

배추 품종별 연부병에 대한 저항성 검정과 조직의 생화학적 특성에 관한 연구

김종기* · 전원**

(*중앙대학교 원예과학과 교수 · **중앙대학교 원예과학과 대학원생)

Studies on the Screening for Soft Rot Disease Resistance of Chinese Cabbage Plants and Its Relationship to Biochemical Characteristics of the Tissues

Jong-kee Kim* · Won Jun**

***Department of Horticultural Science, Chun-ang University,
40-1, Nairi, Daeduck-Myun, Ansung, Kyunggi-do 456-756, Korea

적 요

연부병은 배추, 무, 감자, 당근, 양파 등 주요 채소에서 수확기에 포장에서 흔히 발생되어 피해가 심각한 병이다. 본 과정은 배추에서 연부병을 유묘기에 검정할 수 있는 기술을 개발하고, 품종간 이병성과 조직 특성과의 관계, 연부병 이병조직의 세포벽 구조변화를 살펴봄으로써 연부병에 대한 저항성 품종의 육성에 필요한 핵심기술을 개발함과 동시에 저항성 기작을 규명하여 식물과 미생물의 상호작용에 대한 이해의 폭을 넓히고자 수행되었다.

배추 품종중 연부병에 비교적 강하다고 알려진 노랑여름배추와 약한 계통인 노랑봄배추를 공시하여 박테리아의 접종 적정농도는 $1.0 \sim 4.0 \times 10^7$ cfu/ml로, 배추의 적정 유묘 생육기는 파종 후 4주로 규명되었다. 미국 코넬대학교로부터 연부병에 대한 저항성이 높은 집단 4개 계통을 분양받아 국내외 주요 계통들과 함께 10개 계통을 공시하여 유식물 및 성숙 식물체의 연부병에 대한 저항성을 검정하였다. 유묘기에는 엽절취 후 균주액에 침지, 엽기부 접종, 육묘 배지 점종의 방법으로, 성숙 식물체에서는 후자의 2가지 방법으로 이병성을 검정하여 접종방법에 의한 유묘기 및 성숙식물체의 상관관계를 비교하였다. 연부병의 병증은 이병성의 정도를 강함에서 약한 순으로 1~9로 나누어 측정하였다. 유묘엽 절취 후 침지는 상관계수가 0.674를 보였으며, 엽기부 접종은 0.843를, 배지 접종은 0.609를 보였다. 코넬대 계통인 C3-28, C3-29 의 두 집단과 권심 '319' 품종이 비교적 연부병에 강한 반면 CC-25 집단과 '랑노' 품종이 비교적 약하였다. 따라서 배추에서 유묘엽을 절취후 기부접종 검정방법은 감수성을 식별할 수 있을 뿐만 아니라 각 조합별 개체를 유지하여 증식할 수 있으므로 배추에서 연부병 저항성 계통을 선발함에 있어서 유용하게 이용될 수 있는 기술이라고 사료되었다. 연부병에 이병된 조직은 세포벽중에서 galactose 성분이 현저히 분해되었으며, 셀룰로스는 비교적 분해가 미미하였다.

I. 서론

연부병은 배추, 무, 감자, 당근, 양파 등 우리나라 주요 채소에서 수확기에 포장에서 흔히 발생되어 피해가 심각한 병이다. 연부병은 토양서식 박테리아인 *Erwinia* 속에 의하여 고온 다습한 조건에서 조직의 상처나 약한 부위를 통해 병균이 침입하여 발병되는데, 배추에서는 결구기 이후에 주로 엽병기부에서 병반이 시작되어 속잎 및 포기전체로 확대된다. 병증이 진전되면 엽병조직은 갈색으로 부패하면서 물러지고 심한 악취가 나며, 병든 포기는 상품가치를 완전히 상실한다. 최근 수년간 고냉지에서의 여름생산도 기상조건에 따라 작황의 기복이 심하며 이에 따라 매년 7, 8월에는 배추의 수급 및 가격이 불안정하다. 토양전염성인 연부병에 의한 피해는 재배 면적의 10% 이상으로 나타나 이를 효과적으로 방지할 수 있는 대책이 필요한 실정이다(고냉지농업시험장, 1996).

연부병의 발생을 줄이기 위해서는 경종적인 방법으로서 식물체로 하여금 토양속의 칼슘을 원활히 이용하도록 충분한 양의 칼슘을 공급하거나 칼슘의 흡수 이동이 촉진되도록 건조한 환경을 조성해야 한다(박상근, 1966). 토양속의 칼슘은 식물의 증산류에 따라 주로 이동하는 것으로 알려져 있는데, 증산작용은 대기의 온도 및 상대습도에 크게 영향을 받으므로 결국 칼슘의 흡수도 이에 크게 좌우된다고 한다(Collmer, 1986; Demarty 등, 1984; Forster와 Echande, 1975). 그러나 근본적인 해결책으로서 이병에 강한 품종을 육성해야 하는데, 지금까지의 저항성 품종 또는 계통의 선발은 주로 포장에서 결구된 배추의 연부병 발병 정도를 식별하는 경험적인 수준에 머물러 있다. 체계적으로 연부병에 대한 저항성품종을 육성하기 위해서는 유평기에 이를 검정함으로써 신품종의 육성에 소요되는 시간을 단축하는 문제가 선결과제이다.

식물에 있어서 병에 대한 저항성은 품종에 따라 다르다고 오래동안 알려져 왔지만, 조직내 어떤 요인에 의하여 차이가 결정되는 것인지에 관하여는 거의 알려져 있지 못하다(Lyon, 1989, Jackson, 1996). 예를 들면 배추에서도 연부병에 대한 저항성은 품종에 따라

다른 것으로 관찰되고 있다. 국내에서 생산되는 여름 재배용 배추는 봄재배용 배추보다 연부병에 대하여 저항성이 상대적으로 강하다고 한다. 일반적으로 박테리아나 곰팡이가 기주식물을 침입하게 되면 식물조직의 세포벽을 분해하면서 점차로 감염부위를 확장하는 것으로 알려져 있다(Alfano와 Collmer, 1996; Charterjee 등, 1994). 병원미생물과 기주식물의 1차 접촉부위는 조직의 세포벽인데, 배추에 있어서 품종간 연부병에 대한 저항성의 차이를 알아봄과 동시에 각 품종들의 세포벽 구조상의 특성을 구명함은 경제적인 측면뿐만 아니라 식물학적인 면에서도 매우 중요하다.

본 과제 의 목적은 배추의 연부병에 대한 감수성을 조기에 검정할 수 있는 효과적인 기술을 개발하고, 이를 토대로 각 품종간의 연부병에 대한 저항성과 조직 세포벽의 특성과의 상관관계를 구명함에 있다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 재료

본 실험에 사용된 배추들은 미국 코넬대학교로부터 연부병에 대한 저항성이 높은 집단 4개 계통('C3-26', 'C3-27', 'C3-28', 'C3-29')과 감수성인 집단 'CC-25'를 분양받아 사용하였으며, 국내의 주요 계통들과 함께 10-11개 계통을 공시하였다. 각 계통을 플라스틱 필름하우스내에서 공정육묘용 파종상(50공)에서 육묘하였으며, 성숙식물체는 직경 28cm의 화분에 정식하여 재배하였다. 식물체는 육묘기엔 원시양액 1/2배액으로, 성숙기에는 1배액으로 시비하였다.

2. 균주의 배양

본 과제에서 사용된 균주(*Erwinia carotovora carotovora*)는 수원 원예연구소에서 배추로부터 분리동정된 연부병원균을 확보하여 CPG 배지(1.0g casein, 10g peptone, 0.5g glucose per liter)에서 28°C에서 16시간 배양하여 사용하였다.(Moran 등, 1968)

3. 연부병 균주의 접종방법의 확립

가. 균주의 적정 농도 규명

균주원액을 순차적으로 희석하여 한천배지에 배양한 후 균총의 수를 조사하였으며, 동시에 균주액을 640nm에서 흡광도를 측정하여 균주의 농도(cfu/ml: colony forming unit/ml)를 측정하였다(Fig. 1). 파종후 3-4 주된 배추 모종으로부터 외엽을 절취하고 멸균수로 소독한 다음, 엽병기부를 농도별 균주액에 입상 삼목하였다. 절취엽은 500ml 비이커에 가는 모래 50g에 균주액 15ml를 첨가한 배지에 세워 치상하였다. 일정시간 후에 엽병기부로부터 이병된 병증의 길이를 측정 비교하였다. 연부병 검정을 위한 치상 조건은 28C, 습도는 80%이상으로 유지하였다(Fig. 2-1).

나. 생육시기별 배추의 연부병 이병성의 비교

노랑봄 및 노랑여름 배추를 공시하여 파종후 2주부터 6주간 '가'에서 결정된 농도의 균주를 접종하여 배추 유묘의 엽병에 나타난 병반의 길이를 비교 측정하였다. 접종 및 이병성 검정은 '가'와 동일하게

실시하였다.

다. 검정방법간의 비교

연부병의 이병성 검정방법을 확립하기 위하여 본 실험에서는 Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 세 가지의 이병성 검정 방법이 비교되었다. 각각의 접종에 사용된 균주의 농도는 $1.0 \sim 4.0 \times 10^8$ cfu/ml이었다. 그리고 유묘기와 성숙기 배추의 이병성과 상관관계를 규명하여 배추에 있어서 연부병에 대한 저항성을 조기에 진단할 수 있는 적합한 방법을 모색하였다.

1) 유묘접종

가) 유묘엽 절취후 침지방법

파종후 4주 경과된 유식물체의 외엽의 기부에서 절취하여 검정에 이용하였으며, 접종 및 이병성 검정은 '가' 항과 동일하게 실시하였다. 공시된 개체수는 10-15 주였으며, 3-4반복으로 실험을 수행하였다.

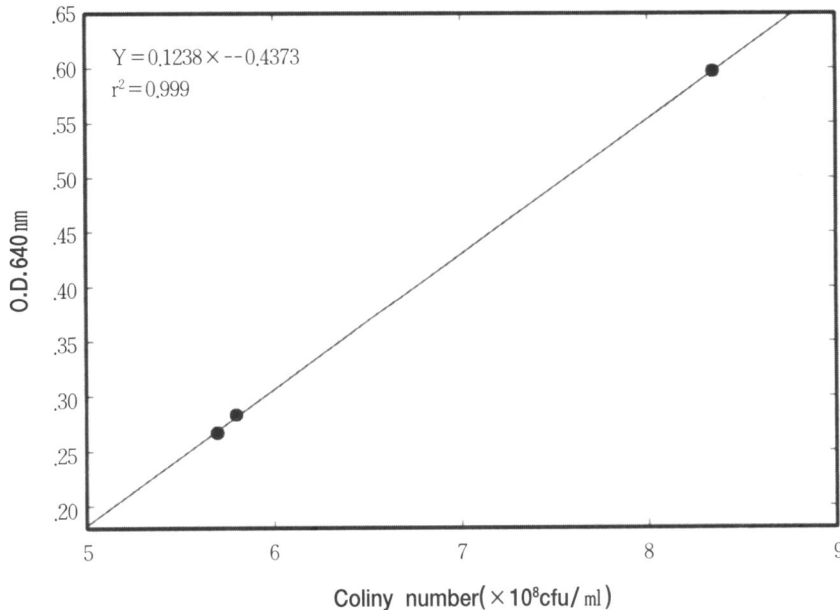
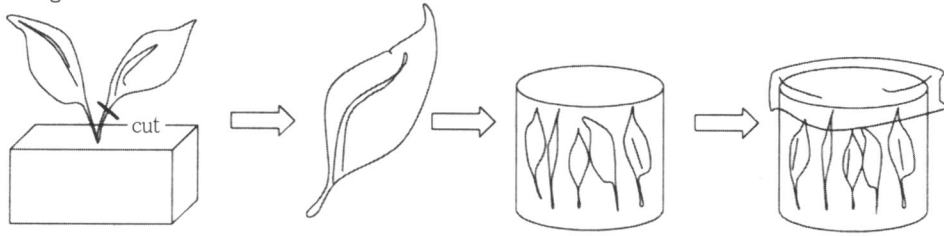
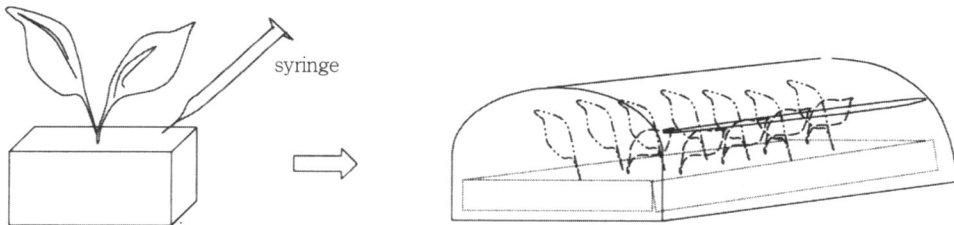


Fig. 1. Effect of colony forming unit of *Ecc.* on optical density. Bacterium was cultivated for 16 hrs at 28°C with constant shaking. Culture medium was modified from Nasuno and Starr medium (Moran, 1968)

① Leaf cutting method



② Drenching method



③ Point inoculation method

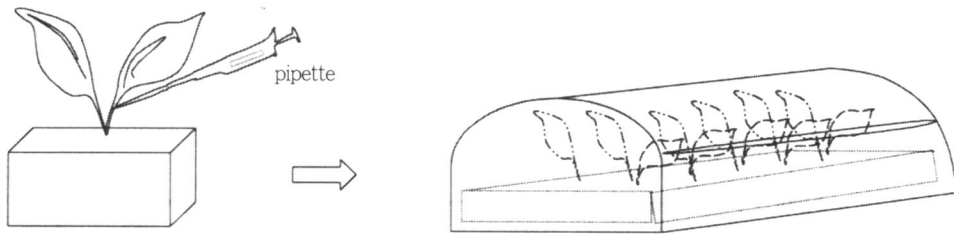


Fig. 2. Schematic drawing for assaying soft rot disease in Chinese cabbage.

나) 유묘엽 기부 접종

파종후 4주 경과된 유식물체에서 외엽의 기부에서 1cm 부위에 3 μ l의 균주용액을 접종하였다. 계통당 50주를 공시하였으며, 개체당 2매를 접종하였다. 접종후 플라스틱 터널속에 보관하였으며, 습도를 유지하기 위하여 가습기를 24시간 가동시켰다. 치상기간중의 온도는 30 \pm 8.0 $^{\circ}$ C를, 습도는 85%이상을 유지하였다.

다) 유묘 배지 접종

파종후 4주 경과된 유식물체의 배지에 5ml(1.0~4.0 \times 10 6 cfu/ml)의 균주용액을 접종하였다. 치상조건은 '나' 항과 동일하였다.

2) 성숙식물체 접종

성숙한 배추에는 엽기부에 직접 접종하거나, 배지

에 균주를 접종하였다. 즉 각 품종 또는 계통별 배추를 육묘후 부농상토를 채운 직경 22cm의 화분으로 플라스틱 필름 하우스내에 정식하였으며, 파종 60일 이후 결구가 진행중인 배추의 성숙한 엽기부에 직접 상기의 농도로 3ml를 접종하였으며, 배지접종방법으로 250ml의 균주용액을 배지에 골고루 살포하였다.

3) 이병성 평가

품종간, 접종방법에 의한 연부병 이병성은 접종후 일정시간 경과후 이병부위의 크기 및 이병주의 비율을 계산하여 비교하였다. 즉 접종 24-48시간에 걸쳐 이병정도를 9단계로 구분하였는데, 병증이 없음=1에서 고사=9로 기록하였다.

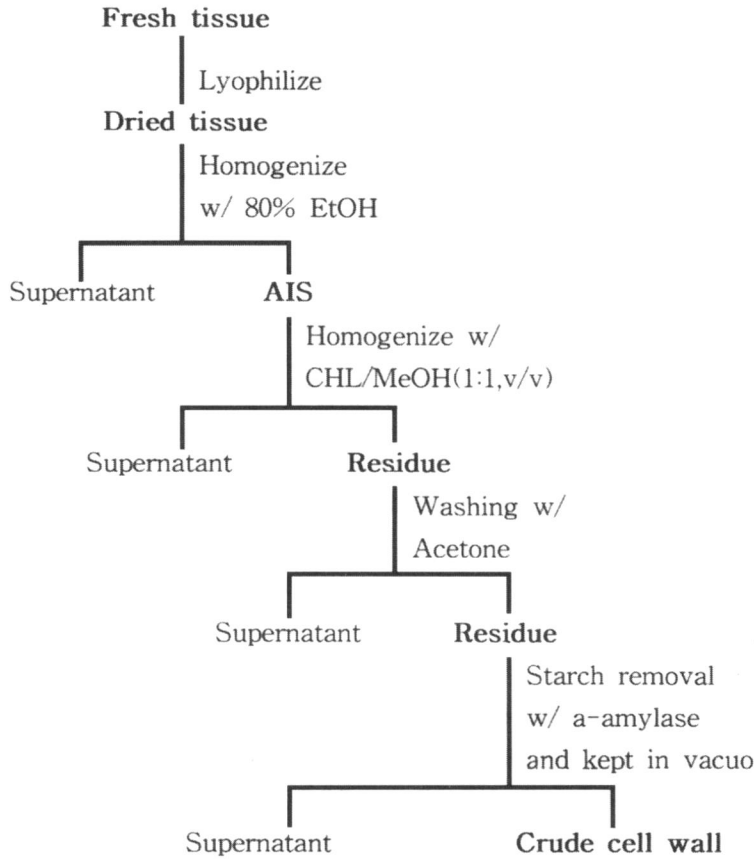


Fig. 3. Outline of the cell wall extraction procedure.

4. 배추 조직의 특성과 연부병 저항성과의 상관 관계

가. 세포벽의 추출

배추 엽병조직의 세포벽 추출 및 조성의 분석과정은 다음과 같다. 조직의 엽병을 95% EtOH과 1:1 (w/v)로 섞어 homogenize한 후 Miracloth (Calbiochem)로 여과하고, 색소 및 지질을 제거하기 위해 잔사를 chloroform:MeOH(1:1v/v) 및 아세톤으로 추출 여과한 후, 잔사를 풍건시켜 desiccator에 진공상태로 보관하면서 조세포벽으로 삼았다.

나. Polyuronic 추출 및 정량

세포벽의 polyuronic의 추출 및 분해는 다음과 같

다. 세포벽 시료 10mg을 시험관에 넣고 2ml의 진한 황산을 가한 후 시료를 빙수에서 진탕하면서 증류수 0.5ml를 천천히 가하였다. 5분후 다시 증류수 0.5ml를 가하여 완전히 분해가 될 때까지 진탕한 다음, 분해된 시료를 여과한 후 증류수를 채워 10ml로 정용하였다. Polyuronides의 정량은(Gross와 Sams, 1984) 방법에 따라 여과한 시료 0.4ml를 취하여 40 l sulfamate-KOH를 넣은 후, 2.4ml 75mM sodium tetraborate(진한 황산으로 녹임)를 넣어 20분간 끓였다. 실온으로 식힌 후, 80 l 0.15% m-phenylphenol을 가한 후 15분~1시간 사이에 525nm에서 흡광도를 측정하였다. Galacturonic acid를 표준물질로 이용하여 시료를 정량하였다. (kim 등, 1991)

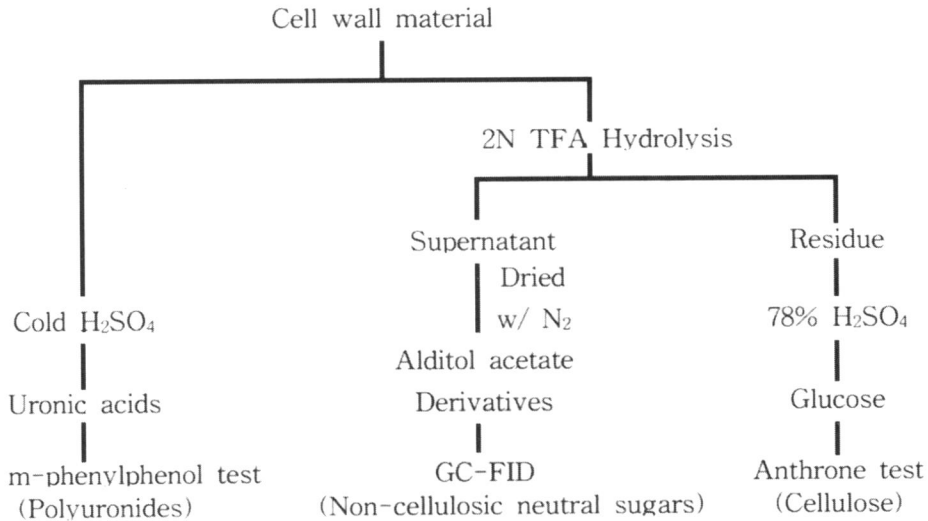


Fig. 4. Outline of quantification of cell wall compositions from chinese cabbage plants.

다. Cellulose 분리 및 정량

셀룰로스의 추출 및 정량은 Gross(1984)에 사용된 방법에 준하였다. 즉 세포벽 10mg을 1ml 2N trifluoroacetic acid(TFA)로 1시간동안 분해한 후, 상등액은 non-cellulosic neutral sugar 분석을 위해 보관하고, 그 잔사를 cellulose의 정량에 사용하였다. 잔사에 1ml 78% 황산을 가하여 1시간 동안 진탕하여 분해시킨 후, 증류수로 20ml로 정용하였다. 분해된 포도당은 Anthrone으로 발색시켜 620nm에서 흡광도를 측정하였다.

라. Non-cellulosic neutral sugar 분석

세포벽 시료 10mg을 2N TFA로 분해시킨 상등액을 40°C 수조상에서 N₂하에서 완전히 건조시킨 후, 시료를 Harris(1984)의 방법에 따라 alditol acetates 유도체를 만들었다. 즉 시료에 100µl 1N NH₄OH(내부표준물질로서 50µg allose를 첨가시킴), 500µl DMSO (20mg/ml NaBH₄를 먼저 용해시킴)를 넣어 진탕시킨 후 40~45°C에서 90분간 반응시켜 per-methylated sugar를 만들었다. 이 반응액을 100µl glacial acetic acid로 중화시킨 후, 100µl 1-methylimidazole, 500µl anhydrous acetic anhydride를 가하여 alditol acetates 유

도체의 형성을 완료시켰다. 반응 10분 후에 1.5ml 증류수, 1ml methylene chloride (MeCl₂)를 넣어 잘 섞은 다음 3,000rpm으로 10분간 원심분리하였다. 분리된 유기용매층(MeCl₂)을 취하여 다시 증류수와 methylene chloride로 분획한 다음, 유기용매층을 취해 N₂로 40°C에서 유기용매를 휘발시켰다. 건조시킨 alditol acetates 유도체를 100µl의 methylene chloride를 넣어 GC-FID(Young-In Scientific Co., LTD, M680D)로 분석하였다. 이때 rhamnose, arabinose, xylose, mannose, glucose, galactose를 표준물질로 사용하였으며, allose를 내부표준물질로 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 연부병 이병성 검정을 위한 박테리아의 적정 농도

본 시험에 공시된 노랑봄배추 및 노랑여름배추는 수년간 포장에서 저항성 차이를 비교적 뚜렷하게 나타나는 계통으로 알려져 종자를 제공받았다(홍농종묘 제공). 박테리아의 농도 10⁷cfu/ml에서 노랑봄배추와 노랑여름배추간의 이병성 차이를 뚜렷하게 볼 수

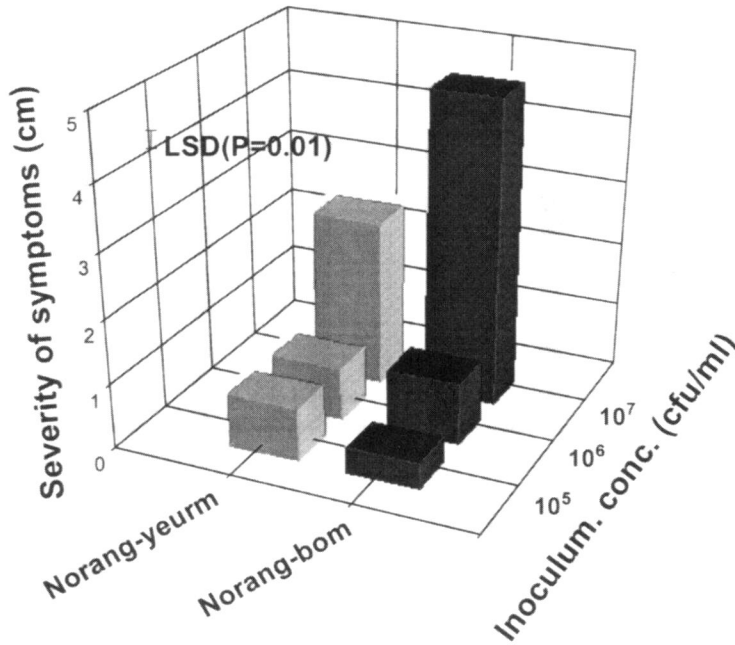


Fig. 5. Effects of bacterial concentrations on the degree of soft rot in young Chinese cabbage seedlings (Split-split test at 1%)

있었으며, 농도 10^6 cfu/ml 와 10^5 cfu/ml 에서는 조금의 이병성 차이를 나타내었다. 즉, 연부병 이병성 검정을 위한 박테리아의 적정 농도는 $1.0 \sim 4.0 \times 10^7$ cfu/ml 규명되었으며(Fig. 5), 이후의 이병성 검정시험에서는 배양된 균주의 흡광도를 이용하여 적정농도 범위를 유지하였다(Fig.1 참조).

2. 연부병 이병성 검정을 위한 배추 유묘의 적정 생육단계

국내 주요 시판 품종인 노랑볼 및 노랑여름배추(홍농종묘)를 공시하여 육묘기간중 연부병에 대한 감수성을 비교하였다. 엽 절취후 침지법(leaf cutting method)으로는 파종 4, 5, 6 주후에, 엽기부 접종(point inoculation method)은 2, 4주에, 배지접종(drenching method)으로는 파종 2, 3, 4, 6 주후에 각각 이병성에 있어서 차이가 나타났다. 그 결과 묘령이 4주에서 방법에 무관하게 품종간의 이병성의 차이가 잘 나타나

고, 식물체의 크기나 특성이 비교적 잘 나타날 것으로 판단하여 연부병 이병성 검정을 위한 배추 유묘의 적정 생육단계로 설정하였다(Fig. 6).

3. 접종방법별 유묘기와 성숙식물체간의 이병성에 대한 상관관계

연부병을 조기에 검정할 수 있는 효과적인 방법을 선정하기 위하여 10개 계통을 대상으로 파종후 4주가 되는 유묘기에는 엽 절취후 침지, 배지 접종, 엽기부 접종을 적용하였으며, 파종후 60-70일(정식후 30-40일)에는 후자의 2가지 방법으로 접종하였다. 공시된 10계통 모두 유묘 및 성숙식물체에서 검정방법간 이병성을 평가하고 이들의 저항성에 대한 생육단계간 상관관계를 구하였다. 제1차년도 결과는 유묘엽 절취후 침지와 성숙식물체 기부접종에서는 상관계수가 0.674 (Fig. 7)를 보였다. 그리고 제2차년도에는 부의 상관(Fig. 8)을 보였다. 따라서 이 방법은 환경 또는

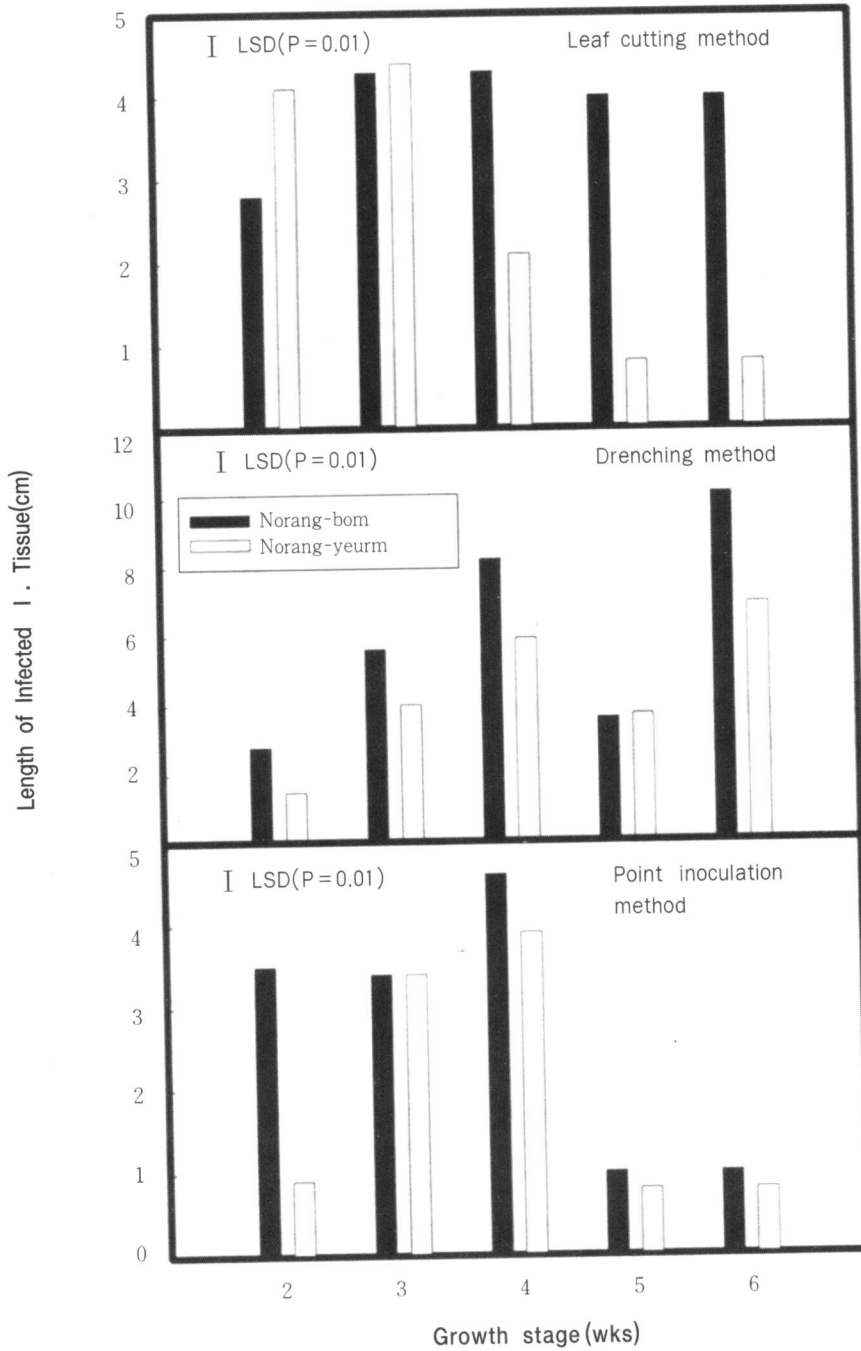


Fig. 6. Comparison of degree of soft rot as influenced by growth stage of young Chinese cabbage seedlings. Inoculum density was 10^7 cfu/ml. Soft rot severity expressed as centimeter of infected areas was measured 24~36hrs after inoculation. (Split-split test at 1%)

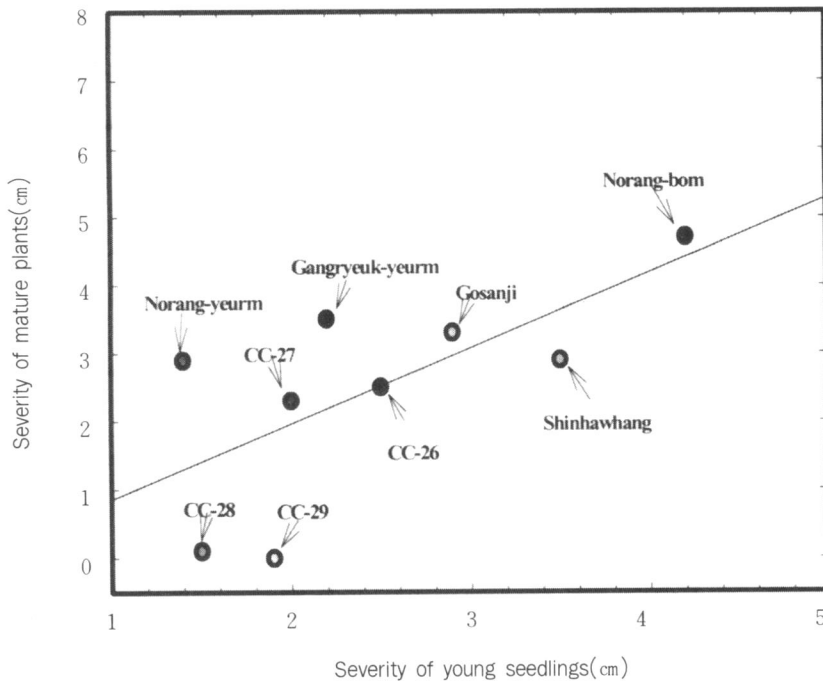


Fig. 7. Correlation between young seedlings and mature Chinese cabbage plants in susceptibility to soft rot disease. *: significance at $p < 0.05$

사용된 균주의 상태에 민감하에 영향을 받는 것으로 판단되었다. 유묘 및 성숙개체 엽기부접종은 상관이 0.843, 유묘엽 기부접종과 성숙개체 배지 접종은 0.609로 나타나, 유묘기 엽기부 접종이 가장 높은 상관관계를 보였다(Fig. 8).

유묘엽 절취 후 침지는 엽을 하나만 절취함으로써 식물체를 성숙시기까지 유지할 수 있어 필요시 성숙개체의 특성이나 종자를 확보할 수 있으며, 접종된 개체를 실험실내에서 관리할 수 있는 장점이 있으나, 절취에 따른 상처나 엽채취시기의 환경에 민감하여 이병성의 차이에 변이가 있을 수 있다는 점이 단점으로 나타났다(그림 7, 8 참조). 한편, 엽기부 접종방법은 유묘기와 성숙식물체간의 가장 높은 상관관계를 보였으며, 검정에 소요되는 노력이 가장 간단하고, 대규모의 연부병의 이병성의 검정방법으로도 적합한 것으로 사료되었다. 감자에서도 품종간 연부병 감수성에 대한 검정 기술의 개발에 대하여 수차례 보고

된 바 있다. 즉 감자 괴경조직의 절단면이나 절편에 직접 균주를 배양하여 일정 시간 후에 이병된 면적을 비교함으로써 저항성 정도를 식별하였는데, 이 방법은 괴경간에 변이가 다소 심하게 나타난다고 하였다(Bain과 Perombelon, 1988). 한편, 유식물체 신초를 절취하여 배양용기내의 균주액에 치상한 후 이병된 병반의 길이를 측정 비교하는 방법은 매우 객관적으로 정량화할 수 있으며 품종간 차이를 비교적 잘 나타냈다고 하였다(Bisht 등, 1993, Lojkowska 등, 1994).

4. 배추 품종간 연부병의 저항성 비교

상기에서 확립된 연부병 검정방법을 토대로 배추 품종간 연부병의 저항성 비교시 C3-28, C3-29, 권심계 배추가 저항성이 높았으며, CC-25 와 랑노가 이병성을 나타내었다(Fig. 8). 특히 코넬대에서 분양받은 계통들인 C3-26, C3-27, C3-28, C3-29 와 CC-25는 개체

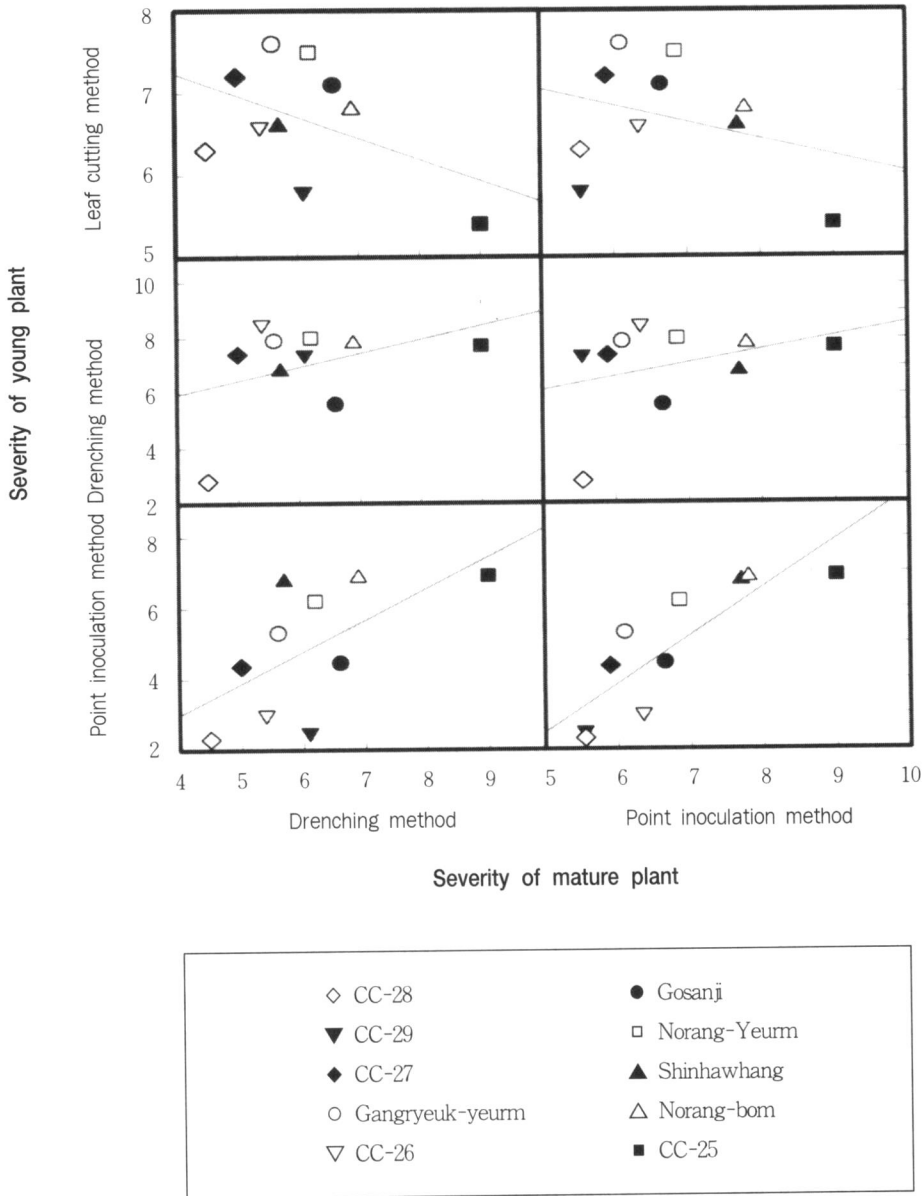


Fig. 8. Correlation between young seedling and mature Chinese cabbage plants in susceptibility to soft rot disease. All three different inoculation methods were applied to young plant and two were with mature plant and their combinations of were compared. *: significance at $p < 0.05$

Table 1. Change in cell wall composition of Chinese cabbage inoculated with *Erwinia carotovora subsp. carotovora*

	% of cell wall		
	Cellulose	Polyuronides	TNCNS ²
Control	19.6 ± 1.0	45.8 ± 5.3	10.0 ± 0.2
Inoculated	23.6 ± 0.2	53.3 ± 2.3	10.5 ± 0.7

²TNCNS: Total non-cellulosic neutral sugars

Table 2. Comparison of the composition in non-cellulosic neutral sugars contents of control and infected plants by *Erwinia carotovora subsp. carotovora*

Sugar	Treatment	Control	Inoculated
		(% of cell wall)	
Rha		1.26±0.02	1.32±0.04
Ara		2.02±0.01	2.06±0.15
Xyl		1.60±0.01	1.85±0.09
Man		0.42±0.00	1.36±0.11
Gal		2.50±0.11	1.63±0.10
Glc		1.65±0.00	1.77±0.11

Neutral sugars:

Rha: rhamnose, Ara: arabinose, Xyl: xylose, Man: mannose, Gal: galactose, Glc: glucose,

들간에 다소 조금의 변이를 보였으며(Fig. 7, 8), 이들은 순환선발 2세대로서 아직 순계로 고정되어 있지 못하기 때문이며, 동시에 연부병이 온도, 박테리아의 종류, 접종 농도 등 환경적인 요인에 민감함을 보여 준다. CC-25는 유묘엽 절취 후 침지에서는 저항성을 나타낸 반면, 엽기부 접종과 배지 접종에서는 각각 이병성을 나타내어 접종 방법에 따라 이병성의 차이의 변이가 관찰되었다. 이는 엽의 기부에 상처를 주는 유묘 엽 절취 후 침지 방법이 엽에 상처를 주지 않는 다른 두 접종 방법과 비교시, 이병성의 차이의 변이를 보였으며, 다른 두 방법에 비해 병증의 정도가 더 심함을 알 수 있었다. 이 중에서 엽기부 접종 방법은 한 식물체로부터 엽 1 또는 2매만 접종하여도 저항성 정도를 판별할 수 있었다. 이는 배추 품종 육

성과정에 있어서 연부병에 대한 저항성 검정을 실시하기 위하여는 포장에서 결구기까지 기다리는 시간을 절약할 수 있을 뿐만 아니라, 육성중인 교배조합을 대량으로 검정하면서도 잎 1개만 절취함으로써 필요시 동일개체를 성숙식물체로 유지할 수 있는 장점이 있다. 이러한 잇점은 향후 연부병 저항성 개체를 선발하여 유지하는데 매우 효과적으로 활용될 수 있다고 판단된다.

5. 세포벽의 구조변화

연부병 병원균인 *Erwinia carotovora*는 기주식물에 침투하면서 여러 가지 효소를 만들어 조직을 분해시킨다(Chatterjee 등, 1994; Lyon, 1989) 특히 세포벽의

pectin을 분해시키는 효소인 pectinase를 다량 생산하는 것으로 알려졌다. 본 연구에서는 박테리아를 접종시켜 충분히 조직이 와해되는 시점(24-48시간후) 연부병에 이병되지 않은 조직과 이병된 조직을 대상으로 세포벽 구조의 변화를 비교하였다. 이병되지 않은 조직에서는 cellulose가 19.6%, 이병된 조직에서는 23.6%를 보였으며, 펙틴의 주 요소인 polyuronides는 이병되지 않은 조직에서는 45.8%, 이병된 조직에서는 53.3%로 나타났다. 즉, 세포벽의 성분인 cellulose, polyuronides, 세포벽내 비섬유성 중성당(total non-cellulosic neutral sugars)의 함량은 이병된 조직이나 건전한 조직간에 별다른 차이가 인정되지 않았다. 다만, 펙틴의 측쇄에 주로 존재하는 galactose가 이병조직에서 감소하였고, rhamnose, arabinose는 변하지 않았으며, xylose 및 manose는 약간 증가하는 경향을 보였다 (Table 1과 2). 이러한 결과는 접종된 *Erwinia carotovora*는 배추조직을 침투하기 위하여 세포벽을 가수분해하는 효소들을 여러 가지 생산하고 있음을 보이나, 헤미셀룰로스과 펙틴을 다량 분해하고, 셀룰로스는 상대적으로 적게 분해하는 것으로 판단되었다(mannose 및 xylose의 증가). 그리하여 세포벽의 전반적인 조성의 변화에는 영향을 미치지 아니하고 다만, 생체중당 세포벽의 함량이 감소하는 것으로 나타났다(자료 미수록).

IV. 결론

1. 연부병 이병성 검정을 위한 박테리아의 적정 농도는 $1.0 \sim 4.0 \times 10^7$ cfu/ml 규명되었다.
2. 연부병 이병성 검정을 위한 배추 유묘의 생육단계는 3~4 주가 적합하였다.
3. 연부병에 대한 이병성을 비교하여 유묘기 및 성숙 식물체의 상관관계를 구한 결과, 유묘 엽 절취 후 침지는 상관계수가 0.674, 엽기부 접종은 0.843, 배지 접종은 0.609로 나타났다.
4. 상기에서 확립된 연부병 검정방법을 토대로 배추

품종간 연부병의 저항성 비교시 코넬대 도입계통인 C3-28, C3-29, 권심계 배추가 저항성이 높았으며, 국내 시판종인 노랑여름, 강력여름, 고산지 등은 중간을, CC-25, 노랑여름 및 랑노는 이병성을 나타내었다.

5. 연부병에 이병되지 않은 조직과 이병된 조직의 세포벽 성분중 galactose만 현저히 분해되었으며, xylosyl 및 mannosyl 기는 다른 성분에 비해 분해가 적게 되었다.

이상으로 배추 품종 또는 교배조합을 대상으로 연부병의 저항성 검정 방법으로는 엽기부 접종 (point inoculation method) 을 제시하며, 파종후 4주의 유묘기에 실시할 수 있어 저항성 품종육성에 효과적으로 활용할 수 있다고 판단되었다.

참고문헌

1. 농림수산부 통계연보, 1996, 채소의 재배면적과 생산량.
2. Alfano and Collmer, 1996, Expression of the *Pseudomonas syringae* avirulence protein AvrB in plant cells alleviates its dependence on the hypersensitive response and pathogenicity (Hrp) secretion system in eliciting genotype-specific hypersensitive cell death, *Plant Cell* 1996 8: pp.1095-1105.
3. Bain, and Prombelon, 1988, Methods of testing potato cultivars for resistance to soft rot tubers caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, *Plant Pathol.* 37, pp.431-437.
4. Bisht, V. B., P. S. Bains, and J. R. Letal, 1993, A simple and efficient method to assess susceptibility of potato to stem rot by *Erwinia carotovora* subspecies, *Amer. Potato J.* 70: pp.611-616.
5. Chaterjee, A., H. Murata, J.L. McEvoy, and A. Chaterjee, 1994, Global regulation of pectinases and other degradative enzymes in *Erwinia*

- carotovora subsp. carotovora, the incitant postharvest decay in vegetables, HortScience, Vol. 29: pp.754-758.
6. Demarty, M., C. Morvan, and M. Thellier, 1984, Calcium and the cell wall, Plant, Cell Environ, 7: pp.441-448.
 7. Gross, K., 1984, Fractionation and partial characterization of cell walls from normal and non-ripening mutant tomato fruit, Physiol. Plant, 62, pp.25-32.
 8. Gross, K. C and C. E. Sams, 1984, Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey, Phytochem, 23: pp.2457-2461.
 9. Hahn, M. G., Darvill, A. G. & Albersheim, P., 1981, Host-pathogen interactions. X I X. The endogenous elicitor, a fragment of a plant cell wall polysaccharides that elicits phytoalexin accumulation in soybeans, Plant Physiol, 68, pp.1161-1169.
 10. Harris, P., R. Henny, A. Blaker & B. Stone, 1984, An improved procedure for the methylation analysis of oligosaccharides and polysaccharides, Carbohydr. Res, 127, pp.59-73.
 11. Jackson, A. O. and C. B. Taylor, 1996, Plant-microbe interactions: life and death at the interface. Plant Cell 8: pp.1651-1668.
 12. Jarvis, M. C., 1984, Structure and properties of pectin gels in plant cell walls, Plant, Cell Environ, 7: pp.153-164.
 13. Kim, J., K. C. Gross and T. Solomos, 1991, Galactose metabolism and ethylene production during development and ripening of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Postharvest Biol. and Technol, 1: pp.47-63.
 14. 고령지농업 시험장, 1996, 고령지 채소의 안정생산에 관한 심포지움.
 15. Lojowska, E. and A. Kelman, 1994, Comparison of the effectiveness of different methods of screening for bacterial soft rot resistance of potato tubers, Amer. Potato J, 71: pp.99-113.
 16. Lyon, G. D., 1989, The biochemical basis of resistance of potato to soft rot *Erwinia* spp. Ann. Rev. Plant Pathol, 38, pp.313-339.
 17. Moran, F., S. Nasuno, and M. P. Starr, 1968, Extracellular and intracellular polygalacturonic acid trans-eliminase of *Erwinia carotovora*. Arch. Biochem. Biophys, 123: pp.298-306.
 18. 박상근, 1969, 배추의 軟腐病과 石灰營養에 관한 研究. 農試研報, 12(2): pp.63-70.