	0.34	0.23	0.87	2.39	0.34	4.34	0.08	0.14	0.80	1.73	0.19	1.28	0.01	0.16	0.57
	Mean	4.57	0.28	2.44	0.38	0.22	0.85	2.32	0.34	3.91	0.09	0.14	0.68	1.55	0.18	1.05	0.02	0.15	0.51
LSD 5% between																			
Cultivar(A)		0.13	NS	0.08	0.01	NS	0.03	NS	NS	NS	NS	0.01	NS	0.09	NS	0.04	NS	0.02	NS
Fert.(B)		0.16	NS	NS	0.02	0.021	0.03	0.24	NS	0.19	0.01	NS	0.06	0.11	NS	0.05	0.011	NS	0.05
A×B		0.23	NS	NS	NS	NS	0.05	0.34	NS	0.27	NS	NS	NS	0.15	NS	0.06	0.011	NS	NS

間에 有意性이 인정되어 振興이 水原 264號보다 높고 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增大되었으며 出穗 2週後에도 葉, 莖에서 品種間, 處理間 有意差를 보여 出穗前과 같은 경향이였다.

黃의 含量은 出穗前 葉과 莖은 品種間, 處理間 有意性이 인정되어 振興이 水原 264號보다 높고 黃酸암모니아의 施用 比率이 높아질수록 增大되었는데 根

에서는 品種間 差異만 있을뿐 處理에 따른 差異는 없었다. 出穗 2週後에도 葉, 莖 모두 品種間, 處理間 差를 보여 出穗前과는 달리 水原 264號가 振興보다 높고 處理에 따라서는 出穗前과 같은 경향이였다.

또한 尿素區, 黃酸나트륨 添加區 및 黃酸암모니아 區의 試驗에서 主要 無機成分의 含量을 出穗 3週前과 出穗 2週後에 分析한 結果는 表 12, 13과 같다.

Table 13. Effect of urea, urea + sodium sulfate, and ammonium sulfate on major nutrients of the rice plants at 2 weeks after heading in the pot experiment.

Unit : % of D.W.

Cultivar	Fert.	Leaf						Leaf sheath + culm					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Suweon 264	Urea	1.33	0.14	2.21	0.75	0.17	0.85	0.77	0.22	2.16	0.09	0.16	0.43
	Urea+SO ₄ ⁻	1.83	0.15	2.48	0.57	0.15	1.15	0.77	0.21	1.67	0.08	0.13	0.57
	AS	2.09	0.14	2.50	0.76	0.27	1.13	0.90	0.21	1.83	0.09	0.19	0.62
	Mean	1.75	0.14	2.40	0.69	0.20	1.04	0.81	0.21	1.89	0.09	0.16	0.54
Jinheung	Urea	2.33	0.18	2.26	0.58	0.58	0.98	0.80	0.23	1.47	0.06	0.14	0.35
	Urea+SO ₄ ⁻	1.95	0.19	2.19	0.50	0.50	1.32	0.82	0.24	1.36	0.06	0.16	0.43
	AS	2.69	0.18	2.48	0.55	0.55	1.30	0.93	0.23	1.64	0.06	0.11	0.49
	Mean	2.32	0.18	2.31	0.54	0.54	1.20	0.85	0.23	1.49	0.06	0.14	0.42
LSD 5% between													
Cultivar(A)		0.41	0.01	NS	0.02	0.03	0.04	NS	0.01	0.09	0.11	0.01	0.02
Fert.(B)		NS	NS	0.13	0.03	0.03	0.04	0.05	NS	0.11	NS	NS	0.03
A × B		NS	NS	NS	0.04	NS	NS	NS	NS	0.15	NS	0.03	NS

窒素의 含量은 出穗前에는 葉, 莖, 根 모두 品種 및 處理間 有意差를 보여 振興이 水原 264號보다 높았으며 處理에 따라서는 黃酸암모니아區가 가장 높았고 다음이 黃酸나트륨 添加區, 그리고 尿素區 順으로 낮았다. 出穗後에는 葉에서는 處理에 따른 差異는 없었고 다만 莖에서 有意差를 보여 黃酸암모니아區에서 뚜렷이 높았고 黃酸나트륨 添加區 및 尿素區間에는 有意한 差異를 보이지 않았다.

磷의 含量은 出穗前에는 品種間, 處理間 모두 有意性이 없었으나 出穗後에는 葉에서 品種間 差異만을 보여 振興이 水原 264號보다 높았다.

칼리의 含量은 出穗前 葉에서는 品種間 有意性이 인정되어 水原 264號가 振興보다 높았으며 莖 및 根에서는 處理間에도 有意性이 인정되어 黃酸암모니아 施用區가 가장 높았고 다음이 黃酸나트륨 添加區, 그리고 尿素區가 가장 낮았다. 出穗後 葉에서는 處理間 有意差를 보여 黃酸암모니아區 및 黃酸나트륨 添加區가 높았고 尿素區가 가장 낮았다. 莖에서는 品種間 反應이 相異하여 水原 264號는 尿素區, 黃酸암모니아區, 黃酸나트륨 添加區 順으로 높았고, 振興은

黃酸암모니아區가 가장 높았고 黃酸나트륨 添加區 및 尿素區 間에는 有意性이 없었다.

칼슘의 含量은 出穗前에 葉, 莖, 根 모두 處理間에 有意差를 보여 尿素區가 가장 높았고 다음이 黃酸나트륨 添加區, 黃酸암모니아區 順으로 낮았다. 出穗後는 葉에서 處理間 有意差를 보여 黃酸나트륨 添加區에서 뚜렷이 낮았고 黃酸암모니아區 및 尿素區는 비슷하였으며 莖에서는 處理間에 差異가 없었다.

마그네슘의 含量은 出穗前 葉에서만 處理에 따른 有意性이 인정되어 黃酸암모니아 施用區에서 가장 높았고 黃酸나트륨 添加區 및 尿素區間에는 차이가 없었다. 出穗後에는 葉에서만 品種 및 處理間 有意差를 보였는데 出穗前과 같은 경향이였다.

黃의 含量은 出穗前 葉, 莖, 根에서 處理間 有意差를 보여 黃酸암모니아區에서 가장 높았고 다음이 黃酸나트륨 添加區, 尿素區 順으로 낮았으며 出穗後에도 같은 경향이였다.

이상과 같이 同一한 窒素量을 施用하더라도 副成分으로 黃이 供給되면 植物體의 主要 無機成分의 含量에 變化를 주게 되는데 窒素, 칼리, 마그네슘은 增

加하는 경향이며 燐은 크게 영향받지 않으나 칼슘은 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 苗袋試驗과 같은 경향이였다. 窒素의 濃度가 높아지면 칼리의 함량도 많아지는데 이는 초과 흡수된 NH_4^+ 의 害作用을 완화시킨다는 사실로²⁾ 해석되고 窒素와 黃의 相補의 關係^{13, 15)}로 보아 黃의 存在는 窒素의 吸收를 增大시키고 아울러 칼리의 흡수도 많게 하는 연관 관계가 성립하는 것으로 판단되며 마그네슘도 葉綠素의 構成成分으로서 窒素와 黃의 葉綠素形成에 關여하는 점으로 볼 때 마그네슘의 함량도 병행하여 增大되는 것으로 생각된다. 그러나 칼슘의 함량은 黃의 吸收 增大에 反하여 減少하였는데 苗袋試驗의 結果와 같이 既存의 報告^{43, 46)}와 일치되었다. 植物體의 健全한 生育을 위한 칼슘의 함량이 乾物 1g 당 1~2mg의 범위⁴⁶⁾라는 사실로 미루어 볼 때 本試驗에서는 乾物 1g 당 最少 3mg 이상을 차지하여 칼슘의 부족으로는 볼 수 없었다.

또한 꽃트試驗에서 窒素 및 黃의 含量은 圃場 水稻의 함량에 비하여^{35, 37, 57, 79)} 높은 편인데 이는 養液栽培에서 生育한 無機成分의 含量이 圃場 水稻의 含量보다 언제나 1.5~2배 높다는 報告⁸⁰⁾로 미루어 보아 本試驗의 結果도 이러한 觀點에서 보아야 할 것으로 생각된다.

4. 光合成 能力

黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率를 달리하여 出穗 10日 後 水稻의 止葉에 對하여 光合成 能力을 測定한 結果는 그림 3과 같다. 즉, 品種間, 處理間에 有意差를 보였는데 品種에 있어서는 水原 264號가 振興에 비하여 뚜렷하게 높았으며 處理에 따라서는 黃

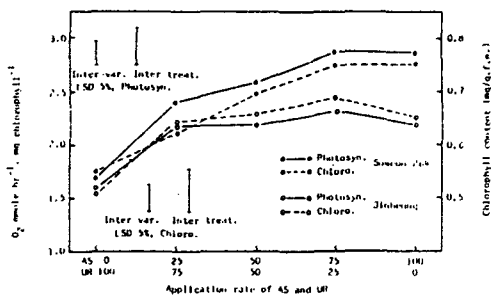


Fig. 3. Effect of the application rate of ammonium sulfate and urea on the photosynthesis of the flag leaf of the rice plants at 10 days after heading in the pot experiment.

酸암모니아의 施用 比率가 增加할수록 光合成 能力이 增大되었는데 水原 264號는 黃酸암모니아 75% 區 수준까지 直線의 으로 增加한 반면 振興은 25% 區 수준 이상에서는 큰 差異를 보이지 않아 品種間 反應이 相異하였다.

또한 黃酸암모니아區, 黃酸나트륨 添加區 및 尿素區에서의 結果는 그림 4와 같다. 兩 品種 모두 黃酸암모니아區에서 가장 높았고 尿素區에서 가장 낮았는데 黃이 添加될수록 葉綠素 含量의 增大와 더불어 光合成 能力이 增大되었다.

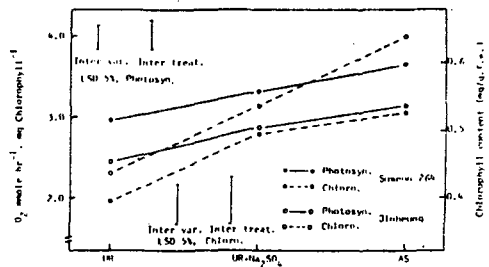


Fig. 4. Effect of urea (UR), urea + sodium-sulfate and ammonium sulfate (AS) on the photosynthesis of the flag leaf of the rice plants at 10 days after heading in the pot experiment.

個葉의 光合成 能力은 葉綠素의 含量과 密接한 關係에 있고 本試驗에서는 黃의 施用은 葉綠素 含量을 增加시켰는데 黃이 부족한 作物에서는 흔히 可溶窒素의 축적이 增大되고 환원당의 함량이 낮아져서^{16, 17, 18, 19)} 黃의 부족으로 인하여 糖의 含量이 낮아진 葉에서는 光合成의 活成이 低下한다는 報告⁶²⁾로 미루어보아 本試驗에서는 窒素 및 黃 함량의 低下에 따른 복합적 原因에 의한 결과로 해석된다.

5. 葉綠素 含量 및 乾物重과 主要 無機成分과의 相互關係

黃酸암모니아 및 尿素의 施用 比率를 달리하였을 때 出穗前後에 있어서의 葉綠素 含量 및 乾物重과 葉身의 無機成分 含量과의 相關을 보면 表 14와 같다. 葉綠素 含量과 主要 無機成分 含量과의 相關은 出穗前에 水原 264號는 窒素, 칼리, 마그네슘, 黃의 含量과 正의 相關을 보이며 振興은 窒素, 마그네슘, 黃의 含量과 正의 相關을 보였으나 兩 品種 모두 칼슘의 含量과는 負의 相關을 보였고 出穗後에 있어서도 水原 264號는 칼슘을 제외한 모든 要素들과, 그리고 振

Table 14. Correlation coefficients between major nutrients in the rice leaf and agronomic characters of the rice plants as followed by the different application rates of ammonium sulfate and urea at the different growth stages in the pot experiment.

Cultivar	Factor	4 weeks before heading						2 weeks after heading					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Suweon264	Leaf D.W.	0.707*	0.356	0.578	-0.608	0.601	0.934**	0.908**	0.775**	0.876**	-0.558	0.802**	0.814**
	LS+C D.W.	0.198	0.020	0.003	-0.235	0.543	0.431	0.744*	0.675*	0.678*	-0.568	0.785**	0.494
	Top D.W.	0.511	0.295	0.290	-0.525	0.559	0.767**	0.825**	0.731*	0.782**	-0.581	0.815**	0.623
	Chlorophyll content	0.967**	0.408	0.704*	-0.826**	0.640*	0.917**	0.974**	0.882**	0.949**	-0.357	0.708*	0.934**
Jinheung	Leaf D.W.	0.363	0.047	-0.281	-0.235	0.373	0.458	0.904**	-0.479	0.576	0.046	0.925**	0.951**
	LS+C D.W.	-0.361	-0.580	-0.377	0.484	-0.017	-0.117	0.844**	-0.526	0.403	0.153	0.949**	0.885**
	Top D.W.	-0.059	-0.351	-0.378	0.199	0.168	0.145	0.860**	-0.483	0.511	0.101	0.847**	0.919**
	Chlorophyll content	0.949**	0.572	-0.126	-0.937**	0.677*	0.895**	0.835**	-0.504	0.462	0.136	0.943**	0.840**

n - 2 = 8

*, ** means significance at 5%, 1% respectively.

興은窒素, 마그네슘, 황의 함량과 正의 相關이 인정되었다.

乾物重과의 關係는 出穗前에는 水原 264 號에서 單窒素 및 黃과 葉身重이 正의 相關이 認定되었으나 出穗後에는 水原 264 號는 칼슘과는 대체로 負의 相關이었고 기타 要素들과는 正의 相關이었으며 振興은 窒素, 마그네슘, 황의 함량과 正의 相關이 인정되었다.

6. 黃과 다른 無機成分과의 關係 및 窒素/黃比率

黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率를 달리하였을 때 出穗前後 葉身の 黃의 함량과 다른 無機成分 함량과의 關係를 보면 表 15 와 같다. 出穗前 黃과 窒素와는 兩品種 모두 葉과 莖에서 正의 相關이 認定되었고 칼리와는 水原 264 號는 葉 및 莖에서, 振興은 莖에서

서만 正의 相關이 認定되었으며 칼슘과는 兩品種 모두 負의 相關이었다. 마그네슘과는 水原 264 號에서는 莖에서, 振興은 葉에서 正의 相關이 인정되었고 磷과는 모두 相關이 없었다. 出穗後의 相關을 보면 兩品種 모두 葉身에서 窒素, 칼리와는 正의 相關이었고 磷과는 水原 264 號가 葉에서 正의 相關이, 振興은 莖에서 負의 相關으로 나타났으며 칼슘과는 대체로 負의 相關이었으나 振興의 莖에서만 有意하였다. 마그네슘과는 水原 264 號는 葉 및 莖에서 正의 相關이었으나 振興은 葉에서는 正의 相關, 莖에서는 負의 相關을 보여 品種間 反應이 相異하였다.

表 16 은 黃酸암모니아와 尿素의 施用 比率에 따른 葉의 窒素/黃 比를 나타낸 것이다. 出穗前의 窒素/黃 比는 品種間 差異는 없었으나 處理間에는 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아의 施用 比率가 높아질수록 낮아지는 경향이었고 莖 및 根에서는 品種間 差異한

Table 15. Correlation coefficients between S content and other nutrients of the rice plants in the pot experiment.

Cultivar	Plant part	4 weeks before heading					2 weeks after heading				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Suweon264	Leaf	.904**	0.479	0.674*	-0.774**	0.577	0.873**	0.747*	0.849**	-0.302	0.611
	LS+C	.787**	0.041	0.780**	-0.404	0.663*	0.625	0.347	0.091	-0.519	0.616
	Root	.583	0.115	0.016	0.732*	-0.108					
Jinheung	Leaf	.895**	0.211	-0.320	-0.899**	0.710*	0.896**	-0.417	0.726*	-0.099	0.810**
	LS+C	.914**	-0.065	0.876**	-0.725*	-0.573	0.064	-0.654*	-0.095	-0.773**	-0.844**
	Root	-.368	-0.170	-0.432	0.154	0.564					

LS : Leaf sheath C : Culm

n - 2 = 8

*, ** means significance at 5%, 1% respectively

Table 16. N/S ratio as affected by the application rate of ammonium sulfate and urea at the different growth stages in the pot experiment.

Cultivar	Application rate AS : UR	4 weeks before heading			2 weeks after heading	
		Leaf	LS + C	R	Leaf	LS + C
Suweon 264	0 : 100	5.36	4.28	3.37	1.52	0.81
	25 : 75	4.70	3.78	3.38	1.49	1.21
	50 : 50	5.05	5.09	3.66	1.69	1.32
	75 : 25	4.76	4.30	3.64	1.69	1.25
	100 : 0	4.86	3.74	4.10	1.82	1.12
	Mean	4.95	4.24	3.63	1.64	1.14
Jinheung	0 : 100	5.66	3.84	1.51	2.12	1.34
	25 : 75	5.23	3.51	2.56	2.04	1.86
	50 : 50	5.22	3.45	3.03	2.09	1.79
	75 : 25	4.69	3.67	3.14	2.20	1.32
	100 : 0	4.27	3.88	2.46	2.05	1.01
	Mean	5.01	3.67	2.54	2.10	1.46
LSD 5% between						
Cultivar		NS	0.33	0.55	0.13	0.22
Appl. rate		0.43	NS	NS	NS	0.35
Cultivar × Appl. rate		NS	0.73	NS	NS	NS

認定되어 水原 264 號가 振興에 比하여 높았다. 出穗後의 窒素/黃 比는 葉에서는 品種間에서만, 莖에서는 品種 및 處理間 모두 有意性이 認定되었다.

植物体内에서 窒素/黃 比는 대체로 生育前期에는 높고 後期에는 낮아지는 경향을 보이는데 이는 植物体内에서 窒素와 黃의 利用 및 移動에 따른 차이로 推定된다.^{13, 72)} 窒素代謝가 왕성한 生育前期에는 黃의 蛋白質 전이가 클 것이나 生育後期에 이르게되면 植物体内의 無機成分은 이삭으로 전류되는 단계이므로 이 時期의 낮은 窒素/黃 比는 窒素에 對하여 黃의 含量이 相對的으로 많다는 것을 의미하는 동시에 黃의 形態는 蛋白質로 전이가 되지 않은 無機態로 存在할 可能性이 높다고^{61, 70, 74, 77)} 볼 수 있다.

試驗 Ⅲ. 黃酸암모니아와 尿素를 각각 長期間 連用해온 논에서의 水稻의 生育 및 收量

1. 葉綠素 含量과 乾物重

黃酸암모니아와 尿素를 각각 連用해온 논에서 水稻의 葉綠素 含量 및 乾物重을 調査分析한 結果는 表 17 과 같다.

水稻 葉身의 葉綠素 含量을 1981 年과 1982 年에 分析한 結果 1981 年의 水原 264 號는 出穗期 以後

有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區가 尿素區보다 두 倍하게 增大하였으며 振興은 出穗期에는 兩 肥種間 差異가 없었으나 出穗後 日數가 경과함에 따라 黃酸암모니아區가 尿素區보다 有意하게 增大되었다. 1982 年에도 1981 年과 비슷한 경향을 보여서 水原 264 號는 出穗後 日數가 경과함에 따라 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높았으며 振興도 有意한 差異는 보이지 않았지만 黃酸암모니아 施用區가 尿素區보다 높게 나타났다. 이러한 현상은 苗莖試驗 및 꽃트試驗의 結果와 일치되어 同一한 窒素量을 施用하더라도 언제나 黃酸암모니아 施用區의 葉中 葉綠素 含量이 尿素區보다 높고 出穗後 日數가 경과할수록 더 두 倍하게 나타나서 光合成 能力을 높이는 데에 有利할 것으로 판단되었다.

한편 最高分蘗期와 出穗期의 乾物生産을 보면 3 年間 모두 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높고 出穗期에 현저한 差異를 보였다.

2. 主要 無機成分의 含量 및 그들과 黃 含量과의 相互關係

水稻의 年度別 生育時期에 따라 主要 無機成分 含量을 분석한 結果는 그림 5, 6 과 같다.

窒素의 含量은 1981 年의 葉身에서 兩 品種 모두 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높아 水原 264 號는 出穗

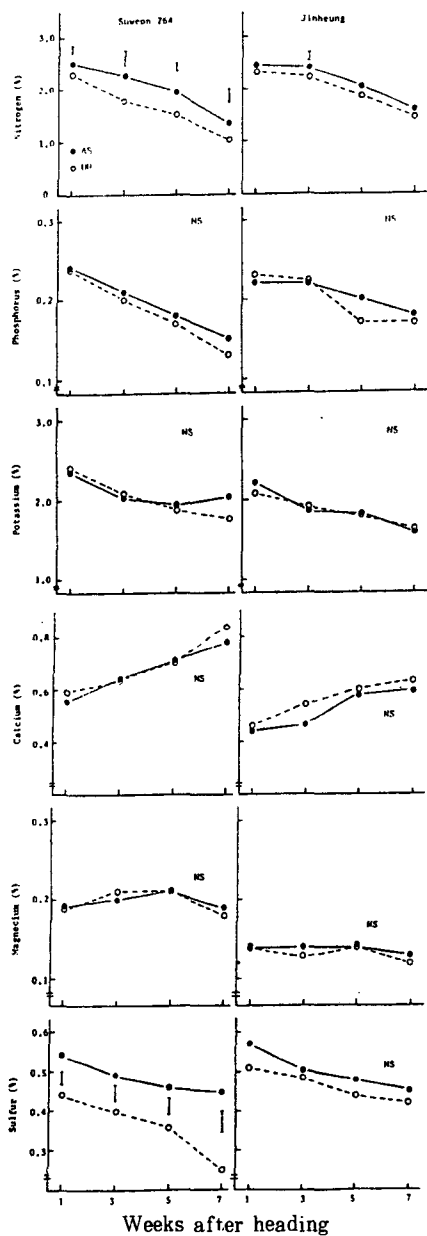


Fig. 5. Changes in the major nutrients content of the rice leaves as affected by ammonium sulfate (AS) and urea (UR) in 1981. (NS : Non-significant, the vertical bar means LSD at 5%)

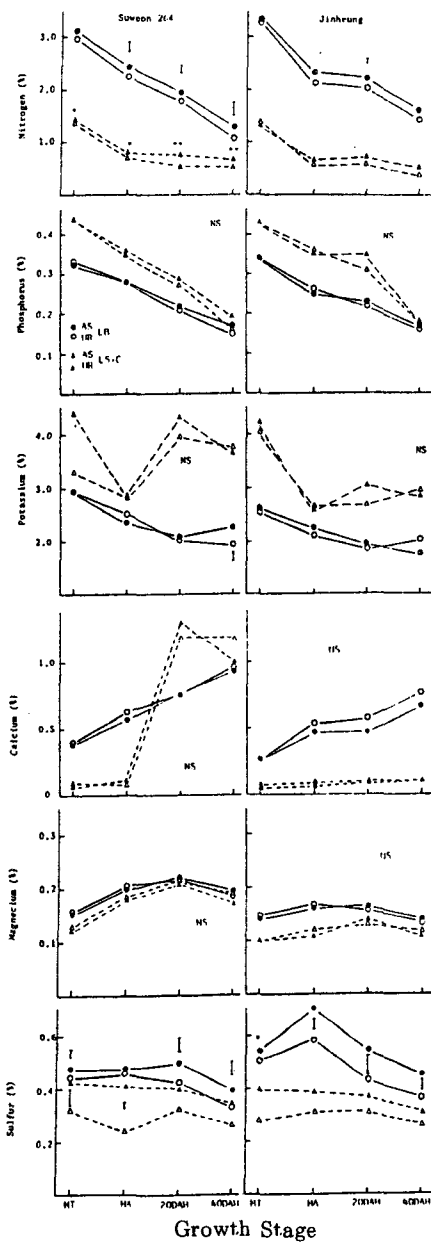


Fig. 6. Seasonal changes in the major nutrients content of the rice plants as affected by ammonium sulfate (AS) and urea (UR) in 1982. (*, Vertical bars indicate LSD at 5% respectively. MT : Maximum tillering stage, HA : Heading stage, DAH : Days after heading, LB : Leaf blade, LS : Leaf sheath, C : Culm)

Table 17. Chlorophyll content and dry matter weight of the rice plants grown under the different N-fertilizers at maximum tillering stage and heading stage in the field.

Year	Cultivar	N - Fert.	Chlorophyll content (mg/g.f.w)			Dry matter weight (g/hill)	
			HA	20 DAH	40 DAH	MT	HA
1980	Suweon 264	AS				14.79	42.57
		UR				13.36	39.30
	Jinheung	AS				15.30	40.63
		UR				13.17	38.47
1981	Suweon 264	AS	0.940	0.732	0.253	19.50	48.54
		UR	0.851	0.633	0.199	18.79	46.28
	Jinheung	AS	0.926	0.733	0.474	17.49	50.99
		UR	0.923	0.696	0.423	17.14	49.22
1982	Suweon 264	AS	0.891	0.520	0.430	20.73	53.61
		UR	0.897	0.432	0.338	19.36	48.32
	Jinheung	AS	0.862	0.503	0.504	17.90	48.98
		UR	0.852	0.490	0.473	16.22	46.14
F-value							
1980	Suweon 264					4.53	10.22**
	Jinheung					3.31	7.02**
1981	Suweon 264		18.40*	10.61**	25.88**	0.31	1.16
	Jinheung		0.010	2.65	6.52*	0.11	0.68
1982	Suweon 264		0.024	14.00**	6.25*	4.51	11.32**
	Jinheung		0.067	2.07	3.29	2.03	11.41**

*, ** means significance at 5%, 1% respectively. HA : Heading stage, DAH : Days after heading
MT : Maximum tillering stage.

期부터 後期까지 有意한 差異를 보였으나 振興은 出穂 3週後에만 有意性이 인정되었다. 1982년에는 兩品種 모두 葉身 및 莖에서 같은 경향이였다.

磷의 含量은 兩年度에서 葉身 및 莖에서 肥種間 有意한 差異는 없었다.

칼리의 含量은 兩年度 모두 水原 264 號가 振興보다 높았고 莖의 칼리 含量이 葉身보다 높았으나 肥種間 差異는 인정되지 않았다.

칼슘의 含量은 水原 264 號가 振興보다 현저하게 많았고 生育이 경과되면서 他 要素와는 달리 增加되는 경향이였으며 尿素區가 黃酸암모니아區보다 多少 높게 나타났다.

마그네슘의 含量도 水原 264 號가 振興보다 높았으며 兩年度 모두 肥種間 差異는 없었다.

黃은 生育期間이 경과함에 따라 감소하였는데 水原 264 號가 振興보다 낮았으며 兩年度 모두 黃酸암모니아區가 尿素區보다 葉 및 莖에서 높은 경향이였고 生育後期로 갈수록 그 差異는 뚜렷하였다.

이상과 같이 尿素의 施用에 比하여 黃酸암모니아의 施用으로 稻體의 窒素 및 黃의 含量이 增大되고 칼슘

의 含量은 감소되었는데 이는 苗塚 및 꽃트試驗과 같은 경향이였다.

한편 年度別로 出穂期의 葉身中 黃의 含量과 主要 無機成分 含量과의 相關을 보면 表 18과 같다. 窒素와는 兩品種 모두 正의 相關이었으나 1981년에만 有意性이 認定되었고 칼리와는 1981년의 振興에서만 正의 相關이 認定되었다.

또한 出穂期에 있어서의 窒素/黃의 比率를 구해보면 表 19와 같다. 1981年度에는 水原 264 號의 葉

Table 18. Correlation coefficients between S-content and other nutrients in the rice leaves at heading stage.

Year	cultivar	N	P	K	Ca	Mg
1981	Suweon 264	0.948**	-0.150	0.218	-0.536	-0.229
	Jinheung	0.811*	0.048	0.813*	0.210	0.432
1982	Suweon 264	0.525	0.149	0.410	-0.016	0.386
	Jinheung	0.429	-0.455	0.506	-0.331	-0.219

n-2=4

*, ** means significance at 5%, 1% respectively.

Table 19. N/S ratio of the rice plants under the different N-Fertilizers at heading stage in the field.

Cultivar	N-Fert.	1981		1982	
		Leaf	Leaf	LS+C	
Suweon 264	AS	4.62	5.10	1.97	
	UR	5.25	4.88	2.97	
Jinheung	AS	4.39	3.48	1.58	
	UR	4.56	3.68	1.82	
F-value					
Suweon 264		19.75**	2.20 ^{NS}	29.92**	
Jinheung		0.37 ^{NS}	0.12 ^{NS}	5.09 ^{NS}	

NS: Non-significant.

** means significance at 1%.

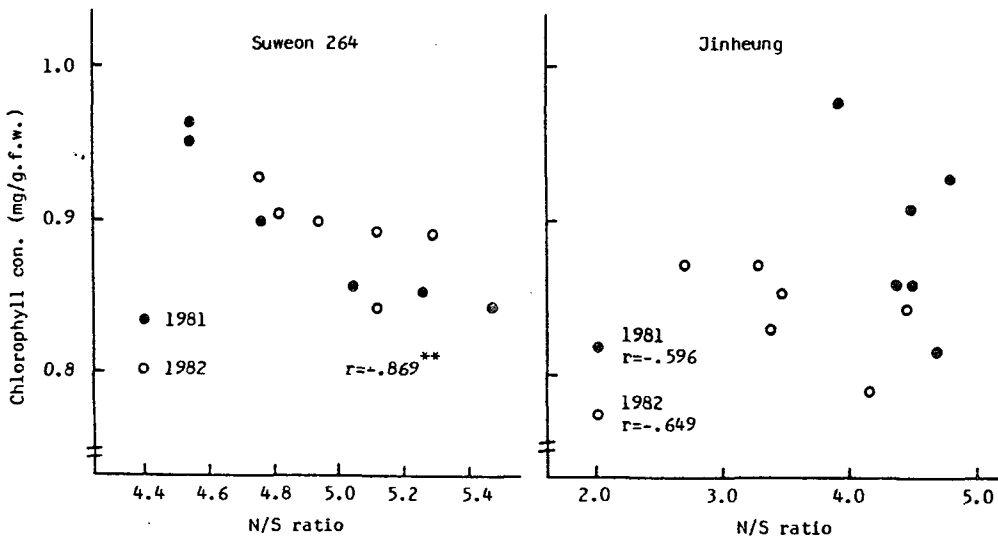


Fig. 7. Relationships between N/S ratio and chlorophyll content of the rice leaves at heading stage. (** means significance at 1%)

을 의미하는데 窒素/黃比率이 높아질수록 体内 葉綠素의 含量은 낮아지는 것으로 나타났고 그 反應은 振興보다 水原264號에서 더 컸다. 이러한 窒素/黃의 比와 葉綠素 含量間의 檢討 結果는 苗袋 試驗과도 같은 傾向이었다.

4. 主要 收量構成形質과 收量

黃酸암모니아 및 尿素를 長期間 連用한 畝에서의 主要 收量構成形質과 收量에 대하여 調査한 結果는 表 20 과 같다. 穗數는 3個年間 모두 黃酸암모니아 施用區에서 多少 많았으며 그 정도는 水原264號가 振興보다 높았다.

身에서만 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區가 尿素區보다 낮았으며 1982年度는 兩品種 모두 葉에서는 有意한 差異를 보이지 않았으나 莖에서는 水原264號에서만 有意性이 認定되었다.

3. 窒素 黃比率과 葉綠素 含量과의 關係

出穗期에 窒素/黃比率과 葉綠素 含量의 關係를 보면 그림 7과 같다. 兩品種 모두 窒素/黃比와 葉綠素 含量間에는 負의 相關을 보임으로써 体内 窒素 및 黃의 含量과 葉綠素 含量間에는 一連의 關係가 있는 것으로 나타났다. 즉, 이 比率이 높음은 窒素의 含量에 대하여 相對的으로 黃의 含量이 적음을 의미하며 이 比率이 낮음은 黃의 含量이 相對的으로 많음

1穗 平均穎花數에 있어서 肥種間 差異는 1981年度의 振興에서만 有意差를 보였는데 尿素區에서 많았으며 그 外에는 差異가 없었다.

登熟率은 1980年度에 振興에서 黃酸암모니아區가 尿素區보다 낮았고 水原264號는 큰 차이가 없었으며 1981年 및 1982年에서는 兩品種 모두 登熟率은 黃酸암모니아區가 尿素區에 比하여 增加하는 傾向이었다.

千粒重은 兩品種 모두 1980年度에만 현저히 낮았고 1981년에는 振興이 有意한 差異를 보여 黃酸암모니아區가 尿素區보다 높았으며 그 外에는 큰 差異가 없었다.

Table 20. Yield and yield components of the rice plants grown under the different nitrogen fertilizers for 3 year-period.

Year	Cultivar	N-Fert.	No. of panicle (per hill)	No. of spikelets (per panicle)	Ripend grain ratio(%)	1000 grain wt(g)	Yield of rough rice (g/hill)
1980	Suweon 264	AS	16.32	109	67.7	21.34	25.62
		UR	15.10	111	69.1	21.72	25.11
	Jinheung	AS	13.43	131	61.4	18.16	19.48
		UR	13.33	127	70.5	18.79	22.42
1981	Suweon 264	AS	14.11	135	87.5	22.47	37.22
		UR	13.63	135	86.3	21.90	34.86
	Jinheung	AS	12.00	139	69.6	26.44	29.91
		UR	12.40	150	61.5	25.05	28.72
1982	Suweon 264	AS	20.50	87.0	80.2	22.70	32.62
		UR	18.90	86.9	79.4	23.46	30.56
	Jinheung	AS	17.33	84.7	84.2	25.74	31.69
		UR	16.68	88.4	83.6	25.43	31.16
F-value							
1980	Suweon 264		3.64	0.388	0.58	0.478	0.522
	Jinheung		0.84	0.913	11.00**	2.40	8.55*
1981	Suweon 264		1.22	0.023	0.92	4.15	5.72*
	Jinheung		1.61	5.08*	14.80**	17.02**	1.66
1982	Suweon 264		4.35	0.04	0.30	4.16	3.68
	Jinheung		0.92	1.15	0.06	3.99	0.23

*, ** means significant at 5%, 1% respectively.

正收量은 1980년에는 振興에서만 有意差를 보여 尿素區가 黃酸암모니아區보다 높았으며 1981년 및 1982년에는 黃酸암모니아區가 尿素區에 비하여 높은 경향이었으나 1981년의 水原 264號에서만 有意성이 認定되었다.

일반적으로 黃酸암모니아와 尿素의 比較試驗에서 黃酸암모니아의 施用은 尿素의 施用에 比하여 草長 및 分蘖數가 增大된다고 하며^{10, 34, 44} 窒素의 土壤流失과 관련지어 窒素의 流失은 作物의 生育初期에 심하고 中期나 後期에 이르게 되면 적어지는데⁴⁴ 이는 作物의 生長에 따른 窒素 吸收가 增大됨으로써 相對的으로 窒素의 流失이 적어지는 것으로 볼 수 있으며 生育初期의 土壤에 施用된 窒素 肥種의 流失정도는 土壤의 物理的 化學的 構造에 따라 달라지지만 溶脫과 揮散이 주된 原因이 되며 黃酸암모니아는 尿素에 비하여 암모니아로의 揮散이 적다고 한다.⁵²

本 試驗에서 黃酸암모니아의 施用區는 尿素 施用區보다 葉綠素含量 및 無機成分含量이 많았고 乾物生産量도 많았으며 穗數, 穎花數 및 登熟率이 增加되었으며 收量도 增大되는 경향이였다. 出穗 以後는 주

로 同化産物이 곡실로 移動하는 단계이며 營養 요소들의 自体 調節과는 무관한 관계이므로 潜在的인 營養狀態가 表面化된다.^{54, 55} 따라서 出穗後 상당한 時日이 경과한 後에도 높은 窒素含量이 유지되는 것은 곡실로의 轉류가 이루어지고 남은 量으로 볼 수 있다. 대체로 出穗 당시 벼짚의 窒素濃度는 1.1%, 收穫 당시 벼짚은 0.5%인데 비하여⁴¹ 本 試驗의 結果는 出穗期에 黃酸암모니아區는 2.5%, 尿素區는 2.2%로서 상당히 높은 含量을 나타내었으며 收穫期の 벼짚 역시 각각 1.5%, 1.2%를 나타내어 窒素가 초과 吸收된 것으로 판단되며 窒素 肥種에 따른 窒素의 適正施用量에 對하여는 더 자세한 檢討가 要望된다.

IV. 綜合 考察

水稻에 施用되는 含黃肥料의 量이 현저히 減少하여 人위적으로 黃을 供給할 수 있는 機會가 없게됨에 따라 作物에 對한 黃의 供給은 土壤과 灌溉水에 의한 自然供給에만 의존하게 되었다. 植物体에서 黃은 窒素와 더불어 단백질의 合成에 關하여 相補的

인 관계를 맺고 있음은 여러 연구자들^{12, 13, 15, 29, 50, 77}이 여러 작물을 대상으로 보고한 바 있다. 이러한 觀點에서 本研究는 窒素質 肥料源으로 供給되는 黃酸암모니아와 尿素를 對比하고 黃酸암모니아의 施用時 副成分으로 供給되는 黃이 水稻의 生育에 어떻게 關여하며 黃이 水稻의 營養源으로 차지하는 比重, 그리고 窒素 및 主要 無機成分들과 맺고있는 關係에 對하여 檢討하였다.

黃酸암모니아의 施用은 尿素 施用에 比하여 葉綠素의 含量을 增大시키고 窒素 및 칼리의 含量을 높히는 同時에 菴sum의 含量을 낮추었다. 黃은 葉綠素의 直接의인 構成要素는 아니지만 黃의 施用은 窒素의 吸收를 增加시키는^{12, 25, 26} 關係에서 葉綠素의 含量이 增大된 것으로 推定된다. 따라서 出穗後의 葉綠素 含量의 增大와 더불어 光合成 能力을 增大시키는데에 有利한 것으로 나타났는데 品種別로는 水原 264號가 振興보다 더 反應이 뚜렷하여 遺傳的 組成이 相異한 品種들의 黃 施用效果는 더 檢討되어야 할 것으로 생각된다. 또한 乾物生産에 있어서도 黃酸암모니아의 施用은 尿素 施用보다 有利하였으며 특히 苗莖에서는 그 效果가 뚜렷하였다.

한편 兩 窒素肥種이 稻体内 主要 無機成分의 含量에 영향한 바를 보면 同一한 量이 施用되더라도 언제나 黃酸암모니아區는 尿素區에 比하여 窒素, 칼리, 마그네슘의 含量을 增大시키며 菴sum의 吸收를 多少 저하시키는 경향이었는데 黃과 窒素, 칼리, 마그네슘 含量間에 正의 相關을 나타내는 것으로 보아 黃의 存在는 이들 要素들의 吸收를 助長하는 것으로 판단되었으 며 菴sum의 含量과는 負의 相關이었으나 植物體의 生育을 저해할 만큼의 정도는 아니었다. 植物體의 黃의 含量은 生育初期에 높고 生育後期로 갈수록 낮아지는 것이 일반적인 現象인데 窒素/黃의 比로 보아 生育初期에는 높고 生育後期에는 낮아져서 生育初期에 窒素 및 黃의 높은 含量과 植物의 旺盛한 窒素代謝를 고려한다면 이 시기의 植物體의 黃은 대부분 蛋白質로 전이되었을 可能性²⁸이 높다고 볼 수 있고 生育後期에는 窒素/黃의 比率는 낮아지는데 窒素의 含量이 현저히 줄고 相對的으로 黃의 含量이 높은데서 기인하는 것으로, 이 시기의 植物體의 黃의 形態는 無機態로 存在할 可能性이 높다.³⁰ 따라서 黃의 기능 및 역할은 生育後期보다는 生育 初·中期에 有效할 것으로 판단되었다.

黃酸암모니아와 尿素를 長期間 連用한 논에서의 水稻의 乾物生産量을 보면 黃酸암모니아區가 尿素區보

다 현저히 높고 收穫期 벼짚의 主要 無機成分의 含量도 높으며 收量構成要素中 穗數 및 登熟率도 多少 增加하므로서 正收量도 높은 경향이었으나 乾物生産 및 養分吸收 增大에 부응하여 크게 증대되지는 않았다. 出穗後의 稻體의 無機成分은 이삭으로의 전류단계이며 수확기 벼짚중의 높은 無機成分 含量은 穀實로 의 전류가 되고 남은 潛在養分의 性格으로 볼 수 있는데 適正 窒素 施肥量에 있어서 黃酸암모니아의 施用量은 尿素 施用量에 比하여 減量하여도 될 可能性이 있는 것으로 보인다. 그러나 水稻 栽培 地域의 有效 黃의 含量과 土壤의 化學的 特性에 對하여는 앞으로 더 細密한 檢討가 이루어져야 할 것이다.

V. 摘 要

窒素質 肥料로서 黃酸암모니아와 尿素를 施用하는 경우 水稻의 生育과 養分吸收에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 水原 264號와 振興을 供試하여 苗莖의 種類를 달리한 試驗과 뜻트에서 黃酸암모니아 및 尿素의 施用 比率를 달리하고, 黃酸나트륨을 添加한 試驗, 그리고 兩 肥種을 各各 長期間 連用해은 논에서 試驗을 遂行한 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

黃酸암모니아와 尿素의 施用에 따른 水稻苗의 生育 및 養分 吸收에 관한 試驗에서는

1. 草長 및 苗의 乾物重은 黃酸암모니아의 施用이 尿素 施用보다 크고 특히 保溫밭못자리에서 그 效果가 컸다.

2. 黃酸암모니아의 施用은 苗의 葉綠素 含量을 增大시켰는데 水原 264號가 振興보다 反應이 더 컸다.

3. 主要 無機成分의 吸收에 미치는 影響은 兩 品種 모두 黃酸암모니아區가 尿素區보다 크고 苗莖에 따라서는 保溫밭못자리가 保溫折衷못자리보다 크며 특히 窒素와 加里의 吸收를 增大시켰다.

4. 植物體의 黃과 主要 無機成分과의 相關關係는 대부분 正의 相關이었으며 水原 264號가 振興보다 그 關係가 더 뚜렷하였다.

黃酸암모니아 및 尿素의 施用比率, 그리고 黃酸나트륨을 添加한 뜻트試驗에서는

1. 水稻의 稈長, 穗數, 藥重 및 正收 收量은 黃酸암모니아의 施用比率이 높아질수록 增大하였으며 黃酸나트륨의 添加區는 低下하였다.

2. 出穗前後期의 葉面積, 葉綠素 含量 및 乾物重은 黃酸암모니아의 施用比率이 높아질수록 增大하였으며 黃酸나트륨의 添加는 葉綠素 含量만을 增大시켰다.

3. 황산암모니아의 施用比率이 높아질수록 窒素 및 칼리의 含量은 增加하였고 칼슘 含量은 減少하였는데 황산나트륨의 添加施用도 같은 傾向이었다.

4. 황산암모니아의 施用比率이 높아질수록, 그리고 황산나트륨의 添加施用으로 出穗期 止葉의 光合成 能力이 增大되었으며 水原 264 號가 振興보다 그 反應이 더 뚜렷하였다.

5. 葉綠素 含量 및 乾物重과 葉身의 黃의 含量과는 正의 相關을 보였으며 水原 264 號가 振興보다 더 큰 相關을 보였다.

황산암모니아와 尿素를 각각 連用해은 논에서의 試驗은

1. 葉綠素 含量 및 乾物重은 黃酸암모니아 施用區에서 더 컸으며 收穫期 벼짚중의 窒素 및 主要 無機 成分의 含量은 黃酸암모니아區가 커서 養分의 潛在 能力이 尿素區보다 컸다.

2. 黃酸암모니아의 施用은 穗數 및 登熟率을 높이는 傾向이었고 統計的인 有意差는 없었으나 收量이 增大되었다.

VI. 引用 文獻

1. Aiyar, S.P.(1945) A chlorosis of paddy (*Oryza sativa* L.) due to sulfate deficiency. Pages 162 in S. Yoshida, ed. (1981). Fundamentals of rice crop science. IRRI, Losbaños, philippines.
2. Ajayi, D., D.N. Maynard, and A.V. Barker (1970) The effect of potassium on Ammonium nutrition of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Agron. J.: 818-821.
3. Arnon, D.J.(1949) Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. plant physiol. 24:1-15.
4. Bandurski, R.S., L.G. Wilson, and C.L. Squires (1956) The mechanism of "active sulfate" formation. J. Am. Chem. Soc. 78:6408.
5. Biddulph, O., S. Biddulph, R. Cory, and H. Koontz(1958) Circulation patterns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plant. Plant physiol. 33(1):293-300.
6. Biddulph, S.F.(1956) Visual indications of S³⁵ and P³² translocation in the phloem of the cotton plant. Am. J. Botan. 43:143.
7. Blair, G.J., C.P. Mamaril and E.O. Momuat (1978) The sulfur nutrition of rice. Central Res. Inst. Agric. Bogor. 42:139
8. _____, _____ and E. Momuat(1978) Sulfur nutrition of wetland rice IRRI Res. paper series. 21
9. _____, _____ and E.O. Momuat(1979) Sulfur nutrition of rice II. Effect of source and rate of S on growth and yield under flooded conditions. Agron. J. 71:477-480.
10. Broadbent, F.E. and D.S. Mikkelsen(1968) Influence of placement on uptake of tagged nitrogen by rice. Agron. J. 674-677
11. Cho, C.M.(1961) Degraded paddy soils I. Theoretical analysis on the sulfide formation and the effect of Iron hydroxide upon removal of sulfide from solution. J. Korean Agr. Chem. Soc. Vol. 2:9-14.
12. Daigger, L.A. and R.L. Fox(1971) Nitrogen and Sulfur nutrition of sweet corn in relation to fertilization and water composition. Agron. J. 63:729-730
13. Dev, G. and S. Saggar(1974) Effect of sulfur fertilization on the N-S ratio in soybean Varieties. Agron. J. 66:454-456
14. Devlin, R.(1975) Plant physiology 3rd ed. D. Van Nostrand Co., New York p.359-360
15. Dijkshoorn, W. and A.L. Van Wijk(1967) The sulfur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter. Plant and Soil, 26: 129-157
16. Eaton, S.V.(1935) Influence of sulfur deficiency on the metabolism of the soybean, Botan. Gaz, 97:68
17. _____(1941) Influence of sulfur deficiency on the metabolism of the sunflower. Botan. Gaz. 102:533.
18. _____(1942) Influence of sulfur deficiency on the metabolism of the mustard. Botan. Gaz. 104:306
19. _____(1951) Effects of sulfur deficiency on growth and metabolism of the tomato. Botan. Gaz. 113:301
20. Ensminger, L.E. and J.R. Freney(1966) Diagnostic techniques for determining sulfur

- deficiencies in crops and soils. Soil sci. 101(4): 283-289.
21. Eppendorfer, W.(1968) The effect of nitrogen and sulfur on charges in nitrogen fractions of barley plants at various early stages of growth and on yield and amino acid composition of grain. Plant and Soil 29:424-438
 22. Ergle, D.R. and Eaton, F.M.(1951) Sulfur nutrition of cotton. Plant physiol. 26:639-654
 23. _____(1954) Utilization of storage sulfur by cotton and the effect on growth and chloroplast pigments. Botan. Gaz. 115:225-234.
 24. Faller, N., Herwig, K. and Kühn, H.(1970) (G) The uptake of sulphur dioxide ($^{35}\text{SO}_2$) from the air I. Effect on crop yield. Plant and soil 33:177-191.
 25. Fox, R.L.(1976) Sulfur and nitrogen requirements of sugar cane. Agron. J. 68:891-896.
 26. _____, B.T. Kang, and D. Nangju(1977) Sulfur requirements of cowpea and implications for production in the tropics. Agron. J. 69:201-205
 27. Freney, J.R., K. Spencer, and M.B. Jones(1978) The diagnosis of Sulfur deficiency in wheat. Aust. J. Agric. Res. 29:727-738.
 28. Gaines, T.P. and S.C. Phatak(1982) Sulfur fertilization effects on the constancy of the protein N : S ratio in low and high sulfur accumulating crops. Agron. J. 74:415-418
 29. Gilbert, F.A.(1951) The place of sulfur in plant nutrition. Botan. Rev. 17:671
 30. Hall, J.D., R. Barr, A.H. Al-Abaas, and F.L. Crane(1972) The ultrastructure of chloroplasts in mineral-deficient maize leaves. Plant physiol. 50:404-409
 31. Hendrix, J.E.(1967) The effect of pH on the uptake and accumulation of phosphate and sulfate ions by bean plants. Amer. J. Bot. 54: 560-564
 32. Hong, Chong Woon(1975) Physico, Chemical relationship between some selected iron and sulfur species in flooded rice soils and possible occurrence of H_2S toxicity. Ph.D. thesis Michigan state university. East Loring.
 33. Howard V. Jordan and L.E. Ensminger(1958) The role of sulfur in soil fertility. Advances in Agron. 10:407-434
 34. IRRI(1965) Annual report. 197-199
 35. Ishizuka, Y.(1964) In "The mineral nutrition of the rice plant." Proc. Sym. IRRI. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland 295-328
 36. Ismunadji, M.,I. Zulkarnaini, and M. Miyake (1975) Sulfur deficiency in lowland rice in Java. Central Res. Inst. Agric. Bogor 14:179
 37. 石塚喜明・田中 明(1967)水稻の栄養生理 p. 62. 養賢堂.
 38. Jones, M.B., and Martin, W.E.(1964) Sulfate sulfur concentration as an indicator of sulfur status in various California dryland pasture species. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:539-541
 39. Joshi, M.M., I.K.A. Ibrahim and J.P. Hollis (1975) Hydrogen sulfide: Effects on the physiology of rice plants and relation to straight head disease phytopathology 65: 1165-1170
 40. Kang, B.T. and O.A. Osiname(1976) Sulfur response of maize in Western Nigeria. Agron. J. 68:333-336
 41. 李殷雄(1981) 三訂 水稻作.
 42. 이용재・홍중운(1978) 토양검정에 관한 연구(작물에 대한 유허효과시험). 농기연시험연구보고서(토비) 558-572.
 43. 李杭周(1981) 施用窒素의 形態 및 量이 桑葉의 이온균형에 미치는 影響, 서울대大學院 博士學位 論文
 44. 孟道源・趙載英・李東碩(1968) 窒素肥料의 形態와 施用深度가 窒素의 溶脫吸收 및 水稻生育 收量에 미치는 影響, 韓土肥誌 1(1): 43-60.
 45. Mamaril, C.P., A. Pangerang Umar, I. Manwan, and Christine J.S. Momuat(1976) Sulfur response of lowland rice in south Sulawesi, Indonesia. Cent. Res. Inst. Agric. Bogor. 22: 129
 46. Mengel, K. and E.K. Kirby(1978) Principles of plant nutrition. International Potash Inst. P.329-366
 47. Metcalfe, C.R.(1953) Effects of atmospheric pollution on vegetation. Nature 172(4380):

- 659-661
48. Nissen, P.(1971) Uptake of sulfate by roots and leaf slices of barley. Mediated by single, multiphasic mechanisms. *physiologia plantum* 24: 315-324
 49. Nearpass, D.C. and F.E. Clark(1960) Availability of sulfur to rice plants in submerged and upland soil. *Agron. J.*24:385-387
 50. 大塚恭司(1962) 硫黃缺乏土壤の一例. 日本土壤肥料學雜誌 33(10) 465-468.
 51. 吳旺根·金石鎮(1959) 秋落畚 改良試驗, 농사시험연구보고서 下卷 113-127.
 52. _____·吳才燮(1981) 窒素質肥料가施用된 湛水土壤에 서의 암모니아의 揮散. 韓土肥誌 14(2) : 70.
 53. _____·朴英善·柳寅秀(1971) 低位 生産畚에 있어서의 肥料三要素의 效果. 韓土肥誌 4권1호
 54. 朴薰(1974) 圃場栽培水稻의 無機營養. III. 收量等 級別發分(N, P, K, Si) 吸收量, 養分效率 및 轉移率. 韓土肥誌 7(2) : 119-125.
 55. _____(1974) Relationship among grain yield, nitrogen efficiency and nitrogen uptake amount in rice plant. *J. Korean soc. soil sci. fert.* 7(3): 147-154.
 56. _____·石順鍾(1977) 重窒素를 利用한 振興과 統一畝의 암모늄, 질소 및 尿素態窒素의 吸收特性研究, 韓土肥誌 10(4) : 225-233.
 57. _____, Kim, Y. S., and Lee, C.Y.(1971). Studies on the sulfur nutrition of crop plants (I) The nutritional status of sulfur in the field-grown rice plants. *J. Korean Agricultural Chem. Soc.* Vol. 14(2). 109-116.
 58. 朴來正外(1967) 우리나라 數種畚土壤에 있어서의 遊離黃化水素發生條件에 관한 土壤化學의 研究, 農試研報, 10(3) : 9-21.
 59. Ponnampuruma, F.N.(1965) In "The mineral nutrition of the rice plant." Johns Hopkins press Baltimore, p. 295-328.
 60. Ramig, R.E., D.E. Rasmussem, R.R. Allamaras, and C.M. Smith.(1974) Nitrogen-Sulfur relations in soft white winter wheat. I. Yield response to fertilizer and residual sulfur.
 61. Rendig, V.V.(1956) Sulfur and nitrogen composition of fertilized and unfertilized alfalfa grown on a sulfur deficient soil. *soil sci. soc. Am. Proc.* 20: 237-240.
 62. _____, C. Oputa, and E.A. McComb(1976) Effects of sulphur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars and N/S ratios in young corn plants. *Plant and Soil.* 44: 423-437.
 63. Riley and Murphy (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Rep. Anal. Chemi. Acta.* 27: 31-36.
 64. Robbins, P.W., and F. Lipmann(1956) Identification of enzymatically active sulfate as adenosine-3'-phosphate-5'-phosphosulfate. *J. Am. Chem. Soc.* 78: 2652.
 65. _____, _____(1956) The Enzymatic sequence in the biosynthesis of active sulfate. *J. Am. Chem. Soc.* 78: 6409.
 66. Samosir, S. and G.J. Blair(1983) Sulfur nutrition of rice. III. A comparison of fertilizer sources for flooded rice. *Agron. J.* 75: 203-206.
 67. Schouwenburg, Ir. J. Ch. Van and I. Walinga (1975) Methods of analysis for plant material. *Agric. Univ. Wagenigen, The Netherlands.*
 68. Shioiri, S. and Harada, T.J. (1943) *Sci. Soil Manure, Japan* 17:375.
 69. Simon-Sylvestre(1969) In "Principles of plant nutrition" page 329 in K, Mengel and E.A. Kirby, eds. *International potash Inst. Worblaufen-Bern, Switzerland.*
 70. Spencer, K.(1959) Growth and chemical composition of white-clover as affected by sulfur supply. *Aust. J. Agr. Research* 10:500-509.
 71. Stewart, B.A. and L.K. Porter(1969) Nitrogen-sulfur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea Mays*), and beans (*phaseolus*). *Agron. J.* 61: 267-271.
 72. Suzuki, A.(1977) Influence of sulfur nutrition on some aspects of amino acid metabolism and diagnosis of sulfur deficiency of crop plants. *Jap. Agric. Res. Report B* 29: 49-106.
 73. Technicon Industrial Method No. 321-74A (1974) *Technican Industrial Systems, Tarry-*

- town, N.Y. 10591.
74. Thompson, J.F.(1967) Sulfur metabolism in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18: 59-84.
 75. Tisdale, S.L. and W.L. Nelson(1975) *Soil fertility and fertilizers* and 3rd ed. McMillan Co. New York.
 76. Ulrich, A., Tabatabai, M.A., Ohki, K. and Johnson, C.M.(1967) Sulfur content of alfalfa in relation to growth in filtered and unfiltered air. *Plant and Soil* 26, 235-252.
 77. _____ and L.O. Hylton Jr.(1968) Sulfur nutrition of Italian ryegrass measured by growth and mineral content. *Plant and Soil.* 24(2); 274-284.
 78. Ulysses, J.S.(1982) *Fertilizers and soil fertility*, 2nd ed. Reston Pub. Co. 84-109.
 79. Wallihan, E.F., J.C. Moomaw, and S.K. De Datta(1974) Variable optimum concentrations of nitrogen in rice plants. *Soil Sci.* 118; 263-266.
 80. _____ and R.G. Sharpless(1974) Effect of sulfur supply on the optimum concentration of nitrogen in leaves of the rice plant. *Soil Sci.* 118(5): 304-307.
 81. Wang, C.H., T.H. Liem and D.S. Mikkelsen (1976) Sulfur deficiency – a limiting factor in rice production in the lower Amazon Basin. I. development of sulfur deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Research Institute, Inc. New York, Bull. 47:46.
 82. Wang, C.H., T.H. Liem and D.S. Mikkelsen (1976) Sulfur deficiency – a limiting requirement for rice production, IRI, Res. Inst. Inc. New York, Bull. 48:38.
 83. Westermann, D.T.(1975) Indexes of sulfur deficiency in alfalfa, II Plant analysis. *Agron. J.* 265-268.
 84. Yoshida, S.(1981) In fundamentals of rice crop science. IRRI LosBaños, Philippines, p. 162-165.

Appendix 1. F-value for the plant height and dry matter weight of the rice seedlings at the different time.

S. V.	D.F.	Plant height				Dry matter weight							
		weeks after seedling											
		3	4	5	6	3	4	5	6				
Total	23												
Replication	2												
Seedbed (A)	1	66.02 ^{**}	31.72 [*]	58.29 ^{**}	124.2 ^{**}	0.54	0.004	0.04	5.75				
Error (a)	2												
Cultivar (B)	1	501.99 ^{**}	371.4 ^{**}	4678.8 ^{**}	396.34 ^{**}	39.29 ^{**}	56.04 ^{**}	84.15 ^{**}	927.65 ^{**}				
A x B	1	13.44 [*]	0.55	0.126	0.04	0.00	0.44	1.69	85.28 [*]				
Error (b)	4												
Fertilizer (C)	1	9.62 [*]	12.84 ^{**}	29.84 ^{**}	5.55 [*]	5.84 [*]	8.59 [*]	16.28 ^{**}	2.65				
A x C	1	6.19 [*]	7.16 [*]	3.59	4.24	5.05	4.09	4.56	1.83				
B x C	1	1.03	1.13	5.85 [*]	0.03	2.08	4.59	1.15	3.66				
A x B x C	1	1.03	2.77	18.26 ^{**}	0.78	2.09	5.59 [*]	1.73	2.43				
Error (C)	8												

Appendix 2. F-value for the chlorophyll content and N/S ratio of the rice seedlings at the different time.

S.V.	D.F.	chlorophyll				N/S ratio			
		28-day old						42-day old	
		3	4	5	6	28-day old	42-day old		
Total	23								
Replication	2								
Seedbed (A)	1	12.77	15.88	24.55 [*]	3.57	21.87 ^{**}	5.69		
Error (a)	2								
Cultivar (B)	1	3.62	15.33 [*]	17.28 [*]	13.32 [*]	14.65 [*]	614.62 ^{**}		
A x B	1	0.59	2.52	0.02	0.67	1.21	18.28 [*]		
Error (b)	4								
Fertilizer (C)	1	0.54	1.16	13.79 ^{**}	8.76 [*]	0.07	9.96 [*]		
A x C	1	0.82	0.02	29.22 ^{**}	3.50	4.60	1.17		
B x C	1	1.38	1.53	7.52 [*]	8.25 [*]	0.22	2.18		
A x B x C	1	0.60	3.77	16.94 ^{**}	6.37 [*]	0.77	3.02		
Error (C)	8								

Appendix 3. F-value for the major nutrients of the rice seedlings at the different time.

S.V.	D.F.	28-day old							42-day old								
		Total															
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	Total			
Total	23																
Replication	2																
Seedbed (A)	1	36.05 [*]	109.21 ^{**}	10.32	838.6 ^{**}	141.6 ^{**}	4.01	4.57	11.34	13.10	62.99 [*]	47.67 [*]	16.59	16.62			
Error (a)	2																
Cultivar (B)	1	1.35	2.75	3.44	0.04	0.02	21.38 ^{**}	2.17	0.29	18.21 ^{**}	2.53	15.81 [*]	71.13 ^{**}	9.17 [*]			
A x B	1	0.08	0.22	0.06	29994 ^{**}	6.80	2.53	8.49 [*]	0.001	4.99	0.58	0.15	9.75	6.84			
Error (b)	4																
Fertilizer (C)	1	44.43 ^{**}	25.19 ^{**}	0.67	24.50 ^{**}	3.20	1.93	57.98 ^{**}	28.61 ^{**}	4.24	0.24	7.32 [*]	48.39 ^{**}	38.23 ^{**}			
A x C	1	2.38	67.98 ^{**}	17.73 ^{**}	32.45 ^{**}	2.59	6.94 [*]	1.74	9.59 ^{**}	0.02	3.61	1.01	0.02	0.78			
B x C	1	0.99	0.29	0.03	0.01	0.59	0.06	0.11	2.35	0.67	1.15	0.66	2.48	0.01			
A x B x C	1	7.82 [*]	0.13	0.05	1.71	1.26	0.66	2.42	0.82	2.01	0.57	5.25	9.92 [*]	4.60			
Error (C)	8																

*, ** means significance at 5%, 1% respectively.