

## 우리나라 벼의 Lamina Joint 를 이용한 생물검정법

朴根亨 · 玄圭煥 · 金銅淵

전남대학교 농과대학 식품가공학과  
(1986년 2월 12일 수리)

### An Assay Method with Lamina Joints of Korean Rice

Keun-Hyung Park, Kyu-Hawn Hyun and Dong-Youn Kim

Department of Food Science and Technology, College of Agriculture,  
Chonnam National University, Kwang-ju 500, Korea

#### Abstract

To establish the bioassay system not only for brassinosteroids and auxins but also for growth retardants with the lamina joints of rice, excellent domestic cultivars were selected and affectable factors, condition of test material, pH, temperature, concentration of test solution, coexisting metallic ions and combination with growth regulators, on the assay system were discussed.

#### 서 론

1979년 Grove등<sup>1)</sup>에 의해 새로운 식물생장촉진 물질로 brassinolide가 유채화분에서 단리되어 구조가 결정된 이래, 몇종의 식물체에서 brassinolide의 유연체인 brassinosteroid가 발견<sup>1-10)</sup>되어 brassinosteroid가 고등식물에 보편적으로 존재하는 생장조절물질일 가능성이 대두되면서 내생 brassinosteroid에 관한 연구가 계속되리라 예상되고 있다.

Brassinosteroid를 포함한 생리활성물질을 검색하거나 천연의 활성물질을 단리하기 위해서는 생물검정법이 필수불가결한 수단이 되고 있음은 주지의 사실이다.

Brassinosteroid에 대한 생물검정법은 종래의 auxin 검정법을 중심으로 azukibean<sup>11)</sup>, maize<sup>12)</sup>, pea<sup>13-15)</sup>, mungbean<sup>16,17)</sup>, cress<sup>18)</sup>, pintobean,<sup>19-21)</sup> jerusalem artichoke tuber<sup>22)</sup>, rice<sup>23)</sup>, cucumber<sup>24)</sup>

pigweed<sup>25,26)</sup>, dock leaf<sup>26)</sup>, sunflower<sup>27)</sup>, cocklebur leaf<sup>28)</sup> 등의 식물을 이용한 방법이 보고되고 있으나 이들 방법을 바로 적용하기에는 보고된 식물재료를 쉽게 구할 수 없는 등 어려움이 많다.

여기에 여러 재료 중 특성이 안정되고, 균일한 품종의 종자를 비교적 손쉽게 입수할 수 있는 우리나라 벼의 조직을 이용하여 brassinosteroid 뿐만 아니라 auxin류, 그리고 생장억제물질까지 응용가능한 검정법으로 활용될 수 있도록 종합적으로 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 생물검정용 재료

검정용 재료는 우리나라에서 주로 재배되고 있는 벼를 중심으로 일반계 (*japonica*) 품종 24종과 통일계 (*japonica* × *indica*) 품종 4종으로 Table 1과 같은 품종을 사용하였으며 벼품종은 농촌진흥청 산하기관에서 분양받았다.

2. 검정용 유묘의 생육

볍씨를 살균제인 호마이수화제 2호(전진산업주식회사) 0.5% 수용액에 30°C에서 24시간 침지시키고 증류수로 세척한 후, 용기(17×17×9cm)에 증류수를 깊이 7cm되게 채운 후, plastic net(15×14cm)가 물에 잠길 정도로 띄우고, plastic net 위에 볅씨를 고르게 퍼, 벼종자가 1/3 정도 잠기게 한 다음 30°C의 배양상자에 넣어 암조건하에서 5일간 생육시킨 다음, 적색 cellophane film으로 여과시킨 연속적인 적색광등(23Lux)하에서 생육시켜 유묘를 얻었다. 침지용 증류수는 4일째 갈아주었다.

3. 검정용 재료

균일하게 생육된 유묘중 제 2엽신이 전혀 경사지지 않으면서 제 2엽신이 제 1엽초보다 길지 않은 유묘를 선택하여 lamina joint에서 2cm 혹은 1cm 정도를 절단하여 얻은 leaf segment를 재증류수가 담긴 petri dish에 띄운 후 30°C, 암조건하의 incubator에 24시간 방치시킨 다음 각도(180°C에서 제 2엽신과 제 1엽초에 의해 이루어진 각도를 뺀값)가 균일한 leaf segment를 선발하여 검정용 재료로 하였다. 이 과정은 적색광하의 암실에서 행하였다.

4. 검정방법

Petri dish에 pH 6.5의 완충액(10<sup>-3</sup>M, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)으로 조제한 검액을 20ml 혹은 7ml를 넣고 선발된 leaf segment 8개를 겹치지 않게 띄워, 30°C, 암조건하의 incubator에 48시간 방치한 후 각도를 분도기로 측정하였다.

5. 시 약

Naphthalene acetic acid (NAA), gibberellic acid(GA<sub>3</sub>), indol-3-acetic acid(IAA), abscisic acid(ABA)는 미국 Sigma사로 부터 구입하였고, homobrassinolide와 succinic acid 2, 2-dimethyl hydrazine(SADH), diacetone-2-ketogulonic acid (Dikegulac)은 한국화학연구소에서 분양받았다.

결과 및 고찰

1. 검정용 재료의 최적생육조건

성장이 균일하고 튼튼하면서도 제 2엽신이 전혀 경사지지 않은 유묘를 체계적으로 얻기 위한 생육

조건을 검토한 결과, 30°C의 암조건하에서 재배하다가, 종자침지 120시간 후 부터는 Fig. 1 과 같이 600nm이하의 광은 차단시키는 적색 cellophane film을 통과한 연속적인 적색광(23 Lux)하에서 48시간 생육시키는 경우가 원하는 최적조건인 유묘를 7일만에 얻을 수 있었다.

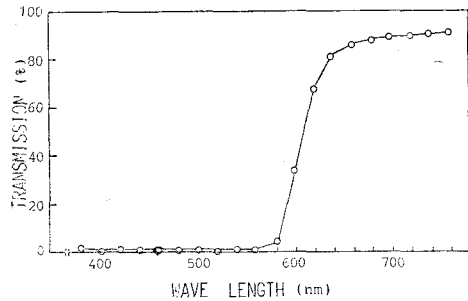


Fig. 1. Filtering profile of red cellophane film.

2. 우량 벼품종의 선발

Brassinosteroid 또는 auxin 활성을 갖는 물질의 검출에 적합한 벼품종을 선발하기 위하여, 일반계와 통일계 품종을 7일간 재배하여 유묘의 길이 및 lamina joint 상단의 길이(second lamina)를 측정하고, 얻어진 leaf segment가 활성물질에 대한 감도를 측정하기 위해 brassinosteroid 및 auxin을 대표하여 사용된 NAA를 0.1에서 100 ppm의 범위로 처리하여 얻어진 결과는 Table 1과 같다.

유묘의 길이는 일반계보다 통일계가 약간 큰 경향을 나타냈으나, second lamina는 일반계보다 통일계가 현저하게 큰 경향을 나타냈다.

Second lamina의 길이가 2cm이상 이 되던 검액의 양도 함께 증가할 수 밖에 없어 극미량의 검정에는 second lamina의 길이가 긴 통일계는 불리하게 된다.

활성물질에 대한 각 품종의 반응은 일반계가 통일계보다 현저하게 좋은 결과를 나타내, 일반계는 품종수를 늘려 반응을 조사하였다. 그 결과 NAA 0.1 ppm 부터 100 ppm의 농도에 대한 반응은 0.1 ppm부터 10 혹은 50 ppm까지는 품종에 따라 다르나 농도의 증가와 함께 control 대비 150%에서 500%까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈다.

활성물질에 대한 감수성, 유묘와 leaf segment의 균일성, 넓은 농도범위에 상응하는 정량성, 그리고 재료구입과 취급의 용이성 등을 고려하여 동

**Table 1.** Comparative effects of NAA on the lamina inclination of excised segments of rice cultivars

| Rice variety    | Length(cm)    |          | Angle degrees* |      |                        |      |       |       |       |       |
|-----------------|---------------|----------|----------------|------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|                 | Second lamina | Seedling | Control        | 0.1  | NAA Concentration(ppm) |      |       |       |       |       |
|                 |               |          |                |      | 0.5                    | 1.0  | 5.0   | 10.0  | 50.0  | 100.0 |
| Tongjinbyeo     | 1.6           | 4.9      | 57.1           | 69.8 | 81.5                   | 89.6 | 89.6  | 102.3 | 94.4  | 80.0  |
| Samnambyeo      | 1.2           | 3.6      | 25.4           | 41.1 | 71.3                   | 82.5 | 103.3 | 102.2 | 94.3  | 85.0  |
| Seomjinbyeo     | 1.4           | 4.2      | 8.1            | 5.6  | 5.6                    | 8.8  | 12.5  | 13.8  | 5.6   | 10.6  |
| Jinjubyeo       | 1.8           | 4.7      | 42.2           | 52.9 | 46.3                   | 58.6 | 80.0  | 53.8  | 105.0 | 73.3  |
| Taneunbangju    | 0.8           | 3.3      | 35.3           | 41.4 | 44.0                   | 62.0 | 85.7  | 93.3  | 93.8  | 62.9  |
| Akibare         | 1.7           | 4.9      | 36.7           | 51.1 | 66.3                   | 88.5 | 109.5 | 111.0 | 90.0  | 75.5  |
| Chugwangbyeo    | 1.9           | 5.8      | 9.5            | 9.6  | 12.5                   | 12.7 | 34.4  | 12.8  | 44.2  | 30.0  |
| Nonglimna 1 ho  | 2.4           | 5.2      | 2.5            | 4.0  | 3.0                    | 3.0  | 7.5   | 17.8  | 36.0  | 36.0  |
| Kirishima       | 2.1           | 5.9      | 15.0           | 13.0 | 17.3                   | 23.6 | 26.7  | 36.7  | 65.0  | 62.8  |
| Kujungdo        | 1.5           | 4.8      | 16.3           | 17.5 | 26.7                   | 30.0 | 47.5  | 37.5  | 43.3  | 26.3  |
| Taegoldo        | 1.4           | 5.0      | 47.5           | 66.0 | 56.7                   | 80.0 | 73.3  | 127.7 | 75.0  | 70.0  |
| Nongbaeg        | 1.5           | 4.9      | 38.7           | 49.0 | 54.5                   | 86.5 | 105.5 | 101.9 | 80.6  | 58.0  |
| Tobongbyeo      | 1.3           | 4.3      | 45.5           | 62.0 | 56.0                   | 69.0 | 83.6  | 88.5  | 99.5  | 80.6  |
| Seolagbyeo      | 1.8           | 5.7      | 50.7           | 82.1 | 80.0                   | 70.7 | 89.3  | 118.8 | 96.1  | 80.0  |
| Matsumae        | 1.8           | 5.9      | 62.1           | 77.5 | 55.5                   | 52.5 | 82.5  | 88.8  | 99.5  | 98.1  |
| Olchalbyeo      | 1.6           | 5.1      | 30.4           | 37.0 | 38.8                   | 69.2 | 47.9  | 79.3  | 71.7  | 60.7  |
| Tomoyutaka      | 1.2           | 4.6      | 36.7           | 43.3 | 113.3                  | 66.7 | 80.0  | 116.7 | 100.0 | 86.7  |
| Hamayashi       | 1.7           | 6.4      | 65.0           | 27.5 | 62.0                   | 38.3 | 100.0 | 53.3  | 65.0  | 100.0 |
| Chiagbyeo       | 1.4           | 5.0      | 15.3           | 44.3 | 13.1                   | 72.9 | 17.1  | 32.9  | 11.9  | 18.1  |
| Sobaegbyeo      | 1.5           | 3.9      | 21.6           | 31.4 | 28.3                   | 40.0 | 18.6  | 50.0  | 27.5  | 26.4  |
| Seonambyeo      | 1.4           | 4.6      | 10.3           | 16.7 | 14.0                   | 13.0 | 13.0  | 21.0  | 28.1  | 21.0  |
| Sangpungbyeo    | 1.3           | 4.4      | 23.0           | 36.0 | 50.0                   | 62.0 | 88.0  | 114.0 | 62.0  | 28.0  |
| Nakdongbyeo     | 1.4           | 4.3      | 11.7           | 9.0  | 16.8                   | 12.3 | 8.1   | 26.5  | 17.5  | 15.0  |
| Kihobyeo        | 1.4           | 5.1      | 24.3           | 38.6 | 68.0                   | 71.4 | 102.9 | 110.4 | 61.4  | 44.3  |
| Chupungbyeo     | 3.6           | 5.7      | 2.7            | 1.0  | 0.5                    | 2.0  | 6.5   | 3.5   | 6.0   | 2.0   |
| Taebaegbyeo     | 3.8           | 5.8      | 3.2            | 1.5  | 2.5                    | 1.5  | 0.6   | 6.5   | 8.5   | 3.0   |
| Hangangchalbyeo | 3.2           | 6.4      | 18.0           | 22.0 | 17.1                   | 32.2 | 27.0  | 39.4  | 40.0  | 39.0  |
| Paegwunchalbyeo | 4.2           | 7.1      | 10.7           | 14.0 | 32.2                   | 8.0  | 11.5  | 17.1  | 13.0  | 21.7  |

\* Angle degrees: (180°-angle between lamina and sheath)

진벼, 삼남벼, 상풍벼, 기호벼를 우량생물검정용 품종으로 선발하였다.

**3. 검정의 반응에 영향을 미치는 인자**

1) pH의 영향 : NAA 10ppm 검액을 pH 4.0에서 pH 9.0 범위로 조제하고, 각 pH에서 얻어진 결과는 Fig. 2와 같다.

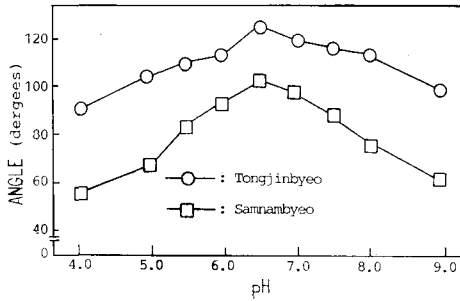
두 품종 모두 pH 5.5에서 pH 7.0의 범위에서 비교적 반응이 양호 하였으며, 특히 pH 6.5에서 가

장 높은 반응을 나타냈다.

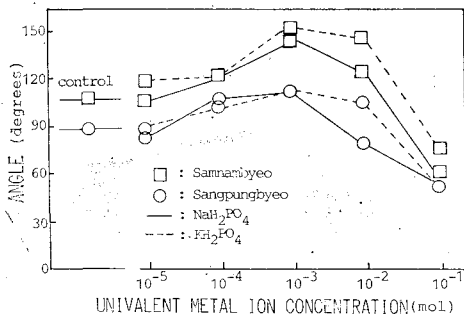
따라서, 본 실험에서는 pH 6.5로 조정된 저농도의 완충용액으로 조제한 용액을 검정용 검액으로 하였다.

2) 금속이온의 영향 : 식물체에는 주로 1, 2가 금속이온이 존재하므로 검액에 1, 2가 금속이온 공존에 따른 영향을 조사하였다.

NAA 10ppm의 검액에 2종의 1가금속이온을  $10^{-5} \sim 10^{-1}M$ 의 범위로 공존시키고, 공존된 각 농



**Fig. 2.** Effects of pH at 10ppm on lamina inclination test of excised segments of two rice cultivars. Buffer: pH 5~8 (0.001M phosphate buffer), pH 4 (phosphate-HCl buffer), pH 9 (phosphate-NaOH buffer). The angles given in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.



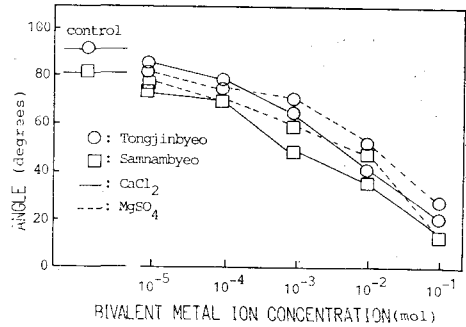
**Fig. 3.** Effects of univalent metal ions on lamina inclination Test of excised segments of two rice cultivars. Control show the angle induced by NAA 10 ppm. The angles given in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.

도의 이온이 NAA활성에 미치는 결과는 Fig. 3과 같다.

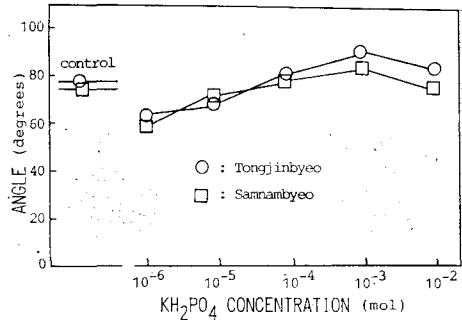
두 품종 모두  $10^{-4} \sim 10^{-2}$  M범위에서 control 보다 positive적인 반응을 보였으며 특히  $10^{-3}$ M에서 양호한 반응을 나타냈다.

NAA 10ppm의 검액에 2종의 2가금속이온을  $10^{-5} \sim 10^{-1}$ M 농도범위로 공존시켜 얻어진 결과는 Fig. 4와 같다.

두 품종 모두 2가 금속이온의 농도가 짙어짐에 따라 negative적인 반응을 보였다.



**Fig. 4.** Effects of bivalent metal ions on lamina inclination Test of excised segments of two rice cultivars. Control show the angle induced by NAA at 10ppm. The angles given in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.



**Fig. 5.** Effects of  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  with  $\text{CaCl}_2(10^{-3}\text{M})$  on lamina inclination Test excised segments of two rice cultivars. Control show the angle induced by NAA at 10ppm. The angles give in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.

이어서, 1, 2가 금속이온공존의 영향을 조사하기 위해 2가이온  $10^{-3}\text{M}$  농도에 1가 이온을  $10^{-6} \sim 10^{-2}\text{M}$ 농도 범위로 공존한 NAA 10ppm검액을 조제하여 NAA활성에 미치는 결과는 Fig. 5와 같다.

두 품종 모두  $10^{-4} \sim 10^{-2}\text{M}$ 의 1가이온농도 범위에서는 2가이온의 negative적인 영향이 상쇄되는 현상을 보였다.

따라서 Fig. 2, 3, 5의 결과를 종합하여 볼 때,  $10^{-3}\text{M}$ 의  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 와  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 로 조제한 pH 6.5 완충용액에서 활성물질에 대한 최상의 반응을 기대할 수 있어 이 완충용액을 검액의 기본조성으

로 하였다.

3) 검액의 농도: 활성물질을 검출하기 위해서는 검액에 존재하는 활성물질이 leaf segment 조직에 충분히 흡수되어야 할 것이다. 흡수에 미치는 영향을 조사하기 위해, NAA 10ppm에 공존된 각 농도의 sucrose가 미치는 결과는 Fig. 6 과 같다.

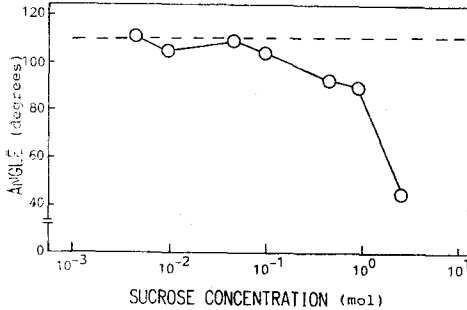


Fig. 6. Effects of sucrose on lamina inclination test of excised segments of rice cultivars, Tongjinbyeo. The upper broken bar shows the angle induced by NAA at 10ppm. The angles given in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.

$10^{-1}M$  이하의 농도에서는 별다른 영향을 미치지 않았으나,  $10^{-1}M$  이상의 농도에서는 현저하게 negative적인 효과를 나타냈다. 이러한 결과로 보아, 통상의 검액이  $10^{-1}M$  정도 이상의 고농도일 가능성은 작다고 생각되나 필요이상의 고농도의 검액은 반응에 악영향을 미칠 것으로 생각된다.

4. Leaf segment의 경시적인 반응

Brassinosteroid와 NAA의 각 농도에 대해 4종의 선발품종이 나타내는 반응을 처리후 일정한 간격으로 경시적인 반응을 조사한 결과는 Fig. 7 과 같다.

Control의 경우 24시간까지는 완만하게 증가하였으나 그 후에는 각 품종고유의 각도를 유지한 채 정지하게 되며, 2종의 활성물질에 대한 반응은 4종의 선발품종 모두 36시간까지는 급격히 증가, 45시간까지는 완만한 증가, 45시간 후에는 거의 정지하였다. 이러한 경향은 Arborio J-1에 의해 얻어진 Wada등<sup>29)</sup>의 결과와 일치하고 있다.

따라서 반응은 48시간에 품종에 관계없이 거의 완결됨을 알 수 있으나, 본 검정법을 체계적으로

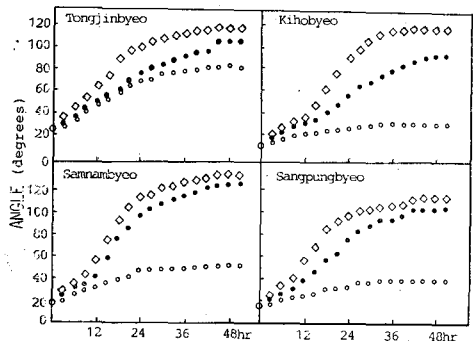


Fig. 7. Time course of lamina inclination induced by homobrassinolide and NAA. ○○○, control; ●●●, NAA(10ppm); ◇◇◇, homobrassinolide (0.1 ppm). Angles of the segments of four rice cultivars were measured every 3hr.

이용하기 위해서는 48시간후가 검정결과의 측정시기라고 할 수 있다.

Homobrassinolide와 NAA에 대한 leaf segment의 반응은 유사한 경향을 나타내고 있어 본 생물검정법은 brassinosteroid 및 auxin 활성검정에 적용될 수 있으며, 특히 brassinosteroid의 경우는 auxin류 보다 훨씬 낮은 수준에서 검출할 수 있음을 나타내고 있다.

5. 활성물질과의 공존효과

1) Gibberellin과의 공존효과: 저농도의 NAA에 gibberellin( $GA_3$ )를 각 농도로 공존시켜 반응에 미치는 영향은 Fig. 8 과 같다.

$GA_3$ 의 농도가 증가함에 따라 그에 상응하여

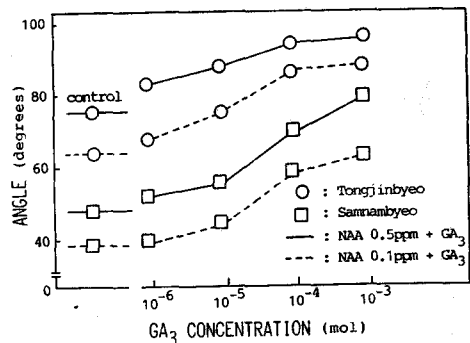


Fig. 8. Effects of  $GA_3$  in combination with NAA on lamina inclination Test of excised segments of two rice cultivars. Control show the angle induced by NAA at 0.1 ppm and 0.5 ppm. The angles given in the Fig. are means of values for eight segments per treatments.

NAA 활성이 증가하는 효과를 나타내어, NAA와 GA<sub>3</sub> 사이에는 상승관계가 있음을 나타내었다.

이러한 사실에서, 검출한계를 벗어난 낮은 수준의 NAA 혹은 brassinosteroid의 검출에, 저농도의 GA<sub>3</sub>를 검액에 공존시킴으로써 통상의 방법으로는 검출불가능한 농도의 brassinosteroid와 auxin류의 검출이 가능하게 되므로, 검출한계를 높이는 방법이 될 것이다.

2) 성장억제제의 공존효과 : 성장억제물질을 단독, 혹은 NAA 10ppm과 공존시켜 얻어진 결과는 Fig. 9, 10과 같다

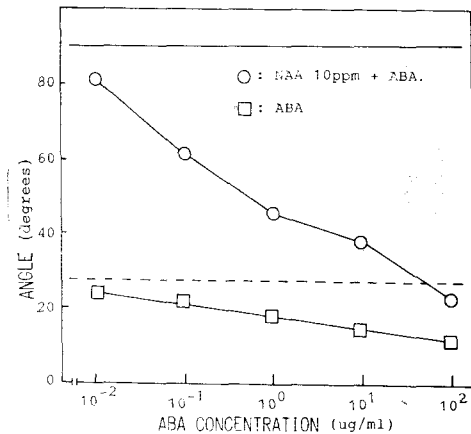


Fig. 9. Effects of abscisic acid (ABA) and NAA alone, or in combination, on the lamina inclination of rice leaf segments of Samnambyeon. The upper horizontal bar shows the angle induced by NAA at 10ppm and the lower broken bar shows the angle of the control.

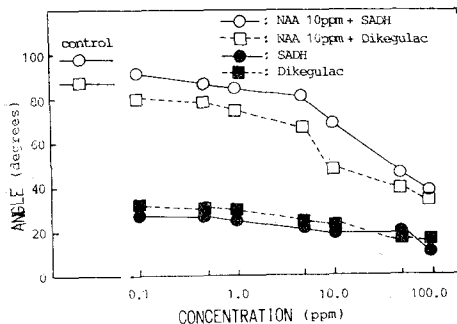


Fig. 10. Effects of SADH and dikegulac alone, or in combination with NAA 10ppm, on the lamina inclination test excised segments of rice cultivars. Samnambyeon (SADH), Kihobyon (Dikegulac).

성장억제제는 성장촉진제와 달리 전반적으로 negative적인 반응을 나타냈다. ABA를 단독처리했을 경우는 농도증가에 따른 반응이 약하였으나, NAA 10ppm과 공존시킨 경우는 농도증가에 상응하여 정량적으로 negative적인 반응을 나타냈다. 이러한 현상은 SADH와 Dikegulac의 경우도 ABA와 유사한 경향을 나타내고 있다. 이런 결과로 보아, 본 검정법은 brassinosteroid와 auxin 활성물질 뿐만 아니라, 성장저해물질의 검출도 가능하며 이 때 NAA와 같이 positive적인 효력을 나타내는 물질을 적당한 농도로 검액에 공존시킨다면 더욱 좋은 검정효과를 보리라 생각된다.

### 초 록

우리나라 벼의 lamina joint 조직을 이용하여 brassinosteroid와 auxin류, 그리고 성장억제물질까지 적용할 수 있는 생물검정법을 확립하기 위해, 우량품종을 선발하였으며, 재료의 생육조건, pH, 온도, 검액의 농도, 공존금속이온 그리고 활성물질공존 등의 인자가 반응에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

### 사 사

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원으로 수행되었으며 재단당국에 깊은 감사를 드리며, homobrassinolide와 성장억제제를 제공하여 주신 한국화학연구소 조광연박사께 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- Grove, M.D., Spencer, G.F., Rohwedder, K.W., Mandava, N., Worley, J.F., Steffens, G.L., Flippen-Anderson, J.L. and Cook Jr, J.C.: Nature, 281 : 216(1972).
- Ikekawa, N., Takatsuto, O., Kitsuwata, T., Saito, H., Morishita, T. and Abe, H.: J. Chromatogr, 290 : 289(1984).
- Arima, M., Yokota, T. and Takahashi N.: Phytochemistry, 23 : 1587(1983).
- Abe, H., Morishita, T., Uchiyama, M. Takatsuto, S. and Ikekawa, N.: Agric. Biol. Chem., 48 : 2171(1984).
- Yokota, T., Baba, J., Koba, S. and Taka

- hashi, N.: *Agric. Biol. Chem.*, 48:2529(1984).
6. Yokota, T., Morita, M., Takahashi, N.: *Agric. Biol. Chem.*, 47 : 2149(1983).
  7. Suzuki, Y., Yamaguchi, I. and Takahashi, N.: *Agric. Biol. Chem.*, 49 : 49(1985).
  8. Schneider, J.A., Yoshihara, K., Nakanishi, K. and Kato, N.: *Tetrahedron Letters*, 24 : 3859(1983).
  9. Abe, H., Nakamura, K., Morishita, T., Uchiyama, M., Takatsuto, S. and Ikekawa, N.: *Agric. Biol. Chem.*, 48 : 1103(1984).
  10. Yokota, T., Arima, M., Takahashi, N., Takatsuto, S., Ikekawa, N. and Takematsu, T.: *Agric. Biol. Chem.*, 47 : 2419(1983).
  11. Shibaoka, H.: *Plant Cell Physiol.*, B : 461 (1972).
  12. MacQuarrie, I.G.: *Can. J. Bot.*, 43 : 29(1965).
  13. Yoop, J.H., Ladd, D., Jagues, D. and Mandava, N.B.: In 'The Tenth International Conference on Plant Growth Substance', Madison, Wisconsin, Abstract, No. 504(1979).
  14. Adamson, D., Low, V.H.K. and Adamson, H.: In 'Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substance', p. 505, The Runge Press, Ottawa, Canada(1968).
  15. Sasse, J.M.: In 'Plant Growth Substance', (ed. by J. Carr) p.229, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1972).
  16. Gregory, L.E. and Mandava, N.B.: *Physiol. Plant.*, 54 : 239(1982).
  17. Mitchell, J.W. and Livingston, G.A.: In 'Method of Studying Plant Hormones and Growth Regulating Substance Agricultural Handbook' No. 336(U.S.D.A) p.79(1968).
  18. Moewus, F.: *Biol. Zentrable.*, 68 : 118(1949).
  19. Yoop, J.H., Mandava, N.B. and Sasse, J. M.: *Physiol. Plant.*, 53 : 445(1981).
  20. Yoop, J.H., Colclasure, G.C. and Mandava, N.B.: *Physiol. Plant.*, 46 : 247(1979).
  21. Yoop, J.H., Mandava, N.B., Thompson, M.J. and Sasse, J.M.: In 'Proceedings Eight Annual Meeting Plant Growth Regulator Society of America', p.138(1981).
  22. Fowke, L.C. and Setterfield, G.: In 'Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substance', p.581, The Runge Press, Ottawa, Canada(1968).
  23. Maeda, E.: *Physiol. Plant.*, 18 : 813(1968).
  24. Katsumi, M., Purves, W.K., Phinney, B.O. and Kato, J.: *Physiol. Plant.*, 18 : 550(1965).
  25. Morishita, T, Abe, H., Uchiyama, M., Marumo, S., Takatsuto, S. and Ikekawa, N.: *Phytochemistry*, 22 : 1031(1983).
  26. Kinsman, L., Pinfield, T.: *Planta*, 127 : 149 (1975).
  27. Ganto, D. and Reinhold, L.: *Planta*, 95 : 62 (1972).
  28. Osborne, D.J. and MacCalla, D.R.: In 'Methods of Plant Hormones and Growth Regulating Substance'(ed by Mitchell, J.W. et. al) p.44(1968).
  29. Wada, K., Marumo, S., Abe, H., Morishita, K., Uchiyama, M. and Mori, K.: *Agric. Biol. Chem.*, 48 : 719(1984).