

Trinexapac-ethyl(CGA 163935)의 處理가 水稻의 生育 및 倒伏에 미치는 影響

任日彬* · 崔元永* · 李善龍* · 朴根龍* · 李圭烈**

Effects of Trinexapac-ethyl(CGA 163935) on Growth and Lodging of Rice(*Oryza sativa* L.)

Im*, I.B., W.Y. Choi*, S.Y. Lee*, K.Y. Park*, and J.L. Lee**

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effect of trinexapac-ethyl{4-(cyclopropyl- α -hydroxy-methylene)-3,5-dioxocyclohexan carboxylic acid ethyl-ester} for lodging prevention, growth pattern of several organs and yield in machine transplanted rice with 10-day-old seedling. Elongation rate of the second internode affected the most largely by trinexapac-ethyl was 33-52, 35-56 and 42-53% of check in application of 12, 7 and 5days before heading, respectively and, culm elongation was reduced 27-34, 20-29 and 20-25% in application of the same time. Lodging in field was decreased by treatment of trinexapac-ethyl compared with check. Ripened grain ratio and yield were increased about 3-7 and 7-17% by trinexapac-ethyl, respectively.

Key words : rice, growth regulator, lodging, trinexapac-ethyl

緒 言

最近의 벼 農事는 生産費를 節減하고 災害를 回避하면서 良質의 쌀을 生産할 수 있는 技術을 投與하지 않으면 國內外의 競爭力을 상실할 수 밖에 없는 技術爲主의 農業時代에 處해 있다.

특히 우리나라의 벼 農事는 自然環境에 크게 依存하고 있는 農法으로 항상 各種 災害의 危險을 內包하고 이루어지고 있는데 그중에서도 出穗期를 前後하여 常習적으로 來襲하는 颱風의 影響으로 일어나는 倒伏은 收量의 減少는 물론 品質이 현저히 떨어지고 또한 收穫과 같은 農作業의 效率을 낮게하는 등 치명적인 影響을 준다. 이러

한 倒伏은 移秧栽培보다 直播栽培에서 많으며, 直播栽培에서도 散播의 경우 條播나 點播했을 때 보다 많다고 한다⁹⁾. 倒伏의 原因은 出穗後 이삭이 무거워 짐에 따라 moment가 커져서 일어나는 경우^{19,20)}, 過肥, 密植 등으로 下位節間의 異常伸長과 細長 또는 문고병이나 벼멸구 등에 의한 葉鞘의 損傷으로 下位節間 部位의 挫折強度가 약해 짐으로서 일어나는 경우^{13,20)}, 그리고 淺根狀態로 地上部에 대한 根部의 支持力이 弱해지는 경우²⁾로 大別할 수 있는데 보통 여기에 降雨, 바람 등의 外力이 더해져서 倒伏이 일어난다²⁾.

倒伏을 輕減시키는 方法으로는 環境의인 要因, 즉 稻體에 作用하는 外力을 減少시키는 方法, 內的 要素인 耐倒伏性 品種育成 등에 의한 倒伏抵抗

* 湖南作物試驗場 Honam Crop Experiment Station, RDA, Iri 570-080, Korea.

** 忠南大學校 農科大學 Chungnam National Univ. Agronomy, Deajeon 305-764, Korea. <1993. 2. 16 접수>

性を強化시키는 方法, 栽培時期 移動 等に 의한 倒伏回避 및 危險을 分散시키는 方法, 물管理 等 栽培管理에 의하여 根部發達을 助長시키는 方法, 그리고 生長調整劑 等 化學物質處理에 의한 積極的인 方法 等으로 나눌 수 있다^{2,7,8,11,13,14,17,18}. 특히 最近에는 生長調整劑를 利用하여 積極的으로 倒伏을 輕減시키기 위한 研究들이 꾸준히 遂行되고 있는데 2,4-D^{1,7,8} 等을 利用한 研究들이 오래 전부터 이루어져 왔으나 크게 實用化 되지는 못하였다. 最近에는 Paclobutrazol, KIM-112(Prohexadione-Ca)^{5,10,12} 等 몇 種의 새로운 植物生長調整劑들이 開發되어 벼의 生長이나 倒伏 等に 미치는 影響에 대하여 활발한 研究가 이루어지고 있다. 이들이 벼에 미치는 作用機作은 類似하지만 製型이나 處理時期 및 處理量 等의 處理方法에 따라서 상당한 差異가 있다. 실제로 圃場에서 倒伏에 대한 診斷은 쉬운 일이 아니다. 따라서 이러한 生長調整劑를 利用하여 倒伏을 防止 또는 輕減시키기 위해서는 圃場에서 倒伏에 대한 診斷이 容易하고 收量 等に 影響을 미치지 않는 時期에 處理하는 것이 有利하다. 이러한 時期는 벼에서 粒數가 決定되고 穗長伸長이 거의 完了된 出穗期에 近接한 時期라고 할 수 있다.

따라서 本 實驗은 trinexapac-ethyl의 處理에 의한 벼의 各 器官別 生長反應, 倒伏 및 倒伏關聯形質과 生育에 미치는 影響을 檢討하고 벼의 倒伏輕減作用을 分析하여 實用化를 위한 基礎資料를 얻고자 遂行한 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本 實驗은 湖南作物試驗場의 圃場에서 東津벼를 供試하여 5月 29日에 機械移秧 散播育苗箱子에 播種하여 10E 苗를 6月 8日에 機械移秧하였으며, 本畝施肥量은 N, P₂O₅, K₂O를 각각 16, 9, 11Kg/10a으로 하여 N은 基肥, 分蘖肥, 穗肥를 각각 50:30:20%의 比率로, P₂O₅는 全量基肥로, K₂O는 基肥 70%, 穗肥 30%로 分施하였다.

本 實驗에 供試된 生長調整劑는 trinexapac-ethyl{4-(cyclopropyl- α -hydroxy-methylene)

-3,5-dioxocyclohexanecarboxylic acid ethyl-ester}로서 주로 葉에서 吸收되어 體內로 移動하여 gibberellin의 合成을 阻害시킴으로서 作物伸長을 抑制하는 것으로 알려졌다¹⁵. 이의 處理를 出穗前 12日, 7日 및 5日에 10a當 主成分 含量으로 2.5, 5.0, 7.5, 10.0g씩 하였다. 處理後 벼의 各 器官別 生長樣相을 追跡하기 위하여 處理後부터 各 葉伸長, 葉鞘長, 節稈長 및 穗長 等を 調査하였으며, 倒伏關聯形質의 調査는 出穗後 20日에 하였고, 挫折重은 第4節間을 木屋製作所의 莖間挫折性 試驗裝置 TR-2S型을 使用하여 調査하였으며, 其他는 農村振興廳 調査基準에 準하였다.

結果 및 考察

1. 葉身 및 葉鞘의 生長에 미치는 影響

Trinexapac-ethyl의 處理에 의한 葉身の 길이는 表 1에서와 같이 差異가 없었는데 이는 trinexapac-ethyl의 處理時는 이미 止葉까지 伸長이 完了되었기 때문으로 判斷된다. 葉鞘는 出穗前 12日處理에서 無處理에 비하여 第1葉鞘(止葉鞘)만이 4-8% 程度 短縮되었는데 處理濃度가 높을수록 그 程度가 컸다. 그러나 第2葉鞘 以下

Table 1. Effect of trinexapac-ethyl application time and dosage on the elongation of leaf blade and sheath of rice

| | Application | | Leaf sheath | | Leaf blade | |
|-------|-------------|--------|----------------|------|------------|------|
| | Time | Dosage | 1st | 2nd | 1st | 2nd |
| | | g/10a | cm | | | |
| 12DBH | | 2.5 | 25.0 | 24.2 | 32.7 | 45.5 |
| | | 5.0 | 24.5 | 24.2 | 32.7 | 45.6 |
| | | 7.5 | 24.2 | 24.1 | 32.7 | 45.6 |
| | | 10.0 | 24.0 | 24.2 | 32.6 | 45.5 |
| 7DBH | | 2.5 | 26.0 | 24.2 | 32.8 | 45.7 |
| | | 5.0 | 26.0 | 24.2 | 32.7 | 45.6 |
| | | 7.5 | 25.9 | 24.2 | 32.7 | 45.5 |
| | | 10.0 | 25.9 | 24.2 | 32.7 | 45.6 |
| 5DBH | | 2.5 | 26.1 | 24.3 | 32.6 | 45.6 |
| | | 5.0 | 26.0 | 24.2 | 32.7 | 45.6 |
| | | 7.5 | 26.0 | 24.1 | 32.7 | 45.6 |
| | | 10.0 | 26.0 | 24.2 | 32.7 | 45.7 |
| | Check | | 26.0 | 24.2 | 32.7 | 45.6 |

DBH : Days before heading
1st = flag leaf

와 出穂前 7日 및 5日 處理區에서는 無處理와 差異가 없었는데 이는 出穂前 12日頃에는 第2葉鞘까지의 伸長이 거의 完了되었으며, 出穂前 7日頃에는 第1葉鞘의 伸長도 完了되었기 때문에 判斷되며, 任⁵⁾ 等の KIM-112 處理에 의한 報告와 類似한 傾向이었다.

2. 節間長 및 釋長伸長에 미치는 影響

Trinexapac-ethyl의 處理時期를 달리하여 各節間長의 伸長推移를 보면 第3節間(N₂)은 그림 1에서와 같이 出穂前 14日에는 約 40%, 出穂前 9日에는 80%, 그리고 出穂前 4日에는 94%程度가 伸長되었다. 따라서 各各에 近接한 時期가 trinexapac-ethyl이 處理되면서 伸長이 급격히 鈍化되었고, 그러한 樣相이 伸長이 完了된 時期까지 이어졌으며, 第2節間(N₁)은 그림 2에서와 같이 sigmoid型의 生長曲線을 나타내었으며, 出穂前 14日에는 伸長初期段階였으며, 出穂前 9日에는 8%, 그리고 出穂前 4日에는 42% 程度 伸長하고 있어 trinexapac-ethyl이 處理되는 出穂前 12, 7 및 5日은 第2節間의 伸長初期나 旺盛한 伸長期로, 處理以後 伸長速度는 급격히 낮아지는 現象을 보였으며, 또한 處理時期가 빠를수록 그 程度는 顯著하였다. 第1節間(N₀)은 그림 3에서와 같이 sigmoid型의 生長을 하였으며, 出穂前 14日 및 9日에는 伸長이 거의 되지 않고 있었으

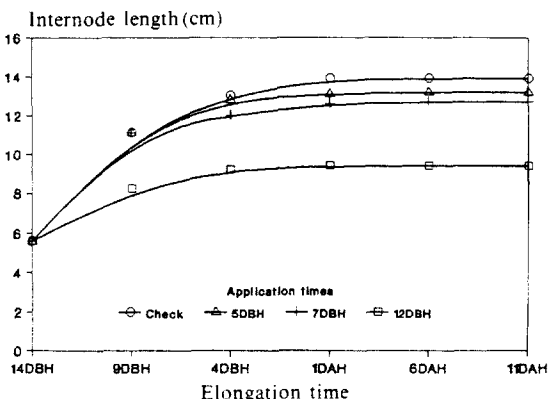


Fig. 1. The growth patterns of the third internode according to different application time of trinexapac-ethyl in rice.

DBH : Days before heading,
DAH : Days after heading

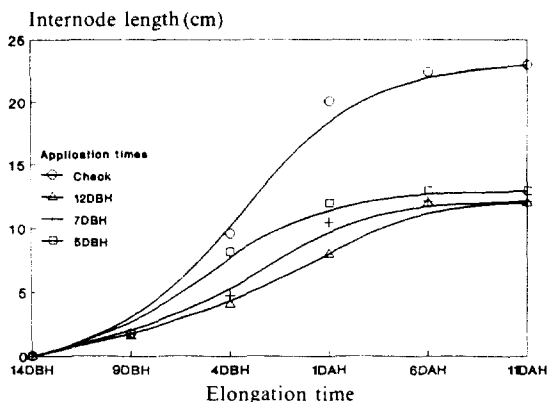


Fig. 2. The growth patterns of the second internode according to different application time of trinexapac-ethyl in rice.

DBH : Days before heading,
DAH : Days after heading

며, 出穂前 4日에는 9%의 伸長으로 log phase의 初期였다. 따라서 處理時期가 빠를수록 伸長抑制 程度는 큰 편이었으나 그 差異는 적었다.

Trinexapac-ethyl의 處理時期와 處理量에 따른 各節間長의 伸長程度를 表 2에서와 같이 보면 第4節間(N₃)의 伸長率은 出穂前 12日處理에서 2-5% 程度 낮았으나 出穂前 7日 및 5日 處理에서는 差異가 없었다. 이는 出穂前 7日에는 이미 第4節間의 伸長이 完了되었으며, 出穂前 12日에도 95% 以上 完了되었기 때문에 생각된다. 第3節間은 出穂前 12日處理에서는 32-41%

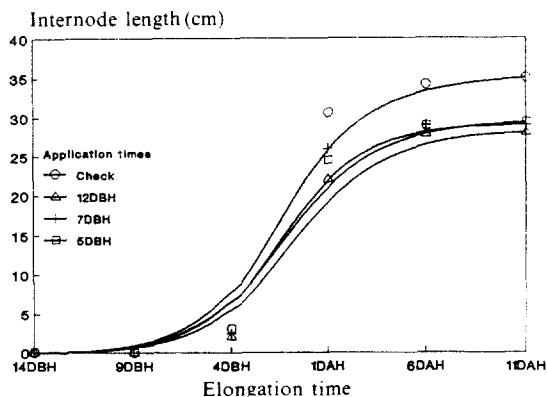


Fig. 3. The growth patterns of the first internode according to different application time of trinexapac-ethyl in rice.

DBH : Days before heading,
DAH : Days after heading

Table 2. Effect of trinexapac-ethyl application on each internode elongation of rice

| Time | Application | | Internode elongation rate | | | |
|-------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------|--|
| | Dosage (g/10a) | N ₃ | N ₂ | N ₁ | No | |
| 12DBH | 2.5 | 97.7 | 67.6 | 52.2 | 80.0 | |
| | 5.0 | 97.7 | 64.7 | 51.3 | 79.4 | |
| | 7.5 | 96.6 | 60.4 | 39.1 | 78.9 | |
| | 10.0 | 95.4 | 59.0 | 33.0 | 77.7 | |
| 7DBH | 2.5 | 100.0 | 91.4 | 56.1 | 82.9 | |
| | 5.0 | 100.0 | 88.5 | 43.5 | 80.3 | |
| | 7.5 | 100.0 | 86.3 | 39.1 | 79.4 | |
| | 10.0 | 100.0 | 84.9 | 34.8 | 78.0 | |
| 5DBH | 2.5 | 100.0 | 95.0 | 52.6 | 83.7 | |
| | 5.0 | 100.0 | 93.5 | 50.9 | 82.0 | |
| | 7.5 | 100.0 | 92.8 | 44.8 | 80.3 | |
| | 10.0 | 100.0 | 92.1 | 42.2 | 79.7 | |
| Check | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | |
| | | (8.7cm) | (13.9cm) | (23.0cm) | (35.0cm) | |

DBH : Days before heading

의 높은 短縮率을 보인 반면 出穗前 7日處理에서는 9-15%, 出穗前 5日處理에서는 5-8% 程度로 處理時期가 늦을수록 短縮率은 顯著히 낮았다. 이는 出穗前 7日頃에는 第3節間이 伸長後期였기 때문에 判斷되며, 各 處理時期 모두 處理濃도가 높을수록 短縮率도 높았다. 第2節間 伸長抑制 程度는 대체로 處理時期가 빠르고 處理濃도가 높을수록 큰 편이었으며, 出穗前 12日處理에서는 約 48-67%, 出穗前 7日處理에서는 44-65%, 그리고 出穗前 5日處理에서는 47-58%이었다. 이는 任⁵⁾의 報告와 類似한 傾向으로 역시 Sachs¹⁵⁾의 生長大週期中 log phase에는 外部環境이나 刺戟에 敏感한 反應을 보이며, 따라서 出穗前 7日에 處理한 경우 多少의 差異가 있는 것은 이 時期에는 약간의 處理時期와 濃度の 差異가 體内の GA 合成이나 生長反應에 크게 影響을 주기 때문에 推定된다.

第1節間長의 短縮程度는 出穗前 12日處理는 約 20-22%, 出穗前 7日處理는 17-22%, 그리고 出穗前 5日處理에서는 16-20% 程度로 時期 및 濃度間의 差異가 적었는데 이는 處理時期가 lag phase에서 log phase 初期였으며, 또한 第1節間의 伸長促進能力이 trinexapac-ethyl의 濃度增加에 의한 抑制能力보다 크기 때문에 생각된다.

Trinexapac-ethyl의 處理時期別로 無處理에 대한 各 節間의 伸長率은 그림 4에서 처럼 各 處理

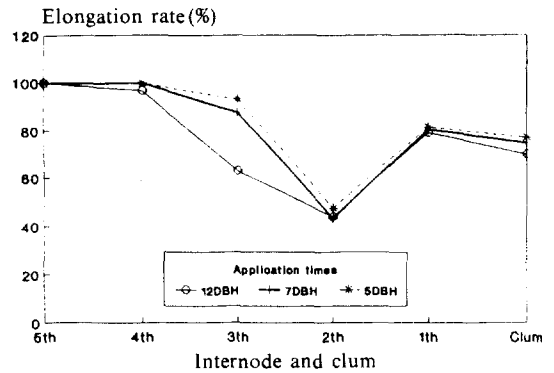


Fig. 4. Elongation rate of each internode of rice applied by trinexapac-ethyl at several times. DBH : Days before heading

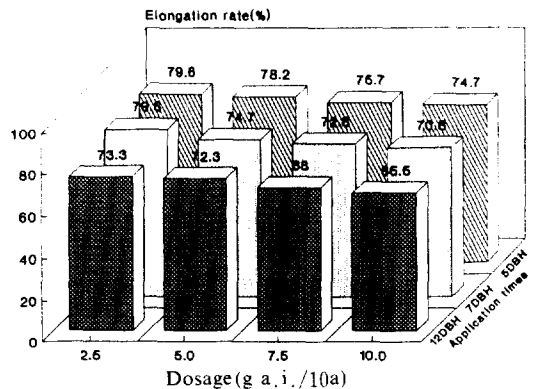


Fig. 5. Effect of trinexapac-ethyl in culm elongation of rice. DBH : Days before heading

時期 모두 第2節間이 가장 낮은 伸長率을 보였으며, 그 다음으로는 出穗前 12日處理는 第3節間>第1節間>第4節間 順으로, 그리고 出穗前 7日 및 5日處理는 第1節間>第3節間>第4節間 順으로 伸長率이 낮았다.

稈長의 伸長率은 그림 5에서 無處理에 비해 出穗前 12日處理는 66-73%, 出穗前 7日處理는 71-80%, 그리고 出穗前 5日處理는 75-80% 程度로 處理時期가 빠를수록 伸長率은 낮았다.

따라서 本 試驗에서처럼 穎花數와 穗長의 伸長이 거의 完了된 出穗前 6±1日傾의 出穗期에 近接한 時期는 本畝에서 벼의 倒伏診斷을 거의 明確하게 할 수 있는 程度의 時期이기 때문에 이때에 倒伏을 防止하기 위한 藥劑의 撒布여부를 判斷하여 20% 程度의 稈長短縮 效果를 가져올 수 있다면 벼의 倒伏을 省力的이면서 效果的으로 輕減시킬 수 있는 方法이라고 생각된다.

3. 倒伏 및 倒伏關聯形質에 미치는 影響

Trinexapac-ethyl의 處理時期와 處理量에 따른 벼 倒伏關聯形質 및 圃場倒伏程度를 表 3에서 보면 moment는 處理時期가 빠르고 處理濃도가 높을수록 낮았는데 이는 稈長이 短縮된 데 基因된 것이며, 第4節間の 挫折重은 出穗前 12日處理에서 다소 높았으며, 이에 따른 倒伏指數도 處理時期가 빠르고 處理濃도가 높은 데서 낮았다. 이는 生長調整劑 處理에 의해서 倒伏指數가 낮아진다

는 報告와 一致하였으며^{6,7,8,17}, 이에 크게 作用한 要因은 稈長의 伸長이 抑制되었기 때문에 생각된다. 圃場에서의 倒伏程度를 보면 無處理에서는 倒伏이 된 반면 trinexapac-ethyl 處理에서는 倒伏이 되지 않았다. 따라서 이의 處理에 의한 倒伏輕減 效果는 上位節間이 伸長하는 出穗期에 近接하여 處理한 關係로 下位節間の 短縮이나 挫折強度의 增加로 倒伏을 輕減시키는 效果보다는 上位節間の 伸長을 抑制시켜 稈長을 짧게 함으로서 moment를 낮게하여 倒伏을 輕減시키는 效果가 컸다고 判斷되었다.

4. 出穗 및 收量에 미치는 影響

Trinexapac-ethyl處理에 의해 出穗期는 差異가 없었으며, 이삭의 抽出度는 表 4에서와 같이 出穗前 12日處理에서는 2.1-2.9cm, 出穗前 7日處理에서는 0.7-1.8cm, 그리고 出穗前 5日處理에서는 0.7-1.1cm로 無處理에 비해 4.1-6.3cm 程度 짧았으며, 특히 處理時期가 늦을수록 크게 짧아졌는데, 이는 出穗前 7日 및 5日處理에서는 이삭抽出과 가장 密接한 關係를 가지고 있는 止葉鞘가 이미 伸長이 完了된 時期였으나 第1節間은 伸長이 旺盛한 時期여서 상대적으로 葉鞘에 비해 第1節間の 伸長抑制 程度가 컸던데 基因된 것으로 判斷된다.

收量構成要素와 收量을 無處理와 比較하여 보면 處理區에서 株當穗數와 穗當粒數는 비슷하였

Table 3. Effect of trinexapac-ethyl application time and dosage on lodging characteristics and field lodging of rice

| Time | Application | | Moment (g. cm) | Breaking strength (g) | Lodging index | Field lodging (0-5) |
|-------|----------------|--|-------------------|--------------------------|------------------|------------------------|
| | Dosage (g/10a) | | | | | |
| 12DBH | 2.5 | | 836 | 570 | 147 | 0 |
| | 5.0 | | 797 | 571 | 140 | 0 |
| | 7.5 | | 741 | 572 | 130 | 0 |
| | 10.0 | | 719 | 572 | 126 | 0 |
| 7DBH | 2.5 | | 916 | 563 | 163 | 0 |
| | 5.0 | | 849 | 562 | 151 | 0 |
| | 7.5 | | 834 | 563 | 148 | 0 |
| | 10.0 | | 812 | 564 | 144 | 0 |
| 5DBH | 2.5 | | 946 | 562 | 168 | 0 |
| | 5.0 | | 846 | 562 | 151 | 0 |
| | 7.5 | | 773 | 562 | 138 | 0 |
| | 10.0 | | 865 | 563 | 154 | 0 |
| Check | | | 1,110 | 562 | 198 | 3 |

DBH : Days before heading

Table 4. Effect of trinexapac-ethyl application on the heading date, panicle exerting degree, yield components and yield in rice

| Application | | Heading date | Panicle exertion (cm) | Panicle length (cm) | Panicle number per hill | Grain number per panicle | Ripened grain ratio (%) | 1,000 grains weight (g) | Yield (kg/10a) | Index |
|-------------|----------------|--------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------|
| Time | Dosage (g/10a) | | | | | | | | | |
| 12DBH | 2.5 | Aug. 27 | 2.9 | 19.8 | 15.3 | 90.9 | 89.3 | 22.8 | 479 | 114 |
| | 5.0 | Aug. 27 | 2.6 | 19.9 | 15.4 | 91.1 | 88.4 | 22.8 | 473 | 113 |
| | 7.5 | Aug. 27 | 2.2 | 19.5 | 15.2 | 90.7 | 86.3 | 23.0 | 450 | 107 |
| | 10.0 | Aug. 27 | 2.1 | 19.3 | 15.2 | 90.8 | 85.2 | 22.8 | 450 | 107 |
| 7DBH | 2.5 | Aug. 27 | 1.8 | 19.6 | 15.2 | 90.9 | 90.2 | 23.4 | 491 | 117 |
| | 5.0 | Aug. 27 | 1.5 | 19.8 | 15.4 | 91.2 | 90.0 | 23.5 | 489 | 116 |
| | 7.5 | Aug. 27 | 1.0 | 20.0 | 15.4 | 91.0 | 89.3 | 23.2 | 489 | 116 |
| | 10.0 | Aug. 27 | 0.7 | 19.5 | 15.3 | 91.1 | 88.8 | 23.1 | 487 | 116 |
| 5DBH | 2.5 | Aug. 27 | 1.1 | 20.0 | 15.3 | 91.0 | 90.2 | 24.1 | 490 | 117 |
| | 5.0 | Aug. 27 | 0.8 | 19.9 | 15.3 | 91.0 | 90.2 | 23.9 | 490 | 117 |
| | 7.5 | Aug. 27 | 0.8 | 19.7 | 15.4 | 90.8 | 90.3 | 23.7 | 489 | 116 |
| | 10.0 | Aug. 27 | 0.7 | 19.8 | 15.3 | 91.0 | 90.1 | 23.8 | 489 | 116 |
| Check | | Aug. 27 | 7.0 | 19.8 | 15.2 | 91.0 | 82.7 | 22.0 | 420 | 100 |

DBH : Days before heading

고 圃場倒伏이 일어나지 않아 登熟比率과 玄米千粒重은 높았으며, 특히 處理時期가 늦을수록 玄米千粒重이 높았는데 이에 대하여는 앞으로 더욱 檢討가 要求된다.

또한 trinexapac-ethyl 處理에 의해 收量이 7-17% 程度 높은 結果를 가져왔으며, 穗數와 穎花數의 決定이 完了된 後에 處理되었기 때문에 收量에는 逆效果를 주는 경우가 없을 것으로 생각된다.

摘 要

Trinexapac-ethyl의 處理가 水稻의 葉鞘, 葉身 및 節間伸長, 倒伏과 收量에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 實驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. Trinexapac-ethyl의 處理는 葉身の 伸長에는 影響을 미치지 않았으나 第1葉鞘에 있어서 出穗前 12日處理에서만 1~2cm 程度 短縮되었다.
2. Trinexapac-ethyl의 出穗前 12, 7, 5日處理 모두 第2節間 伸長이 가장 많이 抑制되었으며 出穗前 12日處理에서는 第2>3>1>4節 順으로, 出穗前 7 및 5日處理에서는 第2>1>3節 順으로 伸長抑制 程度가 컸다.
3. 稈長의 短縮程度는 出穗前 12日處理에서

27~34%, 出穗前 7日處理에서 20~29%, 出穗前 5日處理에서 20~25% 程度로 處理時期가 빠를수록 短縮程度는 컸으며, 處理濃度間에는 5~9% 程度 差異를 보였다.

4. Trinexapac-ethyl의 處理에 의해 moment는 작아졌으며, 倒伏指數는 無處理對比 出穗前 12日處理는 26~34%, 出穗前 7日處理는 18~27%, 出穗前 5日處理는 15~30% 程度 낮았다.
5. Trinexapac-ethyl 處理에 의한 圃場에서 倒伏輕減의 效果는 컸으며, 無處理時 倒伏은 3程度였으나 trinexapac-ethyl의 處理區에서는 倒伏이 되지 않았다.
6. Trinexapac-ethyl 處理는 穗數 및 粒數의 差異는 없었으며, 登熟比率이 3~7% 程度 높아 收量은 約 7~17% 程度 增收되었다.

引用文獻

1. Harada, T., and Y. Edo. 1957. Studies of lodging resistance in the rice plant (I). Influence of 2, 4-D upon lodging. Jap. J. Crop Sci. 25: 64-66.
2. Hitaka, N. 1968. Experimental studies on the mechanisms of lodging and of its effect on yield in rice plants. Bull. Natl. Ins. Agr.

- Sci. A, 15 : 1-175.
3. Im, I. B., S. Y. Lee, and M. S. Lim. 1987. Growth and lodging of paddy rice as affected by paclobutrazol application under the different level of nitrogen fertilizer. Kor. J. Weed Sci. 7(2) : 171-178.
 4. Im, I. B., S. Y. Lee, and J. H. Kim. 1988. Effect of paclobutrazol application on the growth characters related with lodging of paddy rice plant. Kor. J. Weed Sci. 8(3) : 324-329.
 5. Im, I. B., B. T. Jun, and S. H. Park. 1989. Effect of KIM-112 application on internode elongation and lodging characteristics in paddy rice. Kor. J. Weed Sci. 9(3) : 221-229.
 6. Kang, K. K., Y. W. Kwon, and C. Y. Yoo. 1985. Effect of applied GA₃ and paclobutrazol, on inhibitor of GA biosynthesis, on the growth of internodes and panicle of the rice plants. Kor. J. Crop Sci. 30(4) : 471-480.
 7. 川延謹造. 1953. 2, 4-D撒布による水稻倒伏防止. 農業及び園藝. 28 : 823-826.
 8. Kinebuchi, M., and T. Haraki. 1962. Consideration upon the expansion tillering attitude and lodging resistance of rice plant caused by 2, 4-D treatment. Jap. J. Crop Sci. 31 : 122-124.
 9. 小芥廣美・鷲尾 養. 1977. 不耕起直播水稻の倒伏防止に関する研究. 中國農試. A25 : 29-66.
 10. Kumiai chemical industry Co. 1989. Plant growth regulator KIM-112, technical information. Tokyo Japan : 1-14.
 11. Kwak, B. H., and Y. K. Kong. 1976. Studies on the ethylene-releasing agents in increasing grain yield of barley with higher nitrogen application. Kor. J. Crop Sci. 21(2) : 222-232.
 12. Nakayama, I. J. Miyazawa, M. Kobayashi, Y. Kamiya, H. Abe, and A. Sakurai. 1990. Effects of a new plant growth regulator prohexadione calcium(BX-112) on shoot elongation caused by exogenously applied gibberellins in rice (*Oryza Sativa* L.) seedlings. Plant Cell Physiol. 31(2) : 195-200.
 13. Oh, S. M., H. K. Lee, and K. H. Lee. 1984. Effect of paclobutrazol and flurprimido application on characteristics related with lodging of paddy rice plant. Kor. J. Weed Sci. 4(2) : 163-168.
 14. Park, R. K., J. K. Park, and K. H. Lee. 1973. Effect of lodging resistance for the rice varieties and cultural practices in transplanted rice. Res. Rep. RDA (Crops) 15 : 45-54.
 15. Sachs, R. M. 1965. Stem elongation, Ann. Rev. Plant Physiol. 16 : 73-96.
 16. 泳古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎. 1957. 水稻の倒伏に及ぼす二・三栽培條件の影響(1). 日作紀 26 : 90-92.
 17. Street, T. E., J. H. Tordan, M. W. Ebelhar, and D. L. Boykin. 1986. Plant height and yield responses of rice to paclobutrazol. Agron. J. 78 : 288-291.
 18. Yamada, M., and T. Ohkubo. 1977. Studies of lodging in paddy rice cultivated on the upland field under irrigation. J. Cent. Agric. Exp. Stn. 26 : 1-26.
 19. 山本健吾・氏家四郎. 1958. 水稻倒伏原因とその対策 (I). 農業及園藝 33(5) : 758-762.
 20. 山本健吾・氏家四郎. 1958. 水稻倒伏原因とその対策 (II). 農業及園藝 33(6) : 901-903.