

窒素施用水準에 따른 水稻品種別 生育 및 收量の 變異

盧 泳 德* · 李 鍾 薰* · 趙 載 英**

*作物試驗場 · **高麗大學校

Nitrogen Responses of Rice Varieties on Grain Yield and Other Agronomic Characters.

Y. D. Rho,* J. H. Lee,* and J.Y. Cho**

* Crop Experiment Station, O.R.D., Suweon, Korea

** Korea University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Nitrogen responses to yield and other agronomic characters were studied using four rice varieties, Tongil, Jinheung, Milyang 23, and Yushin, at six nitrogen levels, 0, 10, 15, 20, 25 and 30kg/10a, in a silt loam soil at the Crop Experiment Station, Suweon, Korea, in 1976.

Grain yields of Milyang 23 and Tongil were much higher than those of Jinheung and Yushin at high nitrogen levels (15-30kg/10a). Optimum nitrogen levels of the rice varieties, Tongil, Milyang 23, Yushin, and Jinheung, estimated by intersecting straight line, were 22, 19, 19, and 12kg/10a, respectively.

Morphological characters, dry matter production before and after heading, and yield components were discussed in relation to the nitrogen responsiveness of the rice varieties. In addition, relationships between yield, yield components, and other agronomic characters were discussed to obtain some informations for higher rice yield.

緒 言

窒素는 植物細胞의 原形質의 構成成分인 蛋白質의 主成分으로서 生長 및 發育에 決定的으로 重要하고 收量 構成要素들의 成立 過程에 있어 매우 重要한 役割을 하며, 全 生育期間에 걸쳐 必要不可缺한 要素로서 水稻뿐 아니라 大部分의 作物에 있어서 收量과 關係가 깊으므로 窒素에 關係서는 試驗報告들이 매

우 많다.

그런데 最近 人口增加에 따라 食糧需要가 急增加하고 있는 한편 化學工業의 發達로 化學肥料의 增産도 이룩되어 食糧增産을 위한 多肥多收 栽培法의 確立과 耐肥性이 크고 多肥條件에서 多收性을 發揮하는 所謂 多肥適應性 品種의 育成이 重要視되고 있다.

우리나라에서도 統一系 品種의 發達は 이런 傾向을 背景으로 하고 있다.

이러한 觀點에서 筆者는 窒素施肥量에 따른 水稻 品種들 特히 統一系 品種들의 收量 및 關連形質들을 면밀히 調査分析함으로써 多肥條件下에서의 安全 多收獲 栽培技術의 確立 및 多肥適應性 品種의 育成에 도움되는 知見을 얻고져 本 試驗을 實施하였다.

1. 研究 史

水稻의 收量 生産過程은 養分吸收 및 同化生産을 위한 器官과 收量 受容器官等 器官의 形成 段階와 受容器官에 內容物質을 生産, 貯藏, 移轉하는 段階로 區分하여 생각할 수 있는데, 窒素는 蛋白質等 生理的으로 重要한 役割을 하는 化學物質들의 構成成分으로써 收量生産과 密接한 關係를 갖고 있어 水稻에 있어 窒素는 必須元素일 뿐만 아니라, 量的으로도 많은 吸收가 必要하다.

戶池¹⁾는 窒素는 分蘖과 密接한 關係가 있고 分蘖의 增加는 面積을 增大시키고 穗數를 增加시켜 結果的으로 收量を 增加시키는 것이라 하였는데, 分蘖 盛期의 旺盛한 分蘖을 위하여는 活動葉의 窒素濃度가 3.5% 以上이어야 하며, 2.5% 以下에서는 새로운 分蘖은 停止되며 1.5% 以下에서는 分蘖이 減少된다

고³⁷⁾ 한다.

穎花의 分化와 退化에 미치는 窒素의 影響에 關한 報告도 많은데^{11,27,30)} 和田⁵⁶⁾는 分化된 穎花의 退化는 全體穎花에 對하여 그 數가 매우 적으므로 單位面積當穎花數는 出穗期까지에 吸收된 總窒素量에 依하여 說明될 수 있을 것이라 하였다.

不稔粒은 眞正한 意味에 있어 收量 受容器官이라 할 수 없는데 多量의 窒素를 施用하면 特히 日照가 不足한 狀態에서는 花絲의 異常伸長, 葯裂開의 不完全, 發芽 花粉粒의 減少 등으로 不稔粒이 增加된다⁵²⁾고 한다.

水稻에 있어 收量 受容器官의 內容物質은 炭水化合物과 이에 由來된 蛋白質 및 脂肪으로 構成되는데 이는 出穗前 莖葉에 貯藏되었다가 轉流되는 것과 出穗後에 生産蓄積되는 두 가지로 나눌 수 있으며 收量에 對한 이들의 寄與度는 品種, 環境, 栽培法 등에 따라 다른데³⁾ 出穗前 貯藏養分의 寄與度는 大體로 10~40%라고 하며³⁶⁾ 窒素를 多量 施用하게 되면 그 寄與度는 낮아진다⁵⁶⁾고 한다.

葉身의 同化能力을 葉身窒素含量 特히 蛋白態 窒素含量과 깊은 關係가 있다고 한다.

그런데 窒素肥料는 그 施用時期에 따라 炭水化合物의 蓄積에 매우 다르게 影響하는데 伸長 生長期까지에는 蛋白合成이 旺盛하여 窒素의 供給에 따라 糖이나 澱粉의 含量은 低下하게 되나 穎花分化期 以後에는 葉面積의 增大等 生長 促進效果는 減少되고 光合成을 增進시켜 出穗 및 成熟期의 炭水化合物 蓄積을 増大시킨다^{17,19,35,38,53,54,56)}고 한다.

Heath, Gregory¹⁵⁾ 및 Watson⁵⁷⁾ 등이 作物의 生長과 收量を 分析함에 있어 葉面積指數(LAI)와 純同化率(NAR)의 概念을 導入한 이래 이에 關한 많은 研究가 이루어졌는데 一定 LAI 以上에서는 NAR은 LAI와 逆의 相關이 存在하며 따라서 乾物生産과 LAI와는 반드시 一致하지 않고 最適 LAI가 存在하는데 이 理論은 많은 研究者들에 依하여 實證되었다.^{7,15,26,31,44)}

水稻에 있어 窒素施肥量에 따른 反應은 品種에 따라 다르며 最高收量を 위한 施肥水準도 다르다는 報告들^{38,41,49)}은 많은데 이러한 窒素反應의 差異는 耐肥性(Resistance to nitrogen)¹⁷⁾ 혹은 多肥適應性(Nitrogen adaptability)⁴⁾ 등으로 表現되어지고 있다.

Baba^{4,24)}는 多肥狀態에 잘 適應하는 品種은 施肥水準이 높을 때 發生이 甚한 病害와 倒伏에 抵抗性을 갖출뿐 아니라 窒素同化能力, 光合成과 呼吸 및 이의 均衡, 光合成 物質의 貯藏, 移轉 그리고 根活力

등의 바람직한 生理 生態의 特性도 갖추어야 한다고 하였는데, 이에 關한 報告들이 많다.^{25,33,34,39,48,49)}

Chandler^{8,9)}는 稈의 特性은 耐倒伏性을 지배하는 形質로서 單一形質로는 耐肥性에 가장 크게 影響한다고 하면서 短稈이고 窒素增施에 따른 稈의 伸長, 特히 下位 節間이 크게 伸長하지 않는 것이 바람직하다고¹⁰⁾ 하였는데 Tanaka⁴⁸⁾는 短稈의 特性은 또한 葉身重 比率를 增大시켜 同化呼吸上 有利하다고 하였다. 한편 耐肥性 品種이 葉의 特性으로는 짧고 比較的 좁으며 直立 密集配置되는 등 光利用上 有利한 構造^{9,18,31,48)}를 갖추는 것이 좋으며, 또한 SLA가 작고⁵⁵⁾ 濃綠色을 띄는 것이 有利하다고 한다.

Tanaka⁴⁷⁾ 高橋 et al⁴⁵⁾ 등은 窒素代謝面에서 耐肥性이 낮은 品種들은 耐肥性 品種에 比하여 生育初期의 窒素吸收 및 同化가 旺盛하여 乾物重, 分蘖, 草長 LAI의 增加가 커서 일찍부터 相互遮光의 程度가 커서 同化, 呼吸의 均衡上 不利하여 지며 따라서 암모니아태 아미드 태의 水溶性 窒素의 含量이 많아지게 된다고 한다.

光合成에 依한 同化產物의 生産 蓄積과 水稻品種들의 窒素反應에 關한 報告들을 보면 耐肥性이 큰 品種은 높은 窒素水準에서도 光合成 能力이 增進되며 呼吸에 依한 소모는 比較的 적으므로 葉鞘 및 줄기에 많은 炭水化合物을 蓄積한다^{32,39,44,45,50)}고 하였는데 安²⁾은 多肥栽培時의 澱粉含量은 水稻品種의 耐肥性 判斷의 한가지 Biochemical parameter로 使用할 수 있다고 하였다.

이 밖에도 耐肥性 品種의 特性에 關한 報告들은 많은데 生育期間이 比較的 짧은것⁴⁸⁾과 穗數型 品種이 有利하며^{4,23)} 耐肥性 品種은 珪酸 吸收力이 크며²⁴⁾ 登熟後期까지 光合成 能力과 뿌리의 活力이 높게 유지되며³⁸⁾ LWR이 높으며⁵⁵⁾ 窒素增施에 따른 租粟比率와 稔實, 登熟率 및 千粒重의 減少가 적다³⁴⁾고 한다.

japonica品種이 indica品種에 比하여 耐肥性이 크다고 報告된 바^{31,36)} 있는데 安²⁾은 이들이 從來 키가 크고 잎이 무성한 indica品種을 對象으로 하였음을 지적 하면서 短稈이고 受光態勢가 좋은 改良된 草型의 indica 品種은 매우 耐肥性이 높은것^{12,21,49)}으로 보아 그 結果는 indica와 japonica 品種의 區分에 따르는 것이라기 보다는 草型의 良否에 左右된것 같다고 하였다. 또한 尹⁵⁸⁾도 찰벼와 메벼의 窒素反應試驗에서 草型에 따라 窒素反應이 다르게 나타남을 報告하였다.

우리나라 水稻品種들의 窒素反應에 關한 試驗의 結

菓를 보면 統一은 群落의 높이가 낮고 개엽도가 작으며 葉長比率이 작고 下位 4,5節間이 짧고 굵으며 LAI가 높고 穗重型이며 LWR이 높은 長點이 있으나 老化에 의한 群落 破壞率이 큰 短點이 있다고 하였으며⁴³⁾ 受光態勢가 좋고 同化呼吸의 均衡上 有利한 生産構造를 가진 바람직한 草型으로서 倒伏抵抗性이 크고 出穗前貯藏 炭水化合物이 많고 磷酸, 珪酸, 칼슘, 마그네슘 등의 體內含有率이 높으며 高溫多照 下에서는 穎花數와 登熟率間의 逆相關이 이루어지지 않아 多肥 密植에서 多收性을 發揮하는 特性을 가졌다⁴⁾ 고 하였다.

우리나라에서 三要素試驗의 結果들을 보면 窒素의 效果가 가장 크고 磷酸과 加里의 效果는 적은데 從來 japonica品種에 있어서의 窒素의 效果는 10kg/10a 內外까지 收量을 増大시킨다^{14,30,40,41,42)} 고 報告되어 있으나 最近 改良된 品種에서는 窒素의 適正施肥 水準이 매우 높아 24kg/10a까지 増收된다고 報告⁵⁸⁾된 바도 있다.

窒素施肥量의 增加에 따른 收量反應은 2次方程式에 依하여 說明되고 또 이에 依하여 適正施肥量이 推定되어 왔는데, 最近 耐肥性 品種의 育成과 함께 適正 施肥水準 以上에서 減收가 顯著하지 않거나 어느 程度 그 最高水準을 維持한다고 報告^{21,22)}되고 있는데 이러한 作物의 收量反應과 最適施肥量의 推定을 위한 새로운 統計的 方法이 研究^{1,6,18)}되고 있다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 1976년에 作物試驗場 試驗畝(水原, 東經 126°59'7" 北緯 37°16'9" 海拔 36.7m)에서 實施하였는데 試驗畝는 辛隆洞으로서 排水良好한 砂質壤土이며 作土層의 化學的 特性은 아래와 같다.

Chemical property of top soil

pH (1:1)	O. M.	C.E.C	P ₂ O ₅ SiO ₂		Extractable cations (Me/100gr)		
					K ₂ O	Ca	Mg
6.2	%	me/100gr	ppm	ppm	0.47	3.2	0.83
	2.1	8.2	53	99			

供試品種으로는 indica gene를 導入하여 育成한 統一, 維新, 密陽 23號와 함께 japonica인 振興을 使用하였고 窒素(N)施肥水準을 0, 10, 15, 20, 25, 30kg/10a의 6水準으로 하였으며 N水準을 主區, 品種을 細區로 한 分割區配置 3反復으로 試驗하였다.

本 試驗은 4月 10日播種, 保溫育苗하여 5月 29日에 條間 30cm 株間 15cm 株當 3苗로 移秧하였다.

磷酸(P₂O₅)과 加里(K₂O)는 10a當 各各 10kg과 12 kg施用 하였는데 磷酸은 全量基肥 加里는 70%를 基肥 30%를 穗肥로 施用하였고 窒素는 穗肥로 3kg/10a, 實肥로 2kg/10a를 施用하고 그 나머지를 基肥로 60% 分蘖肥로 40%分施 하였다.

基肥는 씨리기 前에 주어서 全層施肥가 되도록 施用하였는데 窒素는 基肥中 20%를 移秧前 表層에 施用 하였으며 其他는 作物試驗場標準栽培法에 따랐다.

本 試驗期間은 平年에 比하여 氣溫이 낮고 日照가 不足한 狀態로 經過하였으나 出穗가 약간 늦어진 이외에는 特別한 氣象 災害는 없었다.

各 調查項目의 調查方法은 다음과 같았다.

1. 生育調查

葉身長, 葉幅 및 葉角은 穗抽期에 節間의 特性은 出穗後 20日에 區當 5個의 主稈을 任意抽出하여 調查 하였으며 草長, 稈長, 穗長은 가장자리 2列를 除外하고 第3列에서 10株를, 穗數는 20株를 任意抽出 調查平均 하였다.

2. 乾物重 및 葉面積

乾物重은 各區에서 5株씩 任意로 標本을 抽出하여 葉身과 葉鞘十稈으로 分離하여 80°C의 dry oven에 72時間 乾燥시켜 秤量하였으며 葉面積은 乾物重 調查試料에서 中庸의 稈子를 株當 1個 抽出하여 自動 葉面積 測定計를 使用하여 面積을 測定하고 그 葉身의 乾物重을 調查하여 葉面積/葉身重의 比(單位 葉面積 SLA)를 求하고 全體 葉身重과 單位 葉面積에 依해서 全體 葉面積을 算出하였다.

3. 收量構成 要素

穗數는 區當 20株씩 調查 平均하였고 穎花數는 各區의 中央部에서 10株를 採取하여 그 穗數를 세고 穎花를 分離하여 乾燥한 후 秤量하고 一定量을 抽出하여 全粒數와 不稔 및 未登熟粒數를 調查하여 稔實 및 登熟率을 求하고 重量比로 10株에 對한 穎花數를 算出한 後 그 穗數로 나누어 1穗 穎花數를 求하였다. 登熟率은 比重이 統一, 維新, 密陽 23號는 1.03 振興은 1.06以上인 粒을 鹽水로 選別하여 登熟粒으로 하여 算出 하였다.

玄米 千粒重은 收量調查 試料를 計粒板으로 헤아려 區當 500粒을 2反復으로 採取하여 調查平均 하였다.

4. 收 量

收量은 區當 5m²分씩 刈取하여 生脫穀한뒤 日光乾燥시켜 脫芒風選한뒤 秤量하여 10a當 正租收量을 算出하고 正租 1kg을 製玄하여 正玄比率을 얻어 玄米收量을 求하였다.

結 果

1. 窒素施用水準에 따른 水稻品種의 主要形質들의 變異

가. 稈 長

Table 1에서 보는 바와 같이 稈長은 窒素를 增施함에 따라 길어지는 傾向이었는데, 品種別로 보면 振

興이 가장 길었고, 統一이 가장 짧았는데, 새로이 育成된 維新과 密陽 23條는 統一에 比하여 長稈이었다. 窒素增施에 따른 節間의 伸長增大는 3,4節間에서 現저 하였다.

密陽 23號와 維新은 2,3節間이 매우 긴 特性을 가지고 있으며 이들 品種이 統一에 比하여 長稈인 것

Table 1. Comparison of length of internodes and culm length.

		Length of internode (cm) ³⁾				Culm length (cm)
		1	2	3	4	
N. level (kg/10a) (A) ¹⁾	0	30.8	16.2	7.9	4.0	54.8
	10	31.7	19.4	9.0	4.7	61.0
	15	32.3	19.0	9.9	5.0	64.8
	20	31.7	19.3	12.0	6.5	68.8
	25	32.7	19.5	12.1	7.0	67.3
	30	31.0	18.5	12.4	7.2	69.7
Variety ²⁾ (B)	Yushin	29.9	17.4	13.3	6.0	64.6
	Milyang 23	32.4	19.3	10.2	4.9	63.5
	Tongil	28.1	14.9	7.2	4.2	49.4
	Jinheung	36.5	23.0	11.5	8.0	80.2
F value	A	1.99	13.02**	17.39**	11.2**	52.32**
	B	90.64**	75.60**	29.99**	26.2**	592.51**
	AB	1.03	1.88	0.68	0.61	3.56**
LSD 0.05	A	1.70	1.06	1.43	1.26	2.44
	B	1.10	1.13	1.35	0.94	1.49

¹⁾ Mean of 4 vers.

²⁾ Mean of 6 Nitrogen levels

³⁾ No. from upper internode

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level

Table 2. Comparison of dry weight and length of internodes at 3 nitrogen levels.

		Upper 2 internodes			Lower 3 internodes		
		0kg/10a	15kg/10a	25kg/10a	0kg/10a	15kg/10a	25kg/10a
Dry Weight (mg)	Yushin	163	191	197	161	268	267
	Milyang 23	243	241	282	170	205	310
	Tongil	168	164	156	186	249	246
	Jinheung	247	297	257	222	373	387
Length (cm)	Yushin	46.7	48.7	48.9	15.8	20.8	23.6
	Milyang 23	49.3	52.8	51.4	10.3	11.7	22.2
	Tongil	39.6	42.5	46.4	9.4	11.8	13.3
	Jinheung	52.7	61.4	62.4	15.2	19.8	25.2
D.W./L. (mg/cm)	Yushin	3.5	3.9	4.0	10.2	12.9	11.3
	Milyang 23	4.9	4.6	5.5	16.5	17.5	14.0
	Tongil	4.2	3.9	3.4	19.8	21.1	18.5
	Jinheung	4.7	4.9	4.1	14.6	18.8	15.4

Table 3. Comparison of length, width and angle of leaf blades.

	Length of leaf blade (cm)				Leaf angle (°)			Width of leaf blade (cm)			
	1 (flag)	2	3	4	1 (flag)	2	3	1 (flag)	2	3	4
	N. level (kg/10a) ²⁾	25.2	32.2	31.0	27.5	13.7	10.9	18.1	1.20	1.80	0.88
0	32.0	28.1	33.7	30.4	16.5	16.2	26.3	1.35	1.11	0.96	0.9
15	34.9	34.9	39.4	31.3	16.6	21.4	27.4	1.46	1.24	1.09	1.0
20	34.2	40.1	37.2	33.2	14.4	20.1	24.7	1.59	1.31	1.61	1.1
25	33.5	39.3	38.0	34.6	16.4	19.7	23.7	1.59	1.34	1.18	1.2
30	33.9	42.0	30.8	37.4	18.3	19.9	25.7	1.69	1.43	1.25	1.2
Variety ¹⁾	28.9	37.4	34.6	31.3	7.0	11.5	16.8	1.60	1.32	1.10	1.1
Yushin	32.0	37.4	35.0	31.9	6.0	9.1	25.2	1.52	1.31	1.15	1.1
Milyang 23	29.0	41.0	36.0	30.4	12.1	14.5	22.4	1.51	1.24	1.08	1.0
Tongil	39.2	38.3	38.2	36.1	38.8	36.9	42.8	1.30	1.09	1.03	1.0
Jinheung											
F. value	67.71**	15.05**	21.79**	13.22**	0.92	9.59**	4.77*	35.77**	48.7**	26.08	18.2*
A	61.11**	5.96**	10.39**	16.46**	103.83**	89.12**	121.55**	39.88**	25.46**	6.03*	1.35
B	0.92	1.32	0.70	0.65	0.60	2.66	1.80	1.11	1.67	0.97	1.58*
AB											
LSD 0.05	1.39	2.71	2.35	2.99	5.41	3.97	4.77	0.99	0.07	0.09	1.10
A	1.78	1.98	1.43	1.78	4.34	3.89	3.31	0.66	0.66	0.05	0.05
B											

¹⁾ Mean of 6 nitrogen levels

²⁾ Mean of 4 vers.

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level

은 이 2,3節間이 길기 때문인 것으로 생각되었다.

各品種들의 窒素 0,15,25kg/10a 施用水準에 있어서의 上位 1~2節間과 下位の 3~5節間으로 나누어 그 特性을 比較하여 본 結果(Table 2) 上位 1,2節間은 品種이나 施肥量에 따른 큰 差異가 나타나지 않았으나 下位の 3,4,5節間은 매우 다른 結果를 보였다.

下位節間の 全乾物重은 長稈인 振興이 가장 무거웠고, N水準이 높아짐에 따라 增加되었는데 單位節間重(節間重/節間長)을 보면 N15kg/10a에서는 無窒素區에 比較하여 增加傾向이나 N25kg/10a의 多肥에서는 節間の 伸長에 依하여 單位節間重이 顯著히 減少됨을 알 수 있었다. 各品種들의 單位節間重을 보면 統一이 가장 무거웠고 振興, 密陽 23號, 維新의 順으로 가버렸는데 特히 維新의 경우, 長稈인 振興에 比較하여도 顯著히 가벼운 것으로 나타났다.

나. 葉身(葉身長, 幅, 單位 葉身重, 葉身重比率)

收量 生産과 가장 깊은 關係를 가진 止葉, 2葉, 3葉, 4葉의 穗揃期의 葉身長, 葉幅 및 葉角을 보면 Table 3에서와 같이 N을 増施함에 따라 葉身長은 길어지고 葉幅은 넓어지고 葉角은 增大되어 光利用上 不利한 方向으로 作用하였다.

各品種을 서로 比較하여 보면, 統一, 密陽 23號, 維新 등 indica gene을 導入한 새로운 品種들은 葉幅이 넓고 葉身이 짧고 直立하는 傾向이나 振興은 葉幅이 좁고 葉身이 매우 길며 葉角이 클뿐만 아니라 登熟期에는 잎이 더욱 처져서 새로운 草型의 品種들에 比較하여 光利用上 不利한 葉을 갖추고 있는 것으로 보였다.

單位 葉身重(SLA)은 N을 増施함에 따라 增加하였는데 維新과 密陽 23號는 振興이나 統一에 比較하여 SLA가 큰 것으로 나타났으며(Fig. 1)

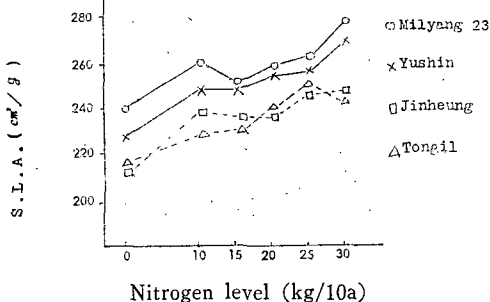


Fig. 1: Effect of nitrogen levels on specific leaf area of rice varieties at heading stage.

全體 乾物重中 同化生産器官인 葉身이 차지하는 比率 즉 葉身重比率(LWR)은 N. 増施에 따라 增加하였는데 各品種들을 比較하여 보면 短稈인 統一의

LWR이 가장 컸고 振興이 그 다음이었으며 維新과 密陽 23號는 낮았다. (Fig. 2)

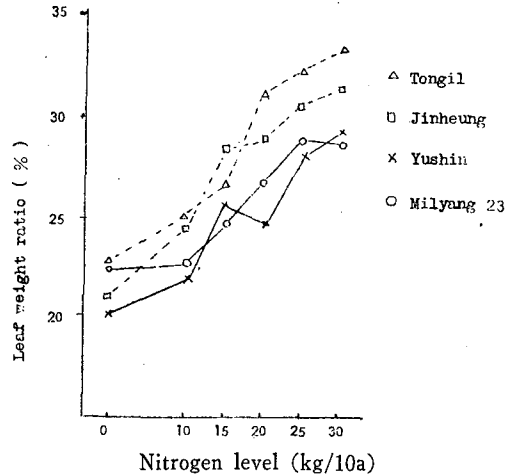


Fig. 2: Effect of nitrogen levels on leaf weight ratio of rice at heading stage.

收量 生産器官(source)인 葉身重과 收量受容器官(sink)인 穎花數의 比率을 보면 Fig. 3과 같이 대체적인 傾向은 施肥量이 增加됨에 따라 낮아졌는데 供試品種中 維新은 葉身重當 穎花數가 가장 많은 것으로 나타났다.

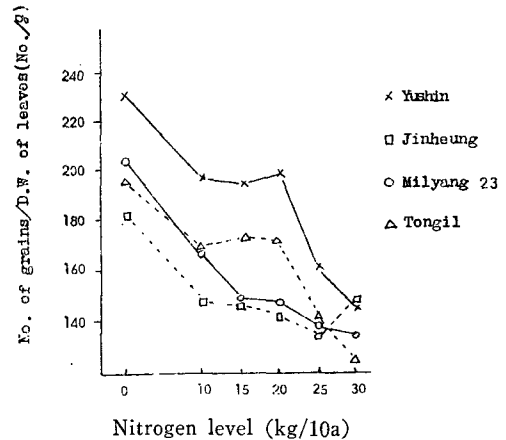


Fig. 3: Effect of nitrogen levels on the number of grains to dry weight of leaves.

다. 乾物生産 및 租粟比率

Fig. 4에서와 같이 出穗期 乾物重은 대체로 窒素施肥水準에 따라 增加되는 傾向이 있었는데 統一과 密陽 23號는 높은 窒素水準에서는 그 傾向이 완만하긴 하지만 窒素 30kg/10a까지 增加되었으나, 維新은 窒素 20~25kg/10a에서는 다시 減少하였으며, 振興은 出穗期 乾物重이 多肥條件에서는 他品種에 比較하여 적었으며 窒素 20kg/10a 以上에서는 대체로 平衡을 유

지하였다.

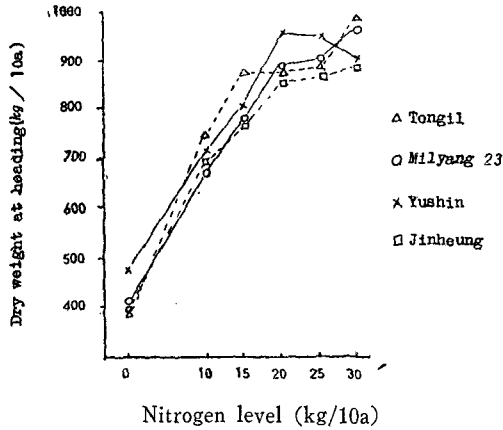


Fig. 4: Effect of nitrogen levels on dry weight at heading time.

各品種들의 窒素施肥量에 따른 出穗後 乾物生産量を 比較하여 보면(Fig. 5) 統一은 N增施에 따라 增加하다가 20kg/10a以上에서는 平衡을 유지하였으나, 密陽 23號와 振興은 20kg/10a을 頂點으로 그 以上에서는 다시 減少되었다. 그런데 維新은 이들 品種과는 달리 N.施肥量에 따라 큰 差가 없었고 窒素 15kg/10a以上에서는 他品種에 比하여 顯著히 적었다.

成熟期 乾物重(Fig. 6)은 窒素施肥量에 따라 增加하다가 20kg/10a以上에서는 대체로 平衡을 유지하였는데, 統一은 약간의 增加傾向을 보이는데 반하여 維新과 振興은 약간의 減少傾向이 보였다.

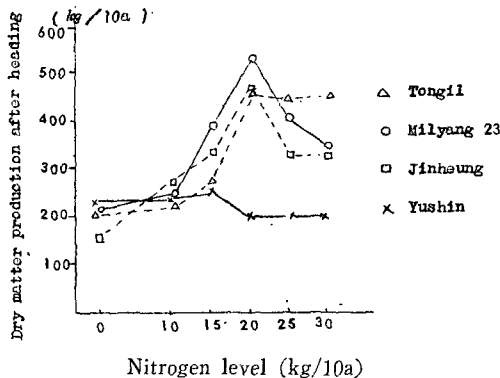


Fig. 5: Effect of nitrogen levels on dry matter production after heading.

그런데 維新은 窒素 0kg/10a에서는 他品種에 比하여 많은 乾物生産을 보였으나 窒素增施에 따른 增加比率이 낮아 窒素 15kg/10a以上에서는 他品種들에 比하여 적었다.

租/稈 比率은 窒素增施에 따라 낮아졌는데 그程

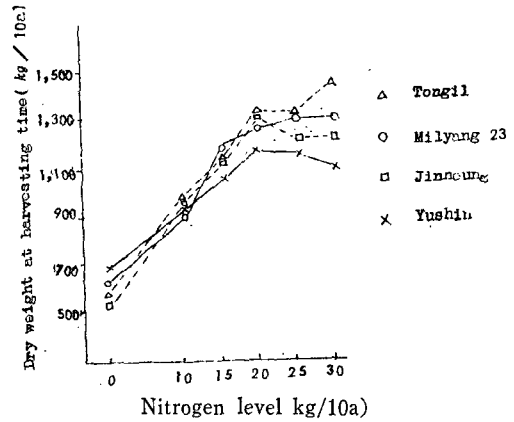


Fig. 6: Effect of nitrogen levels on the dry weight of plant tops at harvest time.

도는 品種에 따라 매우 달랐다. (Fig. 7) 즉 窒素 0kg/10a에서는 品種에 따른 差異가 나타나지 않았으나, 窒素 30kg/10a에서는 密陽 23號와 統一은 各各 1.28과 1.15로 比較的 높게 維持된 反面 振興은 0.7로 顯著히 낮았다.

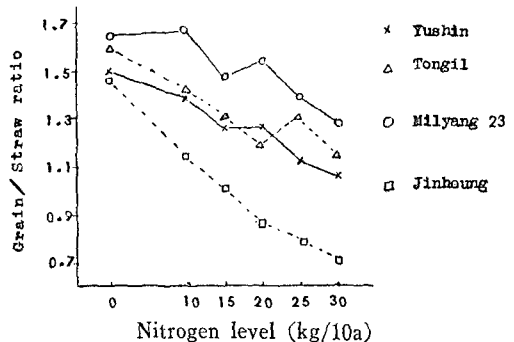


Fig. 7: Effect of nitrogen levels on the grain/straw ratio.

2. 窒素施用水準에 따른 水稻 品種別 收量 및 收量構成要素의 變異

가. 穎花數

單位面積當 穎花數는 穗數와 穗當 穎花數에 依하여 決定되는데 m^2 當 穗數(Fig. 8)는 N.增施에 따라 增加하나 多肥에서는 그 增加幅이 둔화되었다. 統一과 振興은 比較的 穗數가 많았고, 維新은 窒素 0kg/10a에서는 4品種中 가장 많은 穗數를 가졌으나, 그 增加率이 낮아 多肥에서는 統一에 比하여 적었으며, 密陽 23號는 穗數가 供試品種中 가장 적었다.

穗當 穎花數는 Fig. 9에서와 같이 대체로 振興 < 統一 < 密陽 23號 < 維新의 順이었고 窒素增施에 따른 變化는 品種에 따라 매우 달랐는데, 維新과 統

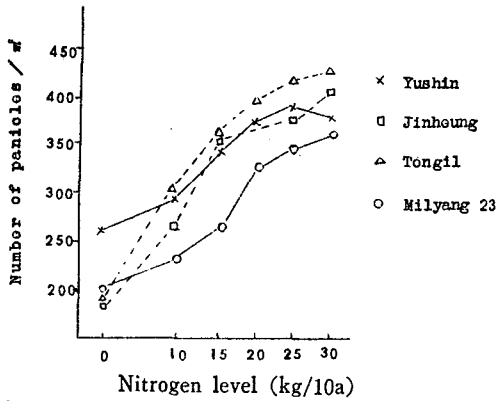


Fig. 8: Effect of nitrogen levels on the number of panicles per square meter.

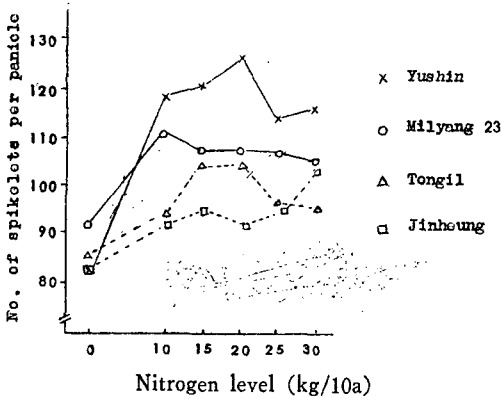


Fig. 9: Effect of nitrogen level on the number of spikelets per panicle.

一은 窒素増施에 따라 増加하다가 20kg/10a을 경계로 다시 減少하였으나, 密陽 23號는 窒素 10kg/10a 이상에서 大體로 平衡을 維持하고, 振興은 이들과는 달리 窒素増施에 따라 繼續 増加하는 傾向이었다.

穗當 穎花數 (Fig. 10)는 密陽 23號≒振興<統一< 維新의 順이었는데 窒素増施에 따른 變化를 보면 m²當 穎花數가 적은 密陽 23號와 振興은 窒素増施에 따

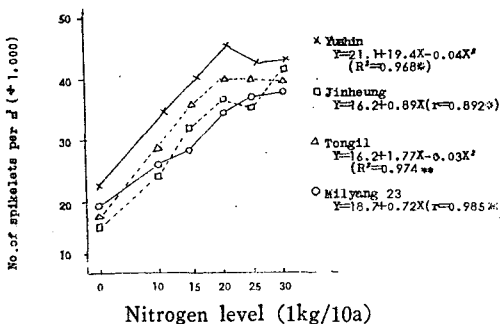


Fig. 10: Effect of nitrogen levels on the number of spikelets per unit area.

라 繼續 増加한 反面 穎花數가 많은 維新과 統一은 窒素 20kg/10a以上에서는 増加가 없었다.

나. 登熟

登熟率은 不稔粒과 未熟粒의 多少에 依하여 決定되는데 Fig. 11에서와 같이 Indica Gene을 導入한 品種들은 窒素増施의 増加에 따른 稔實率의 減少가 微微한 反面 振興은 窒素 10kg/10a에서는 다른 品種들보다 높았으나 窒素施肥量이 増加됨에 따라 그 減少가 顯著하여 높은 窒素水準에서는 다른 品種에 比하여 稔實率이 매우 낮았다.

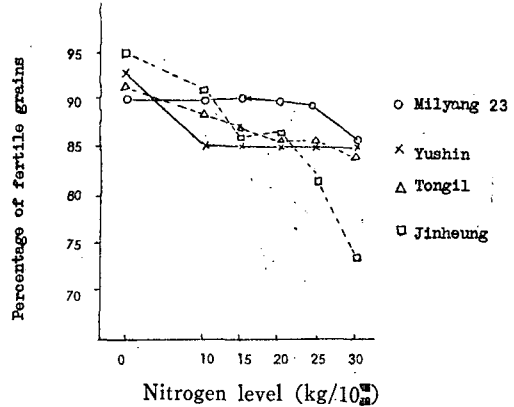


Fig. 11: Effect of nitrogen levels on the percentage of fertile grains.

窒素水準에 따른 各品種들의 登熟率의 變異는 (Fig. 12) 稔實率과 같은 傾向으로 振興은 N. 0kg/10a에서는 比較的 높았으나 窒素水準이 높아짐에 따라 顯著히 낮아져서 窒素 30kg/10a에서는 登熟率이 40%에도 미치지 못하였다.

反面 새로운 草型의 品種들은 窒素増施에 따른 登熟率의 低下가 크지 않았고 維新>統一>密陽23號順으로 登熟率이 높았다.

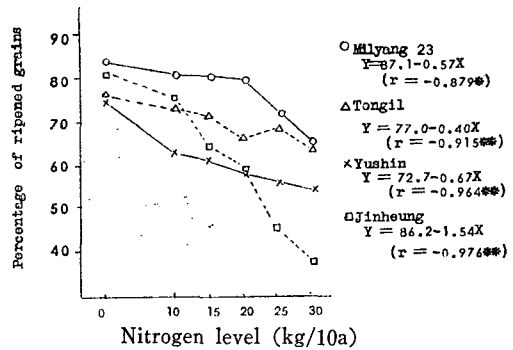


Fig. 12: Effect of nitrogen levels on grain ripening of rice vars.

다. 千粒重

玄米千粒重 (Fig. 13)은 全體의으로 보아 窒素 10kg

/10a의 施肥水準을 最高로 하여, 그 以上에서는 減少하는 傾向이었는데 改良된 草型의 品種들은 施肥水準에 따른 뚜렷한 差異가 보이지 않았다. 千粒重이 가장 높았던 窒素 10kg/10a에서 各 品種들의 千粒重을 比較하여 보면 振興이 가장 大粒이고 統一과 密陽23號가 그 中間이며 維新이 가장 少粒이었다.

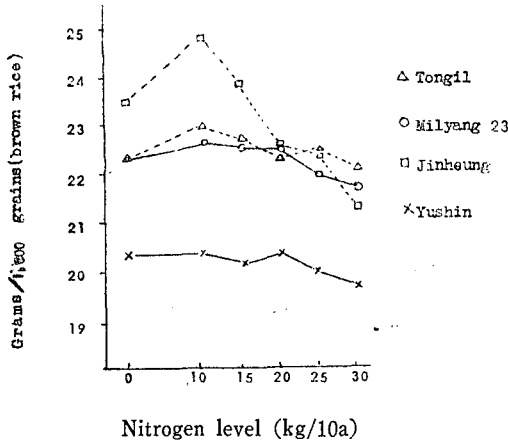


Fig. 13: Effect of nitrogen levels on 1,000 grain weight.

라. 收量の 變異와 適正施肥量

10a當 玄米收量は 品種別 및 窒素施肥量別 有意差를 認定할 수 있었으며 施肥量에 따른 各 品種의 反應도 매우 다른 것으로 나타났다. (Fig. 14 Table 4)

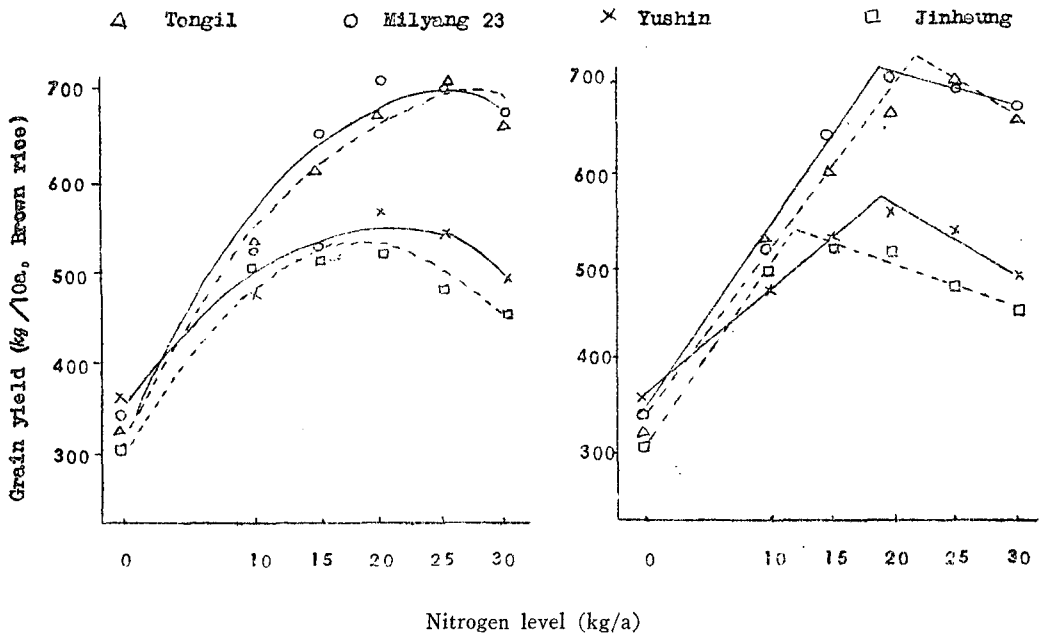


Fig. 14: Effect of nitrogen levels on the brown rice yield fitting to quadratic curve and intersecting straight line.

無窒素에서의 玄米收量を 보면 振興<密陽23號<統一<維新의 順이었으나 窒素 15kg/10a 以上에서는 密陽23號와 統一이 振興이나 維新에 比하여 훨씬 많은 收量を 보였는데 各 品種들의 最高收量(玄米)은 振興과 維新이 窒素 20kg/10a區에서 各各 527kg/10a과 572kg/10a이었고, 密陽23號와 統一은 各各 窒素 20kg/10a에서 711kg/10a과 窒素 25kg/10a에서의 709kg/10a이었다.

各 品種들의 2次方程式과 Intersecting Straight line을 利用한 窒素施用 水準에 따른 收量の 反應을 보면 Table 4와 같다.

數學的 方法에 依한 理論值가 實測值와 얼마나 잘 맞는가를 F檢定하여 본 結果 이 두 方法은 모두 高度의 有意性이 있었으며 多重回歸係數(R²)도 매우 높았다.

2次方程式에 依하여 얻어진 最高收量 및 이때의 窒素 施肥量을 보면 統一이 窒素 26.5kg/10a에서 696kg/10a의 玄米收量を, 密陽23號는 窒素 25.2kg/10a에서 699kg/10a을 나타내어 最適施肥水準이 높았고 維新은 20.3kg/10a에서 550kg/10a, 振興은 窒素 18.2kg/10a에서 539kg/10a로 나타났다.

한편 Intersecting straight line에 의하여 推定한 各 品種들의 最適 施肥水準은 統一이 窒素 22kg/10a, 密陽23號와 維新이 19kg, 振興은 12kg/10a이었다.

Table 4.: Optimum nitrogen levels estimated from quadratic equation and intersecting straight line.

Varieties	Quadratic curve				Intersecting straight line		
	Equation	Maximum yield			Equation ($N=X_1+X_2$)	R ²	Optimum N. level
		R ²	N.	Yield			
Yushin	$Y=357.9+18.7X-0.46X^2$	0.958	20.3	550	$Y=365.4+11.2X_1-7.4X_2$ ($X_1 \leq 19$)	0.996	19
Milyang 23	$Y=344.4+28.2X-0.56X^2$	0.969	25.2	699	$Y=351.7+19.3X_1-3.7X_2$ ($X_1 \leq 19$)	0.994	19
Tongil	$Y=323.2+28.1X-0.53X^2$	0.990	26.5	699	$Y=340.5+17.8X_1-7.9X_2$ ($X_1 \leq 22$)	0.993	22
Jinheung	$Y=315.2+23.6X-0.65X^2$	0.977	18.2	539	$Y=309.2+16.1X_1+4.8X_2$ ($X_1 \leq 12$)	0.981	12

窒素施肥量の増加에 따른 玄米의 増收量 卽 窒素生産力($\Delta Y/\Delta N$)은 Fig. 15와 같은데 窒素生産力은 窒素増施에 따라 減少되지만, 統一은 他品種에 比較하여 높고 다만 25~30kg/10a의 높은水準에서 負의生産力을 보였으나 密陽23號는 20kg/10a까지는 매우 높게 유지되나, 그 以上에서는, 負의生産力을 보였으며 振興은 0~10kg/10a水準에서는 매우 높았으나 窒素施肥量이 増加됨에 따라 急激히 낮아져서, 15~20kg/10a水準에서는 生産力이 극히 적고, 20~25kg/10a以上에서는 負値를 보였다.

그리고 維新은 窒素生産力이 낮은편이었으나, 窒素施肥量에 따른 減少比는 振興에 比較하여 낮은 편이었다.

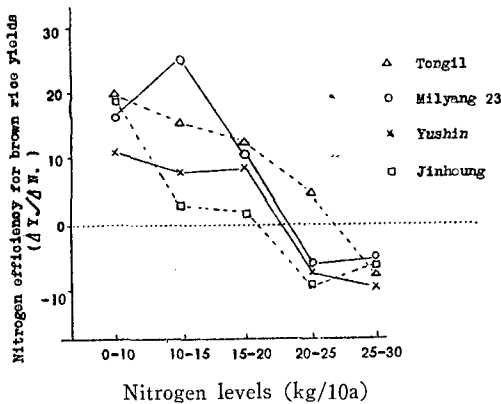


Fig. 15: Changes of nitrogen efficiency for brown rice yield.

3. 收量과 收量에 關與하는 主要形質의 相互關係
가. 穎花數와 登熟率 및 收量과의 關係

m²當 穎花數와 登熟率과의 關係는 Fig. 16과 같은데 모든品種에 있어 負의 相關이 認定되었으나, 穎花數의 増加에 따른 登熟率의 減少比率는 統一<密陽23號<維新<振興의 順이었는데 特別振興의 境遇에

減少가 顯著하였으며 改良된 草型の 品種들은 登熟率의 減少가 크지 않았다.

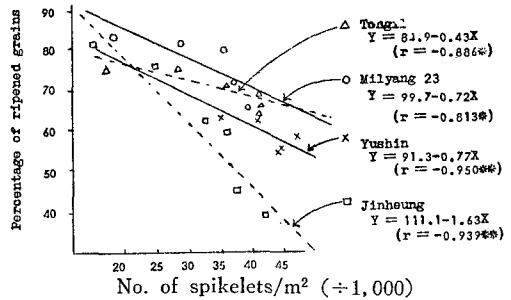


Fig. 16: Relationships between number of spikelets and grain ripening.

그러므로 玄米收量은 이들 改良된 草型の 品種들에서는 穎花數와 正의 相關을 나타내어 穎花數의 增大에 따라 거의 直線의 收量이 增大되었다(Fig. 17).

그러나 振興은 穎花數가 増加하면 登熟率의 減少가 크므로 過度한 穎花數의 確保는 오히려 減少되어 最適 穎花數가 存在하는 것으로 나타났는데 振興의

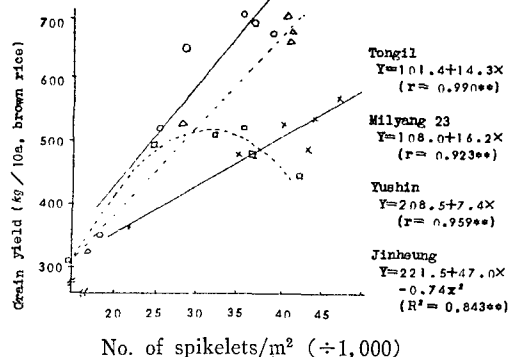


Fig. 17: Relationships between number of spikelets and brown rice yield.

最適 穎花數는 本試驗의 結果로는 32,000粒/m² 内外로 推定되었다.

나. LAI와 收量과의 關係

LAI와 玄米 收量과의 關係를 보면 Fig. 18과 같다.

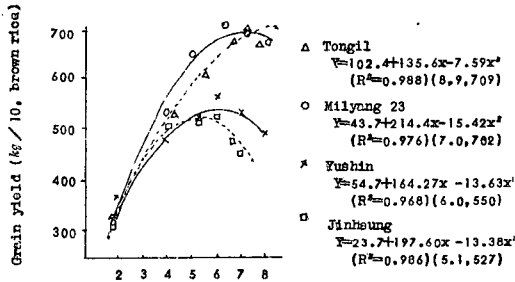


Fig. 18: Relationships between leaf area index and brown rice yield fit to a quadratic curve.

最高收量を 얻기 위한 最適 LAI는 品種에 따라 크게 달라 振興은 5.1, 維新이 6.0이었고 密陽23號는 7.0으로 比較的 높았 統一은 實測 範圍를 벗어난 8.9로서 適正 LAI가 매우 높은 것으로 나타났다.

다. 多肥條件에서의 收量の 決定

Fig. 19에서와 같이 玄米收量은 出穗期乾物重×登熟率과 正의 相關을 나타내고 있는데 이는 多肥條件下에서는 登熟率이 收量生産에 가장 큰 制限要因임을 보여 주고 있다.

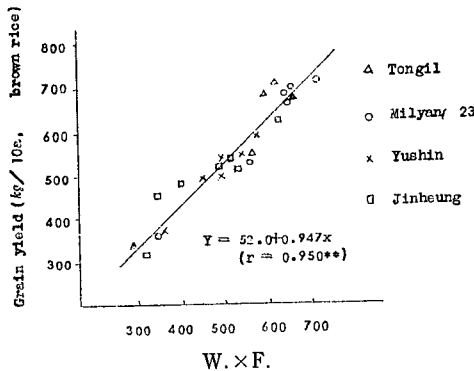


Fig. 19: Relationship of percentage of ripened grains (F.) and dry weight of tops at heading stage (W.) to grain yield.

그런데 登熟에는 여러 要因들이 複雜하게 관련되어 있으므로 特히 栽培法이나 品種이 다른 境遇에는 한 두 가지 要因만으로는 解析하기 어려운때가 많은데 Fig. 20에서와 같이 穎花數 自體가 收量에 制限要因이 되지않는 境遇 登熟率(F)은 出穗後 乾物生産量(W)/LAI(A)×當 穎花數(N÷10,000)와 正의 相關을 나타 내었다. 이는 과도한 LAI나 穎花數의 確保는 물론 登熟에 惡影響을 미치지만 出穗後 乾物

生産量の 增大가 登熟向上을 위하여는 매우 重要한 을 나타낸 것이라 하겠다.

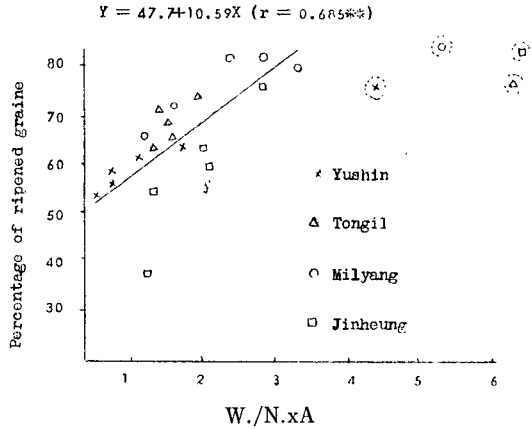


Fig. 20: Relationship of dry weight production after heading (W.), L.A.I. (A.) and number of spikelets per m² (N.X 1,000) to the percentage of ripened grains.: ○; Data from N 0kg/10a plot.

考 察

作物의 收量を 높이기 위하여는 우선 乾物生産이 많아야 하고 다음은 그 生産된 物質이 收量으로 表現되는 것이 重要하다.

여러 가지 肥料 要素들 가운데 窒素는 乾物生産과 關連하여 벼의 生理 生態의 特性에 가장 主要한 影響을 미치며 收量과 매우 깊은 關係가 있다.

그런데 窒素는 品種에 따라 最高收量を 위한 適正量에 差異가 있으며^{31,36)} 이는 그 品種의 生理 生態의 特性 즉 草型⁴⁰⁾ 炭水化合物代謝^{36,39)} 窒素代謝^{45,47)} 各種 病蟲害, 倒伏^{5,10)} 等の 主要特性差異에 基因되는 것으로 보여진다. 이러한 主要特性의 差異에 따라서 惹起되는 窒素水準에 따른 各 品種들의 收量 反應에 關한 機構의 究明은 安全 多收栽培技術의 確立이나, 새로운 品種의 育成에 큰 도움이 될것으로 생각된다.

이런 目的으로 Indica Gene을 導入 育成한 統一維新 密陽23號와 Japonica인 振興等 4品種을 供試하고 窒素를 0, 10, 15, 20, 25, 30kg/10a의 6水準으로 하여 實施한 品種別 窒素 反應의 結果를 考察하여 보면 다음과 같다.

1. 窒素施用 水準에 따른 水稻品種의 主要形質들의 變異

稈의 特性은 單一形質로는 水稻品種의 耐肥性에 가장 크게 影響⁹⁾하는 것이라고 보고된바 있는데, 窒素水準이 높아질에 따라 여러 報告들¹⁰⁾과 같이 稈長은 길어지는데, 特히 下位節間의 伸長이 顯著하고 연약

하여 짐을 알 수 있었다.

Japonica인 振興에 比하여 새로 育成된 品種들은 모두 短稈이지만 維新과 密陽23號는 統一과 比較하여 볼 때 稈長이 10cm程度 길고 特히 下位節間이 긴 特性을 지니고 있으며 窒素의 増施는 이들 下位節間을 伸長시키고 이에 따라 單位節間重은 가벼워졌다.

特히 維新의 경우 長稈인 振興보다도 下位節間的 單位節間重이 가벼운 것은 하나씩 問題點으로 지적되어야 할 것으로 생각된다. 葉身의 特性은 同化生産과 關連하여 매우 重要한데 窒素増施에 따라 葉身長 葉幅, 葉角은 커지며, SLA가 增大되어 잎은 연약하여지고, 全體乾物重에 對한 葉身重比率(LWR)은 높아지는데, 各 品種들을 比較하여 보면 振興에 比하여 다른 品種들은 잎이 짧고 直立하는 光利用上 바람직한 特性을 지니고 있으나, 葉身重比率에 있어서는 維新과 密陽23號가 長稈인 振興에 比하여 낮은 것으로 나타났다.

以上の 結果로 보아 振興에 比하여 indica gene을 導入 育成한 새로운 品種들은 잎이 짧고, 直立하여 光利用上 有利한 同化生産 構造를 갖추고 있는 것으로 보이는데 이들 改良된 草型의 品種中 比較的 長稈인 維新, 密陽23號는 下位 節間이 길고 連약하여지기 쉬운 特性이 있으며, 葉身 重比率이 낮으므로 同化 呼吸上 매우 不利할 것으로 보아 이들 品種은 節間 特히 下位節間的 伸長을 억제시키는 栽培法이 강조되어야 할 것이며, 앞으로 새로운 品種의 育成에 있어서도 깊이 考慮되어야 할 것으로 생각된다.

成熟期 乾物重은 窒素施肥量을 增加시키에 따라 增加하지만 一定水準以上에서는 다시 減少되는데 이는 過大한 葉面積의 確保로 呼吸에 의한 消耗가 커지기 때문인 것으로 생각된다.

成熟期 乾物生産을 品種別로 比較하여 보면 維新이 다른 品種들에 比하여 적는데 이는 出穗期까지의 乾物生産量보다는 出穗後 乾物生産量이 낮기 때문인 것으로 생각되어 진다.

總 乾物 生産量 가운데 收量에 기여하는 量의 多少를 나타내는 指標인 租粟 比率를 보면 窒素施肥量에 따라 減少하며 振興은 다른 品種들에 比하여 그 減少幅이 매우 큰 것을 알 수 있다. 振興에 있어서는 葉身이 길고 彎曲하여 同化生産構造가 不良한 것과 함께 租/粟比率이 減少되는 것이, 그리고 維新의 경우에는 過大한 Sink(穎花數)를 가지고 있으며, 登熟에 영향하여 收量生産에 매우 重要한 役割을 하는 出穗後 乾物生産量이 적은 것이, 높은 窒素水準에 있어 이 두 品種의 收量을 制限하는 主要한 要因으로

解析된다.

2. 窒素施用水準에 따른 水稻 品種別 收量 및 收量 構成要素 變異

單位 面積當 穎花數는 窒素 施肥量의 增加에 따라 增加傾向이 있으나, 穎花數가 적은 密陽23號와 振興은 最高의 窒素水準까지 直線의 으로 增加하나 穎花數가 많은 品種인 統一과 維新은 높은 窒素水準에서는 일찌기 平衡現象을 보여 維新은 4萬5千粒, 統一은 4萬粒이 그 限界點인 것으로 보였다.

單位 面積當 穗數는 높은 窒素水準에서 鈍化되기는 하지만 窒素施肥量에 따라 增加하는데 反하여 1穗 穎花數는 그 增加가 鈍하고 品種에 따라 높은 N水準에서 오히려 減少되는 것으로 보아 窒素施肥量에 따른 單位面積當 穎花數의 增大는 주로 穗數에 依한 것으로 생각되며²⁸⁾ 維新과 統一이 限界를 보인 것은 1穗穎花數의 減少에 起因된 것으로 보인다.

稔實과 登熟은 窒素施肥量을 增加시키에 따라 低下하는데^{5,12,58)} 品種에 따라 매우 다르게 나타나 振興은 窒素 施肥水準이 높아짐에 따라 크게 낮아지나 이에 反하여 改良된 草型의 品種들은 그 減少가 적은 品種의 特性을 갖고 있는 것으로 보였다. 그런데 維新의 登熟率이 統一이나 密陽23號에 比하여 낮은 것은 出穗後 乾物生産量이 적고, 單位葉身重當 穎花數가 많으며 不良環境下에서 뿌리 活力이 낮고 出穗後 貯藏 養分の 移轉이 빠른 등의 品種의 特性에 起因된 것으로 생각된다.

各 品種의 最高收量(玄米)은 密陽23號가 N20kg/10a區에서 711kg/10a, 統一은 N25kg/10a區에서 70kg/10a이었고 維新과 振興은 窒素 20kg/10a區에서 各各 572kg/10a과 527kg/10a이었다.

窒素施肥量을 增加시키에 따른 收量 生産效率 즉 窒素生産力($JY/\Delta N$)은 品種에 따라 매우달라 各 品種의 窒素施肥量에 따른 反應들을 잘 表現하고 있는데 統一은 30kg/10a의 窒素水準에서, 密陽23號는 25kg/10a의 높은 窒素水準에서 負의 生産力을 내며 또한 多肥條件에서 收量이 높고 多肥下에서 收量의 減少가 적어서 耐肥性和 同時에 多肥適應性을 지니고 있는 것으로 보이며, 振興은 10kg/10a에서는 크나 그 以上에서는 急激히 減少하여 多肥下에서의 收量이 낮아 耐肥性이 위 品種들에 比하여 매우 낮은 것으로 認定되며 維新은 이들 品種과는 달리 그 양상이 매우 달라 窒素生産力이 統一, 密陽23號에 比하여 낮아 多肥條件에서의 收量은 높지 않았으나, 窒素生産力은 振興에 比하여 높게 유지되어 多肥에서의 減收가 크지 않은 것으로 보아 넓은 範圍의 窒素水準에 比

較的 잘 適應하는 特性을 지니고 있는 것으로 보인다.

窒素는 水稻의 生育 및 收量生産에 適正水準이 있으며 이 適正水準以上을 施用하면 減收되므로 窒素 施肥量에 따른 收量反應을 2次 函數(Quadratic equation)에 依하여 表示하고 이 곡선의 變化로 適正 施肥水準을 推定하여 왔는데 適正 窒素水準以上에서의 收量減少가 顯著하지 않거나 어느 水準까지 持續되는 경우가 많다고 보고되어 있는데 이러한 경우와 같이 본 試驗에 있어서 適正施肥 水準은 收量の 增加가 持續되다가 다시 減收 내지는 平衡을 維持하기 시작하는 限界點으로 決定되어야 할 것으로 생각되었다. 그래서 本試驗에서 얻어진 結果를 2次 曲線과 intersecting straight line에 依한 方法으로 同時에 比較하여 보았는데 이 두 方程式은 R^2 도 모두 높았고 F 檢定の 結果도 有意의인 것으로 나타나 이 두 方法이 모두 收量の 反應을 설명하는데는 모두 좋은 方法임을 알 수 있었다.

그런데 이 두 方法에서 얻어진 最適施肥量은 quadratic equation에 依한 方法이 높아 서로 差異가 있었다. 그런데 이 두 方法에서 얻어진 最適施肥水準에서의 玄米 收量은 統計의으로 有意差를 認定할 수 없는 範圍의 것이므로 intersecting straight line에 依한 方法에 依하여 推定하는 것이 合理的인 것으로 생각된다.

이 intersecting straight line에 依하여 推定된 最適施肥水準은 統一이 가장 높아 22kg/10a이고 그 다음이 密陽23號와 維新으로서 19kg/10a이었으며 振興은 12kg/10a로 가장 낮음을 알 수 있었다.

3. 收量과 收量에 關與하는 主要形質들의 相互關係
穎花數와 登熟率과의 關係는 모든 品種에 있어 負의 相關이 成立되었는데 특히 振興은 穎花數의 增加에 따라 登熟率이 顯著히 不良하여져서 最適穎花數는 3萬 2千粒 內外인 것으로 보였다.

反面 統一, 密陽23號, 維新等 改良된 草型에 있어서는 穎花數의 增大에 따라 登熟率이 크게 낮아지지 않아 收量은 單位面積當 穎花數와 密接한 關係가 있어 이들 改良된 草型의 品種에 있어서는 穎花數의 確保가 收量에 크게 影響하는 것으로 나타나 安⁵⁾ 尹⁵⁶⁾ 등의 報告와 一致하였다.

葉面積指數와 收量과의 關係는 LAI가 낮은 경우에는 收量과 直線의 關係를 가지나 LAI가 增大되면 下位葉의 受光率이 減少되어 生産力이 낮아지게 되는데^{44,46)} 그 정도는 受光率을 支配하는 葉身의 特性의 良否에 따라 決定되며 各 品種의 最適 LAI는 다르다⁴⁰⁾ 고 한다. 또한 同化生産構造는 同化物質生産 및 蓄

積과 關連하여 水稻品種의 窒素反應과 密接한 關係가 있을 것으로 보아 最適 LAI의 大小는 水稻品種의 窒素反應을 間接的으로 說明할 수 있을 것으로 보이는데, 各 品種들의 最適 LAI는 振興이 5.1로 가장 낮았고 維新이 6.0, 密陽23號는 7.0이었는데 統一은 實測범위를 벗어난 8.9로 나타나 이 品種은 最適 LAI가 매우 높은 것으로보아 同化生産構造가 매우 良好함을 재 確認할 수 있었다.

水稻의 收量を 增大시키기 위하여는 肥料의 増施가 必要하며 이에 따라 乾物生産을 增大시키고 이 增加된 乾物生産이 收量과 直結되도록 하는 것이 重要하다.⁴⁾

그런데 玄米收量은 成熟期 乾物重×登熟率과 正의 相關을 나타내어 多肥栽培에서는 登熟率의 低下가 直接 收量を 制限하는 要因으로 作用함을 알 수 있었다.

登熟率은 收量受容器官인 穎花數와 그 內容物質인 炭水化合物의 生産과 密接한 關係가 있는데⁵⁵⁾ 栽培法이나 氣象條件이 다르거나 또는 자기 다른 特性을 가진 品種들의 登熟을 한 두가지의 要因 만으로 解析하기는 매우 어렵다. 그러므로 收量受容器官인 穎花數와 함께 乾物生産 特히 收量과 直結되는 出穗後의 乾物 生産量 및 群落內의 呼吸量의 多少를 規制하며 直接登熟에 影響을 미치는 LAI를 綜合하여 登熟率과의 關係를 구하여 본즉 登熟率은 出穗後 乾物生産量/LAI×m²當 穎花數와 매우 높은 正相關을 보였는데 이는 물론 과도한 LAI나 穎花數의 確保는 收量を 減少시키는 結果를 招來하겠지만 多收穫을 위하여 이들을 比較的 높은 水準까지 確保하는 것이 必要하므로 出穗後 乾物生産量의 增大를 通한登熟의 向上 즉 同化生産構造를 改善하고 葉身同化能力을 向上시켜 이를 登熟後期까지 유지시키며 養分吸收 葉身同化能力 및 下葉枯死와 關係가 깊은 뿌리 活力의 增大등을 위한 栽培的, 育種의 研究가 緊要할 것으로 생각된다.

摘 要

窒素 施用 水準을 달리 하였을때 水稻品種別의 收量 및 이에 關係된 主要形質들의 變化를 알기 위하여 1976年 水原에서 供試品種을 統一, 密陽23號, 維新, 振興의 4品種(細區)으로 하고 窒素 施肥量을 0, 10, 15, 20, 25, 30kg/10a의 6水準(主區)으로 하여 試驗한바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 窒素 施肥量의 增加에 따라 稈長은 길어졌는데 특히 上位의 2節間에 比하여, 下位의 3節間の 伸長이 顯著하였다.

下位 3節間の 單位節間重(節間重/節間長)은 15kg/10a의 窒素水準에서는 0kg/10a에서 보다 增加하였으나 25kg/10a에서는 다시 減少하였다. 品種 間에서는 短稈인 統一은 長稈인 振興에 比較하여 무거웠으나 密陽32號와 維新은 比較的 短稈이면서도 振興에 比較하여 가벼웠는데 特히 維新은 下位 節間들이 比較的 길고 單位節間重이 매우 가벼운 特性이 있었다.

2. 葉身은 窒素水準을 增加시키에 따라 길이와 幅 그리고 Specific leaf area (SLA)가(커져서 光利用上 不利한 方向으로 作用하였다.

그런데 供試品種中 統一, 維新, 密陽23號는 振興에 比較하여 잎이 짧고 直立하여 光利用上 매우 有利한 改良된 草型の 品種임을 알 수 있었다.

3. 葉身重 比率(LWR)은 窒素水準이 增大됨에 따라 높아졌으며, 統一과 振興은 維新과 密陽23號에 比較하여 높았다.

4. 成熟期の 地上部 乾物重은 窒素 施肥量의 增加에 따라 커지나, 窒素 20kg/10a以上에서는 모든 品種에 있어 뚜렷한 增加는 나타나지 않았다. 供試品種中 維新이 成熟期 乾物重이 낮았는데 이는 出穂後 乾物 生産量이 다른 品種에 比較하여 적었기 때문이었다.

5. m^2 當 穎花數는 振興과 密陽23號는 窒素水準이 높아짐에 따라 直線的으로 增加되었으나 m^2 當 穎花數가 많은 統一과 維新은 各各 4萬粒과 4萬5千粒 內外를 限界로 더 增加하지 않았다.

6. 窒素施肥量을 增加시키에 따라 稔實率 및 登熟率은 낮아졌는데 그 減少의 程度는 振興이 가장 甚하였다.

7. 窒素 生産力($\Delta Y/\Delta N$)은 窒素水準이 높아짐에 따라 낮아져서 統一은 窒素 25~30kg/10a에서 密陽23號, 維新, 振興은 20~25kg/10a에서 負의 生産力을 나타 내었다.

維新은 낮은 窒素水準에서의 窒素生産力이 다른 品種에 比較하여 낮은 反面, 振興은 窒素施肥量의 增大에 따른 減少가 매우 큰 品種으로 나타났다.

8. 本 試驗에서 各 品種이 最高 玄米 收量을 보던 統一은 窒素 25kg/10a에서 709kg/10a, 密陽23號, 維新, 振興은 20kg/10a에서 各各 711, 572, 527kg/10a 이었는데 Intersecting Straight Line에 依하여 推定한 最適 窒素 施肥量은 統一이 22kg/10a로 가장 높았고 密陽23號와 維新은 19kg/10a이었으며, 振興은 12kg/10a로 가장 낮았다.

9. m^2 當 穎花數와 登熟率은 모든 品種에 있어 負의 相關을 나타내었는데, 統一, 維新, 密陽23號는 窒

素施肥量의 增大에 따른 登熟率의 減少가 比較的 적은 反面 振興은 매우 컸다. 이에 따라 m^2 當 穎花數와 收量과의 關係는 統一과 같은 改良된 草型の 品種들은 穎花數의 增大에 따라 直線的으로 收量이 增加되었으나 振興에 있어서는 最高收量을 내는 適正 穎花數(約 3萬2千粒)가 存在하는 것으로 나타났다.

10. 各 品種들의 最高收量을 위한 適正 葉面積 指數(Optimum LAI)는 振興이 5.1, 維新 6.0, 密陽23號는 7.0이었고, 統一은 實則範圍를 벗어난 8.9로 推定되었다.

11. 收量은 成熟期 乾物重×登熟率과 高度의 正相關을 나타내었으며, 登熟率은 出穂後 乾物生産量/LAI × m^2 當 穎花數(÷1,000)와 높은 正의 相關을 나타내었다.

引用 文 獻

1. Anderson, R.L. and Nelson L.A. 1975. Family of models involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs useful in evaluating response to fertilizer nutrient. *Biometrics* 31:303-318
2. 安壽奉. 1968. 水稻品種의 炭水化合物代謝와 그 草型 및 窒素反應과의 關係. 農村振興廳 農事試驗 研究報告 11(1):131-143
3. _____. 1973. 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한研究 韓國作物學會誌 14:1-40
4. Baba. 1961. Mechanism of response to heavy manuring in rice varieties. *IRC Newsletter* 10 (4):9-16
5. Basak, M.N., S.K. Sen and P.K. Bhattacharjæ. 1962. Effect of High nitrogen application on lodging and yield. *Agr. Jour* 54 (6):477-480
6. Boyd, D.A. 1972. Some recent ideas on fertilizer response curves. *Proc. 9th International Congress of the potash Institute*: 461-473.
7. Buttery, B.R. 1970. Effect of variation in leaf area index on growth of maize and Soybean. *Crop Science* 10:9-12
8. Chandler, Jr. R.F. 1963. An analysis of factors affecting rice yield. *IRC Newsletter*, 12(4): 1-7
9. _____. 1969. Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. *Physiological aspects of crop yield*. ASA. *CSSA*:265-289
10. Chang T.T. 1964. Varietal difference in lodging

- resistance. IRC Newsletter, 13 (4):1-11
11. 崔鉉玉・李鍾蕙. 1968. 水稻生育過程에 따른 窒素의 追肥가 諸生育形質과 收量에 미치는 影響. 農村振興廳, 農事試驗研究報告 11 (1):23-42
 12. De Datta, S.K., A.C. Tauro, and S.N. Balaoing. 1968. Effect of plant type and nitrogen level on the growth characteristics and grain yield of indica rice in the tropics. Agron. J. 60:943-47
 13. Duncan, W.G., R.S. Loomis, and R. Hanau 1967. A Model for simulating photosynthesis in plant communities. Hilgardia 38(4):181-205
 14. 魚秀辰. 1961. 韓國土壤에서의 肥料三要素 效果 試驗. 農事院, 農事試驗研究報告 4:11-32
 15. Heach, O.V.S., and F.G. Gregory. 1938. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. Ann. Botany N. S. 2:811-818
 16. Fujiwara, Akio. 1964. The specific roles of nitrogen, phosphorus, and potassium in the metabolism of the rice plant. The mineral nutrition of the rice plant. IRRI, Johns Hopkins Press: 93-104
 17. 星野達三, 佐本四朗, 大内邦夫. 1958. 水稻品種の形質に及ぼす窒素濃度の影響. 日本 育種學雜誌 8 (3):155-162
 18. Hudson, D.A. 1966. Fitting segmented curves whose join points have to be estimated. Journ. of American Statistical Association 61:1097-1129
 19. 藤原彰夫, 大平辛次, 大槻藤, 成田精一. 1951. 作物の窒素榮養に関する研究(水稻編). 第一報窒素の施用と水稻の生育, 收量及て炭水化物 集積との關係. 日本 土肥誌 22:91-96
 20. 許文會. 1971. 作物學的面에서 본 벼 新品種 “統一” 農村振興廳. 研究斗 指導 12 (6):26-29
 21. IRRI. 1975. Yield responses to nitrogen, Annual Report for 1974:42-44.
 22. _____. 1976. Agronomic characteristics, Annual Report for 1975:73-79
 23. Ito, H. and Hayashi. K. 1969. The changes in paddy field rice varieties in Japan. Symposium on optimization of fertilizer effect in rice cultivation. Proc. of symposium on tro. agr. research. Sept. 1969, Tokyo: 13-23
 24. Iwada, I. and I. Baba. 1962. Studies on the varietal adaptability for heavy manuring in rice. Proc. crop Sci. Soc. Japan 30 (3): 237-240
 25. Jennings, D.R. and H.M. Beachli. 1964. Breeding rice for nitrogen responsiveness. The mineral nutrition of the rice plant. IRRI. Johns Hopkins press, Baltimore: 449-457
 26. Kasanaga, H. and L.T. Monsi. 1964. On the light transmission of leaves and its meaning for production of matter in plant communities. Jap. J. Bot. 14:304-324
 27. 玖村敦顔. 1956. 水稻に於ける 葉身の窒素濃度が收量構成要素に及ぼす影響. 日作記 24:177-180
 28. Lee, E.W., Y.W. Kwon and K.I. Ko. 1969. Nitrogen fertilization of paddy rice for securing the optimum number of panicle for safe maximum yield. 農村振興廳, 農事試驗研究報告. 12 (1):13-22
 29. Matsuo, T. 1952. Genecological studies on the cultivated rice. 日本 農業技術研究所報告 D. 3:1-111
 30. 松島省三. 1957. 水稻收量の成立と豫察に関する作物學的研究. 日本 農業技術研究所報告 A 5:1-271
 31. Monsi, M. and T. Saeki. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion, Jap. J. Bot 14 (1):22-52
 32. 村田吉男. 1961. 水稻の光合成とその栽培學的意義に関する研究. 日本 農業技術研究所報告 D 9:1-169
 33. _____. 1965 Photosynthesis, respiration and nitrogen response. The mineral nutrition of rice plant. IRRI, Johns Hopkins Press, Baltimore: 385-400
 34. _____. 1969. Physiological responses to nitrogen in plants. Physiological aspects of crop yield, ASA, CSSA:235-263
 35. _____. 猪山純一朗, 姫田正美, 泉清一, 河邊愛史, 神前芳信. 1966. 光合成と物質生産から見た水稻の深耕 密植栽培の研究. 日本 農業技術研究所報告. D 15:1-53.
 36. 村山 登, 吉野實, 大島正男. 1955. 水稻生育に炭水化物の集積過程に関する研究. 日本 農業技術

37. 大島正男. 1962. 水稻の窒素栄養に関する研究. 第四報, 分けつにおよぼす窒素栄養の影響. 日本土肥誌 33:243-246
38. 岡彦一. 1954. 稲の肥料反應の品種間變異と栽培稻の系統發生的分化(第四報). 日本育種學雜誌 4 (2):101-110
39. 長田明夫, 村田吉男. 1965. 水稻品種の光合成と耐肥性に関する研究 第三報. 品種の光合成特性と乾物生産, 登熟との關係. 日作記 33: 460-469
40. 吳旺根. 1961. 水稻에 對한 各種肥料의 効果와 同効果 및 有効土壤磷酸 加里와의 關係. 農事院, 農事試驗研究報告 4:1-10
41. _____. 1962. Fertilizer response of rice in Korea. IRC Newsletter 11 (3):19-21
42. 張錫煥. 1969. 우리나라 主要作物에 對한 適正 施肥量에 關하여. 韓國 土肥誌 2 (1):39-51
43. 朴蕪, 金永燮, 尹鍾赫. 1972. 벼의 生産力分析 II. 生産構造와 群落評點. 韓國 土肥誌 5 (1): 9-15
44. Saeki, T. 1960. Interrelationships between leaf amount, light distribution and total photosynthesis in plant community. Bot. Mag. Tokyo 73: 55-63
45. 高橋保夫, 岩田岩保, 馬場赴. 1959. 水稻品種の耐肥性と窒素及び炭水化物代謝との關係. 日作記 29:22-24
46. Takeda, T. 1961. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. Jap. J. Bot. 17:403-437
47. Tanaka, A. 1958. The nutritio-physiological character of indica rice. Nutritional and physiological study of the Indian rice plant. Agr. and Hort. 33 (2):299-304.
48. Tanaka, A. 1964. Plant characters related to nitrogen response in rice. The mineral nutrition of the rice plant. IRRI. John Hopkins press, Baltimore: 419-436.
49. Tanaka, A. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. IRRI. Technical Bull. 3.
50. _____. K. Kawano, and J. Yamaguchi 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. IRRI. Tech. Bull. No. 7
51. 戸蒔義次. 1972. 作物の光合成と物質生産: 330-

52. _____. 柏倉康光. 1958. 水稻に於ける不稔發生の一機構. 日作記 26:3-5
53. _____. 岡本嘉, 玖村敦彦. 1954. 水稻に於ける炭水化物の生産及び行動に関する研究 第一報 生育に伴る者器中の主要成分含量の推移. 日作記 22:95-97.
54. _____. 佐藤康, 1954. 水稻に於ける炭水化物の生産及び行動に関する研究 第二報 生育に伴る器官内澱分消長に関する觀察. 日作記 22:98-99.
55. Tsunoda, S. 1965. Leaf characters and nitrogen response. The mineral nutrition of rice plant. IRRI. Johns Hopkins Press, Baltimore:401-418.
56. 和田原七. 1969. 水稻收量成立におよぼす窒素栄養の影響とくに出穂期以後の窒素の重要性について. 日本農林省 農業技術研究所報告 A 16:27-167.
57. Watson, D.J. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot. N. S. 22:37-54.
58. 尹成浩. 1976. 찰벼와 메벼品種에 있어서 窒素水準과 草型이 收量과 그 밖의 形質에 미치는 影響. 고려大學校 大學院 碩士學位 論文.

SUMMARY

In 1976, a field experiment was conducted to investigate nitrogen response of selected rice varieties as it affects grain yield and other agronomic characters, at Suweon, Korea.

The treatments were 4 varieties (Yushin, Milyang 23, Tongil, and Jinheung) at 6 nitrogen levels (0, 10, 15, 20, 25, and 30kg/10a), compared in a split plot with N. as main plots and varieties as sub-plots in a randomized blocks.

The results are summarized as follows:

1. All varieties were progressively taller and had longer lower 3 internodes in the treatments from 0 to 25kg/10a N. Dry weight of lower 3 internodes per cm² of stem showed a maximum at the 15kg/10a N. decreasing at 25kg/10a N. level, resulting from great culm elongation. Dry weight of the lower internodes per cm of Tongil was the greatest, while that of Yushin was the smallest.

2. As the amount of nitrogen was increased, leaf length, width, and specific leaf area also increased,

while the leaves become increasingly decumbent. Based on these leaf characters, Tongil, Yushin and Milyang 23 had more efficient plant statures than Jinheung.

3. Leaf weight ratio (%) was increased as nitrogen was increased, with Tongil and Jinheung being greater than Yushin and Milyang 23.

4. Varietal differences in dry weight of tops at heading were not significant, whereas at harvesting time, top dry weight of Yushin was less than those of other varieties appearly by less dry matter accumulation after heading.

5. In the case of Milyang 23 and Jinheung, numbers of spikelets per m² increased linearly up to the 30kg/10a of nitrogen, however, Tongil and Yushin, those varieties having larger numbers of spikelets per m², showed no further increase above the 20kg/10a nitrogen level. The maximum numbers of spikelets per m² on Tongil and Yushin were about 40 thousand and 45 thousand, respectively.

6. The percentage of fertile and ripened grains decreased, nitrogen level increased. This trend was very sharp in the case of Jinheung.

7. "Nitrogen productivity" decreased at the higher N levels, with negative production observed in Milyang 23, Yushin and Jinheung at 20-25kg/10a and at 25-30kg/10a Tongil also showed a decrease.

8. The maximum yield of each variety was obtained at 25kg/10a nitrogen in the case of Tongil,

and at 20kg/10a in the cases of Milyang 23, Yushin and Jinheung. Brown rice yields at the above nitrogen levels were 709, 711, 572, and 527kg/10a, respectively.

Optimum nitrogen levels for Tongil, Milyang 23, Yushin and Jinheung were estimated to be 22, 19, 19, and 12kg/10a which fitted the intersecting straight lines.

9. Significant negative correlations were observed between the number of grains per m² and the percentage of ripened grains. Jinheung was the most sensitive variety in the decrease of the percentage as the number of grains increase.

Thus, Jinheung had the optimum number of grains per m² for the highest yield, which was about 32 thousand, however, grain yields of the other varieties were direct linear functions of number of spikelets per m².

10. Leaf area indices increased with increased nitrogen levels. Grain yields were positively correlated with LAI in all the varieties tested, with an estimated optimum LAI of 5.1 for Jinheung, 6.0 for Yushin, 7.0 for Milyang 23, and 8.9 for Tongil.

11. Grain yield was positively correlated with dry weight of plant tops at harvesting time X ripened grain ratio. Ripened grain ratio was also positively correlated with dry matter production after heading/LAI X number of spikelets per m²(÷1,000).