

Photochemical Oxidants 에 의한 水稻被害 解析

鄭 永 浩*

(1983년 11월 16일 접수)

Photochemical Oxidants Damage in Rice Plants

Young Ho Jeong*

Abstract

The effect of photochemical oxidants on rice plants was measured by growing the rice plants *Nihonbare* in pot in charcoal-manganese oxide filtered atmosphere and non-filtered air.

Visible injury on the leaf blades of rice plants were observed in plants grown under the unfiltered air chamber, but plants under filtered air chamber were free from any injury.

Fresh weight of stem and root at maximum tillering stage in unfiltered chamber were 16.8 and 46.4% less than filtered air chamber, respectively.

Grain yield in unfiltered air chamber was also reduced by 14.7% compared to that of filtered air chamber. And the reduced yield paralleled increase in concentration of oxidants in the atmosphere at the experimental site.

ABA content in rice plants cultivated in unfiltered air chamber was higher than in filtered air chamber, but the root activity of rice plants in unfiltered air chamber was remarkably decreased.

序 論

最近 우리나라에서도 産業發展에 並行하여 工業團地 또는 大都市 隣近에서 農作物에 原因不明의 被害가 發生하고 있다. 그 被害症狀은 二酸化硫黃이나 弗化水素 등의 被害症狀과 相異하여 葉色の 黃化 및 赤褐色 斑點이 나타나며 그 被害地域이 工業團地 隣近地域보다 오히려 遠距離까지 廣域的으로 發生하는 特徵을 보이고 있다.

筆者는 最近 增大되고 있는 이와같은 被害症狀의 原因物質을 究明하기 爲하여 photochemical oxidants 에 의한 被害常習地인 日本 埼玉縣 鴻巢市에 位置한 日本 農林水産省 農業試驗場에 設置한 空氣淨化室을 利用하여 photochemical oxidants 에 의한 被害症狀과 低濃度 長期汚染에 의한 水稻의 被害程度를 調査하였다.

現在까지 低濃度の 大氣汚染物質에 依하여 農作物의 生育에 미치는 影響을 解析하는 方法으로서는 空氣淨化法 및 OTC(Open Top Chamber)法이 利用되고 있으며^(1,2) 이들 方法은 chamber 의 크기 및 모양을 같이하여 空氣 換氣量, 日照, 溫度等 植物 生育에 重要な 環境條件을 同一하게 한 2個의 chamber 를 製作하여 하나의 chamber 에는 外氣를 濾過하여 汚染物質을 除去한 空氣를 送入시키고 다른 하나의 chamber 에는 外氣를 그대로 送入하여 兩 chamber 間의 作物 生産量의 差를 調査하여 外氣中 汚染物質의 濃도에 對한 農作物 被害를 解析하는 方法이다.

Hull 및 Went 는 空氣淨化法에 依하여 알팔과등 作物生育이 顯著히 增大하였다고 報告하였으며⁽³⁾, 中村 등도 空氣淨化에 依하여 水稻의 草長, 莖數 및 正租重이 顯著히 增加하였다고 報告하였다⁽⁴⁾. Taylor 는 非淨化區의 作物은 生育이 抑制되고 落果의 增加, 잎의

*農村振興廳 農藥研究所 (Agricultural Chemicals Research Institute, ORD, Suwon 170, Korea)

老化促進 등이 認定되었다고 報告하였으며⁽⁶⁾, Thompson 등도 감귤類의 落果增加 및 葉綠素減少가 非淨化區에서 發生하였다고 報告하였다⁽⁶⁾. 또한 Heggstad는 photochemical oxidants에 의한 토란의 塊莖收量이 顯著하게 減少하는 것을 報告하여⁽⁷⁾ photochemical oxidants에 의하여 作物의 地下部에도 影響을 미친다는 것을 究明하였다.

本 試驗에서는 低濃度の photochemical oxidants에 의한 水稻의 生育에 미치는 影響을 空氣淨化室을 利用하여 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 試驗材料的 栽培方法

育苗箱에서 育苗한 4~5葉期の 水稻苗(*Oryza sativa* L. var. *Nihonbare*)를 鴻巢畜土壤을 充填한 a/5,000 Wagner pot 에 1本 3株式 7月 14日에 移植하였다.

肥料는 pot 當 化成肥料(N-P-K: 8-8-5) 5g 을 基肥로 施用하고 7月 31日에 窒素肥料를 硫酸으로서 pot 當 0.5g 式 追肥하였다.

移植한 pot 는 그림 1과 같은 空氣淨化室 및 非淨化室에 各各 分離 栽培하였다. 空氣淨化는 photochemical oxidants 를 70~80%, 二酸化硫黃을 80~90% 除去할 수 있는 中村가 使用한 方法⁽⁸⁾을 利用하였다.

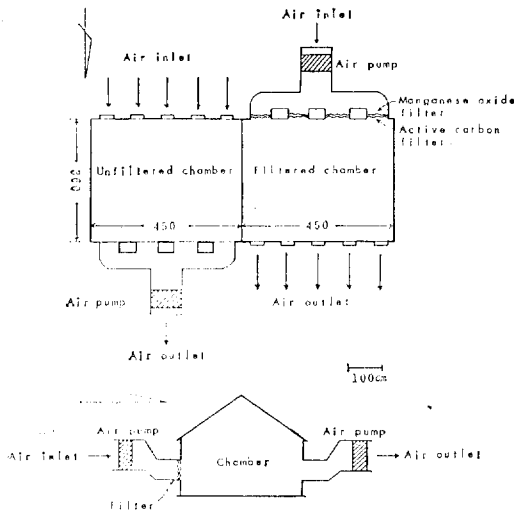


Fig. 1. Construction details of air filter chamber

2. 生育量 및 生理的 變化 調査

水稻의 最高分藥期 및 出穗期에 水稻의 地上部 및 根部를 分離採取하여 生體重을 測定하였으며 收穫期에는 藥重 및 正租重을 各各 調査하였다.

또한 空氣淨化 및 非淨化에 따른 水稻의 生理的 變化를 調査하기 爲하여 最高分藥期の 水稻 地上部를 2cm 길이로 잘라 dry ice 로 冷却한 acetone 과 함께 磨碎, 抽出하여 鄭⁽⁹⁾의 方法으로 ABA 를 分析하였으며, 根活力은 最高分藥期에 採取한 試料를 供試하여 α -naphthylamine 法에 依해서 測定하였다.

試驗結果 및 考察

1. 被害症狀 및 生育量

外氣의 淨化 및 非淨化室에서 栽培한 水稻에 肉眼的 觀察에 依한 可視被害症狀를 調査한 結果 空氣淨化室에서는 可視被害症狀가 전혀 發生하지 않았으나 非淨化室에서는 7月 23日 및 7月 25日 2회에 걸쳐 水稻의 止葉으로부터 2~3位葉에 褐色의 斑點이 葉脈間에 一列로 나타났으며 葉色도 全般的으로 淨化室에서 生育한 水稻보다 黃色~淡黃色을 띄었다. 非淨化室의 水稻에 나타난 可視被害程度는 中村의 photochemical oxidants에 의한 水稻의 可視障害判定基準⁽⁸⁾의 被害度 "2" 程度였다.

外氣의 淨化, 非淨化에 따른 水稻의 生育量은 表 1에서 보는 바와같이 外氣의 淨化에 依하여 地上部 및 根部 모두 非淨化室보다 增加하였으며 特別히 根部가 地上部보다 空氣淨化에 依한 生育量 增加率이 높았다.

Table 1. Effect of air filtration on growth and yield of rice plant

Growth stage	Part	Unfiltered	Filtered	Index (%)
Max. tillering stage	Stem	43.7±4.6	52.5±3.2	120.1
	Root	18.3±3.0	34.3±4.7	188.0
Flowering stage	Stem	226.7±10.1	245.8±8.9	108.4
	Root	34.7±2.0	51.7±4.7	149.0
Harvesting stage	Straw	36.3±3.45	37.3±1.49	102.8
	Grain	33.0±0.29	38.7±0.84	107.3

Note; 1. Variety: *Nihonbare*
 2. means± standard error of the representative treatment
 3. Each value is the fresh weight of 4 replications

即 水稻의 最高分藥期에 淨化室의 水稻 地上部 生育量은 非淨化室에 比하여 120%의 增加率을 보였으나 根部의 境遇에는 188%의 生育量 增加率을 보였다.

그러나 出穗期에는 最高分藥期보다 空氣淨化에 依한 生育量 增加率은 顯著하지 않아 地上部의 境遇 108.4%, 根部의 境遇 148.0%의 增加率을 보였다.

收穫期の 穂粒 및 正稈重도 最高分蘗期 및 出穂期와 마찬가지로 空氣淨化에 依하여 102.8% 및 117.3% 增加率을 보였다.

이와같이 外氣를 그대로 送入한 非淨化室에서 栽培한 水稻의 生育量이 外氣를 濾過하여 送入한 淨化室보다 低下한 原因은 外氣中에 含有되어 있는 汚染物質에 基因한다는 것은 疑心할 餘地가 없다.

大氣汚染에 依한 農作物被害의 主要한 原因物質은 二酸化硫黃, 窒素酸化物, 弗化水素, photochemical oxidants 等이 알려져 있으나 二酸化硫黃은 大氣物質中 代表的인 原因物質로 옛날부터 많은 研究가 있으나 水稻에 對하여 松岡은 2 ppm의 濃度로 4~5時間 被曝되므로서 可視被害症狀이 發生하는 것으로 報告되고 있다⁽¹⁰⁾. 또한 二酸化硫黃에 依한 可視被害症狀은 葉脈間에 無秩序한 斑點이 나타나는 特徵이 있으나 本試驗을 實施한 埼玉縣 鴻巢市 隣近에는 二酸化硫黃을 發生시킬 수 있는 工場도 없고, 水稻 生育期間인 6月 및 8月(1974年)의 二酸化硫黃 濃度를 每時間 測定한 結果 5 ppm 以下로서⁽⁸⁾ 本試驗에서 나타난 可視被害는 地理的 條件이나 水稻葉에 나타난 症狀等을 考慮하면 二酸化硫黃에 依한 被害는 아닌 것으로 생각된다.

다음 窒素酸化物에 對하여 보면 現在까지 大氣汚染으로 問題로 될 程度의 濃度에 到達한 例는 없다⁽¹¹⁾. 鴻巢市の 窒素酸化物의 測定值를 보면 日平均值가 二酸化窒素가 0.02 ppm 以下, 一酸化窒素는 0.01 ppm 以下로서⁽⁸⁾ 窒素酸化物 單獨로서는 水稻에 被害를 줄 수 없을 것으로 推定된다.

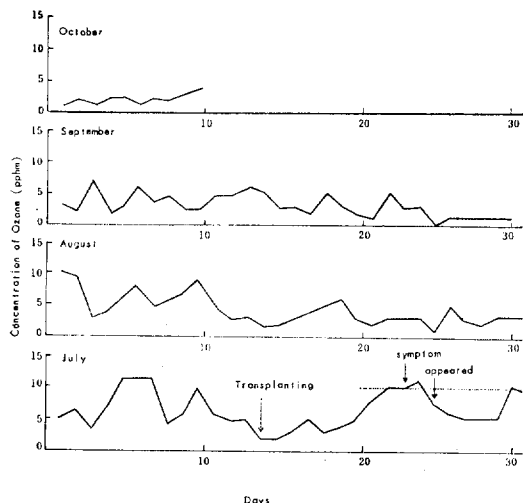


Fig. 2. Distribution pattern of daily ozone concentration during rice cultivation at konosu in 1979

Note; Concentration of ozone represents the maximum concentration of the day]

鹽素, 鹽化水素, 弗化水素等 halogen 化合物도 重要한 大氣汚染物質로 알려져 있으나 이들 가스에 依한 被害症狀은 葉의 先端, 葉緣部가 枯死하는 소위 葉燒現象을 일으켜 健全部와의 境界가 褐色으로 되는 特徵이 있는 것으로 本試驗의 被害症狀과 相異하다.

한편 photochemical oxidants의 主要한 構成成分인 ozone의 測定結果는 그림 2에서 보는 바와같이 非淨化室의 水稻葉에 可視被害症狀이 나타난 翌날인 7月 22日 및 7月 24일에 ozone의 日平均濃度가 各各 10 pphm 및 12 pphm 였다.

10 pphm의 ozone 濃度는 水稻와 같이 photochemical oxidants에 敏感한 植物에 4時間程度 暴露하면 急性被害를 發生하는 濃度이며⁽¹²⁾, 또한 水稻葉에 나타나는 被害症狀도 既往의 많은 研究結果의 ozone 特有의 被害症狀과 一致하였다.

따라서 本試驗의 非淨化室의 水稻는 photochemical oxidants의 影響에 依해서 地上部 및 根部의 生育量이 淨化室에 比하여 低下된 것으로 생각된다. 또 出穂期는 最高分蘗期보다 photochemical oxidants에 依한 影響이 적은 것은 7月 24日以後 大氣中の ozone 濃度가 낮아 水稻의 生育이 回復되었기 때문이라고 思料된다.

2. 水稻體의 生理的 變化

大氣의 淨化 및 非淨化에 따른 水稻體內 ABA 含量은 그림 3와 같이 非淨化室에서 生育한 水稻의 ABA 含量은 2.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$ F.W.로서 淨化室의 水稻보다 約 126% 增加하였다.

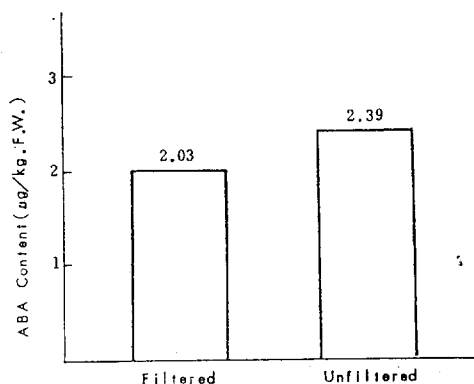


Fig. 3. ABA content in rice plant grown in filtered or unfiltered chamber

Note; Variety: Nihonbare

이와같이 非淨化室의 水稻體內 ABA 含量이 淨化室의 水稻보다 增加하는 것은 아직 確實히 究明되지 않고 있으나 Evans 및 Ting의 報告⁽¹³⁾와 같이 ozone에 依하여 水稻葉中 水分含量이 間接的으로 減少되어 wa-

ter stress 를 받았기 때문에 생각된다. 이와같이 植物이 water stress 을 받으면 植物體內의 ABA 含量이 增加하는 것은 많은 報告가 있다(14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). 即 非淨化室의 水稻體內 ABA 含量이 淨化室의 水稻보다 많은 것은 外氣中의 photochemical oxidants 에 의한 water stress 를 받았기 때문에 思料된다.

다음 空氣淨化에 依한 水稻의 根活力은 그림 4에서 보는 바와같이 淨化室에서 生育한 水稻의 根活力은 非淨化室의 水稻에 比하여 2倍以上 높은 活力을 보여 photochemical oxidants 는 水稻 根活力을 顯著히 低下시키는 結果를 보였다

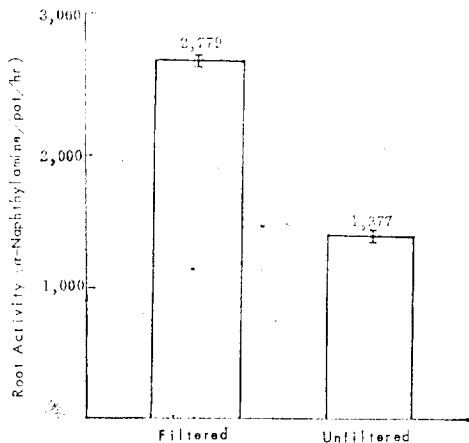


Fig. 4. Root activity of rice plant grown in a filtered or unfiltered chamber

- Note; 1. Variety: *Nihonbare*
 2. Vertical bars indicate \pm standard errors of the representative treatment
 3. Each value is the result of 3 replications

Photochemical oxidants 에 依한 水稻 根部에 미치는 影響이 地上部의 境遇보다 顯著하고 根活力이 顯著히 低下하는 것은 popula 挿木에 對한 久野의 試驗結果(21) 와 같은 結果를 보였으나 그 機作에 對해서는 아직 確實한 究明이 없다. 그러나 ABA 가 植物色素의 하나인 xanthophyl 로부터 xanthoxine 을 經由하여 生成되는 것으로 이 xanthoxine 과 ABA 는 植物의 根伸長을 抑制하는 것으로 報告(22)되고 있는 것으로 보아 非淨化室에서 生育한 水稻體內의 ABA 含量이 增加하여 水稻의 根部의 生育量이 低下되고 根活力도 低下되는 것으로 思料된다.

要 約

活性炭 및 二酸化탄소로 空氣를 濾過한 淨化室과 空氣를 그대로 送入한 非淨化室로 區分하여 栽培한 水稻에 對한 photochemical oxidants 被害發生은 空氣

淨化室에서 生育한 水稻에는 認定되지 않았으나 非淨化室에서는 10 pphm 以上の photochemical oxidants 가 發生한 다음날에 2回 可視被害症狀이 觀察되었다.

空氣淨化室의 水稻 生育量은 地上部 및 根部 모두 非淨化室보다 增加하였으며 特히 根部의 生育量 增加가 顯著하였다.

植物의 氣孔開閉과 密接한 關係가 있는 ABA 含量은 非淨化室의 水稻가 淨化室의 水稻보다 높아 photochemical oxidants 에 依하여 植物體內 ABA 含量이 增加되었다.

外氣를 淨化하므로써 根活力이 顯著히 增加하여 photochemical oxidants 被害에 依하여 根活力이 顯著히 減少하는 것이 確認되었다.

參 考 文 獻

1. Heagle, A. S., Body, D. E. and Heck, W. W. (1973): An open-top field chamber to assess the impact of air pollution on plants, *J. Environ. Qual.*, 2, 365.
2. Kats, G., Thompson, C. R. and Kuby, W. C. (1976): Improved ventilation of open-top greenhouse, *J. APCA*, 26, 1089.
3. Hull, H. M. and Went, F. W. (1952): Life processes of plants as affected by air pollution, *Proc. 2nd Natl. Air Pollut. Symp. Pasadena, Cal.*, pp. 122~128.
4. 中村 拓, 太田保夫, 橋本俊一, 沖野英男 (1976): 光化學オキシダントによる 稻の被害について, 第2報 空氣淨化法による 生育收量の 解析, 日作紀, 45, 630.
5. Taylor, O. C. (1958): Air pollution with relation to agronomic crops. Plant growth suppressed by exposure to air borne oxidants (smog), *Agron. J.*, 50, 556.
6. Thompson, C. R. and Taylor, O. C. (1966): Plastic covered green houses supply controlled atmospheres to citrus trees, *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 9, 338.
7. Heggstad, H. E. (1973): Photochemical air pollution injury to potatoes in the Atlantic coastal states, *Am. Potato J.*, 50, 315.
8. 中村 拓 (1978): 光化學オキシダントによる イネの被害に 關する 研究, 農技研報, *D. No.* 30, pp. 1~68.
9. 鄭永浩, 中村拓, 太田保夫 (1980): イネの 光化學

- オキシダント障害に 關する 生理的研究, 第1報,
イネの アブシジン酸(ABA)含量の 品種間差異と
オゾン抵抗性との 關係, 日作記, **49**, 456.
10. 松岡義浩 (1978): 水稻の 二酸化硫黄障害と その機
作に 關する 研究, 千葉縣 農業試驗場 特別報, **7**, 1.
 11. 松島二良 (1973): 窒素酸化物の 植物に 及ぼす 影
響, 大氣汚染研究, **8**, 234.
 12. Heck, W. W. (1970): Air quality criteria for pho-
tochemical oxidants, *Natl. Air Pollut. Contri.
Adm. Pub. No. AP-63*, 1~23.
 13. Evans, L. S. and Ting, I. P. (1974): Ozone sensi-
tivity of leaves; relationship to leaf water content,
gas transfer resistances and anatomical charac-
teristics, *Am. J. Bot.*, **61**, 592.
 14. Allaway, W. G. and Mensfield, T. A. (1970):
Experiments and observations on the aftereffect
of wilting on stomata of *Rumex sanyuineas*,
Can. J. Bot., **48**, 513.
 15. Beardsell, M. F. and Cohen, D. (1975): Relation-
ship between leaf water status; abscisic acid
level, and stomatal resistances in maize and
sorghum, *Plant Physiol.*, **56**, 207.
 16. Harrison, B. H. and Walker, D. C. (1975): Abs-
cisic acid metabolism in water-stressed bean
leaves, *Plant Physiol.*, **56**, 250.
 17. Lancaster, J. E., Mann, T. D. and Porter, N. G.
(1977): Ineffectiveness of abscisic acid in stom-
atal closure of yellow lupin, *Lupinus luteus* var.
Weiko III, *J. Exp. Bot.*, **28**, 184.
 18. Quarrie, S. A. and Jones, H. G. (1977): Effect of
abscisic acid and water stress on development
and morphology of wheat, *J. Exp. Bot.*, **28**, 192.
 19. Wright, S. T. C. (1969): An increase in the "Inh-
ibitor β " content of detached wheat leaves follo-
wing a period of wilting, *Planta*, **86**, 10.
 20. Zebadal, T. J. (1974): A water potential thresh-
old for the increase of abscisic acid in leaves,
Plant Physiol., **53**, 125.
 21. 久野春子 (1979): 光化學オキシダントが ポプラ さし
木苗の 生育に及ぼす 影響, 第1報, 空氣淨化法に
よる ポプラさし木苗の 生長量, 落葉數などの 經
日, 經年變化, 大氣汚染學會誌, **14**, 265.
 22. 山本出, 深見順一編 (1979): 農藥-テザインと開發
指針—pp.386. ソフトサイエンス社 (東京).