

## 作物의 鹽害 및 旱魃에 대한 反應

서울大 農科大學 李 殷 雄

1977年 11月 21일부터 26일까지 6日間に 걸쳐 濠洲 東南中部에 位置하는 Mildura에서 表題에 대한 세미나가 濠洲政府와 Association for Science Cooperation in Asia (ASCA) 共同主催로 開催되었다.

筆者는 農村振興廳 作物改良研究事業所의 配慮에 의하여 作物試驗場 林茂相研究官과 같이 參席하였으며, 이 機會에 Sydney 國立大學 및 CSIRO(The Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)를 安炳鉉博士의 案内로 돌아 볼 수 있는 機會를 갖게 되었으며, 돌아오는 길에 필리핀 노스바 노스에 있는 國際米作研究所(IRRI)를 見學하였다.

여기에 본 세미나의 內容을 紹介하여 同學여러분에게 紹介하고자하여 이 機會를 마련하여 주신 作物改良研究事業所 關係官과 우리를 案内하여 준 CSIRO의 家畜生産科 研究責任을 맡고 있는 安博士에게 感謝하고자 한다.

### 1. 濠洲의 水資源

本 세미나에 參加한 나라는 印度, 日本, 파키스탄, 필리핀, 스리랑카, 타일란드에서 各各 1名씩과 우리 나라에서 2名 그리고 主催國인 호주에서 36名の 碩學들이다.

筆者가 이 세미나에 參席하는 한편 이 期間을 通하여 주로 두루 살펴 본 地域은 Sydney, Mildura 그리고 Adelaide地方으로서 극히 限定된 一部 地域이었다. 그리고 이 地域은 호주에서 가장 큰 農業地帶이다. 즉 Brisbane 및 Sydney와 Melbourne 및 Adelaide 東南海岸 地域이다.

그밖에 호주의 農業地帶로서는 Darwin을 中心으로하는 北部 海岸 및 Perth 附近의 西南海岸과 Tasmania島 등 극히 制限된 地域이며 호

주 大陸의 大部分이 Great Sandy沙漠, Gibson沙漠, Greatvictoria 沙漠 및 Sempson 沙漠 등과 乾燥地帶로서 農業의 見地에서는 不毛의 땅으로 되어 있다. 잘 알려져 있는 바와 같이 이곳은 降雨量이 적기 때문이다. 즉 호주는 세계에서 가장 乾燥한 大陸으로서 國土의 3%만이 500mm以上の 年間 降雨量을 갖고, 83%는 250mm以下이다. 따라서 이 나라의 水資源狀況은 매우 深刻한 問題가 되어 있다.

1970年以前에는 Engineering and Water Supply Dept.가 用水供給과 汚物을 除去하는 程度의 任務를 하고 있었으나, 1973년에는 法令을 整備補完하는 한편 EWSD 機構를 擴大하여 用水의 質과 量에 대한 評價 檢討, 節約과 開發計劃 및 새로운 事業의 經營과 管理를 관장하게 되었다.

한편 호주 南部地域의 水資源은 다음과 같다.

① 地下水: 東南部の Eyre 半島, Murray Mallee 및 北部 乾燥地域은 管井揚水에 의한 依存度가 洲全體消費量의 12%程度가 된다.

② Murray江: 洲內의 唯一한 大江으로 用水의 主給源이며 洲全體消費量의 66% 程度가 供給된다.

③ 其他 河川: 小河川 및 小溜池에 貯水가 洲全體 消費量의 약 22%를 점한다.

그런데 앞으로의 用水開發計劃에 따르면 다음과 같다.

地下水의 開發은 南東部地域에 있어서 餘地가 있는 것으로 보고 있으나 南部地域은 극히 制限되고 있어 南東部에서 地下水를 揚水로 옮기려는 것도 생각되지만 經濟的인 理由에서 實現이 어렵다는 것이다.

Murray江의 물은 旱魃의 해에는 枯渴狀態가 되는데 그레도 上流에 貯水池를 開發하던 多少의 도움이 될 것으로 보고 있다. 그 밖의 河川에 대해서는 특히 南部地方에는 經濟的 및 物理的 側面에서 開發이 限界에 도달된 것으로 보고 있다.

그래서 이들은 特殊方法에 의하여 用水를 確保하는 생각을 하였는데 첫째로 氷山을 運搬하여 사용하는 方法이 提示되었다. 그러나 現在로서는 經濟的이 못된다는 結論이라 한다. 또 降雨를 最大限으로 이용하는 方法 그리고 除鹽問題에 있어서 太陽熱을 利用하는 問題 등 超現代의 方法을 계속 研究檢討중이라고 한다. 그러나 새로운 技術의 開發이 이루어지기까지는 現存 水資源의 效率의 利用이 重要한 方法인데, 都市用水의 40%가 庭園에 使用되고 있어 이의 抑制方法과 農業用水의 灌溉法 改善을 도모하고 있다.

또한 用水源의 汚染도 問題가 되고 있는데 物理的인 汚染은 濾過로서 쉽게 除去될 수 있으며 또 微生物의 汚染도 問題가 있기는 하나 都市廢水의 淨化로 除去할 수 있는 것으로 보지만 化學的 汚染 즉 都市의 工業用廢水와 鹽分의 增加가 큰 問題라는 것이다.

이와 같이 水資源의 不足과 加霜格인 鹽分의 增加등에 對處하는 一環策으로 濠洲政府는 十餘

年前부터 關係分野學者들에게 多額의 研究費를 繼續支給하여 왔다는 것이며 今般 세미나가 이를 綜合하는 한 機會를 갖게 된 것이라고 한다. 周知하는 바 그와 같은 問題가 호주의 現人口라든가 農業生産面에서 볼 때 그렇게 深刻한 것이라고는 생각되지 않는데 그들은 앞날을 위하여 研究하여 미리 對策을 講究해 두는 일로 생각되며 따라서 그들의 研究는 이를 根本的으로 解決해보려는 基礎研究가 主題를 이루고 있는 것으로 보였으며 이와 같은 情報를 各國間에 交換하려는 것이 今般 세미나인것으로 되어 있다.

## 2. 아시아 各國의 鹽害狀況

아시아는 地域이 廣大하므로 地域에 따른 氣象 및 土壤條件이 매우 多様하므로 鹽害의 概念이 다르다.

韓國이나 日本 및 臺灣은 比較的 灌溉施設이 갖추어져 있으며 年間 降雨量이 蒸發量을 上廻하므로 一時的인 旱魃이 있다하여도 鹽害를 일으킬 程度로 地表面에 鹽分이 集積되는 일은 短時日限일 뿐이고 거의 없으며 다만 이 地域에서의 鹽害는 干拓地나 潮水가 出入하는 河口에서 部分的으로 發生할 뿐이다. 그러나 印度 파키스탄 및 타일란드의 一部地方에서는 降雨不足에 基因하는 乾燥와 함께 鹽害問題는 매우 深刻한 面이다.

歷史的으로 에덴동산의 起原으로 알려진 Mesopotamia의 Tigris와 Euphrates江 流域은 鹽害로 荒廢되어 결국은 Sumerian帝國의 붕괴를 招來한 原因의 하나가 되었다고 한다. 現在도 印度의 Punjab地方은 全農耕地의 25%程度가 심한 鹽害를 받고, 이 중 10%는 完全히 失農段階에 있으며 每年 400km<sup>2</sup>程度가 鹽害로 不毛地化되고 있으며 따라서 現在 印度로서는 鹽害地에 適應할 수 있는 植物을 探索하고 이들을 牧草 등으로 活用할 수 있는 方案을 模索하고 있다고 한다.

파키스탄에 있어서는 1억 9천 9백만 에이커의 國土가 大部分 乾燥 내지 半乾燥地로서 Indus 平野部는 年間 降雨量이 100mm內外이다. 大部

分の 農産物은 3천3백만 에이커에 달하는 灌溉 地域에서 生産되고 나머지 2천3백만에이커는 鹽地라고 한다. 파키스탄의 鹽害問題는 20世紀 初 Indus平野에 灌溉水路開設로 地下水水位가 上昇 하면서 隨半된 問題로 鹽分이 地表에 擴散濃縮 되어 일어났다. 이 問題를 解決하기 위해 USA ID, FAO 및 世界銀行 등이 鹽分洗滌을 위한 灌溉用 地下水 資源開發과 地下水水位調節을 위한 排水施設을 政府에 建議하고 있다는 것이다.

1958년에 WAPDA가 이 問題를 맡아 약 100 만 에이커 정도의 SCARPS (Salinity Contral and Reclamation Projects) 單位로 全鹽害地를 細分하여 地域計劃과 綜合計劃을 마련하였고 1973년에는 새로운 강력한 推進計劃이 提起되어 2천 2백만 에이커의 土地에 300억 루피의 經費를 들여 向後 21年間に 侵潤과 鹽害를 解決한다는 것이다.

日本에서의 鹽害는 前記한 나라들과는 달리 降雨量이 많으며 灌溉施設도 되어 있으므로 干拓地에서 熟畜이 되기까지에 除鹽과 아울러 耐鹽性 品種 및 栽培法의 改善程度로 解決되고 있는 實情이며 우리 나라의 境遇도 이와 비슷한 事情이라 하겠다.

### 3. 耐鹽性 育種

植物의 種類 또는 品種에 따라 鹽害에 대한 抵抗性이나 適應性에 差異가 있는 것은 分明한 데 이들에 대한 適應方法의 究明이라든가 耐鹽性 因子選拔 또는 耐鹽性의 遺傳樣式 등에 대한 研究는 아직 未洽하다.

그러나 토마토, 大麥, 大豆 등에 있어서 品種間에 상당한 耐鹽性의 差異가 있다는 것이 報告 되었다. 또 鹽害地에서 植物의 生産성과 관계가 있는 植物로부터의 除鹽能力을 가진 포도, 밀감, Stone fruit 및 Avocado 등의 品種台木 가운데는 鹽分蓄積程度에 있어서 顯著한 차이가 나타난다.

生物의 進化過程에서 植物界는 가장 適合한 地域을 占有하여 適應되어 있는바 一部는 상당한 鹽害地로서 흔히 熱帶地方의 海岸線에 普遍

的으로 있는 Salt bush와 Mangrove 숲은 좋은 예이다. 이러한 特性은 植物固有의 遺傳能力이라 생각되며 이러한 耐鹽性 植物들의 生存機構에 關한 知識은 우리가 適切한 耐鹽性和 收量性을 지닌 作物의 開發의 可能性을 보여주고 있는 것으로 생각하고 있다. 본 세미나에서 發表된 몇가지 內容을 要約해 보면 다음과 같다.

#### (1) 水稻品種의 耐鹽性(F.N. Ponnampereuma)

南部 및 東南部 아시아에는 약 6천 3백만ha가 氣候나 그 밖의 環境條件이 水稻栽培에 適當 하지만 다만 鹽害때문에 未耕狀態에 있는 것이다. 만약 耐鹽性이면서 倒伏 및 病虫害에 대한 抵抗性品種이 開發된다면 多大한 投資干拓을 하지 않고도 水稻栽培面積을 크게 確保할 수 있을 것이다. 國際米作研究所는 世界的인 蒐集品種과 耐鹽性系統을 大量檢定하는 方法을 開發하였으며 1975~77年 사이에 14,000餘品種을 檢定하여 이 중 耐鹽性으로 判定되는 109品種을 選拔하고 필리핀 타일란드, 印度 스리랑카 및 애굽에 있는 鹽害地에서 檢定中이다.

#### (2) 耐鹽性 蜜柑台木選拔 (R.R. Walker)

鹽害抵抗性이 相異한 것으로 알려진 Trifaliata, Symons, Sweet Orange 및 Rough Lemon의 幼苗를 100mM의 鹽分을 含有하는 培養液을 灌溉하여 栽培하였다.

根·稈 및 葉別로 Cl, Na 및 K ion의 吸收가 究明되었는데 잎의 Na 및 Cl ion 含量은 모든 臺木에서 鹽分의 濃도에 比例로 增加되었으며 品種間差異는 鹽의 濃도와 處理期間에 左右되고 圃場抵抗性과는 關係가 없었다.

#### (3) 大麥에서 Proline 蓄積을 利用한 耐旱性 選拔(W.Y. Choi & D. Aspinall)

Amino酸의 一種인 proline을 測定하므로써 品種의 耐旱性을 識別하는 指標로 利用될 수 있을 것이라고 Singh등(1972)이 암시하였지만 Proline의 蓄積은 品種들의 耐旱性에 關與하는 많은 生理的 特性과 聯關되었을 것이기 때문에 制限的으로만 利用될 수 있을 것이다.

大麥의 한 集團을 栽培하고 幼苗期에 一定한 旱魃을 주어서 proline蓄積能力이 낮은 것과 높은 것 두 集團을 選拔하여 採種하였다. 이 두 集團의 proline蓄積能力이 次代에도 差異를 나타내어 繼續選拔이 되고 있다.

이와는 달리 6개의 大麥純系를 위와 같이 栽培하고 proline蓄積을 調査했으나 品種의 差異보다 環境에 크게 影響을 받았다.

#### 4. 鹽害와 植物生理

旱害 및 鹽害와 關聯된 植物生理 및 生態의 研究는 많은 時間과 高價한 機資材가 所要되므로 經濟적으로 餘有가 있는 나라에서 이루어지고 있으며 그렇지 못한 나라에서는 育種 및 栽培法改善의 側面에서 解決策을 모색하고 있는 느낌인데 호주에서는 旱害 및 鹽害와 關聯하여 proline (Amino酸의 一種)의 追究가 이루어지고 있다.

그들의 發表 內容을 要約하면 다음과 같다.

##### (1) 鹽害植物의 ion分析(R.F.M. Van Steveninck, A. Laüchli)

초구조 研究와 X-ray分光分析鏡으로 ion沈下法과 冷凍法을 써서 移行性의 分析을 실시하고 內質網狀組織과 原形質系와 같은 原形質 構造物의 ion通過와 Apoplast와 Symplast를 통한 ion移動에 대한 說明이 있었다. 耐鹽性과  $K^+$  및  $Na^+$  ion의 選擇性에는 여러 가지 細胞의 形態의 機能이 고려되어야 한다. 또한  $Na^+$ 과  $Cl^-$  ion을 留保하는데 皮質細胞의 役割과 導管으로  $K^+$  ion을 運搬하는 維管束細胞의 役割 및 木質部 樹液에서  $Na^+$  ion의 再吸收에 機動細胞의 구실이 重要하다.

##### (2) 原形質內的 混存滲透物質 (R. G. Wyn Jones)

鹽害에 강한 品種이나 品種이나 種간에 酵素와 細胞質의 感受性이 비슷하고 間接的이나 細胞質과 液胞사이의 ion集積이 다르다는 것은 鹽害時에 어떤 有機物이 蓄積된다는 概念이 成立된

다. 이들 蓄積物 중에 proline과 glycine betaine은 계속적인 旱魃時에 植物體內에서 解毒作用을 나타내는 듯하며 高等植物에서 잘 나타낸다.

한편 鹽分은 液胞에 상당 部分이 蓄積된다.

또한 어떤 屬이나 科에서는 다른 betaine( $C_5H_{11}O_2N$  알카로이드의 1種)과 아미노酸이 蓄積될 가능성도 있다.

proline과 glycine betaine이 다 같이 積蓄되는 特定植物에서는 이들 物質이 量과 質 兩面의 反應이 相異하다. 아미노酸과 betaine이 過度히 蓄積될 때는 Sugar, Sugaralcohol 같은 混合物이 下等植物과 藻類에서 비슷한 役割을 할 可能性도 있다.

##### (3) 大麥의 鹽害와 proline蓄積 (L.G. Palegete)

아미노酸의 1種인 proline은 旱魃을 당하면 植物體內에서 신속히 蓄積되고 旱魃이 解消될 때 같은 速度로 사라진다. 鹽害時에도 비슷한 蓄積이 일어나며 그 程度는 鹽溶液의 滲透能과 含有된 特定 proline에 따라 달라진다. 鹽害時 植物의 屬이 다르면 proline의 蓄積量도 다르고 生育量과도 密接한 關係를 보이지 않는다.

鹽害時에 大麥品種間에도 proline 蓄積의 差異가 나타나는데 旱魃時의 蓄積과는 다른 것 같으며, 이는 鹽分吸收量의 差에 基因하는 것 같다.

##### (4) 穀實의 旱害와 proline蓄積

成熟期の 旱魃은 大麥과 小麥의 莖·葉, 花器 및 花軸에 遊離 proline이 상당량 증가하지만 穀實內에는 증가하지 않는데 이는 proline의 移行은 되겠지만 protain이 되거나 代謝消費되는 것으로 생각된다.

##### (5) 鹽害와 蛋白代謝

모든 prokaryote중에서 다만 Halobacteria는 特異한 Ribosome蛋白質을 가지고 있다.

한편 蛋白質合成은 鹽害와 旱魃에 直接 影響을 받는다는 點은 다음과 같은 根據가 있다.

## ■ 作物의 鹽害 및 旱魃에 對한 反應

① 鹽害 및 旱害時에는 Ribonuclease의 活動이 크게 증가된다. ② 蛋白合成에 必要한 染色粒의 발달 및 酵素生成은 鹽 및 水分 障害에 특히 민감하다. ③ 旱害反應으로서 polyribosome의 신속하고 광범위한 減少가 分析된다. ④ 試驗內에서 分離組織의 蛋白合成은 蔗糖含量 증가에 민감하다.

그러나 어떤 組織에서는 낮은 鹽害에서도 蛋白合成이 減少되지 않으나 심한 鹽害에서는 特殊蛋白質이 만들어지기 때문에 蛋白質 合成의 취약 정도가 細胞의 耐鹽 및 耐旱性의 決定的要素는 아닌 것 같다.

### (6) 鹽 및 旱害와 光合成(W.J.S. Downton)

障害를 받은 葉全體의 gas 交換反應은 擴散抵抗分析에 의해서 기공성과 비기공성 要素로 區分된다. 非氣孔性要素는 二酸化炭素 固定에 光學的, 生化學的 制限이 加해진다.

C<sub>3</sub>와 C<sub>4</sub> 植物에서 酸素同化經路에 鹽害 및 旱害의 影響이 檢討되었고 障害를 받은 잎에서 變型된 光呼吸은 C<sub>4</sub> 植物의 中間에서 Label의 蓄積과 關係가 있는 것이 밝혀졌다.

### (7) 耐旱性 植物과 滲透壓(R. Storey)

많은 植物에서 滲透壓이 높은 植物의 滲透溶質의 主要 構成分은 K<sup>+</sup>, Mg 및 Ca의 無機鹽과 有機溶媒로서 果糖, 葡萄糖 및 蔗糖등이다. 이들 滲透壓이 높은 品種 중에서 相當水準의 betaine과 proline이 檢出되었다.

### (8) Amaranthus의 旱害와 Betacyanin 合成(D.C. Elliott)

Amaranthus의 幼苗에서 Betacyanin의 合成蓄積은 Gene의 活動과 새로운 酵素合成에 의해서 左右되는 過程이고, 이것은 암소에서 Cyto-kinin이나 또는 phytochrome의 支配下에 있다. 또한 旱魃이 오면 Betacyanin이 계속 合成蓄積된다.

### (9) 海草의 膨壓調節(S.D. Tyerman)

海草의 1種인 Zostera Capricornia는 蒸散體

系에 문제가 없는 高等植物인데 이 植物은 周圍海水의 滲透壓 振幅에 따라 Zostera는 滲透壓을 調節할 수 있게 NaCl을 조절하여 膨壓을 一定하게 유지한다.

### (10) 鹽分吸收의 特異性(M.G. Pitman)

植物體는 한편으로는 養分으로서 그리고 液胞內의 積貯 滲透壓을 유지하기 위하여 ion의 吸收가 필요하고, 한편으로는 蒸散 때 吸收되는 水分으로부터 ion을 除去하고, 細胞水準에서는 特定 ion을 細胞膜으로부터 排除하는 것이 필요한데 높은 鹽分을 含有하고 있는 halophyte에서 부터 鹽害地에서 生育하여도 鹽分을 排除하는 植物에 이르기까지 많은 植物들은 이러한 모순을 解決하는 비방들을 開發하였다.

### (11) 酵素에 대한 鹽分의 效果(H. Greenway)

아직까지 glycolyte와 halophyte에서 抽出한 酵素들의 鹽反應性의 差는 알려져 있지 않다. 이 두 植物은 Cl<sup>-</sup>에 대단히 민감한 酵素를 가지고 있다. 이같은 Cl<sup>-</sup> ion의 酵素抑制力은 간혹 Km증가 때문에 일어날 수 있고 基質의 量에 緩和되기도 한다. 이것은 전경로에 적용되는 데 試驗官에서 100mM의 Cl<sup>-</sup>는 glycolyte의 배출을 감소시키지 않지만 경로에서 일부 酵素의 基質은 현저히 증가된다.

### (12) 植物과 鹽害反應과 生長調節劑의 役割(B.R. Loveys)

植物의 鹽害環境의 變異에 따른 植物生長調節劑의 量的인 變化와 관계는 거의 없는데 鹽類化의 初期단계에 植物의 生理的인 反應은 旱魃의 結果와 비슷하다. 여기는 ethylene과 abscisic acid의 endogenous水準에서 증가와 cytokinin현황에서 감소가 포함된다.

以上の 研究發表以外에도 Evans Blue 染色方法(J.A. Taylor & D.M. Vest), 溫室에서의 鹽害(H. Yokoi), 鹽害와 嫌氣化의 交互作用(C.D. Jhon), 根圈의 不規則한 鹽濃度와 植物의 反應 研究發表가 있었다.