

최 종
연구보고서

고랭지 여름배추의 무름병 방제 및 고품질 안정
생산기술 개발

Development of Production Technology of High Quality
Stable Production and Control of Bacterial Soft Rot of
Chinese Cabbage in Alpine Region

강릉대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고랭지 여름배추의 무름병 방제 및 고품질 안정 생산기술 개발”
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2003년 8월 20일

주관연구기관명 : 강릉대학교

협동연구기관명 : 고령지농업시험장

총괄연구책임자 : 용 영 록

세부연구책임자 : 김 병 섭

협동연구책임자 : 신 관 용

연 구 원 : 김 창 수

연 구 원 : 이 춘 수

연 구 원 : 이 정 태

연 구 원 : 이 계 준

연 구 원 : 윤 철 수

연 구 원 : 정 은 경

연 구 원 : 장 현 철

요 약 문

I. 제 목

고랭지 여름배추의 무름병 방제 및 고품질 안정 생산기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

고랭지 여름배추의 생산량은 1980년도 약 3,500ha에서 117천톤 생산되었으나 2001년에는 9,000ha에서 약 350천톤중 강원도에서 생산되는 것이 250천톤으로 전국생산량의 72%를 점유하고 있어 강원도 고랭지 배추는 주산지인 경기·북부지역의 김장배추 수확 전에 출하하여 우리나라 여름과 초가을 배추 수급을 조절하는 중요한 역할을 하고 있다. 현재 고랭지 여름배추는 이상고온다습, 연작장해, 과도한 화학비료 사용, 토양 작토층 유실 등에 의해 농가마다 다양한 생리장해와 병 발생 등이 나타나서 연간 평균은 50% 이상, 작제는 30%의 생산량 감량이 되고 있어 이를 해결하기 위한 연구가 시급하고 고랭지 여름배추 재배농가들은 생산비를 줄이기 위해 값비싼 영양제, 고급 화학비료 및 농약사용을 줄이는 친환경농법 개발의 시급성을 인식하고 있다. 현재 고랭지 여름배추 재배에서 문제점을 보다 자세히 언급하면 다음과 같다. 첫째, 고랭지 여름배추의 지상부 옷자람(도장) 심각하다. 둘째, 고랭지 여름배추 무름병으로 심각한 몸살로 여름철의 고온다습으로 인한 무름병의 발생이 심하여 수확을 포기하는 사태가 점차 늘고있는 추세이며 본 연구자의 조사에 의하면 지역이나 농가에 따라 차이는 있으나 연간 20-40% 이상이 수확을 전혀 할 수 없는 상태이다. 셋째 고랭지 여름배추 재배에 과도한 비료 시비로 토양산성화 심각하며 고랭지 밭 토양은 지형적인 특수성과 부적절한 토양관리로 인하여 지력소모가 심한 상태에 있으며, 특히 토양 중에 인산은 과다 집적되고 칼슘과 마그네슘, 유기물, pH 부족 등 토양의 양분불균형이 매우 심각한 실정이며 고랭지 지역의 밭은 대부분 경사지로 토양유실이 매우 심각하여 유실되는 토양의 각종 염기와 비료성분들이 일반 밭토양에 비하여 다소 높아 작물에 유효한 각종 영양분이 함께 소실됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 3개의 세부과제로 구성되어 고랭지 여름배추의 무름병 예방 및 고품질 안정생산 기술 개발을 목표로 하였다. 제1세부는 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 생육조절 기술 개발과 제2세부는 환경친화형 농자재 사용에 의한

고랭지 여름배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발이며 제3세부는 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

연구 개발의 내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> ○ 저독성이며 잔류성이 짧은 살균제와 칼슘화합물류 중에서 생육조절이 가능한 물질 탐색 ○ 육묘기에서 도장억제용 생장조절물질 조사 ○ 처리시기, 처리방법, 처리량에 따른 특성조사 ○ 적정 처리법 구명(최소억제농도(MIC) 검정) ○ 정식후 적정 처리시기 및 간격 구명 ○ 생육조절법의 안전성 비교 조사 ○ 처리에 따른 품질평가 ○ 고랭지 채소재배 농민들에게 기술이전
<ul style="list-style-type: none"> ○ 무름병 발생 조사(발생시기, 발생량, 발생 근원지 및 이동경로 추적) ○ 무름병 방제 약제 및 내서성+내무름병 품종 탐색 ○ 선발 방제 약제 포장 시험 수행 ○ 사용 방제 약제의 잔류 조사를 위한 생물 검정 기술 확립 및 기기분석 ○ 종합적으로 재배 기술에 적용하여 포장 시험 수행
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고랭지배추 재배지 비료 사용실태 및 토양 이화학성 분석 (무기양분인 질소, 인산, 칼리, 마그네슘, 칼슘 요소에 집중 분석하여 시비기술 개발) ○ 환경 및 토양 조건에 따른 비료이용 특성 구명 ○ 시비효율 증진 및 화학비료 절감을 위한 시비기술 개발 ○ 유기물 및 녹비작물재배 도입에 의한 화학비료 절감효과 구명 ○ 농자재 저투입 환경보전 농업을 위한 기본체계 확립 ○ 적정 시비체계의 종합적 모델링 개발

IV. 연구개발 결과

1. 제1세부: 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 생육조절 기술 개발.

본 연구는 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 웃자람 억제 기술을 개발하기 위하여 생장억제제인 diniconazole을 사용하여 적정농도, 생육반응, 이화학적 특성을 구명하고자 수행되었다. 강력여름배추 품종을 공시하여 162구 근계 생육조절용 플러그 트레이에 과종하여 25일간 육묘 후 pot와 노지 포장에 정식하여 생육반응을 조사하였다. 적정농도구명을 위해 pot에 정식 후 diniconazole 농도에 따른 생육을 조사한 결과 엽장은 생육후기로 갈수록 처리구에서 짧아져 diniconazole $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 가 웃자람 억제에 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 엽수는 대조구에 비해 diniconazole 처리구에서 8~10배 이상 증가하였다. Diniconazole $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 처리하여 노지 정식 20일 후 생육반응을 조사한 결과 diniconazole 처리에서 구고는 대조구에 비해 약 7~10cm 짧아 pot 실험에서와 같이 지상부 생육조절에 효과적이었다. 지상부 생체중과 건물중은 처리후 10, 20일에서 생육의 차이를 보였지만, 수확 직후 각 처리구에서 비슷한 생육이 나타났고 건물중은 처리구에서 다소 높았다. 뿌리의 생체중과 건물중도 각 처리구에서 비슷한 생육을 보였으며, 통계적 유의차는 없었다. 당 함량은 모든 처리구에서 fructose에 비해 glucose 함량이 높았으며, 배추잎 하부에서 당 함량이 가장 높게 나타났다. 경도와 절단력은 diniconazole 처리구에서 높게 나타났다. Diniconazole 잔류량은 처리 직후에 분석한 결과 속잎과 겉잎 모두 잔류허용기준($0.1\text{ppm}/\text{kg}$ fresh weight)을 초과하였으나 처리 40일 후에는 속잎과 겉잎 모두에서 검출되지 않았다. 따라서 고랭지 여름배추의 웃자람을 억제하기 위해서는 diniconazole $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 정식 20일 후 1~2회 처리하는 것이 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 제2차 연구에서는 배추재배에서 트리아졸계 살균제인 diniconazole과 칼슘제제의 처리가 배추의 생장, 잎의 형태, 엽록소 함량 그리고 배추잎의 세포배열에 미치는 영향을 알고자 수행하였다. 공시배추품종은 가락신과 덕성을 사용하였으며 162공 프러그묘판에서 25일간 육묘후 지름 17cm인 포트에 정식되었다. 정식 1주일 뒤에 살균제 디니코나졸 수화제를 무처리, $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 의 농도로 배추잎 전체에 살포했다. 2차처리는 5일뒤인 2003년 3월 10일에 같은 농도로 처리하였다. 실

협결과 살균제 디나코나졸 수화제는 뚜렷한 생육억제 효과를 보였으며 잎에서의 엽록체 함량도 control: 30.3에 비해 $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 61.1로 control 보다도 2배정도 높았으며, $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서도 48.6으로 control로보다는 높았다. 잎의 형태학적 비교중 control에 비해 처리구에서 잎의 모용이 보다 많이 보였으며, 잎의 세포배열에서도 처리구에서의 잎의 세포배열이 control에서보다 더욱 조밀한 것으로 나타났다. 잎의 웃자람을 억제할 수 있는 칼슘제제는 수산화칼슘을 나타냈고 또한 수산화 칼슘은 배추 무름병 예방에도 효과가 있는 것으로 조사되었다.

제2세부: 환경친화형 농자재 사용에 의한 고랭지 여름배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발.

Erwinia carotovora subsp. *carotovora*에 의한 배추 무름병은 배추에서 가장 큰 문제가 되고 있는 병 중 하나이다. 본 연구는 배추 품종별 무름병 저항성을 조기에 검정하고자 실시하였다. 선발된 균주를 이용하여 세균현탁액과 mineral oil을 4:1로 혼합하여 배추의 중앙 기부에 10ml 관주 접종하는 mineral oil 접종법으로 접종하였다. 국내의 3개 종묘회사와 대학으로부터 분양 받은 43개의 배추 품종 및 계통의 저항성 정도를 조사하였다. 그 결과 C3-26, C3-28, C3-29, C29-51-51-52는 저항성, 강타배추, 금촌얼갈이, 미니배추, 금빛, DB50, 지부, 평층, 산촌배추는 감수성인 것으로 나타났으며, 나머지는 중간정도의 저항성을 나타냈다. 칼슘 비료 7종을 배추 유묘에 엽면 살포한 결과 calcium hydroxide가 다른 calcium 비료보다 무름병 방제에 효과가 높게 나타났다. 질소 비료 시비는 무름병 발생을 촉진한 반면, calcium hydroxide를 수용액으로 엽면시비 할 때 유묘에서뿐 아니라 포장 시험에서도 무름병 발생을 억제하였다. calcium과 질소를 혼합 살포할 때도 calcium 단독살포와 마찬가지로 무름병 발생을 억제하였다. 배추 무름병 방제에 우수한 약제를 선발하여 무름병을 효과적으로 방제하고자 실시하였다. 항생제, 식물활성제 및 비병원성 *Erwinia*의 효과를 실험실내 약효 검정과 유묘 검정, 포장시험으로 수행하였다. 실험실내 약효 검정 방법으로는 paper disc 방법과 potato slice 방법을 수행하였다. 유묘 검정은 mineral oil 접종법을 사용하여 병발생을 균일하게 하여 수행하였다. 실험실내 약효 검정 결과 streptomycin과 oxolinic acid, bronopol과 copper hydroxide가 병원균의 생장 및 감자 절편의 부패를 크게 억제하였다. 그러나 식물 활성제들은 실험실내 약효 검정에서는 병원균의 생장 및 감자 절편의 부패를 크게 억제하지 못하였다. 배추(강력여름배추) 유묘를 이용한 생물 검정에서 비병원성 *Erwinia*는 83.5%의 방제가를 나타냈고, oxolinic

acid, 항생제 streptomycin, validamycin은 각각 95.2%, 91.2% 그리고 57.5%의 방제가를 나타냈으며 구리제는 79.9%의 방제가를 나타냈다. 그러나 acibenzolar-S-methyl은 약해를 유발하여 방제가가 낮게 나타났다. 포장시험 결과 acibenzolar-S-methyl은 2000년 포장 시험(산촌배추)에서는 통계적으로 유의성($p=0.05$)있는 방제 효과를 나타내었으나, 2001년 포장 시험(강력여름배추)에서는 약해를 일으켜 방제 효과가 낮게 나타났다. 이러한 차이는 배추 품종에 따른 약제에 대한 반응 차이에 기인한 것으로 사료된다. 2002년 포장 시험에서는 streptomycin+copper가 79.7%의 방제가를 나타냈고 copper hydroxide와 비병원성 *Erwinia*는 각각 71.9%와 60.9%의 방제가를 나타냈다. Acibenzolar-S-methyl를 살포한 배추에서 이 약제는 1일 이후에는 검출되지 않았다. 약제 방제를 위한 종합적인 제형으로 acibenzolar-S-methyl과 비병원성 *Erwinia*, streptomycin, oxolinic acid의 합제 처리가 영농현장에서 적용할 수 있는 우수한 방법으로 사료된다.

제3세부: 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발

고랭지 배추재배농가의 시비실태를 조사하여 시비개선 기초자료로 활용코져 2001년에 58농가를 대상으로 청취조사한 결과, 3요소비료는 추천시비량에 비하여 질소 1.4배, 인산 2.4배, 칼리 2.0배를 시용하고 있었으며, 퇴비는 가축분퇴비 위주로 $9,920\text{kg ha}^{-1}$ 을 사용하고 있어 추천량보다도 감비하고 있는 반면, 석회질비료는 $2,160\text{kg ha}^{-1}$ 로 추천량에 접근하였다. 농가가 많이 사용하는 복합비료 비종은 기비로 11-10-10+3+0.3(원예1호) > 11-6-6+4+13+17(쌀맛나) > 12-9-11+3+0.3(원예범용) 등의 순위였고, 추비는 18-0-18+0.3(벼수비용) > 13-0-13+1+0.3(웃거름) > 18-0-15+0.3(NK마그) 등의 순위였다. 배추농가에서 퇴비는 계분퇴비 > 돈분퇴비 > 우분퇴비 > 생계분순으로 전체 조사농가중 91.4%의 농가에서, 석회는 소석회 > 생석회 > 석회고토순으로 81%농가가 사용하였다. 토양비옥도 조사결과 토양의 유효인산과 치환성 칼륨은 현저히 높은 반면 토양의 pH, 치환성의 칼슘과 마그네슘 함량은 적정범위내에 있었다. 고랭지 배추 재배면적($10,206\text{ha}$)을 적용한 총소요량으로 볼 때 농가시비량의 절감 가능량은 성분량으로 4,347톤(질소 1,265톤, 인산 1,123톤, 칼리 1,959톤)으로 추정 할 수 있었다. 표고 750m인 고랭지 사질양토(토양유기물 18g kg^{-1} , 유효인산 231mg kg^{-1})에서 계분퇴비(N 2.0%, P_2O_5 3.5%)를 6ton ha^{-1} 시용한 조건에서 여름배추에 대한 질소시비추천 모델설정과 추천모델에 의한 질소질비료의 절감량을 구명하기 위하여 질소수준을 달리하여 포장시험을 수행하였다. 계분퇴비 시용구의 질소 최고시비량(최고수량 생산,

291kg ha⁻¹)은 계분퇴비 무시용구 질소 최고시비량(335kg ha⁻¹)에 비하여 0.87배, 안전한 질소적정량(174kg ha⁻¹)은 최고 시비량 대비 0.60배이었다. 산출된 시비배율을 현행 평탄지 조건의 시비추천식에 대입하므로 새로운 고랭지조건의 시비추천식을 도출해 낼 수 있었다. 고랭지 배추재배지 평균 토양조건(유기물 33g kg⁻¹)을 적용해 보면 계분퇴비 시용시 질소시비량은 최고 215, 최저 129 kg ha⁻¹으로서 현행 시비량에 비해 최고 59.7%, 최저 32.8%의 절감이 가능하였다. 계분퇴비 시용시 최고수량을 생산한 질소시비는 계분퇴비 무시용에 비하여 결구기와 수확기토양의 유효인산 함량과 수확기 경엽의 질소, 인산 및 칼리함량과 흡수량이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 질소 이용율을 10%이상 크게 높일 수 있었다. 본 연구는 녹비용 피복작물인 헤어리벳치를 이용하여 경사지 토양보전 및 녹비로서의 공급효과를 알아보기 위하여 수행하였다. 나지방임(관행) 비교하여 헤어리벳치를 배추 정식전, 정식 후 15, 30, 40일 및 배추 수확직후에 파종하여 배추와 헤어리벳치의 생육특성을 조사하였다. 또한 각 처리별 생산된 녹비를 배추 재배전에 반전 투입하여 녹비공급 효과에 대하여 검토한 결과 배추 정식전에 헤어리벳치를 파종하여 초생재배 하는 것이 배추 수확후 나지 상태의 토양을 조기에 회복하여 토양보전 효과가 가장 높은 것으로 조사되었다. 그러나 배추 정식전에 헤어리벳치를 파종할 경우 헤어리벳치가 배추 생육에 영향을 미쳐 배추 수량이 감소되는 경향을 보였다. 배추 정식 15일 이후에 파종할 경우에는 배추 수량에는 영향을 미치지 않으면서 나지(관행)구 대비, 토양피복에 의한 74%의 토양유실 경감효과가 있었다. 녹비 수량에 있어서도 생체량 기준 64.4톤 ha⁻¹으로 가장 많아 녹비 공급 효과가 가장 높은 것으로 조사되었다. 각 처리별 생산된 녹비를 배추 재배전에 반전 투입 하여 녹비공급 효과를 배추 정식 15일까지의 생육 면에서 보면 헤어리벳치 녹비 반전 투입의 경우에는 질소비료를 사용하지 않은 상태에서도 관행 표준시비량(320kg ha⁻¹) 대비, 생육이 비슷한 경향을 보여 질소비료 사용량을 경감할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 시험의 결과 경사지가 대부분인 고랭지 에서의 배추 재배의 경우 정식 15일 이후에 헤어리벳치를 파종 초생재배 하여 배추 재배전 반전 투입할 경우 토양보전은 물론 화학비료 절감에 효과적인 것으로 생각된다.

SUMMARY

1. Development of Growth Control Technology for Producing High Quality of Chinese Cabbage in Alpine

This study was performed to find out the optimum concentration of diniconazole on growth inhibition of Chinese cabbage for the summer production in the alpine region. Seeds of Chinese cabbage (cv. 'Kangruk Summer') were sown in 162 cells plug tray and seedlings of 25 days were transplanted in pots and field. For investigating the proper concentration of diniconazole (5% wettable power) in pot test, three different treatments (50, 100, 500 mg · L⁻¹) were given. Higher dosages (100 and 500 mg · L⁻¹) inhibited leaf growth and thus 50 mg · L⁻¹ treatment was considered the optimum concentration. Numbers of leaf treated by diniconazole were increased (8-10 leaves) compared with the control. Diniconazole 50 mg · L⁻¹ application reduced the head height up to 7-10cm without influencing the quality and yield. Top fresh and dry weights were increased by diniconazole treatment at harvesting time, meaning improvement of growth. Glucose content was higher than fructose, especially showing higher content in lower part of leaves than higher part. The content of sucrose was undetected. Diniconazole application increased firmness and cutting force compared with the control. Residual contents of diniconazole soon after application were detected but not at 40 days after application. As a result, the proper amount of diniconazole (5% original sum) to regulate excessive growth of Chinese cabbage during summer season without decreasing marketable yield seemed to be 50 mg · L⁻¹ with application frequency of 1-2 times at 20 days after transplanting. This study was carried out to obtain the effects of treatments of diniconazole(5% wettable power) on the characteristics of growth, especially, leaf-morphology and cell arrangement in chinese cabbage. "Garak" and "Duck-Sung" chineses cabbages were used. They were planted in the 162-cell of tray, for 25 days, then were transplanted the experimental pot(diameter: 17cm). The concentraion of treated diniconazole were followed: 0, 100mg · L⁻¹ and

1000mg · L⁻¹. The methods of treatment were sprayed on all of the leaves of Chinese cabbages; the first treatment was performed on the 5th of March in 2003. A week later, after transplantation. And the second was done on the 10th of March in 2003. 5 days later, after the first treatment was carried. In order to examine the cell arrangement, twenty randomly chosen cells per photographed section were measured for cell width and cell length. According to the results, the comparison of amounts of chlorophyll a, chlorophyll b among non-treatment and treatments of diniconazole was higher in treatment than those of non-treatment, by increasing the concentration of diniconazole. In comparing the cell width and length, the cell width of non-treatment was 42.8µm and the length of non-treatment was 65.51µm. On the other hand, those of treatment(100mg · L⁻¹) and treatment(1000mg · L⁻¹) of diniconazole were observed like this, width; 23.153µm(100mg/L), 24.29µm(1000mg/L) and length; 74.457µm(100mg · L⁻¹), 63.85µm(1000mg · L⁻¹). This study suggests that the treatment of diniconazole retards the growth of Chinese cabbage and made their leaves more thicker, dark greener than those of non-treatment. Also, in comparison of cell arrangement among treatments and non-treatment, those of treatments(100mg · L⁻¹, 1000mg · L⁻¹) are more denser than that of non-treatment. Leaf blade of treatments of diniconazole showed loosely packed larger mesophyll cells and non-treated leaf showed tightly packed and smaller mesophyll cells.

2. Development of Control Technology of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* of Chinese Cabbage in Alpine by Using Ecoenvironmental Agricultural Chemicals.

Bacterial soft rot by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* is one of the diseases causing the biggest damages in Chinese cabbage cultivation. This study was conducted to evaluate disease resistance of Chinese cabbage cultivars and breeding lines to *E. carotovora* subsp. *carotovora* by new inoculation method, mineral oil inoculation method, inoculating 10 ml of the mixture (4:1, v/v) of bacterial

suspension and mineral oil on the central bases of Chinese cabbage seedling. Total 43 Chinese cabbage cultivars and lines obtained from 3 domestic seed companies and universities were screened for disease resistance using the above mentioned inoculation method. This screening test showed that Chinese cabbage C3-26, C3-28, C3-29 and C29-51-51-53 lines were resistant, Gangta, Gumchonyealgali, Mini, DB50, Jibu, Pyungchng, Sanchon and Yellow King No. 2 cultivars were susceptible, and the others were moderate resistant.

Chemical screening was conducted to select effective agents for controlling bacterial soft rot. Control effect of antibiotics, plant activator, and Biokeeper (avirulent *Erwinia*) to soft rot were tested by *in vitro* assay, nursery test, and field experiment. The *in vitro* assay was done by paper disc method and potato slice method. The nursery test was performed by using mineral oil inoculation method with consistent disease induction. The *in vitro* assay showed that streptomycin, oxolinic acid, bronopol, and copper hydroxide significantly suppressed the growth of pathogenic bacterium and the decomposition of potato slice. However, plant activators including acibenzolar-S-methyl did not show the suppressive effect on the growth of pathogenic bacterium and the decomposition of potato slice. When applied by the nursery test condition using mineral oil inoculation method with Chinese cabbage 'Kangruckyeurum', Biokeeper, oxolinic acid, antibiotics streptomycin, validamycin, and copper compound provided 83.5%, 95.2%, 91.2%, 57.5% and 79.9% in control efficacy, respectively. However, the control effect of acibenzolar-S-methyl showed to be low to cause phytotoxicity. Also acibenzolar-S-methyl showed a significant control effect in the field experiment with Chinese cabbage 'Sanchon' in 2000, but the field experiment with Chinese cabbage 'Kangruckyeurum' in 2001 revealed it had phytotoxicity to Chinese cabbage. Such a difference was considered to be caused by differences in phytotoxic reaction of Chinese cabbage cultivars to the chemical. Streptomycin+copper, copper hydroxide and Biokeeper showed 79.7%, 71.9% and 60.9% in control efficacy, respectively, in the field experiment with Chinese cabbage 'Sanchon' in 2002.

3. Development of Sustainable Fertilizer Application Technology for Production of High Quality of Chinese Cabbage in Alpine.

The investigation was conducted to find out amounts and ratios of N, P and K

fertilizers applied on summer Chinese cabbage in 58 farmers' fields of highland area. The application levels of N, P₂O₅, K₂O, livestock manure and lime fertilizers were 444, 188, 390, 9,920 and 2,160kg ha⁻¹, respectively, for summer Chinese cabbage. The ratios of basal dressing were 48% in N, 46.6% in K₂O. The frequencies of top dressing both N and K were 1.7 times. The kinds of compound fertilizers were in the order of 11-10-10+3+0.3 > 11-6-6+4+13+17 > 12-9-11+3+0.3 in basal application and 18-0-18+0.3 > 13-0-13+1+0.3 > 18-0-15+0.3 in top dressing. The average contents of available phosphorus and exchangeable potassium were exceeded as compared to those in the optimal range. But exchangeable calcium and magnesium contents of Chinese cabbage soil were ranged in optimum levels. From the surveyed results, we could estimate that total 4,347 tons of N, P₂O₅, and K₂O fertilizers were over used for summer Chinese cabbage by farmers in highland. Recommendation of N Fertilizer for Chinese Cabbage with Application of Poultry Manure Compost in Highland: The purpose of this study was to establish a model for recommendable application of nitrogen fertilizer based on soil testing and to investigate its reduction amount for summer Chinese cabbage. A field experiment was carried out according to various nitrogen amount in highland sandy loam soil with poultry manure compost. The maximum application amount of N in poultry manure compost plot(291kg ha⁻¹, resulted from the maximum yield) was 0.87 times as much as that of non-manure plot(335kg ha⁻¹). To reach the maximum yield of non-manure plot, appropriate amount of N for poultry manure compost plot was 174kg ha⁻¹, which was 0.60 times of the maximum application amount. New recommendation equation was established by adding the calculated application ratio to the existing equation for lowland. With regarding to the average soil condition (organic matter 33g kg⁻¹) in highland field for Chinese cabbage, the application amount of N was ranged from 215~129kg ha⁻¹, which means that 32.8~59.7% as much as current application amount of N fertilizer could be reduced. The soil available P₂O₅ at bulbing and harvesting stage, contents of N-P-K in stems and leaves at harvesting stage, and absorbing amount were increased with such application of N that resulted from the maximum yield in poultry manure compost plot compared with non-manured one. In particular, use efficiency of N increased more than 10% by application of

poultry manure compost. Effect of hairy vetch(*Vicia villosa* Roth) sod culture on Chinese cabbage in Highland: This study was conducted to find out the effect of hairy vetch on soil conservation of hillside field and providing of green manure to Chinese cabbage. Hairy vetch was seeded before planting, 15, 30 and 40 days after planting and right after harvesting of Chinese cabbage. Growth characteristics of Chinese cabbage and hairy vetch in each treatments were investigated. After cutting, hairy vetch was provided into the field of Chinese cabbage as green manure. Conclusively, seeding of hairy vetch before planting of Chinese cabbage was the most effective on soil conservation, but this treatment showed decrease of yield because it affected growth of Chinese cabbage. Seeding of hairy vetch at 15 days after planting of Chinese cabbage was not affective yield of Chinese cabbage and showed decrease of 74% soil loss comparing with bare land. And this treatment was most effective on providing green manure as fresh weight 64.5ton ha⁻¹. Providing of hairy vetch as green manure showed similar growth to conventional culture without adding chemical fertilizer at 15 days after planting of Chinese cabbage. So seeding of hairy vetch at 15 days after planting of Chinese cabbage and providing as green manure to the field is very effective to cultivate Chinese cabbage for conservation of soil and reduction of chemical fertilizer application level.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction and research background	15
Chapter 2. Objectives and contents of research	22
I. Final objectives of research and development	22
Chapter 3. Major research and results obtained	24
I. Development of growth control technology for producing high quality of Chinese cabbage in alpine	24
References	64
II. Development of control technology of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> of Chinese cabbage in alpine by using ecoenvironmental agricultural chemicals.	67
References	106
III. Development of sustainable fertilizer application technology for production of hgh quality of Chinese cabbage in alpine	110
References	138
Chapter 4. Achievement degree and contribution to related fields	142
Chapter 5. Utilization plans from results of research and development	145

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	15
제 1 절 연구개발의 필요성	15
제 2 절 연구개발의 목표와 내용	20
제 2 장 국내외 기술개발의 현황	22
제 3 장 연구개발수행내용 및 결과	24
제 1 절 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 생육조절 기술 개발	24
참고문헌	64
제 2 절 환경친화형 농자재 사용에 의한 고랭지 여름배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발	67
참고문헌	106
제 3 절 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발	110
참고문헌	138
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	142
제 1 절 연구개발목표의 달성도	142
제 2 절 관련연구분야에의 기여도	143
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	145

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 개요 및 필요성

농림부 통계자료를 이용하여 배추의 재배면적과 가격계절변동을 분석한 결과 재배면적은 고랭지배추와 봄배추는 각각 8%와 2% 늘어난 반면 김장김치 수요가 점차 감소하면서 가을배추의 재배면적은 연평균 6.4%씩 감소하는 추세이며, 가격지수는 8-9월이 가장 높고 다음은 3-4월이었으며 5-7월과 10월-익년 2월은 낮은 M자 형태를 나타내고 있다. 3-4월에 가격지수가 높은 것은 월동배추의 출하가 끝나고 하우스 봄배추의 출하가 시작되는 시기로 일시적인 공급부족현상이며 8-9월은 고랭지 여름배추가 본격적으로 출하하는 시기로 재배면적이 해발이 높은 강원도와 전북 일부 지역에 한정되어 공급량이 제한되고 있다. 고랭지 여름배추는 여름철 평지의 고온다습의 열악한 재배환경을 벗어나 비교적 배추가 생육하는데 적당한 환경을 가지고 있는 표고 600m 이상의 지역에서 제한적으로 재배되고 있어 국내에서는 배추의 여름재배(6-9월)는 고랭지 이외는 불가능한 상태이다. 고랭지 여름배추의 생산량은 1980년도 약 3,500ha에서 117천톤 생산되었으나 2001년에는 9,000ha에서 약 350천톤중 강원도에서 생산되는 것이 250천톤으로 전국생산량의 72%를 점유하고 있어 강원도 고랭지 배추는 주산지인 경기·북부지역의 김장배추 수확 전에 출하하여 우리나라 여름과 초가을 배추 수급을 조절하는 중요한 역할을 하고 있다. 최근 우리나라의 시판김치 생산량은 96년 2,000억원, 97년 2,500억원, 99년도는 20% 증가한 3,600억원대로 추정되며 또한 농림부에 따르면 김치의 일본 수출량이 급속도로 증가하여 99년도에 850억원 2000년도에는 전년도에 비해 61% 증가하여 1,368억원 이상이 되어 곧 해외수출시장이 1,500억대 이상 될 것으로 예측되고 있는바 평지에서는 배추 생산이 불가능한 7, 8, 9 3개월간 수출용 김치원료인 배추의 고품질화 및 저비용 안정생산기술 개발이 절실하다. 우리나라의 주요 김치생산업체들은 여름과 초가을(6-9월)에 수출용 김치원료로 90% 이상을 강원산 고랭지 여름배추를 사용하고 있으나 납품된 배추는 각 재배농가마다 생산품의 내적 및 외적의 품질 차이가 있어 수출용 고품질 김치생산에 어려움을 겪고 있다. 현재 고랭지 여름배추는 이상고온다습, 연작장해, 과도한 화학비료 사용, 토양 작토층 유실 등에 의해 농가마다 다양한 생리장해와 병발생 등이 나타나서 년간 많게

는 50% 이상, 작게는 30%의 생산량 감량이 되고 있어 이를 해결하기 위한 연구가 시급하고 고랭지 여름배추 재배농가들은 생산비를 줄이기 위해 값비싼 영양제, 고급 화학비료 및 농약사용을 줄이는 친환경농법 개발의 시급성을 인식하고 있다. 현재 고랭지 여름배추 재배에서 문제점을 보다 자세히 언급하면 다음과 같다. 첫째, 고랭지 여름배추의 지상부 웃자람(도장) 심각하고 고랭지 여름배추 재배시 문제가 되는 생리장해는 추대, 석회 및 붕소결핍증, 깨씨무늬현상, 도장 등이 있다. 추대, 석회결핍 및 붕소결핍, 깨씨무늬증상 등은 커다란 문제가 되지 않지만 도장현상(웃자람)이 많이 발생되어 수량과 품질이 떨어지는 주요 요인이 되고 있고 현재 고랭지 여름배추의 지상부 웃자람(도장)을 억제시키지 않으면 수확이 불가능하여 농민들은 수많은 종류의 생장조절제를 사용하고 있어 문제가 심각하다. 고온기(7-8월)에 재배되는 고랭지 여름배추는 장마철의 일조부족과 과습으로 인하여 잎이 도장하거나 연약하고 지하부의 생육도 부진하여 생산성이 떨어지고 고품질화에도 문제가 있는 것으로 확인되었다. 일반적으로 배추는 조직이 연하고 조직내 수분이 많아서 고온과습에 따른 잎의 도장이 쉽게 일어나므로 생육조절 기술이 절실히 필요하고 최근 고랭지 여름배추 재배농가에서는 살균제로 등록되어 있는 triazole계통의 농약을 사용하여 배추의 생육제어를 시도하고 있으나 triazole계통 살균제의 잔류독성이 조사되지 않았을 뿐만 아니라 처리시기 및 방법이 일정하지 않으므로 많은 문제점이 있다. 시설채소 생산에 있어서 식물체의 생육조절은 환경조절(온도, 광도, 광질, 수분)이 가능하지만 노지에서는 이런 조건을 이용해 조절한다는 것은 경제적으로 볼 때 불가능하여 앞으로 농민들이 쉽게 사용할 수 있고, 인체에 무해하고 환경오염이 되지 않는 생육조절방법 연구가 요구된다. 본 연구의 실험 결과에 따르면 잔류독성이 없고 지베렐린 생성을 억제하는 살균제와 칼슘계통을 혼용하여 지상부의 생육을 조절하는 방법으로 배추도장 억제가 가능하다는 결과를 얻은 바가 있으므로 앞으로 지속적인 연구를 수행하면 환경친화적으로 생육조절이 가능할 것으로 생각된다. 둘째, 고랭지 여름배추 무름병으로 심각한 몸살로 여름철의 고온다습으로 인한 무름병의 발생이 심하여 수확을 포기하는 사태가 점차 늘고있는 추세이며 본 연구자의 조사에 의하면 지역이나 농가에 따라 차이는 있으나 연간 20-40% 이상이 수확을 전혀 할 수 없는 상태이다. 무름병을 일으키는 *Erwinia carotovora*의 방제는 현재 농업용생제에 의존하고 있는 실정인데 식물

활성 증진제(Plant activator)를 이용한 방제가 선진국을 중심으로 현재 연구되고 있으므로 생물학적 방제제와 더불어 저독성인 화합물을 중심으로 스크리닝을 수행한다면 방제가 가능할 것으로 생각된다. 최근 엘니뇨, 라니냐로 인한 지구온난화 여파로 고랭지기후의 이상고온 현상과 국지성 집중호우로 경사지 토양의 토사 이동에 의한 고랭지 배추에 병해(무름병, 무사마귀병)의 만연을 자주 발생시켜 고랭지 여름배추의 안정생산에 심각한 문제점이 있으므로 이에 대한 대비책이 시급한 실정이다. 이상고온과 국지성 집중호우에 이은 배추 무름병으로 배추 수확이 불가능하여 김치시장에서는 배추의 품귀현상이 발생하여 2000년도에 배추 값이 5톤차 1대에 500만원으로 약 4배 이상 상승으로 인해 다른 채소 값도 최고 7배까지 폭등하여 소비자물가 상승의 주 요인이 되고있다. 앞으로 엘니뇨, 라니냐로 대표되는 기상이변이 끊임없이 교차되어 고랭지 지역의 기후에 상당한 영향을 미칠 것으로 사료됨에 따라 이상기온에 대한 작물 재배기술 개발이 필요하며 현재 고랭지 여름배추에서 가장 큰 문제가 되는 무름병에 대한 환경 친화적인 방제 수단과 더불어 종합적인 방제 대책이 요구된다. 고랭지 여름배추 재배에서 병해충 방제를 위하여 농약을 사용하는 횟수도 지속적으로 증가되고 있어 결국은 단위면적당 농약사용량은 2000년 ha당 10.4kg으로 미국 1.96kg의 5배에 달하는 것으로 나타나 농약잔류량의 문제가 심각할 뿐만 아니라 환경생태계의 파괴 위험이 증가되고 있는 실정이다. 지금까지는 채소류의 잔류농약검사가 사후약방문식으로 이뤄져 왔으나 최근에 정부에서는 ‘환경농업육성법’이 본격 시행됨에 따라 채소류의 농약잔류검사를 대폭 강화할 것을 농산물도매시장에 요구하였고 특히 수출용 김치의 경우 각 나라마다 농약잔류 허용 기준치를 정하여 철저히 관리함으로 앞으로 저독성 농약의 최소억제농도(MIC) 살포로 전환하여 농약비 절감 및 환경오염 경감기술 개발의 필요성 증대된다. 셋째 고랭지 여름배추 재배에 과도한 비료 시비로 토양산성화 심각하며 고랭지 밭토양은 지형적인 특수성과 부적절한 토양관리로 인하여 지력소모가 심한 상태에 있으며, 특히 토양 중에 인산은 과다 집적되고 칼슘과 마그네슘, 유기물, pH 부족 등 토양의 양분불균형이 매우 심각한 실정이며 고랭지 지역의 밭은 대부분 경사지로 토양유실이 매우 심각하여 유실되는 토양의 각종 염기와 비료 성분들이 일반 밭토양에 비하여 다소 높아 작물에 유효한 각종 영양분이 함께 소실됨을 알 수 있다. 지금까지 고랭지 여름배추 재배에 적정 시비량의 기준이 없어 각 지

역의 독농가의 시비량을 따라 시비하다보니 과다시비로 토양을 산성화 시켜 땅심이 약해지고 이로 인해 병해를 입거나 또한 강우시 비료분이 유출되어 수질오염의 주범이 되고 있는 실정이다. 고랭지 지역의 단위면적당 비료사용량이 ha 당 600kg 이상으로 일본 357kg, 미국 90kg, 유럽 120kg에 비해 훨씬 높은 것으로 보고되었고 경제적 적정시비 기준을 초과하는 시비량은 생산비를 증가시킬 뿐만 아니라 환경오염을 증가시키는 요인이 된다. 따라서 앞으로 환경보전형 농업을 발전시키기 위해서는 토양의 이화학적 성분분석을 통해 각 토양에 맞는 표준 시비량 설정이 절실하고 99년도에 강원도 태백지역의 배추 재배 농가는 비료로 인한 배추 생육장해에 대한 100억 이상의 피해보상을 비료회사에 요구하고 있으나 정확한 비료 사용 지침이 없어 많은 문제가 있다. 또한 많은 농가에서는 토양보전을 고려하지 않은 소득위주의 약탈농법으로 작토층이 심하게 유실되어 고랭지의 친환경적 농법의 보급이 시급한 실정이며 화학비료 과다사용에 따른 고랭지 지역의 토양 산성화가 매우 심각한 상태이며 토양 비옥도의 척도가 되는 토양산도와 유효인산농도가 배추 재배에 필요한 적정수준을 웃도는 것으로 보고되어 앞으로 토양 산성화와 성분불균형을 개선 할 수 있는 토양개량기술 개발이 요구된다. 고랭지 배추재배 지역의 화학비료 과다사용은 청색증과 암유발 가능성이 있는 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 함량 기준치 20ml/L를 넘어 58.3mg/L로 오염된 것으로 조사돼 대책이 시급하다. 따라서 앞으로 김치수출 가공공장들에게 고품질의 배추를 안정적으로 공급하기 위해서는 생육조절기술 개발, 유무기질 시비기술 개발, 저독성 농약을 이용한 병해충 방제 기술 개발, 농약잔류량 모니터링을 통한 고랭지 청정 여름배추 생산 기술 개발에 체계적이고 종합적인 시스템 개발이 절실히 요구된다. 경제·산업적 측면에서 고려하여 보면 그동안 증산위주의 고투입농법에 의존해온 결과 농업 환경이 악화돼 지속 가능한 농업생산이 위협을 받고 있고 환경보전 및 식품안전에 대한 국민적 관심이 높아짐에 따라 정부는 최근 친환경농업 육성 5개년(2001년-2005년) 계획을 수립하여 친환경농업기술 개발 사업에 연구비 추가 지원을 확대할 계획이다. 고랭지 여름배추는 한여름 도시 가정과 음식점의 김치재료로 중요하지만 강원도산이 생산되지 않을 경우 열무김치는 맛 볼 수는 있어도 결구된 배추는 없어 배추 수입 의존도가 높아질 것이며 강원도 고랭지에서 재배된 배추를 원료로 사용한 김치는 타지역보다 맛과 신선도가 뛰어나 앞으로 대일 수출물량이 획기적

으로 늘어날 전망이어서 이에 대한 철저한 대비가 필요하다. 77년도부터 수입자유화된 후 2000년도에 처음으로 중국산 배추 1,300t이 수입되어 앞으로 중국산 배추 수입 물량이 폭발적으로 증가할 가능성이 있으므로 중국산 배추와 차별화 시킬 수 있는 고품질화 기술 개발이 시급하다. 일본 메스컴이 한국 김치특집프로그램에서 한국김치가 스테미너 증강, 비만예방, 피부미용, 암예방에 효과와 유산균이 일본 기무치에 비해 무려 166배나 있다고 방영후 일본에서 한국김치의 수요가 폭발적으로 증가하여 앞으로 노지배추 단경기(6월-9월)에 고품질의 고랭지 여름배추를 원료로한 김치를 대일 수출 전략품으로 육성할 필요가 있다. 고랭지 배추재배 농가들은 배추의 생육촉진과 무름병 방제를 위하여 고급영양제 및 농약살포의 증가로 인해 단위면적당 생산비가 증가해 생산비 절감 기술 개발이 시급하며 고랭지 여름배추 농업은 기상여건에 따라 가격이 매우 불안정 함으로 앞으로 안정생산기술을 개발하여 일반농산물과 경쟁력 제고가 필요하다. 지상부 생육조절 기술이 실용화되기 위해서는 기존의 재배방식으로 재배된 배추보다 수량이 높고 품질이 우수해야하며 배추 생산비 절감으로 농가소득증대에 기여할 수 있는 고품질 및 저비용 안정생산 생산 체계 확립이 필요하다. 또한 비료의 과다시비는 외화 낭비를 가져오며 토양을 산성화시키는 환경과피의 행위이다. 사회 문화적 측면에서 고려하여 보면 국내 배추재배 농가들의 소득증대와 국민건강 증진에 필요한 고품질 김치원료 생산 필요하며 김치가 애틀란타올림픽에서 공식식품으로 지정되어 김치수출이 크게 증가될 전망됨으로 고품질의 배추 생산이 시급하다. 고랭지 지역의 토양유실은 농경지의 지력을 약화시키는 것은 물론 홍수조절의 기능을 약화시키고 또한 저수지의 매몰, 수자원 고갈, 수질오염 및 지하수 악화 등의 환경문제를 야기한 것으로 알려져 토양개량 등 기반조성이 시급한 실정이며 농산물 시장의 개방과 농촌 노동력의 노령화로 노동력이 질적으로 저하되면서 경작 의지가 떨어지는 배추재배 농민들에게 새로운 고품질화 및 저비용 안정생산기술을 개발하여 농민들의 국제경쟁력을 높여 농민들의 경작 의욕고취가 필요하다. 농민들은 인축 및 어패류에 대한 해가 없고, 환경오염이 없으며 병해에 대한 예방 효과가 우수한 농자재를 선호하고 있으므로 환경친화형 배추 지상부 생육조절 및 병해충 방제 기술개발에 대한 기반조성이 시급하다. 배추는 생채로 이용되기 때문에 가공 중 열처리에 의한 병원 미생물 멸균 및 잔류 농약의 분해가 불가능하기 때문에 청정 배추를 생산하기 위하여 저독성

이며 잔류성이 없는 농약을 사용한 방제 수단으로 고품질화 생산 기술이 필수적이고 최근 화학비료와 농약시비량이 급속히 증가하여 주위 계곡에 흐르는 물을 오염시킴으로써 지역주민들의 생활용수 확보는 물론 생태계 파괴가 있을 수 있으므로 이를 방지할 수 있는 중장기적 대책이 필요하다. 인간과 환경에 커다란 영향을 미치는 농약의 종류가 다양해짐에 따라 농약에 대한 안전성 확보는 세계적인 추세일 뿐만 아니라 배추 및 김치의 성공적인 수출과 직결되어 있고 채소 소비자들이 친환경농업에 대한 관심이 점점 높아져 앞으로 화학비료 사용농가가 점차 줄어들고 유무기질 혼합비료 사용량이 급증할 것으로 기대된다.

제 2 절 연구개발의 최종목표

- ① 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 웃자람 조절기술 개발.
 - 저독성이며 지베렐린 생성을 억제하고 잔류성이 짧은 살균제와 칼슘화합물 산칼슘, 염화칼슘, 산화칼슘 등) 중에서 지상부 생육조절이 가능한 물질 탐색
 - 생육조절제에 대한 고랭지 여름배추의 생리화학적 특성 변화 및 품질특성 구명
 - 고랭지 여름배추의 생육조절을 위한 생육조절제의 경엽처리 체계 확립
 - 적정 처리조건 구명으로 기존에 사용하던 처리횟수를 50% 이상으로 절감
- ② 환경친화형 농자재 사용에 의한 고랭지 여름배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발
 - 무름병 발생시기, 발생량, 발생 근원지 및 이동경로를 추적하는 네트워크 구축
 - 환경친화형 저독성 농자재를 사용한 무름병 경감 기술 개발
 - 배추 무름병의 종합적 방제 시스템 개발
 - 무름병을 예방위주로 방제하여 농약 사용량을 30-40% 절감
- ③ 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발.
 - 고랭지 배추 재배지 화학비료 사용실태 분석 및 시비방법 개선으로 고급영양제 사용을 자제하고 화학비료 사용량을 30-40% 절감할 수 있는 방법 구명.

- 배추재배 전·후 휴경지 토양보전 및 토지이용을 향상을 위한 녹비작물 도입안 검토
 - 녹비작물 도입에 의한 토양환경 개선 및 화학비료 시용량 절감효과 구명
 - 지역별 토양특성을 조사하여 적정 시비 및 처방지침서 개발
- ④ 개발된 고품질 및 저비용 안정생산기술 모델을 농가에 실증실험
- 재배시스템 설계 및 생육반응 검증
 - 정식후 식물체의 생산성 및 품질평가
 - 농가에 친환경농업 표준 시비기술 보급으로 친환경농업 육성 5개년 계획에 기반조성

제 2 장 국내·외 기술개발의 현황

국내에서는 화훼류의 도장방지에 대한 연구는 활발히 진행되어 적당한 초장관리 기술이 개발되었고 배추 무름병에 대한 국내 연구 현재 일부 종묘회사 연구소를 중심으로 병저항성 품종 스크리닝이 이루어지고 있으나 아직 뚜렷한 연구 성과가 없는 실정이다. 배추 무름병은 농용항생제와 oxolinic acid를 이용한 방제 효과 조사를 수행한 바가 있으나 환경 친화적인 방제 수단은 아직 없는 실정이며 본 연구의 세부책임자는 본 시험에서 무름병 예방에 가능성이 있는 칼슘제제가 있는 것으로 확인한바 있다. 다른 작물류에서는 기후, 작물 및 토양조건에 알맞은 작물생육 시뮬레이션 모델을 개발하여 최적시비수준을 결정할 수 있을 뿐만 아니라 토양진단 데이터를 개인컴퓨터에 이용하여 자신의 작물에 직접적으로 적용할 수 있는 시비방법을 개발하였으나 고랭지 배추재배에서는 아직 이러한 기술이 개발되지 않은 실정이다. 배추의 농약분석은 식품의약품안전청에서 일부 실시하고 있으나 구체적인 데이터가 없으며 앞으로 생육단계별로 농약잔류량의 모니터링과 체계적인 연구가 필요하다. 중국의 배추 재배면적은 60만 6,000ha이며 생산량은 3,581만ton 수준으로 국내 생산량의 14배를 넘고 있어 만약 국내 배추가격이 폭등(배추 수입여부 분기점 250만원/5t 트럭 한차)할 경우 언제든지 중국산 배추가 우리나라 김치시장을 잠식할 가능성이 있으므로 국내 농민들을 보호하기 위한 철저한 대비가 필요하고 중국산 배추의 현지 도매시장 가격은 국내의 20% 정도에 불과한 수준인 것으로 알려져 배추 재배 농민들의 생산비 절감으로 경쟁력 제고가 필요하다. 현재 일본은 채소류 생산에 있어서 적정 유기물 및 무기물을 사용하는 시비기술 개발에 많은 연구가 진행중에 있으며 각 토양에 맞는 표준 시비량을 농민들에게 제공하고 있고 일본은 환경친화형 저농약을 사용하여 채소류를 생산하고 있으며 또한 저농약 사용을 통한 병해방제 기술 개발에 연구가 진행중에 있다. 지금까지 배추 무름병 방제를 위한 특별한 방제 수단은 없는 실정이며, 일본을 중심으로 국내에서와 마찬가지로 연작 회피, 토양산도 조정 및 저항성 품종 육종, 방제 약제 개발 등을 수행하고있으나 아직 저공해의 환경친화적 방제 수단이 개발된 바가 없다. 국제비료개발센터(IFDC)와 국제미작연구소(IRRI)에 따르면 선진국들은 밀, 보리, 감자, 콩, 옥수수, 벼 등에 적정시비기술을 개발하여 종자가 발아하는 시점부터 수확시까지 작물생육의 전과정에 적용할 수 있는 시비기술 시뮬레이션 모델이 개발되어 수량 및 영양분의 유실상태를 예측할 수 있으나 국내에서는 아직 이 분야에 대한 연구가 시작단계에 있다. 김치산업은 21세기의 가장 유망한 업종으로 선정되어 외국에서 한국김치의 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예측됨으로 김치의 주원료로써 배추의

이용을 극대화시킬 수 있을 것이며 고품질 배추 생산을 위한 유기질 및 화학비료의 적정 시비체계를 확립시켜 농민의 생산비 절감에 기여함. 생활수준이 점차 향상되면서 소비자들은 기호에 맞고 신선하고 안전한 배추 및 김치를 선호할 것이므로 2002년 1월에 강원도 양양국제공항이 준공되면 일본 직항노선이 개설됨으로써 신선한 배추 및 김치의 항공수출이 원활하게 되어 농민들의 소득증대가 기대된다. 배추 및 김치의 가장 큰 수출시장은 일본이므로 배추의 농약잔류독성, 질산염, 병해충 등의 문제를 해결하여 식물검역과 유통 문제를 해결할 수 있는 know-how 축적이 요청된다. 중국도 일본에 배추 및 김치수출을 시도하고 있으므로 배추의 가격, 품질, 안전성등에서 차별화를 위한 환경친화적이며 저비용 생산체계 확립이 시급히 요구될 것이며 김치수출 시장의 활성화에 편승하여 현재 국내 김치 제조업체는 400여개의 영세 중소기업이었으나 94년 김치산업이 중소기업 고유업종에서 해제되면서 대기업들(롯데, 두산, 삼양, 동원산업, 농협, 코오롱, 대상, 제일제당)이 김치산업에 적극 참여함에 따라 앞으로 배추의 주년안정공급이 절실히 요구될 것임. 김치의 특수성분 및 기능성 성분을 이용한 주스, 음료 등 가공식품이 개발되어 김치가 새로운 식품소재로 급성장할 전망이다. 저농약을 사용하여 재배된 청정 배추공급이 필요하다. 농수산물수출입의 자유화 속에서 앞으로 중국산 배추와 가격 경쟁이 커다란 장애요인으로 발생될 가능성이 높아 현재 상황이 방치될 경우 고랭지 배추재배 농가들은 심각한 타격을 입을 것으로 판단됨. 최근 중국에서는 김장용 배추를 한국에 수출할 목표로 품질향상과 규격화에 많은 연구를 하고 있으나 아직 중국의 재배기술은 우리나라에 비해 비교우위에 있지 못하며 중국 및 일본에서는 배추의 고품질화 및 생육기술에 관한 연구는 진행중에 있을 뿐만 아니라 농약잔류성 및 중금속 분석에 관련된 많은 연구가 진행중에 있음. 일본에서는 배추 무름병에 대한 연구를 장기간 수행하여 방제기술이 상당한 수준에 도달한 것으로 알려졌으나, 일본의 발토양 환경과 재배조건등이 상당히 다르기 때문에 기술도입은 매우 어려운 실정임. 중국에서는 아직까지 배추 무름병이 많이 발병했다는 보고는 없으며 기술도입을 할 만큼 기술개발이 되지 않은 상태이어서 기술도입을 할 수 없는 상태이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절

세부과제 1 : 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 생육조절 기술 개발

1. 고랭지 여름배추의 생육 억제를 위한 생장조절물질 처리효과

가. 서 언

배추(*Brassica pekinensis* RuPR)는 우리나라에서 재배되는 엽채소 중에 가장 넓은 면적을 차지하고 있다. 고랭지 여름배추는 2000년도에 11,000ha에서 427,000천톤이 생산되었고, 그 중 강원도에서 320,000톤이 생산되어 전국 생산량의 75%를 점유하고 있어, 여름과 초가을 배추 수급을 조절하는 중요한 역할을 하고 있다(농촌진흥청, 2000). 고랭지 여름배추의 재배는 고온기에 이루어지므로, 이 시기에 장마철의 일조부족과 과습으로 인하여 잎이 도장하거나 연약해져 무름병의 원인이 되고, 또한 지하부의 생육도 부진해지므로 지상부 웃자람을 억제시키지 않을 경우 수확이 불가능하다. 현재 식물체의 웃자람 억제기술로는 주야간 온도차 조절(Erwin 등, 1989)과 수분조절(Erwin과 Heins, 1995)에 의한 생리적 방법, 식물체를 흔들여 주는 것(Latimer와 Thomas, 1991)과 같은 물리적 방법, 생장억제제의 사용(Gilbertz, 1992; Kacia, 1997)과 같은 화학적 방법 등이 있다. 화학적 방법은 주로 triazole계 물질이 사용되는데 이때 triazole계 물질은 gibberellin(GA) 생합성 과정에서 monooxygenase inhibitor로 작용하여 GA 생성량이 감소되어 식물체의 웃자람이 억제된다. Triazole계 물질의 종류로는 paclobutrazol, uniconazole, triadimefon, triacimenol, diniconazole, tebuconazole, etaconazole 등이 있으며, 이 중 paclobutrazol, diniconazole, uniconazole이 생장억제 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다(Hamada 등, 1990; Gilbertz, 1992). Triazole계 생장조절제는 화단이나 분화용 화훼류의 절간신장을 억제하여 관상가치를 높이고, 엽록소의 생성능력을 향상시켜 노화를 지연시키며, 색소형성의 촉진 또는 억제, 수분스트레스와 건조에 대한 저항성 증대 등의 역할을 하는 것으로 보고되었다(Davis 등, 1988; Million 등, 1998; Newman과 Tant, 1995). 또한 Kim 등(1998)은 고

랭지 여름배추 육묘에 triazole계의 물질인 difenoconazole(상품명 : 푸르젠)을 처리하여 육묘 생육에 미치는 효과를 평가한 결과, plug 묘의 생육을 강건하게 함으로써 묘의 취급 및 이식 후의 적응성 향상에 효과적임을 보고한바 있다. 현재 고랭지 여름배추 재배농가에서는 화학적 생장조절방법인 triazole계 물질을 사용하여 배추의 생육제어를 시도하고 있다. 그러나 재배농가들 대부분이 여름 고온기에 배추의 옷자람 방지와 수확기 연장을 위해서 triazole계통의 물질을 무분별하게 살포하고 있는 실정이며 적정농도 이상으로 사용했을 경우 식물체의 정상적인 생육이 불가능하며 수량이 감소하거나 품질이 떨어지는 문제점도 나타나고 있어 앞으로 triazole 물질에 대한 정확한 처리농도와 시기, 횟수, 그리고 잔류농도에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 고랭지 여름배추의 생산성 향상과 고품질화를 위하여 triazole계 물질인 diniconazole을 이용하여 배추의 생육반응 및 이화학적 품질 특성을 구명하고, 적정농도, 처리시기 및 잔류량을 구명하고자 수행되었다.

나. 재료 및 방법

생장조절물질의 적정 처리농도 구명

본 실험은 배추의 지상부 옷자람 억제를 위한 diniconazole의 적정 처리 농도를 구명하기 위해 2000년 6월 14일부터 2000년 9월 30일까지 강릉대학교 식물응용과학과 유리온실에서 수행되었다. 공시품종은 ‘강력여름배추’(홍농종묘)를 사용하여 162구 근계 생육조절용 플러그 트레이에 파종 후 25일째에 직경 9cm PE pot에 정식하여 재배하였다. 처리약제는 diniconazole(상품명:빈나리 5% 수화제)을 이용하였으며 농도처리는 원액을 기준으로 하여 50, 100, 500mg · L⁻¹의 농도로 pot 이식 후 5일째에 1회 엽면살포 하였다. 약제처리 후 10일 간격으로 3회에 걸쳐 엽장, 엽수, 생체중(지상부, 지하부), 건물율을 조사하였다.

생장조절물질 처리가 정식 후 생육 및 품질에 미치는 영향

Diniconazole 처리가 고랭지 여름배추의 지상부 옷자람 억제와 품질에 미치는 영향을 구명하기 위해 2000년 6월 14일부터 2001년 10월 30일까지 강릉대학교 시험포장(강릉시 왕산면 대기리 소재)에서 수행되었다. 육묘는 근계 생육조절제가 표면에 코팅처리된 162구 플러그 트레이를 사용하였다. 공시품종은 ‘강력여름배추’(홍농종묘)를 사용하

였고, 30일간 육묘하여 정식하였다. 정식 후 15일과 25일에 2회에 걸쳐 diniconazole (상품명 : 빈나리) 5%수화제를 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 엽면살포 하였다. 약제처리 후 10일 간격으로 3회에 걸쳐 초장, 생체중(지상부, 지하부), 건물중을 조사하였고 이화학적 특성을 평가하기 위해 당 함량, 엽록소 함량, 경도와 절단력, 잔류량을 분석하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 통계처리는 SAS Program(ver. 6.12, SAS co.)을 이용하여 t-검정으로 분석하였다.

이화학적 특성조사

시료 조제는 배추 전장의 1/3(上部, leaf)과 2/3부분(下部, midrib)에서 2cm폭으로 횡절단하여 엽록소 함량과 당 분석에 사용하였다. 또한 경도는 Kim등(2000)의 분석 방법에 따라 배추의 줄기 밑으로부터 전장의 1/4에 해당하는 중륵(中肋, midrib)부분을 취하여 측정하였다(Fig.1).

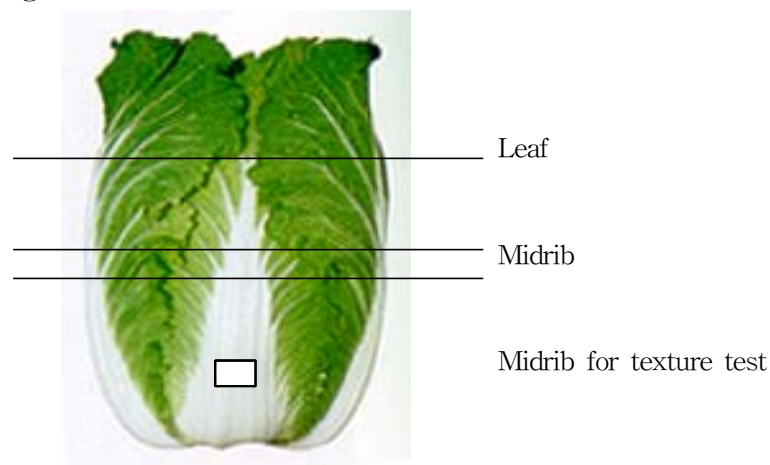


Fig. 1. Diagram of leaf and midrib of Chinese cabbage used for analysis.

배추의 경도는 Lee 등(1988a, b)의 방법에 준하여 행하였다. 시료는 $3 \times 4\text{cm}$ 크기로 채취하였고, 채취된 시료는 물성분석기(EZ-Test, Shimadzu)를 사용하여 측정하였다. 물성분석기 조작조건은 table speed 0.8mm/s , chart speed 2mm/s 였으며 절단시험에는 칼날형 탐침, 압착시험에는 직경 3mm 의 원판형 탐침을 사용하였다. 당 분석은 배추잎 상부와 하부에서 균등하게 각각 시료 10g 을 취하여 분쇄·착즙하여 $0.45\mu\text{m}$

membrane filter로 여과한 후, HPLC를 사용하여 sucrose, glucose, fructose를 분석하였다. HPLC의 사용조건으로 column은 Alltech 700CH carbohydrate column, column temperature는 75°C, mobile phase는 삼차 증류수, flow rate는 0.5ml/min, detector는 RI detector를 각각 이용하였다(Hong 등, 1998). 엽록소 분석은 배추의 외엽을 제거하고, 두 번째 외엽을 이용하여 부위별 엽록소 함량을 측정하였다. 상·하부에서 균등하게 각각 4.5g을 취하고 dimethyl sulfoxide 7ml를 넣고 65°C에서 2시간 동안 엽록소를 추출하였다. 추출된 엽록소는 분광광도계로 645nm와 663nm에서 측정하였다.

엽록소 함량은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{(12.7 \times A_{663\text{nm}}) - (2.59 \times A_{645\text{nm}})}{1000 \times 10} \div \text{fresh weight(g)}$$

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{(22.9 \times A_{645\text{nm}}) - (4.67 \times A_{663\text{nm}})}{1000 \times 10} \div \text{fresh weight(g)}$$

Diniconazole 잔류량 분석은 배추 시료 20g에 대해 NaCl 3g과 acetonitrile 100ml을 volume flask에 넣고 추출하여 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 42°C 진공항온 수조에서 감압농축한 후 hexane와 acetone을 7:3으로 혼합한 용액 2ml로 용해하였다. 용해 후 1g florisil cartridge에 n-hexane 2ml로 충전 후 hexane와 acetone 농축액으로 용출시키고 감압농축하여 hexane와 acetone 혼합액 2ml로 용해시키는 전처리 과정을 거친 다음 gas chromatography(Crompack GC 9002)로 분석하였다. 분석조건은 detector ECD, injection temperature 280°C, detector temperature 310°C, oven temperature 130°C에서 2분 멈춘 후에 280°C로 고정하였다.

다. 결과 및 고찰

생장조절물질의 적정 처리농도 구명

Diniconazole 농도별 처리에 따른 엽장은 Fig. 2와 같다. 처리 후 10일에는 처리구와 대조구에서 비슷한 생육을 보여 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 생육후기로 갈수록 diniconazole 처리구에서 엽장의 생육이 억제되는 경향을 나타내었다. 처리 후 30일에 대조구의 엽장 15.5cm 비해 diniconazole 500mg · L⁻¹ 처리구의 엽장이 10.3cm로 가장 짧았고, diniconazole 100mg · L⁻¹ 처리구가 10.8cm, diniconazole 50mg · L⁻¹

처리구가 12.9cm로 diniconazole 처리구가 대조구에 비해 초장이 짧은 것으로 나타났다. 그러나 diniconazole 100, 500mg · L⁻¹ 처리구에서는 식물체의 왜소현상이 나타나 적정농도는 50mg · L⁻¹가 이상적인 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과는 Ko 등(2001)의 양배추에서, Noh 등(2001)의 칼라 분화재배에서 diniconazole 처리시 농도가 높을수록 왜화 효과가 증가하였다는 보고와 일치하였다. 이는 고온기에 배추 육묘시 문제가 되고 있는 웃자람 억제에 효과적인 것으로 확인되었다. 엽수는 처리 후 20일까지는 비슷하게 증가하는 경향을 보였으나, 처리 후 30일에서 대조구의 엽수가 13매로 가장 적었고, diniconazole 50, 500mg · L⁻¹에서 20매, diniconazole 100mg · L⁻¹에서 23매로 diniconazole 처리구에서 엽수가 증가하는 것을 알 수 있었다(Fig. 3). 이와 같은 결과는 유색칼라 분화재배시 왜화효과를 보기 위해 diniconazole 80ppm~320ppm을 처리한 결과 농도가 높을수록 엽수가 많았다는 Noh 등(2001)의 보고와 유사한 결과를 나타냈다. 반면에 Yoo 등(1999b)은 낙동구절초에서 daminozide를 고농도로 처리했을 경우에는 엽수가 감소한 결과를 보고하였다. 이는 triazole계 물질의 종류와 적용식물에 따라 엽수의 차이가 나타나는 것으로 사료되어지며 diniconazole 처리시 엽수가 증가하는 원인은 diniconazole의 생장억제제 역할로 엽장이 짧아지는 대신 엽수는 증가되는 것으로 사료된다. 생체중과 건물물에 대한 diniconazole 농도별 처리가 미치는 영향은 diniconazole 50mg · L⁻¹ 처리구에서 대조구에 비해 지상부 생체중이 약 2배 정도 증가하였고 지하부 생체중은 diniconazole 농도가 낮을수록 뿌리 발달이 우수하였다. 또한 지상부와 뿌리의 건물율은 전체적으로 지상부에 비해 뿌리의 건물율이 높게 나타났지만 유의적 차이는 나타나지 않았다. 따라서 농도별에 따른 생육을 조사한 결과 diniconazole 50mg · L⁻¹ 처리가 다른 농도에 비해 가장 양호한 것으로 사료된다.

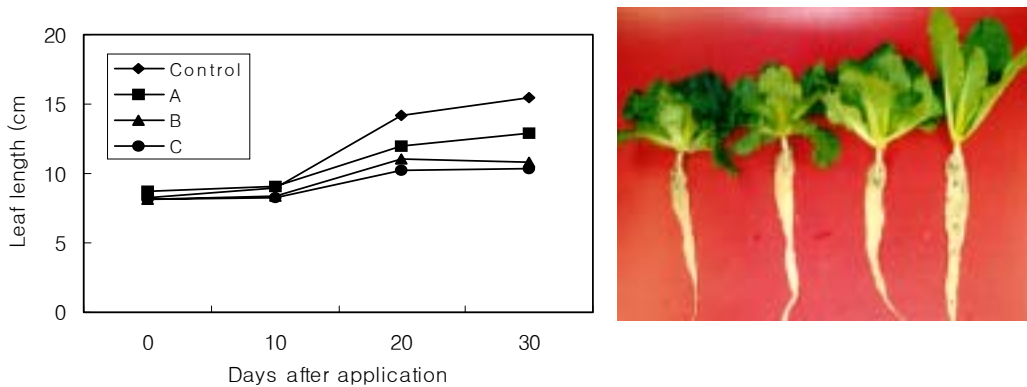


Fig. 2. The effect of diniconazole concentration on the leaf length of Chinese cabbage grown in pot. A, 50; B, 100; C, 500mg · L⁻¹; Control, non-treatment.

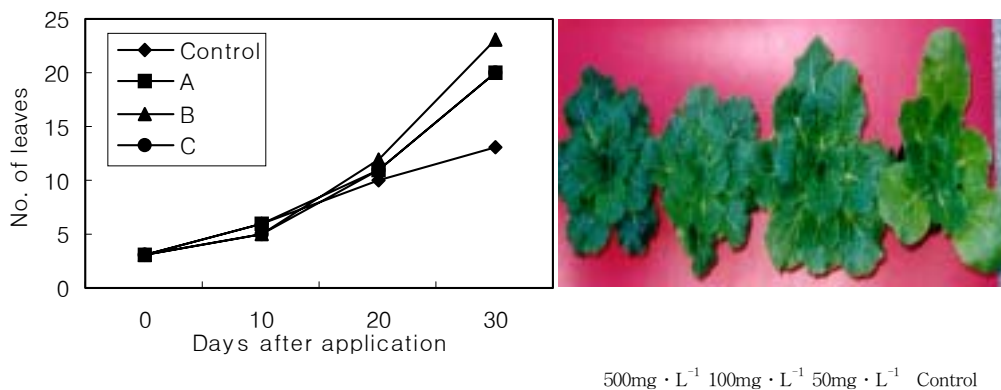


Fig. 3. The effect of diniconazole concentration on the number of leaves of Chinese cabbage grown in pot. A, 50; B, 100; C, 500mg · L⁻¹; Control, non-treatment.

생장조절물질 처리가 생육 및 품질에 미치는 영향
 지상부 웃자람 억제를 위한 적정농도 구명시험에서 결정된 diniconazole 50mg · L⁻¹를 사용하여 정식 후 생육반응 및 이화학적 특성을 조사하였다. 구고(球高)는 diniconazole 처리에서 대조구에 비해 약 7~10cm 짧게 나타나 지상부 생육조절에 가장 효과적인 것으로 나타났다(Fig. 4). 이는 고온기 토마토 육묘 시에 묘의 도장을 방

지하기 위해 diniconazole을 처리한 결과, 대조구에 비해 diniconazole 처리시 묘의 초장이 약 17~20cm 감소되었다는 Choi 등(2001)의 보고와 일치하였고, 여름배추 육묘에 triazole계통의 물질을 사용함으로써 초기 생육억제 효과를 유도하여 강건한 묘 육성효과를 얻었다는 Kim 등(1998)의 보고와도 유사한 결과를 보였다. Diniconazole 처리구와 무처리구에서의 생육차이는 Fig. 10과 같다. 무처리구에서는 웃자람 증상이 나타나고 품질면에서는 diniconazole 처리구에서 조직이 치밀하여 우수한 품질을 나타냈고, 무처리구에 비해 지상부 웃자람억제 효과가 확실히 나타났다(Fig. 10). 이는 diniconazole이 gibberellin 생합성 과정에서 monooxygenase의 효소를 저해하여 gibberellin의 생성을 억제함으로써 웃자람을 억제했기 때문이라고 판단되어진다. 지상부와 지하부 생체중과 건물중은 처리후 10, 20일째에는 유의적 차이가 있었으나, 수확기인 처리후 30일째에는 diniconazole 처리구가 다소 높게 나타났지만 비슷한 생육을 보여 통계적 유의성은 나타나지 않았다(Table 1, 2). 이는 지상부 생체중이 diniconazole 처리시 무처리구에 비해 염수가 증가한 것을 나타내며 지하부 건물중은 처리구에 비해 무처리구에서 다소 높게 나타나 뿌리 내 섬유질이 무처리구가 더 많은 것으로 사료되어진다.

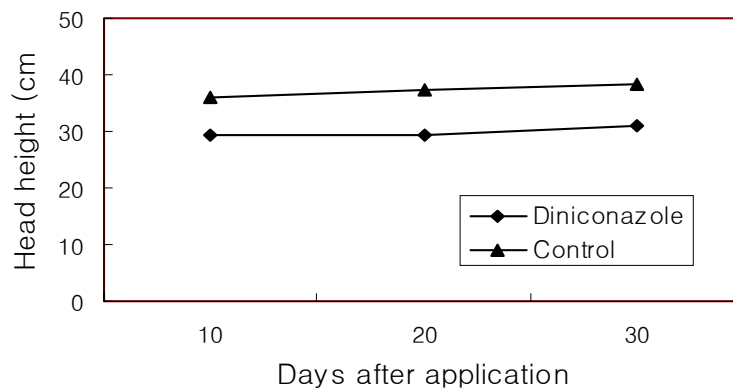


Fig. 4. The effect of diniconazole application on the head height of Chinese cabbage.

Treatment	Days after application		
	10	20	30
	<i>Top fresh weight(g)</i>		
Diniconazole	676.7	1289.2 ^z	2378.3
Non-treated	915.0	1871.7	2326.7
	<i>Top dry weight(g)</i>		
Diniconazole	44.32 [*]	62.08 [*]	137.85
Non-treated	59.75	83.77	128.88

Table 1. The effect of diniconazole application on the top fresh and dry weight of Chinese cabbage.

^zSignificant at 5% level by t-test.

Treatment	Days after application		
	10	20	30
	<i>Root fresh weight(g)</i>		
Diniconazole	12.15 ^z	17.60	30.15
Non-treated	15.63	20.13	29.38
	<i>Root dry weight(g)</i>		
Diniconazole	1.43 [*]	2.72	4.15
Non-treated	2.15	3.20	4.32

Table 2. The effect of diniconazole application on the root fresh and dry weight of Chinese cabbage.

^zSignificant at 5% level by t-test.

Diniconazole 농도별 처리에 따른 엽록소 함량은 처리 후 10일에 diniconazole 처리구에서 급격한 증가를 나타냈으나, 생육이 진전됨에 따라 완만하게 증가하였다. 처리 후

30일 묘에서 대조구 34.1 SPAD unit에 비해 diniconazole 100배 처리구에서 44.3 SPAD unit로 가장 높게 나타나 diniconazole 처리시 엽색이 짙어짐을 알 수 있었다 (Fig. 5). 이와같은 결과는 uniconazole 처리시 낙동구절초에서 고농도일수록 잎의 크기가 작아졌고, 처리농도가 높을수록 색깔이 짙은 녹색으로 변했다는 Yoo등(1999a)의 결과와 일치하였다. 또한 ancymidol과 paclobutrazol을 syngonium(Wang, 1987)과 사과유묘(Wang과 Faust, 1986)에 각각 처리시 엽록소 함량을 증가시켰다고 보고하였는데, 일반적으로 생장억제제의 처리는 식물체 잎의 엽록소 함량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Yoo 등, 1999b). 이는 diniconazole 처리구가 광합성에 더 유리할 것으로 사료된다.

표 2는 diniconazole 농도별 처리에 따른 지상부와 뿌리의 건물율에 대한 결과이다. 전체적으로 지상부에 비해 뿌리의 건물율이 높게 나타났다. 지상부 건물율의 경우 대조구 7.7%에 비해 diniconazole 1000배 처리구에서 8.3%로 다소 높게 나타났으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 뿌리 건물율은 diniconazole 처리구에 비해 대조구에서 다소 높게 나타났다. 이는 뿌리 내 섬유질이 대조구에서 더 많은 것으로 사료된다. 따라서 농도별에 따른 생육을 조사한 결과 diniconazole 1000배 처리가 다른 농도에 비해 가장 양호한 것으로 사료된다.

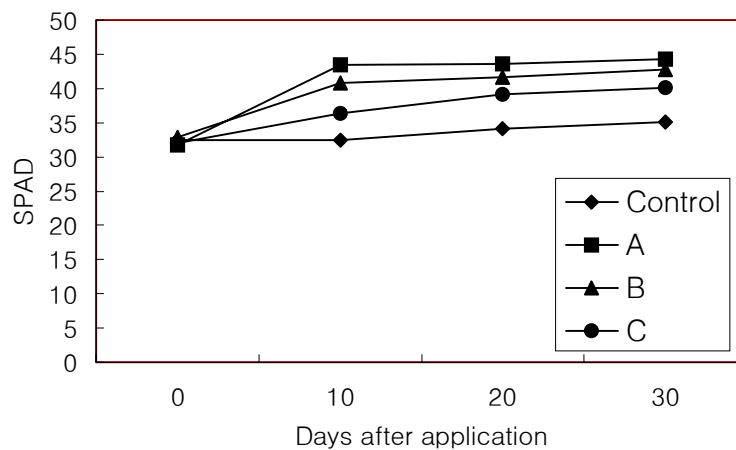


Fig. 5. The effect of diniconazole concentration on the SPAD of Chinese cabbage grown in pot.

A, 500; B, 100; C, 50mg · L⁻¹; Control,

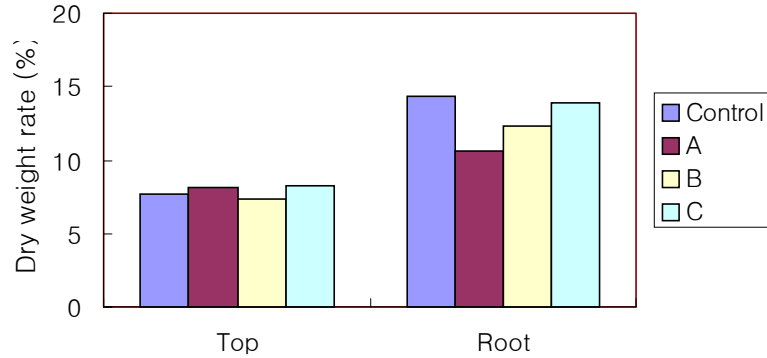


Fig. 6. The effect of diniconazole concentration on the dry weight of Chinese cabbage grown in pot. A, 500; B, 100; C, 50mg · L⁻¹; Control,

품질특성

배추 잎의 당함량은 Fig. 7, 12와 같다. 모든 처리구에서 fructose에 비해 glucose의 함량이 높았고, 특히 배추잎 하부의 대조구에서 당 함량이 가장 높았으며, sucrose는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 Song 등(1996)과 Kim 등(2000)의 결과와 유사하게 나타났다. 이는 fructose에 비해 낮은 감미도를 가진 glucose함량이 대조구에 비해 처리구가 높음으로써 처리구에서 당도가 떨어지는 것으로 사료되어지며, 이에 따른 관능검사의 연구가 앞으로 수행되어야 할 것으로 생각된다(Lowe, 1995). 엽록소 함량은 Fig. 8과 같이 Chlorophyll a와 chlorophyll b는 배추의 상부에서 하부보다 높았고, 모든 처리구에서 큰 차이를 보이지 않았지만, diniconazole 처리구에서 엽록소 함량이 가장 높았다. 이는 대조구에 비해 처리구의 배추 구고가 줄어들면서 개개엽의 크기가 줄어들고 식물체가 축소되면서 잎색이 짙어진 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 농도가 높을수록 엽록소 함량이 증가되었다는 기존의 보고와 일치하였다(Yoo 등, 1999). 경도와 절단력은 diniconazole 처리구에서 높게 나타났다(Table 5). 이는 품종간의 차이와 측정 시료부위에 따라 경도와 절단력의 차이가 나타날 수 있겠지만 본 실험에서는 상관관계가 성립되어지는 것으로 사료되어지며, firmness는 대조구와 비슷한 결과를 나타내 통계적 유의차가 없었다. 수확 후 diniconazole 잔류량 분석은 처리 직후

에 분석한 결과 속잎과 겉잎 모두 잔류허용기준량을 초과하였다(Table 4).

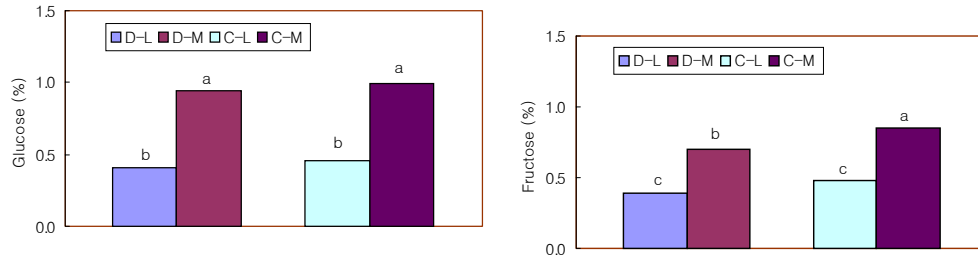


Fig. 7. The effect of diniconazole application on the sugar contents of Chinese cabbage harvested at 50 days after transplanting. D-L, sugar contents in the leaf treated with diniconazole; D-M, sugar contents in the midrib treated with diniconazole; C-L, sugar contents in the non-treated leaf ; C-M, sugar contents in the non-treated midrib.

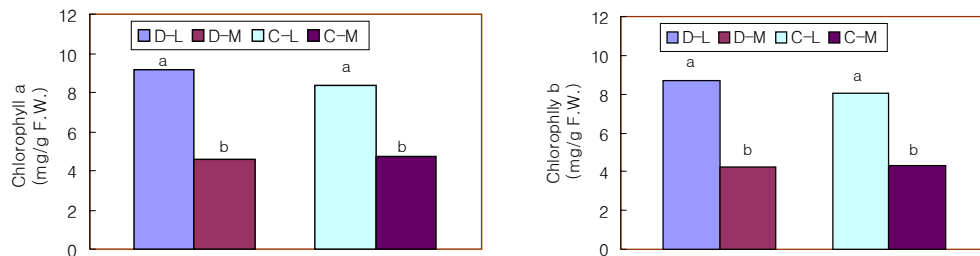


Fig. 8. The effect of diniconazole application on the chlorophyll contents of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting. D-L, sugar contents in the leaf treated with diniconazole; D-M, sugar contents in the midrib treated with diniconazole; C-L, sugar contents in the non-treated leaf ; C-M, sugar contents in the non-treated midrib.

그러나 처리 40일 후 diniconazole 처리구에서는 물질이 분해되어 속잎과 겉잎 모두 잔류량이 검출되지 않았다. 따라서 고랭지 여름 배추의 웃자람을 억제하기 위해서는 농약 잔류 안전성 측면에서 볼 때 diniconazole 1000배액이 성장조절제로 가장 적합한 것으로 판단되었다.

Table 3. The effect of diniconazole application on the firmness and cutting force in the midrib of Chinese cabbage harvested at 50 days after transplanting.

Treatment	Firmness(N)	Cutting force(N)
Diniconazole	9.73	29.69 ^{*z}
Control	9.12	18.46

^zSignificant at 5% level by t-test.

Table 4. Residual contents of diniconazole on Chinese cabbage.

Treatment	1 day after application		40 days after application		Residual permission (ppm/kg)
	Inner leaf (ppm/kg) ^z	Outer leaf (ppm/kg)	Inner leaf (ppm/kg)	Outer leaf (ppm/kg)	
Diniconazole	0.568	0.893	0.000	0.000	0.1
Control	0.000	0.000	0.000	0.000	-

^zfresh weight



처리구

무처리구

무처리구

처리구

Fig. 9. Growth response to growth regulator treatment in alpine field





Fig. 10. The effect of diniconazole application on the over-growth suppression of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting.

조섬유 함량은 Fig. 13과 같이 lignin, cellulose 등을 포함하는 조섬유 함량은 처리구 간에 비슷한 함량을 나타내고 있다. 그러나 대조구에서 다소 높은 함량을 나타내고 있으며, 각 처리구간에 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 조섬유 함량은 식물조직에 영향을 미치는 요인인 세포와 세포간의 결합력, 세포벽의 기계적 강도, 세포 팽창등에 영향을 미치는 요소이기 때문에(Song 등, 1996) 배추의 물리적인 특성 측면에 영향을 미칠 것으로 사료되어진다(Kim 등, 2000). 무기물 함량은 다량원소인 Ca과 Mg을 분석한 결과 처리구에 비해 대조구에서 비교적 높게 나타났다(Fig. 14). 이는 각 원소의 생리적인 기능에 따라 결핍증, 생리장해 현상이 다르게 나타나지만 본 실험에 있어서 무기물 함량의 차이는 극히 미약한 것으로 사료되어지며 이에 따른 생리장해 현상은 발견되지 않았다.

경도와 절단력은 diniconazole 처리구에서 높게 나타났다. 조섬유 함량에 있어서 유의차가 없었으므로 압착경도에서는 비슷한 결과를 나타냈으며, 절단력에서는 유의차를

나타냈다. 이는 조섬유 함량에 있어서 압착경도와 절단력은 상관관계가 성립하지 않는 것으로 사료되어진다(Table. 5). 이것은 Lee 등(1988a)의 punture test의 경우 유관속 부위를 침투할 때와 유조직 부위를 침투할 때 측정값이 크게 틀려진다고 보고하였다. 이와같이 측정에 사용된 시료들에 있어 미세구조의 불균일성에 기인하는 차이라고 생각되어진다(Kim 등, 2000). 수확 후 diniconazole 잔류량 분석은 처리 직후에 분석한 결과 속잎과 겉잎 모두 잔류허용기준량을 초과하였다. 그러나 처리 40일 후 diniconazole 처리구에서는 물질이 분해되어 속잎과 겉잎 모두 잔류량이 검출되지 않았다. 따라서 고랭지 여름 배추의 옷자람을 억제하기 위해서는 농약 잔류 안전성 측면에서 보논바와 같이 diniconazole 1000배액이 성장조절제로 가장 적합한 것으로 판단되었다. 섬유 함량은 식물조직에 영향을 미치는 요인인 세포와 세포간의 결합력, 세포벽의 기계적 강도, 세포 팽창등에 영향을 미치는 요소이기 때문에(Song 등, 1996 : Kim 등, 2000) 배추의 물리적인 특성 측면에 영향을 미칠 것으로 사료되어진다. 무기물 함량은 다량원소인 K, Ca, Mg, S을 분석한 결과 약제 처리구에 비해 대조구에서 비교적 높게 나타냈다(Fig. 14, 15, 16).그러나 특별한 영양 생리장해는 발견되지 않았다. 경도는 tebuconazole처리구에서 높았고, 절단력은 diniconazole처리구에서 높게 나타났다. 조섬유 함량에 있어서 유의차가 없었으므로 압착경도와 절단력이 비슷한 결과를 예상했으나 약제처리간 차이를 나타냈다. 이는 조섬유 함량과 압착경도와 절단력은 상관관계가 성립하지 않은 것으로 사료되어진다(Table. 5). 이것은 Lee 등(1988)의 punture test의 경우 유관속 부위를 침투할 때와 유조직 부위를 침투할 때 측정값이 크게 틀려진다고 보고하였다. 이와같이 측정에 사용된 시료들에 있어 미세구조의 불균일성에 기인하는 차이라고 생각되어진다.(Kim 등, 2000) 수확후 살균제 잔류량 분석은 diniconazole 처리 직후에 분석한 결과 속잎과 겉잎 모두 잔류허용기준량을 초과하였다. 그러나 처리 40일후 diniconazole 처리구에서는 약제가 분해되어 속잎과 겉잎 모두 잔류량이 검출되지 않았다. 반면 tebuconazole 처리구에서는 속잎과 겉잎 모두 잔류 허용범위를 초과하였다. 따라서 농약 잔류 안전성 측면에서 보면 diniconazole이 tebuconazole에 비해 성장조절제로 적합한 것으로 판단되었다.

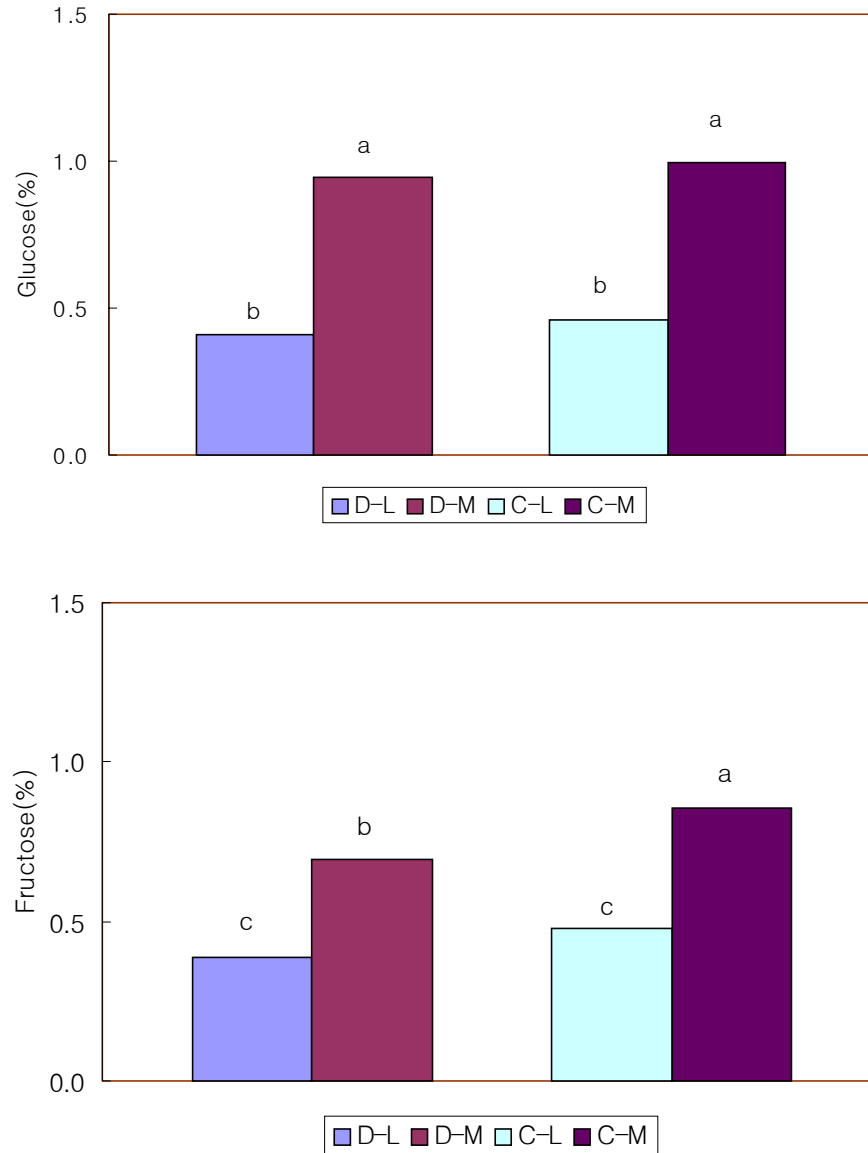


Fig. 11. The effect of diniconazole application on the sugar contents of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting.

D-L: sugar contents in the leaf treated by diniconazole
 D-M: sugar contents in the midrib treated by diniconazole

C-L: sugar contents in the leaf non-treated
 C-M: sugar contents in the midrib non-treated

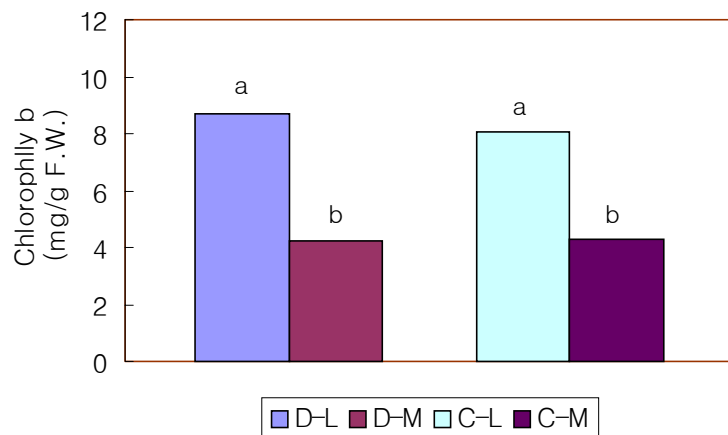
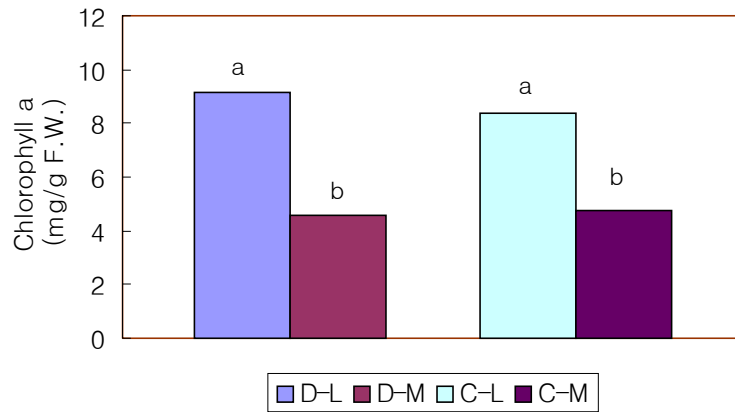


Fig. 12. The effect of diniconazole application on the chlorophyll contents of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting.

D-L: sugar contents in the leaf treated by diniconazole
 D-M: sugar contents in the midrib treated by diniconazole
 C-L: sugar contents in the leaf non-treated
 C-M: sugar contents in the midrib non-treated

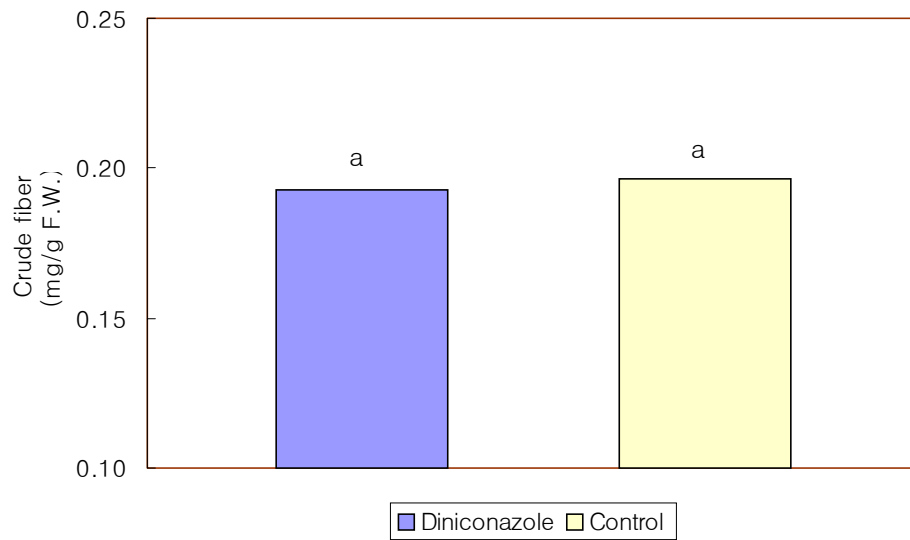


Fig. 13. The effect of diniconazole application on the crude fiber contents of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting.

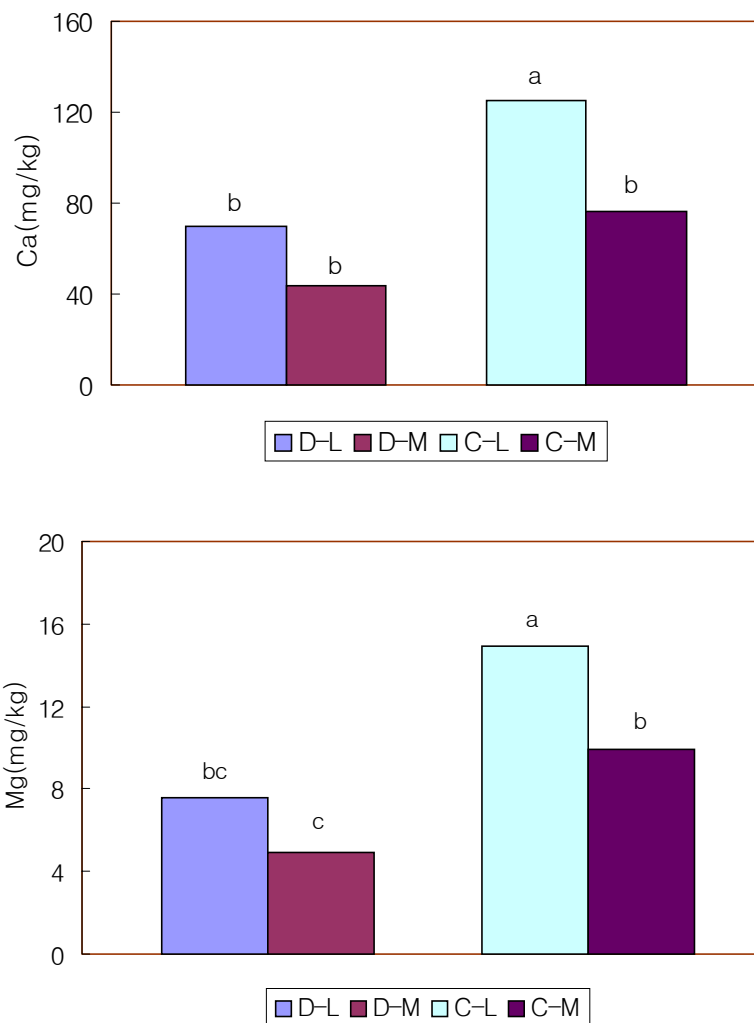


Fig. 14. The effect of diniconazole on the contents of calcium and potassium of Chinese cabbage harvested in 50 days after transplanting.

D-L: sugar contents in the leaf treated by diniconazole
D-M: sugar contents in the midrib treated by diniconazole
C-L: sugar contents in the leaf non-treated
C-M: sugar contents in the midrib non-treated

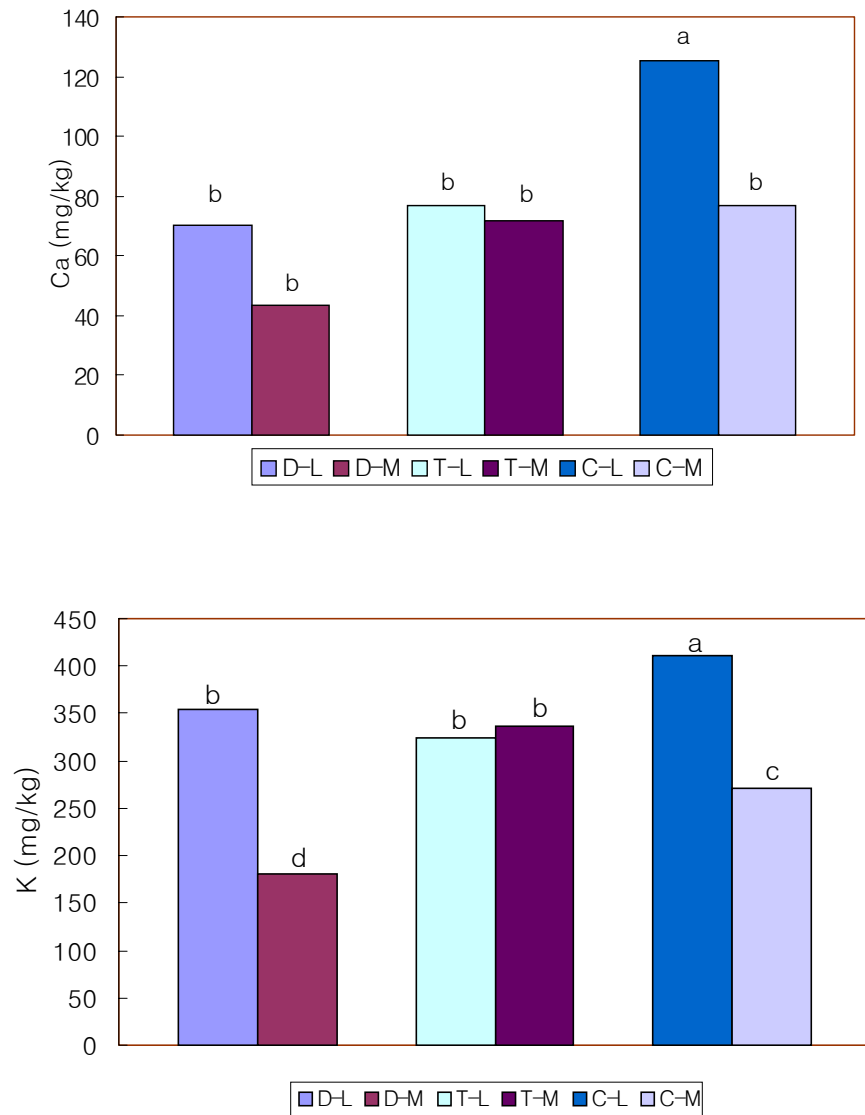


Fig. 15. Effect of diniconazole and tebuconazole on the mineral contents of Chinese cabbage.

D-L: sugar contents in the leaf by the treatment of dinonazole
D-M: sugar contents in the midrib by the treatment of dinonazole
T-L: sugar contents in the midrib by the treatment of tebuconazole
C-L: sugar contents in the leaf by the treatment of control

C-M: sugar contents in the midrib by the treatment of control

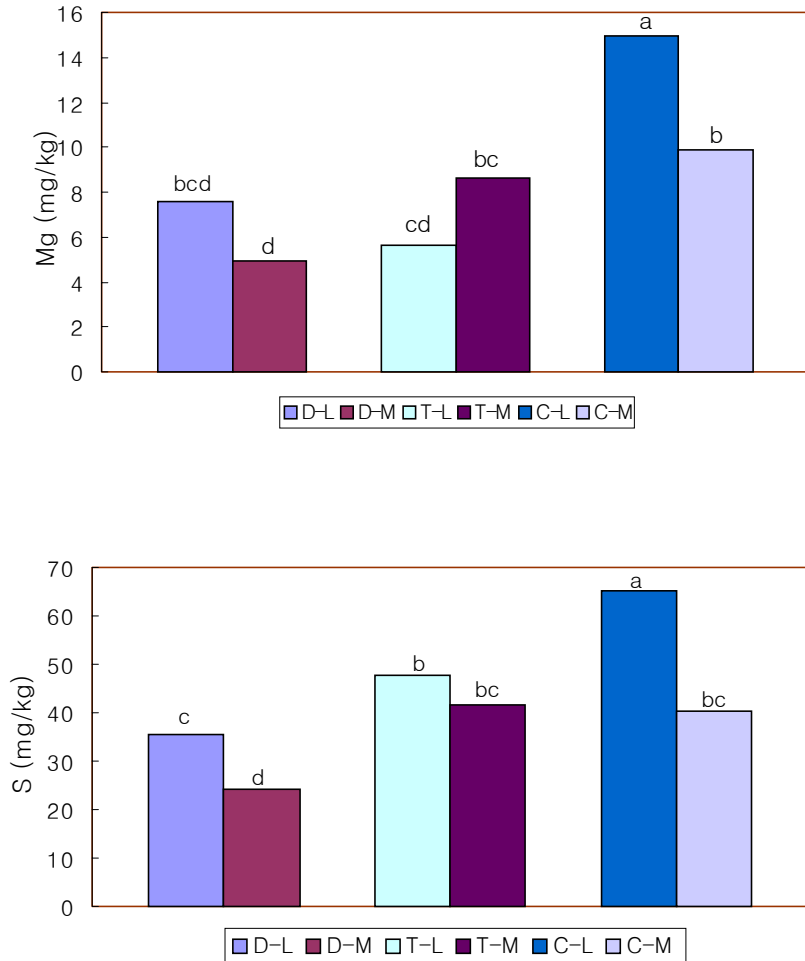


Fig. 16. Effect of diniconazole and tebuconazole on the mineral contents of Chinese cabbage.

D-L: sugar contents in the leaf by the treatment of dinonazole

D-M: sugar contents in the midrib by the treatment of dinonazole

T-L: sugar contents in the midrib by the treatment of tebuconazole

C-L: sugar contents in the leaf by the treatment of control

C-M: sugar contents in the midrib by the treatment of control

Table 5. Effect of diniconazole and tebuconazole on the firmness and cutting force in midrib of Chinese cabbage.

Treatment	Firmness(N)	Cutting force(N)
Diniconazole	9.73 b ^z	29.69 a
Tebuconazole	13.81 a	26.88 a
Control	9.12 b	18.46 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

2. 생장조절제와 칼슘제 처리에 따른 배추의 형태학적 변화 및 생리적 반응

가. 서언

배추(*Brassica pekinensis* Rupr.)는 우리나라에서 재배되는 채소중에서 가장 넓은 면적을 차지하고 있다. 고랭지 여름배추는 2001년도에 11,000ha에서 427,000톤이 생산되었고, 그 중 강원도에서 320,000톤이 생산되어 전국생산량의 75%를 점유하고 있어 여름과 초가을 배추수급을 조절하는 중요한 역할을 하고있다(농촌진흥청, 2000). 고랭지 여름배추의 재배는 고온기(7-8월)에 이루어지므로 이시기에 장마철의 일조부족과 과습으로 인하여 잎이 도장하거나 연약해져 무름병의 원인이 되고, 또한 지하부의 생육도 부진해지므로 지상부 웃자람을 억제시키지 않을 경우 수확이 불가능한 것으로 알려져있다(농촌진흥청, 1996; 농촌진흥청, 2000). 식물체의 웃자람 억제기술로는 주야간 온도차 조절과 수분조절에 의한 생리적방법, 식물체를 흔들어주는 것과 같은 물리적 방법, 생장억제제의 사용과 같은 화학적 방법 등이 있다. 화학적 방법은 주로 triazole계 물질이 사용되는데 이때 triazole계 물질은 monooxygenase inhibitor로 작용하여 gibberellin 생합성을 억제하게 되므로 식물체의 웃자람을 억제시키는 것으로 알려져 있다(Kwack 등, 1996). 초장조절 방법에는 왜성품종의 이용, 적심을 통한 줄기생장의 억제 및 왜화제를 이용하는 방법 등이 있으나, 왜화제를 이용한 생장억제 방법이 가장 손쉬운 수단으로 여러 작물에 적용되고 있다(Nelson, 1991). 1980년대 이후 triazole

계 화합물인 uniconazole이나 paclobutrazol 등의 성장조절제를 화훼작물에 처리함으로써 분화재배시 줄기생장을 억제하기 위한 많은 연구가 수행되었다(Kim과 Kwack, 1991; Sankhla 등, 1985; Wang과 Faust, 1986; Wang과 Tsujita, 1990; Whipker와 Hammer, 1997). 그러나 이들 화합물들이 국내에서 유통되지 않고 또한 가격도 비싸기 때문에 재배농가에서 성장조절제 사용에 어려움을 겪고 있다. 일부 재배농가에서는 uniconazole이나 paclobutrazol이 아닌 triazole계 화합물이 포함된 살균제를 삼목이나 접목에서 처리함으로써 병발생 억제 및 왜화효과를 동시에 성취하고 있으며, 잔디 녹병과 사과와 배의 붉은별무늬병 등의 예방 및 치료를 위해 시판되고 있는 diniconazole 수화제(상품명: 빈나리, 5% diniconazole)를 사용하고 있다(Kim과 Lee, 1997). 국내에 유통되는 성장조절제의 종류가 많지 않은 점을 고려할 때 살균제로 시판되는 triazole계 화합물이 성장 억제를 위해 이용될 수 있다고 판단된다. 이미 triazole계 화합물이 일부 농가를 중심으로 이용되고 있으나 처리 농도 및 처리방법에 관한 연구가 수행되지 않아 재배농가에서 많은 어려움을 겪고 있다. 지베렐린 생합성 억제제 처리를 받은 식물체는 일반적으로 사이토키닌이 증가하는데 엽록소 농도와 세포밀도를 증가되는 것으로 나타났다(Grossmann, 1991). 아직까지 triazole계 처리에 의한 잎세포의 해부학적인 특별한 효과에 대해서는 보고된 바가 없다. 그러나 두 개의 동계유전형질을 포함한 겨울호밀연구에서 “Norin 10”이라는 anti-gibberellin gene과 같은 표준세포형을 가지고 있는 반왜성 호밀의 세포밀도는 증가하였고, 세포의 길이는 감소한 것으로 나타났다(LeCain et al., 1989). 1990년 Morgun는 같은 식물체인 반왜성 호밀을 표준호밀과 비교했을 때 반왜성 호밀에 있는 엽록소의 농도가 증가된 것으로 보고되었다. 반왜성 호밀 잎에 있는 작고 많은 책상조직세포들은 높은 농도의 엽록체를 가지고 있다. triazole계통인 TE(Trinexapac-ethyl)처리 또한 anti-gibberellin 작용을 가지고 있으면서 이와 유사한 해부학적, 생화학적 효과를 잔디에서 나타내고 있다. TE 처리된 잎들에서 Structural carbohydrate(세포벽 포함, cellulose, hemicellulose 그리고 lignin)도 증가하는 것으로 나타났다(Shearman and Beard, 1975a, 1975b). 본 연구는 배추재배에서 사용되고 있는 트리아졸계 살균제인 diniconazole의 처리와 칼슘제 처리 방법이 배추의 성장, 잎 및 세포배열에 미치는 영향과 세포해부학적 특성을 구명함으로써 생리 생태적 특징을 이해함은 물론 생화학적 메카니즘, 재배 또는 품종육성에도 중요한 기초자료로 활용하고자 한다.

나. 재료 및 방법

공시재료 및 육묘방식: 공시배추품종으로는 가락신 1호와 노랑김장배추를 사용하였다. 파종은 2003년 2월 7일에 강릉대학교 유리온실에서 162구 근계생육조절용인 용뿌리트레이에 파종, 25일간 육묘 후, 지름이 17cm인 포트에 정식되었다. 처리 및 처리방법: 1차 처리는 정식후 1주일 뒤(2003, 3.5)에 살균제 디나코나졸 수화제를 Control, $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도로 하여 분무기로 일전체 골고루 살포하였다. 2차 처리는 5일 뒤인 2003년 3월 10일에 같은 농도, 같은 방법으로 처리하였다. 광학현미경 (Photomicroscope) 광학현미경 관찰을 위하여 유리온실에서 재배한 배추 잎 시료를 Modified Karnovsky's fixative(2% paraformaldehyde and 2% glutaraldehyde in 0.05 M sodium cacodylate buffer(pH 7.2))를 사용하여 4°C 에서 120분간 1차 고정하였다. 1차 고정 후, 고정된 시료는 10분 간격으로 세 번씩 0.05M sodium cacodylate buffer(pH 7.2)로 세척하였다. 1% osmium tetroxide(in 0.05M sodium cacodylate buffer(pH 7.2))로 4°C 에서 90분간 2차 고정한 후, 실온에서 증류수를 이용해 두 번 세척하였다. 0.5% uranyl acetate를 이용해 *En bloc* staining를 4°C 에서 30분간 실시한후 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100% ethanol에서 각각 10분씩, 100% ethanol에서 10분, 10분, 10분, 30분간 탈수하였다. 그 후, 100% propylene oxide를 이용하여 실온에서 15분씩 두 번 Transition을 실시하였다. Infiltration 과정으로 propylene oxide : spurr's resin(2:1)로 30분, propylene oxide : spurr's resin(1:1)로 30분, propylene oxide : spurr's resin(0:1)에서 30분 두 번 반복, 다시 propylene oxide : spurr's resin(1:1)로 두시간, 그후 propylene oxide : spurr's resin(0:1)로 24시간을 방치하였다. 다음날 다시 propylene oxide : spurr's resin(0:1)로 4시간동안 방치한후 Polymerization을 위해 propylene oxide : spurr's resin(0:1) 비율로 70°C 에서 24시간 방치되었다. 이조직 절편을 진동박편기 (Vibratome)를 이용하여 초벌 다듬기를 한후 Ultramicrotome(MT-X, RMC, Tucson, AZ, USA)를 이용해서 각 절편을 500nm 정도의 두께로 절단하였으며, slide glass 위에 증류수 한 방울을 떨어뜨려 치상한 다음 Hot plate에서 서서히 건조시켜 시료 절편을 slide glass에 단단히 밀착시켰다. 2% uranyl acetate와 Reynolds' lead citrate로 염색을 한후 범용광학현미경(Universal Research)을 이용하여 각 절편들(디나코나졸 처리(0, $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)) 100배로 검경하였으며 diniconazole에 처리된 각각의 잎의 형태학적인 관찰을 위해서는 해부현미경으로 25배로 검경하였다. 세포크기 측정 광학현미경 과정을 거쳐서 Scan된 사진을 컴퓨터프로그래밍을 이용하여 각 처리당 책상조직에 있는 20개의 세포를 임의적으로 선정 측정, 비교하였다. 엽록소분석 엽록소 측정은 디지털 Potable 측정기와 (주)메카시스제품인 "Optizen series"을 사용하였다. 디지털

Potable 측정은 배추의 중간엽의 L(왼쪽), M(중간), R(오른쪽)으로 나누어서 측정하였으며 “Optizen series”의 엽록소 측정은 배추의 외엽을 제거하고, 두 번째 외엽을 이용하여 부위별 엽록소 함량을 측정하였다. 상·하부에서 균등하게 각각 4.5g을 취하고 dimethyl sulfoxide 7ml를 넣고 65°C에서 2시간 동안 엽록소를 추출하였다. 추출된 엽록소는 분광광도계로 645nm와 663nm에서 측정하였다. 엽록소 함량은 다음과 같은 식으로 계산하였다. Chlorophyll a $= (12.7 \times A_{663nm}) - (2.59 \times A_{645nm}) \div \text{fresh weight(g)} \div 1000 \times 10$, Chlorophyll b $= (22.9 \times A_{645nm}) - (4.67 \times A_{663nm}) \div \text{fresh weight(g)} \div 1000 \times 10$. 처리기간 중 품질분석을 위해 배추 품종을 공시하여 288공 트레이에 파종후 20일간 육묘하여 포트에 정식하였다. 정식후 40일부터 오전 7시(Sunup), 낮 12시, 오후 6시(Sundown), 밤 12에 각 포트별로 잎을 임의로 채취하여 잎을 상 중 하 3등분으로 분리하여 냉동보관 후 HPLC를 이용하여 탄수화물(Sucrose, Fructose, Glucose, Starch)과 비타민 C를 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

엽록소함량 비교: 엽록소 함량은 두가지 엽록소측정에서 대체적으로 diniconazole의 모든 2000mg · L⁻¹, 1500mg · L⁻¹, 1000mg · L⁻¹, 500mg · L⁻¹, 그리고 100mg · L⁻¹ 모두에서 무처리보다 높은 것으로 나타났다.(Table 6, 7). 디지털 potable 측정기로 측정된 엽록소 함량의 비교를 보면 가락시에서 Control: 30.3에 비해 100mg · L⁻¹에서 61.1로 Control 보다도 2배정도 높았으며, 1000mg · L⁻¹에서도 48.6으로 Control로보다는 높았다. 덕성품종도 역시 무처리 25.4에 비해 100mg · L⁻¹에서 53.3로 Control 보다 훨씬 높았으며, 1000mg · L⁻¹에서도 45.7로 무처리보다는 높았다(Table 6). 광도계로 측정된 두가지 배추품종의 Chlorophyll a와 Chlorophyll b를 무처리와 비교한 결과는 가락신은 diniconazole의 모든처리에서 Chlorophyll a와 Chlorophyll b의 함량이 무처리의 함량보다 높았다. 이에 반해 덕성품종에서는 Chlorophyll b에서는 diniconazole처리된 배추잎의 엽록소함량이 높았으나 Chlorophyll a의 경우는 diniconazole 100mg · L⁻¹ 와 1000mg · L⁻¹ 농도에서는 무처리에서보다 높았지만 그 외처리에서는 오히려 엽록소함량이 조금 낮은 것으로 결과가 나왔다(Table 7). 이 결과는 기존의 triazole계통인 TE(Trinexapac-ethyl)를 잔디에 처리했을 때 엽록소 b는 증가하였으나, a 같은 경우는 증가하지 않은 결과와 같았으며, 그늘에 적응력이 있는 잔디 잎들의 경우에는 엽록소 b를 높게 가지고 있는 것으로 나타났다. 왜냐하면 엽록체에는 광에너지를 효율적으로 이용하는 그라나가 많이 존재하기 때문이다(Salisbury and Ross, 1992). 기존의 실험(선 등, 2002)의 실험에서와 같이 Chlorophyll a와 Chlorophyll b는 배추의 상

부가 하부보다 높았고, 모든 처리구에서 큰 차이를 보이지 않았지만 diniconazole 처리구에서 엽록소 함량이 가장 높았다. 이는 대조구에 비해 처리구의 배추 구고가 줄어들면서 각 개엽의 크기가 줄어들고 식물체가 소축되면서 잎색이 짙어진 것으로 생각된다(Choi 등, 2001). 이는 배추의 녹색이 진한 것을 의미하는데, 김치의 주원료로서 배추의 색은 소비자의 기호에 따라 다를 수가 있으므로 약제처리에 따른 소비자가 선호하는 색을 가진 품종선발 및 육종 또한 중요하다고 생각된다. 형태적 변화: Fig 18에서 보면 diniconazole이 처리된 잎은 기존의 실험(선, 등 2002)에서와 동일한 결과인 잎의 왜소화, 잎의 두께가 두껍고, 잎이 짙은 녹색, 엽록소함량이 높은 것으로 나타났다. 아울러 해부현미경 25배 검경에서 처리와 무처리의 배추잎의 앞, 뒷면을 조사한 결과 diniconazole이 처리된 잎의 앞, 뒷면에서 표피조직의 부수체로 알려진 모용(trichome)이 일시적으로 많이 생긴 것을 볼 수 있었다(Fig. 20). 이러한 왜화 및 모용의 증가는 꼭 성장조절제에 의해서 나타나는 현상은 아니다. 보통재배작물의 높은 염농도에서 stress를 받으면 잎의 왜소화, 모용의 증가가 일시적으로 일어난다(Larcher, 1995, Volkmar 등, 1998). 잔디의 경우, 잎의 왜소화와 엽록소 함량의 증가가 그늘에서도 생존이 강한 것으로 나타났다. 세포배열: Diniconazole 처리 배추잎의 세포와 무처리에서의 배추잎의 세포비교를 보면 Table 8과 같다. 무처리에서 세포폭(width)이 42.8um로 100mg · L⁻¹ 와 1000mg · L⁻¹ 처리에서 23.153um, 24.29um보다 넓었다. 이에 반해 세포길이는 무처리와 1000mg · L⁻¹ 처리에서는 비슷한 결과인 65.51um와 63.82um인데 반해 100mg · L⁻¹ 처리에서는 74.457um로 길어진 것으로 실험결과 나타났다. diniconazole 처리와 무처리간의 전체적인 배추잎의 세포배열을 비교해보면 그림 18과 19와 같다. 무처리에서는 책상조직의 세포폭이 넓으면서 듬성듬성 놓여져 있는 반면 100mg · L⁻¹ 와 1000mg · L⁻¹ 처리에서는 책상조직의 세포폭이 줄어들면서 뾰뾰하게 배열되었는데 이러한 원인으로 처리된 잎의 두께가 무처리보다 두꺼워진 것으로 생각되며 잎의 색깔이 더 짙은, 다시 말해 전체적인 Chlorophyll 함량이 높게 나타난 것으로 여겨진다. 식물잎에서의 triazole계통인 TE(Trinexapac-ethyl)처리 효과는 세포밀도(책상조직의 세포)와 엽록소의 농도를 증가시켰다. 반면에 세포의 길이는 줄어들었다. 무처리와 처리간의 세포밀도와 길이간의 차이는 있는 것으로 나타났으며, 이러한 해부학적인 변화는 호밀의 지베렐린 결핍실험에서도 나타나는 것으로 알려져있다(LeCain et.al., 1989). 전체적인 엽록소 농도는 TE(Trinexapac-ethyl)처리에 의해 증가되었다. 증가된 세포밀도와 엽록소 농도는 지베렐린 결핍 호밀잎에서 이산화탄소(CO₂)의 증가와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Morgan 등, 1990). 배추잎에서 잎 상부와 중부의 Sucrose, Starch 함량은 오전 6시부터 증가하여 18시에 최고

에 달한 후 밤에는 호흡으로 인해 서서히 감소하여 diurnal cycling 현상을 보였다. 수확시간에 따른 Fructose와 Glucose 함량은 아침에 증가하고 오후에 약간 감소하는 경향을 보였고 모든 품종에서 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 이것은 낮 동안에 광합성을 통해 생합성된 Sucrose가 아직 단당류인 Fructose와 Glucose로 전환되지 않은 것을 의미한다. 비타민 C 함량도 오전에 비해 오후 수확시 2-4배 이상 높았다. 품종에 따라 총 당함량 차이는 있지만 전반적인 변화패턴은 오후에 증가하는 경향이 었다. 결과적으로 배추를 오후에 수확할 경우 오전 수확에 비해 당함량이 월등히 높은 것으로 나타나 수확시간을 오후시간으로 조절한다면 고품질의 배추를 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 현재 강원도 고랭지 채소 재배단지인 삼척하장 지역에서는 해가 진후 야간 작업을 하여 새벽에 농산물도매 시장으로 출하되고 있는 실정이다. 고랭지 여름배추의 고품질 생산을 위해서는 생육조절뿐만 아니라 수확시간도 조절할 필요가 있는 것으로 생각된다. 그러나 오후 수확에 따른 신선도 유지와 경제성에 대한 추가 연구가 필요하다. 칼슘제제를 배추에 살포한 후 생육반응을 조사한 결과 다음과 같다. 구고는 무처리구와 비교해서 칼슘처리구에서 3-4cm 정도 짧게 나타났다. 본 실험에서 초장단축효과는 고랭지 배추 재배시 사용하는 빈나리의 영향 때문인 것으로 추측되며 실제로 칼슘제제의 옷자람 억제효과는 처리농도가 50-60배정도로 매우 농도가 높아야 가능한 것으로 확인되었다. 그러나 칼슘농도가 50-60배로 엽면시비 하면 다른 필수원소들의 길항작용을 유도하여 미량원소중 특히 붕소의 결핍이 나타날 수 있어 매우 주의 해야 할 것이다. 고농도의 칼슘을 한 낮에 엽면시비 하면 삼투현상으로 배추잎이 시들거나 수분손실로 옆 면이 타들어 가는 현상이 관찰되어 칼슘엽면 시비에는 많은 주의가 필요하다. 또한 일부 농가에서는 탄산칼슘과 수산화칼슘을 이용하여 배추 생육을 조절하는데 이것은 배추 잎에 스트레스를 주어 일시적으로 생육을 억제하는 것으로 생각된다. 그러나 식물체가 심하게 스트레스를 받게되면 수량 감소를 가져오는 것으로 관찰되었다. 수량반응은 칼슘처리와 무처리간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 칼슘처리는 배추의 수량을 증대시키지 않는다는 기존연구와 유사한 경향으로 사료된다. 이것은 기존의 토양속에 칼슘이 충분히 있기 때문에 엽면시비는 수량증대를 촉진하지 못한 것으로 예상된다. 그러나 칼슘함량이 부족한 토양에서는 수량증대도 가능하다는 연구결과가 있고 실제로 고랭지 감자 재배에서는 칼슘처리가 수량을 증대시킨다는 결과가 보고되었다. 배추 뿌리무게는 칼슘처리구에서 무처리구 보다 증가한 것으로 조사되었다. 이는 칼슘이 지하부 생장에 영향을 미치는 것으로 추측되어 추후 좀더 자세한 연구가 요구된다. 특히 침수로 인하여 혐기성조건에서 배추뿌리가 고사하였을 경우 칼슘비료 관주는 뿌리 발생을 촉진하는

것으로 사료되나 정확한 결과를 얻기 위해서는 추후 연구가 필수적이다. 본 결과보고에 데이터 상으로 나타나지는 않았지만 칼슘처리는 고랭지 여름배추의 엽육 세포벽을 두껍고 조직이 치밀하게 만들어 수확시 품질이 우수하고 무름병에 대한 저항성이 높은 것으로 확인되었다(Fig. 17). 일부 농가에서는 칼슘비료를 배추에 관주하면 배추의 세균 발생을 촉진하여 품질향상은 물론 수량증대도 가능하다는 보고도 있다(Table, 10, 11, 12, 13, 14). 또한 배추 무사마귀병으로 뿌리가 기능을 잃었을 때 칼슘제제를 배추에 관주하면 뿌리 발근을 촉진시킨다는 주장도 있지만 이에 대한 연구가 없어 앞으로 연구가 요구되며 칼슘비료 관주는 무사마귀병을 예방하지는 못하지만 뿌리주위의 토양산도를 높여주어 무사마귀병균의 활동에 영향을 미칠 가능성이 충분히 있는 것으로 생각된다. 본 시험 결과를 보면 칼슘제제는 고랭지 여름배추의 품질을 향상시킬 수 있는 기본적인 특성을 가지고 있는 것으로 사료되어 앞으로 본 시험을 바탕으로 정밀한 시험을 수행하여 각 품종에 따른 수량, 품질, 칼슘흡수량, 각종 칼슘비료와 비교실험, 칼슘결핍 예방정도, 무기물 흡수량을 세부조사하면 고랭지 배추 재배 농민들에게 매우 유익한 농자재가 될 것으로 예상되며 결국 농민들의 소득증대에 기여할 수 있다고 판단된다.

Table 6. Effect of growth regulator treatment on chlorophyll concentration of Chinese cabbage. Measurements done at three portions L: Left, M: Middle, R: Right. chlorophyll contents(mg/ g. F.W.)

Cultivar	Concentrations					
	Con.	100	500	1000	1500	2000
Gareck	^L 28.4	66.6	45.9	54.0	45.4	46.0
	^M 33.3	52.8	40.0	42.1	39.3	41.5
	^R 29.3	63.9	47.4	49.7	38.7	37.7
Mean	30.3	61.1	44.4	48.6	41.1	41.7
Ducksong	^L 25.4	59.0	45.0	50.7	50.4	38.7
	^M 26.8	45.5	45.1	42.0	47.2	40.6
	^R 30.4	55.4	44.0	44.4	49.2	35.7
Mean	27.5	53.3	44.7	45.7	48.9	38.3

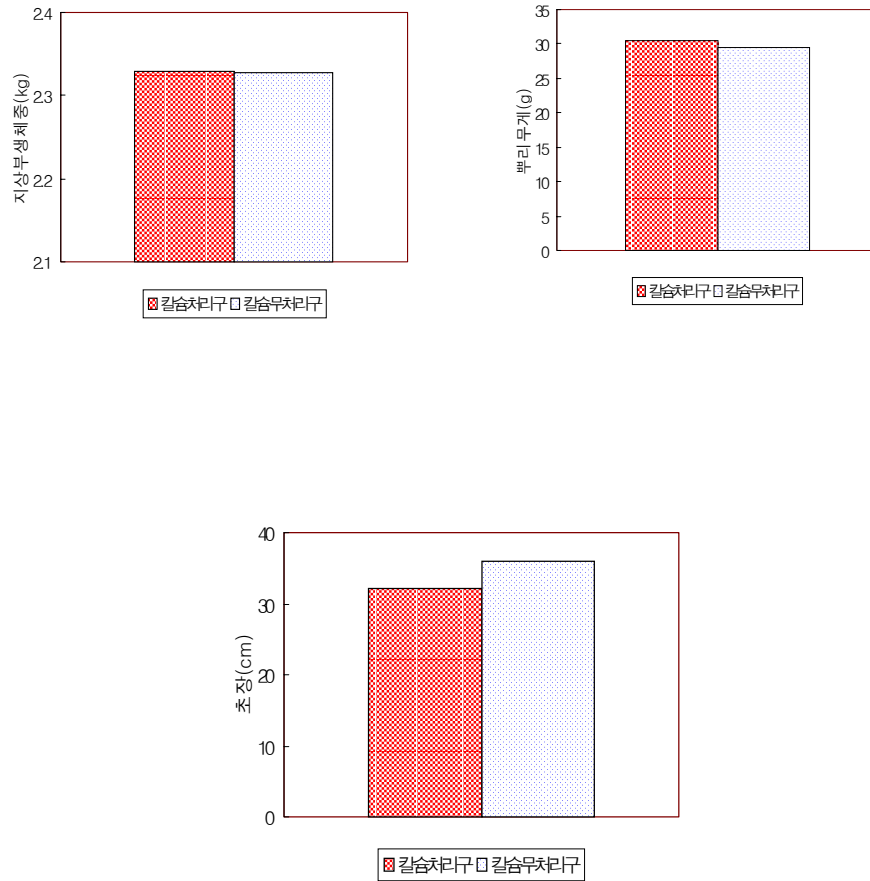


Fig. 17. Effects of calcium treatment on growth of chinese cabbage.

이상의 결과로 볼 때, triazole계통인 tubconazole과 diniconazole을 배추재배에 처리하였을 때 처리된 잎에서의 형태학적인 특징은 왜소화, 엽육이 두꺼워지며, 잎의 색깔이 짙어지고, 세포배열에서는 무처리에 비해 처리된 잎에서의 세포는 폭은 좁아졌으며 길이는 더 길어진 것으로 나타났다. 아울러 세포밀도 비교는 처리된 잎의 세포배열이 더 뻥뻥하고 조밀한 것으로 나타났다. 엽록소 함유량 비교도 역시 무처리 보다는 diniconazole이 처리된 잎에서 높았으며, 처리간에서도 처리농도가 가장높았던 100m

$g \cdot L^{-1}$ 에서 가장 높게 나타났다. Diniconazole처리에 의한 식물잎의 형태학적 및 세포학적 변화에 따른 메카니즘을 이해하기 위해서는 추후조사내용으로는 diniconazole 처리에 의한 핵, 미토콘드리아, 엽록체와 다른 미소기관들의 변화를 식물생리 및 화학적인 방법으로 조사가 요구되어야 된다고 생각된다.

Table 7. Effect of growth regulator treatment on chlorophyll concentration of Chinese cabbage.

Treatment	Kinds of chlorophylls	
	Chlorophyll a	Chlorophyll b
A Cont.	8.039	5.152
A 100	9.880	8.037
A 500	8.026	7.350
A 1000	9.436	7.625
A 1500	6.959	6.709
A 2000	6.782	5.931
B Cont.	6.883	5.794
B 100	13.030	9.686
B 500	9.131	7.969
B 1000	8.636	6.664
B 1500	8.064	6.664
B 2000	7.683	6.664

A: Duksong cultivar, B: Garack cultivar

현재 일부 농가에서 사용하고 있는 칼슘제제 7종을 비교한 결과 각 처리후 매우 유사한 생육상태를 보였지만 질산칼슘은 잎의 도장을 촉진시켜 여름배추에 사용에 문제가 있는 것으로 생각된다. 그러나 수산화칼슘 처리는 배추의 생육을 억제시켜 여름철에 배추 생육조절제로 가능성이 확인되었지만 고농도 살포는 수량감소를 초래할 수 있어 주의가 요망된다. 수산화칼슘은 배추 무름병 예방에도 효과가 높은 것으로 관찰되었다. 칼슘화합물류의 이온화도를 비교하기 위해 농가에서 많이 사용하는 1000배의 비율로 희석하여 이온화도를 비교한 결과 염화칼슘>황산칼슘>인산칼슘>질산칼슘 순으로 나타났다(Table 13). 배추 잎에 칼슘흡수를 촉진시키기 위해서는 염화칼슘 시비가 가장 좋은 것으로 나타났다. 또한 시중에 유통되고 있는 엽면시비용 칼슘제제를 조사한 결과 염화칼슘이 희석된 제제가 이온화도가 가장 높게 나타났다. 따라서 고령지 배추 재배농민들이 배추의 웃자람을 억제하기 위해서는 생장조절제를 2000배 희석한 용액에 수산화칼슘 1000배를 희석하여 정식후 20-30일 사이에 1회 살포하고 수확 20일전에 2차 살포를 한다면 고품질의 배추를 수확할 수 있을 것으로 생각된다. 일부 농가에서는 생장조절제로 사용되는 diniconazole을 생육기간중 4회 이상 살포하여 생육이 지나치게 억제되어 수량감소를 가져오는 사례가 많이 있다. 여름철 고온다습시에 웃자람 현상이 심각하게 나타나므로 비가 내리면 날씨 개입과 동시에 생육조절제를 살포하여 웃자람을 조절해야 한다. 일단 잎이 도장하게 되면 조직이 연약하게 되어 무름병원균의 침입이 용이하게 되어 무름병 발생으로 이어지기 때문에 농가에서는 웃자람 관리에 많은 관심을 가져야 할 것이다.

Table 8. Comparison of the cell width and length of chinese cabbage treated and non-treated with diniconazole

Treatment	Cell-Size	
	Width(um)	Length(um)
Control	42.8 ^{a*}	65.5 ^b
100	23.6 ^b	74.4 ^a
1000	24.3 ^b	63.8 ^b

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

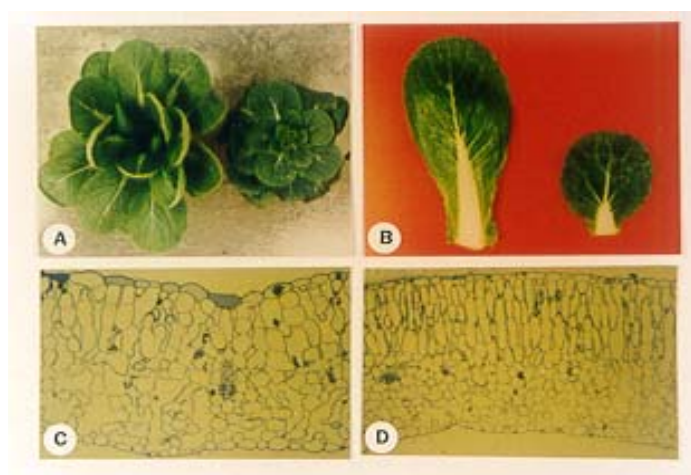


Fig. 18. Comparison of the growth and cell arrangement of Chinese cabbage leave after treatment.

- A : Comparison of growth between non-treatment and treatment
- B : Comparison of leaf-morphology between non-treatment and treatment
- C : Cell arrangement of non-treatment
- D : Cell arrangement of treatment,

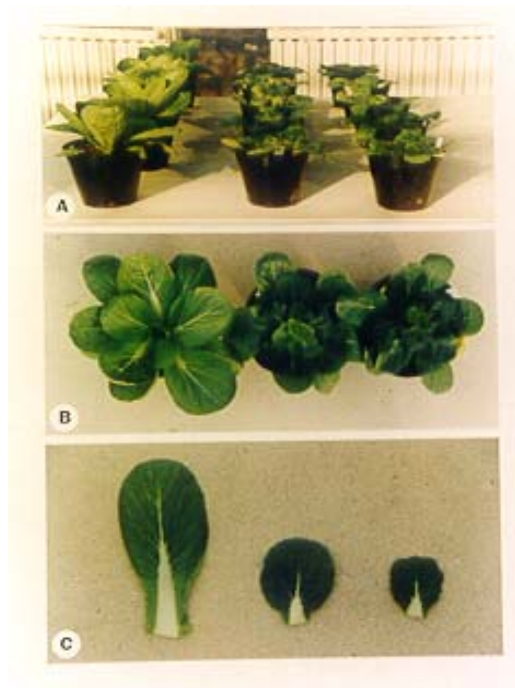


Fig. 19. Comparison of the growth and leaf-morphology of Chinese cabbage leave after treatment.

A,B : Comparison of growth among non-treatment and treatments

C : Comparison of leaf-morphology among non-treatment and treatments. From left to right : control, 1000mg/L, 100mg/L.

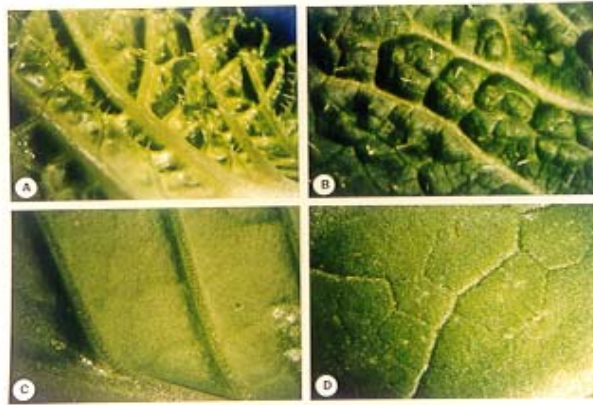


그림 36

Fig. 20. Comparison of trichomes and epidermal tissues of Chinese cabbage leave after treatment.

A: Under surface treated B : Upside surface treated
 C: Under surface nontreated D : Upside surface nontreated

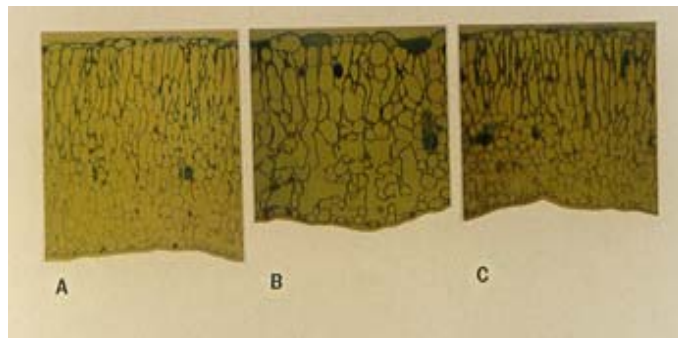


Fig. 21. Comparison of the cell arrangement of Chinese cabbage leaf after treatment.

A: Treatment(100mg/L) B: Non-treatment
 C: Treatment(1000mg/L)
 A,B and C : longitudinal sections($\times 100$ magnification)

Table 9. Effect of different calcium compounds on growth of chinese cabbage

Treatment	Contents of examination			
	Leaf-width	Leaf-number	F/W	D/W
Calcium-Nitrate ^z	14.3 ^{aby}	17.0 ^a	31.2 ^a	5.7 ^a
Calcium-Chloride	14.2 ^{ab}	15.5 ^{abc}	29.9 ^{ab}	4.7 ^{ab}
Calcium-Oxide	14.5 ^{ab}	15.5 ^{abc}	31.2 ^a	4.7 ^{ab}
Calcium-Hydroxide	12.9 ^b	15.0 ^{bc}	20.3 ^c	3.5 ^c
Calcium-Sulfate	15.7 ^a	16.0 ^{ab}	27.8 ^{abc}	4.8 ^{ab}
Calcium-Phosphate	14.6 ^{ab}	14.0 ^c	22.0 ^{bc}	3.4 ^{bc}
Calcium-Carbonate	13.5 ^b	16.0 ^{ab}	26.9 ^{abc}	4.4 ^{bc}
Control	14.0 ^{ab}	15.0 ^{bc}	30.3 ^a	4.0 ^{bc}

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

Z: Concentrations used : 100times

Table 10. Effect of different calcium compounds on growth of chinese cabbage

Treatment	Contents of examination			
	Leaf-width	Leaf-number	F/W	D/W
Calcium-Nitrate ^z	13.7 ^{aby}	16.5 ^a	29.7 ^{abc}	4.5 ^{ab}
Calcium-Chloride	13.8 ^{ab}	15.5 ^a	28.5 ^{abc}	4.6 ^{ab}
Calcium-Oxide	15.3 ^{ab}	16.0 ^a	29.7 ^{abc}	4.3 ^a
Calcium-Hydroxide	15.5 ^a	14.5 ^a	26.7 ^{abc}	4.4 ^{ab}
Calcium-Sulfate	14.5 ^{ab}	15.0 ^a	22.8 ^{bc}	3.7 ^b
Calcium-Phosphate	13.5 ^b	14.5 ^a	20.3 ^c	3.9 ^{ab}
Calcium-Carbonate	14.5 ^{ab}	16.5 ^a	32.3 ^a	4.3 ^{ab}
Control	14.5 ^{ab}	15.0 ^a	30.3 ^{ab}	4.3 ^{ab}

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

Z: Concentrations used : 1000times

Table 12. Solubility and concentrations of different calcium fertilizers in water

Items	Formula	FW	0.1 M		1000times(dilution)	
			(g/100ml)	Mol. PPM	(g/100ml)	Mol. PPM
Calcium-Nitrate	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	236.5	2.36g	20 ⁻³ 800	0.1g	6.69 ⁻³ 267.6
Calcium-Chloride	CaCl ₂	110.98	1.1g	89.5 ⁻³ 3,580	0.1g	13.2 ⁻³ 528
Calcium-Oxide	CaO	56.08	0.56g	11.7 ⁻³ 468	0.1g	2.24 ⁻³ 96
Calcium-Hydroxide	Ca(OH) ₂	74.09	0.74g	7.59 ⁻³ 303.6	0.1g	212 ⁻⁶ 8.5
Calcium-Sulfate	CaSO ₄ · 1/2H ₂ O	145.15	1.45g	31.1 ⁻³ 1,240	0.1g	7.70 ⁻³ 308
Calcium-Phosphate	Ca(H ₂ PO ₄) · H ₂ O	252.08	2.52g	69.9 ⁻³ 2,796	0.1g	6.87 ⁻³ 274.8
Calcium-Carbonate	CaCO ₃	100.09	1g	188 ⁻⁶ 7.52	0.1g	422 ⁻⁶ 16.9

Table 13. Kinds of calcium fertilizers for foliar application used in alpine area

Items	Components	1000times(dilution)	
		Mol.	PPM
북 살	CaO 15%	7.67 ⁻³	306.8
슈퍼칼심	수용성칼슘 18%	8.8 ⁻³	352
칼마트	수용성칼슘 15%	7.38 ⁻³	295.2
옥영화	탄산칼슘 45%	250 ⁻⁶	10
아세칼	CaO 25% 이상	6.4 ⁻³	256
가루키-H	석회 17%	6.42 ⁻³	256.8
칼그린	수용성칼슘 17%	7.64 ⁻³	305.6



Seedlings



Seedling just before transplanting

Fig. 22. Seedling growth of chinese cabbage after growth regulator treatment.



20 days after transplanting



30 days after transplanting

Fig. 23. Growth of Chinese cabbage after treatment in field.



Calcium application

50 days after transplanting

Fig. 24. Growth of Chinese cabbage after treatment in alpine field.



Harvesting

Nontreated

Treatment

Fig. 25. Harvest of Chinese cabbage after treatment in alpine field.



Fig. 26. Selection of growth regulators for controlling Chinese cabbage after treatment in greenhouse..



Fig. 27. Selection of calcium regulators for controlling Chinese cabbage after treatment in greenhouse.

라. 인 용 문 헌

- Rural Development Administration. 2000. Growing methods for vegetable in highland, NAAES.
- Buchenauer, H. and E. Rohner. 1981. Effect of Triadimefon and Triadimenol on Growth of Various Plant Species as well as on Gibberellin Content and Sterol Metabolism in Shoots of Barley Seedlings. Pesticide Biochemistry and Physiology 15, 58-70.
- Choi, Y.H., H.C. Lee, D.K. Park, J.K. Kwon and J.H. Lee. 2001. Effects of mechanical stimulation and chemical treatments on growth of seedlings and yield of tomato. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 19:320-324.
- Choi, J. J. S., Lee, and J. M. Choi. 2002. Effect of Treatment Method of Diniconazole and Daminozide on Growth and Flowering of Various Lily Cultivars. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(6):754-761.
- Davis, T.D., G.L. Steffens, and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulators. Hort. Rev. 10:63-105.
- Ervin, E.H. and A.J.Koski. 2001. Trinexapac-Ethyl Increases Kentucky Bluegrass Leaf Cell Density and Chlorophyll Concentration. HORTSCIENCE 36(4):787-789.
- Erwin, J.E., R.D. Heins, and M.G. Karlsson. 1989. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum* Thunb. Amer. J. Bot. 76:47-52.
- Erwin, J.E., R.D. Heins. 1995. Thermo-morphogenic responses in stem and leaf development. HortScience 30(5):940-949.
- Gilbertz, D.A. 1992. Chrysanthemum response to timing of paclobutrazol and uniconazole sprays. HortScience 27(4):322-323.
- Hamada, M., T. Hosoki, and Y. Maeda. 1990. Shoot length control of tree peony(*Paeonia suffruticosa*) with uniconazole and paclobutrazol. HortScience 25(2):198-200.
- Hirota Takano, Yukio Oguri and Toshiro Kato. 1983. Mode of Action of (E)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol (S-3308) in *Ustilago maydis*. J. Pesticide Sci. 8, 575-582.

- Hong, S.J., M.S. Kim, S.W. Park, and I.S. Shin. 1998. Changes in contents of soluble sugars, organic acid, and the fruit taste of early season pear cultivars during maturation. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:408-411.
- Kacia. 1997. Guide to agrochemical uses. Korea Agricultural Chemicals Industrial Association.
- Kim. S.E., J.M. Lee, C.W. Lee and N.K. Paek. 1998. Effects of difenoconazole on the growth of the plug grown Chinese cabbage seedlings for summer cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. and Technol.* 16(3):416.
- Kim, J.Y., E.J. Lee, S.K. Park, G.W. Choi and N.K. Baek. 2000. Physicochemical quality characteristics of several Chinese cabbabe (*Brassica pekinensis* RuPR) cultivars. *Kor. J. Hort. Sci. and Technol.* 18(3):348-352.
- Ko, S.B., K.W. Kim, J.S. Moon, and Y.B. Park. 2001. The effect of growth regulators on height control of cabbage plugs. *Kor. J. Hort. S & Technol.* 19:39.(Abstr.)
- Lee, C.H. and I.J. Hwang, and J.K. Kim. 1988a. Macro- and Microstructure of chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 20:742-748.
- Lee, C.H. and I.J. Hwang. 1988b. Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of chinese cabbage leaves. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 20:749-754.
- Latimer, J.G. and P.A. Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. *HortTechnology* 1:109-110.
- Lowe, Belle. 1995. *Experimental Cookery*, 4th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Million, J.B., J.E. Barrett, T.A. Nell, and D.G. Clark. 1998. Influence of media components on efficacy of paclobutrazol in inhibiting growth of broccoli and petunia. *HortScience* 33:852-856.

- Newman, S.E and J.S. Tant. 1995. Root-zone medium influences growth of poinsettias treated with pacloburtazol impregnated spikes and drenches. HortScience 30:1403-1405.
- Noh, H.S., B.W. Wook, B.C. Jung, and J.S. Lee. 2001. Effect of diniconazole in stunting of calla(*Zathedesia* 'Pot of Gold' and *Z.* 'Little Suzy')for pot production. Kor. J. Hort. Sci. and Technol. 19:79.(Abstr.)
- Stier, J.C. and J.N. Rogers III. 2001. Trinexapac-Ethyl and Iron Effects on Supina and Kentucky Bluegrasses Under Low Irradiance. Crop Sci. 41:457-465
- Song, J.C., T.K. Son, N.K. Park, and D.S. Chung. 1996. Studies on the physico-chemical characteristics of chinese cabbage varieties for Kimchi processing. RDA. J. Agri. Sci. 38:835-842.
- Yoo, Y.K., S.W. Kang, and H.K. Kim. 1999. Effects of pinching and daminozide treatment on the growth and flowering of *Chrysanthemum zawadskii* ssp. *naktongense*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(5):598-602.

제 2 절

세부과제 2 : 환경친화형 농자재 사용에 의한 고랭지 여름 배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발

1. 서 언

배추는 중국 북부가 원산지이며 무와 함께 김치의 주원료로서 우리나라에서 가장 많이 이용되고 있는 채소 중 하나이다. 배추가 우리나라에서 언제부터 재배하였는지는 명확히 알 수 없으나, 1236년에 간행한 향약구급방(鄉藥救急方)에 배추의 성질과 상태를 기록한 것으로 보아, 그 전에 재배하였음을 알 수 있다. 배추는 수분 함량이 매우 높고 칼슘과 비타민 C가 상당량이 함유되어 있으며, 섬유질을 공급한다(이, 1996). 배추는 최근 식생활이 개선됨에 따라 신선채소의 수요가 급증하여 노지나 시설재배에 의해 연중 생산되고 있다. 그러나 배추를 연속적으로 재배하는 노지나 시설하우스에서는 여러 가지 병이 발생한다(최, 1989). 배추는 서늘한 기후를 좋아하는 저온성 채소로 생육기에 고온이 되면 결구하지 않을 뿐만 아니라 몇 가지 병과 해충들에 의해 피해를 입게 된다. 몇 가지 병 가운데 무름병은 여름 배추의 생산에 가장 큰 제한 요인이며, 수송, 판매 그리고 저장 중에도 발병하여 막대한 피해를 일으킨다(De Boer와 Kelman, 1978; Jun, 1998; Péombelon과 Salmond, 1995). 이 무름병은 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의해 발생한다. 배추 무름병은 배추를 포함하여 무, 감자, 당근 그리고 양파 등 주요 채소에서 피해가 심각한 병이다(임, 1995; Péombelon과 Salmand, 1995; Smith와 Bartz, 1990; Stommel 등, 1996). 무름병 원인 세균의 생태와 발생과정은 여러 연구자들에 의해 널리 연구 검토 되었다(Collmer와 Keen, 1986; Péombelon과 Kelman, 1980; Smith와 Bartz, 1990). 무름병균은 Gram 음성세균으로 포자를 형성하지 않는 통성 혐기성균이며, 편모와 섬모를 가지고 있다. 생육적온은 28~30℃, 최고온도는 37~42℃, 최저 온도는 6℃이다. 무름병균은 보통의 한천배지에 무색 또는 회백색 콜로니를 형성하며 토양에서 장기간 생존한다(Péombelon과 Kelman, 1980; 최, 1998). 또 많은 양의 펙틴 분해 효소를 생산함으로써 세포벽을 와해시키고, 식물 조직을 무르게 하며 세포를 죽게 만든다(Chaterjee 등, 1994; Collmer와 Keen, 1986; Lyon, 1989). 무름병은 생육 전 기간을 통해 발생하는데, 무름병균은 다른 병이나 해충에 의해 생긴 상처를 통해 혹은 자연 개구를 통해 기주 식물체의 내부로 들어간다(Fraaije 등, 1997). 배추에서 무름병은 초기 감염은 보통 결구기 때 엽

병이 지제부와 닿게 되면서 발생하는 것과 결구 내에서 썩는 것으로 나눌 수 있고 (Khorshed 등, 1998). 결구기 이후에 주로 엽병의 기부에서 병반이 시작되어 속잎 및 포기 전체로 확대된다. 병반이 진전되면 엽병조직은 갈색으로 부패하면서 물러지고 심한 악취가 나며, 병든 포기는 상품가치를 완전히 상실한다. 무름병은 배추에 양적으로 판매 가능한 수를 줄이고, 상품 가치를 저하시키며 예방하는데 비용이 많이 들기 때문에 경제적 손실을 가져온다(Agrios, 1998).

따라서 세균성 무름병을 방제하기 위해 다양한 방법이 모색되어져왔다. 경종적 방법으로 이랑을 높이고 재식 밀도를 감소시키고 파종 날짜를 늦추는 것과 같은 재배 관리의 병 범위와 진전을 감소시킬 수 있으나 방제 효과가 떨어진다(Fritz와 Honma, 1987). 시비조절 방법으로 식물체로 하여금 토양속의 칼슘을 원활하게 이용하도록 충분한 양의 칼슘을 공급하거나 칼슘의 이동이 촉진되도록 건조한 환경을 조성해 주는 방법이 있다. 무름병에 감염된 감자에서 조직 사이의 칼슘 농도가 높을수록 무름병이 감소한다는 칼슘농도와 병 저항성의 상관관계가 설명되었다(McGuire와 Kelman, 1986). 토양속의 칼슘은 식물의 증산에 따라 주로 이동하는 것으로 알려져 있는데, 증산 작용은 대기의 온도 및 상대습도에 크게 좌우된다(Demarty 등, 1984). 질소 비료를 너무 많이 주면 병 발생이 많아지므로 3요소의 비료를 균형 시비하도록 해야하며 연작을 금해야 한다(김, 1989; 이와 김 1989). 또 다른방법으로 포장에서 병든 식물을 일찍 제거하고 수확후 이병 잔재물이 포장에 남아있지 않도록 하여 다음 해의 전염원을 줄인다. 병 발생이 심한 곳에선 가능한 한 배수가 좋은 땅에서 재배해야 한다. 저항성 품종을 이용하는 방법은 세균성 무름병 방제를 위한 다양한 방법 중에 가장 효율적인 방제 방법 일 것이다. 품종에 따라 병 발생정도에 차이가 있으므로 무름병에 저항성인 품종을 재배한다. 국내에서 생산되는 여름 재배용 배추는 봄 재배 배추보다 무름병에 저항성이 상대적으로 강하다고 한다(김과 전, 1999). 현재 시판되는 대부분의 배추는 무름병에 감수성 이어서 손실이 심각한 실정이다(Kessmann 등, 1994). 따라서 저항성 품종을 육성하여 예방하는 방향으로 많은 노력이 기울여 왔다(이 등, 2001). 식물에 있어서 병에 대한 저항성은 품종에 따라 다르다고 알려져 있지만, 조직 내의 어떤 요인에 의하여 차이가 결정되는 것인지에 관하여는 거의 알려져 있지 못하다(Lyon, 1989; Jackson과 Taylor, 1996). 이런 무름병 품종별 저항성을 검정하기 위한 몇몇 screening 기술이 제한된 성공을 가지고 보고가 되었다(Jun, 1998; 이, 2002; Ren 등, 2001b; Williams, 1981). 배추의 무름병 저항성 계통 선발은 유묘기에는 엽 절취후 균액 침지, 엽기부 접종, 유묘 배지 접종 등으로 이병성을 검정하고 있으며, 성숙 식물체에서는 엽기부 접종 방법과 유묘 배지 접종 방법을 이용하여 품종별 저항

성을 검정하고 있다(Jun, 1998; 김과 전, 1999). Ren 등(2001a)은 유묘와 포장 식물체 접종 사이에 효과 있는 screening 방법을 확립하기 위하여 파종 3주후 4~5개 본엽단계에서 CPG 배지(1.0g/L casein + 10g/L pepton + 0.5g/L glucose)에서 2일 동안 키운 세균 colony들을 바늘로 찍어 2번째와 3번째 엽병안에 찔러 접종하였으며, 그 결과 품종별 저항성 근원을 검증하였다. 기존의 접종법이 상처와 상대습도를 높여야 하는 것과는 달리 특별한 노력 없이 mineral oil 접종법을 이용하여 배추, 무, 감자 등에서 품종별 저항성을 확인하였다(이, 2002). 감자 품종별 감수성을 평가하기 위해 괴경에 구멍을 내는 방법과 자르는 방법을 이용하여 무름병에 저항성인 품종을 찾아 냈다(Lapwood 등; 1984, Lapwood와 Read, 1985). Bisht 등(1993)은 감자 줄기에 흑각병 병원균의 감수성을 평가하기 위해 잎자루를 이용하는 방법을 개발하였다. 식물 세균 병은 현재 주로 화학약제인 항생제, 구리제, oxolinic acid 등을 이용하여 방제한다(김, 1989; 이와 김, 1989). 구리제는 그 약효도 높고 저항성 발생 위험이 낮으나 살포 약량이 많으며 보호 살균제로서의 역할에 국한되어 뚜렷한 방제 대책이 없는 실정이다(김 등, 1993; 이와 김, 1996; 조 등, 1999). 재배 전에 토양살충제를 살포하여 토양곤충의 구제에 힘써야 하며, 토양을 훈증하여 멸균하는 방법이 있으나 약값이 비싸므로 경제성이 검토되어야 한다. 또 화학적 방제는 다른 유용 미생물을 사멸시키고 환경오염과 약해를 유발, 농업용 항생제에 대한 저항성균의 출현 등 여러 가지 문제점을 노출하고 있다(김 등, 1993; 이와 김, 1996). 이러한 부작용을 해소하기 위하여 친환경적인 방제 방법이 요구된다. 친환경적 농자재로 비병원성 *Erwinia*를 이용한 미생물 농약이 개발되었다. 이는 배추의 세균성병 방제를 위한 첫번째 미생물 농약으로 일본에서 등록되었으며 감자, 무, 양파 그리고 양배추의 무름병에 대해서도 효과가 인정되었다(Takahara, 2000). 최근에는 전신획득 저항성(Systemic acquired resistance)을 유도하는 식물활성제가 세균병의 방제에 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되었다(Agrious, 1997, Cole, 1999; Scarponi 등, 2001). 그 중에서도 Novartis사에서 개발한 acibenzolar-S-methyl은 곰팡이병뿐만 아니라 여러 가지 세균병에 대하여 방제효과가 있음을 보고하고 있다.

따라서 본 연구는 환경 친화형 농자재를 이용한 배추 무름병 방제를 위하여 무름병 연구를 위한 기초연구와 더불어저항성을 조기에 검정하는 방법으로 유묘 단계에서 국내 주요 품종들의 저항성 정도를 조사하였다. 또 농업용 항생제 이외의 배추 무름병 방제 약제를 선별하여 무름병을 효과적으로 방제하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

공시균주

배추 무름병균은 강릉시 왕산면과 평창군의 고랭지 재배 배추 및 감자 등에서 병든 식물로부터 채집하였다. 병든 식물의 병든부위와 건전부위의 경계면을 포함하여 약 5 mm 정도로 절단하여 1% sodium hypochlorite에 1분간 표면 살균하였다. 멸균수로 세척한 후 1ml 멸균수가 들어 있는 tube에 넣고 마쇄하였으며, 희석하여 nutrient agar(NA)배지에 도말하여 28℃에서 2일간 배양한 후 형성된 콜로니를 선택하였다. 순수배양을 위하여 동일한 배지에 3회 연속 계대 배양하였다. 강원대학교에서 국제표준균주(ATCC 균주)와 네덜란드 및 미국 균주를 분양 받아 시험에 공시하였다(Table 1).

병원력 검정

배추 무름병균은 강릉시 왕산면과 평창군의 고랭지 재배 배추 및 감자 등에서 병든 식물을 채집하여 병원균을 순수 분리하여 보관 중인 균주와 국제표준균주인 ATCC15713(*E. carotovora* subsp. *carotovora*) 균주를 시험에 사용하였다. 시험 균주들의 병원성 검정을 위해 감자를 2×2×2 cm³ 크기로 자른 후 직경 7 mm cork borer를 사용하여 감자 괴경에 0.5 cm 깊이로 구멍을 내고 1% sodium hypochlorite에 2분간 소독 후 멸균수로 수회 세척, 물기를 제거하고 1시간 뒤 병원균을 접종하였다. 병원균 접종 농도는 분광 광도계(Shimadzu UV-1201, UV/VIS spectrophotometer)로 세균 밀도를 측정하여 10⁸cfu/ml(OD₆₆₀=0.1)로 조정하여 0.1 ml를 접종하였고 무처리인 0.1 ml의 멸균수를 처리하여 2일 후 부패정도를 조사하였다. 병원성 시험과 실험실 내 검정 시험 및 유묘검정 시험을 위한 병원균을 선발하기 위하여 실험에 사용한 13균주의 병원성을 조사하여 가장 높게 나타난 ATCC15713 균주를 본 실험의 약제 선발용 접종 균주로 사용하였다.

Table 1. *Erwinia carotovora* isolates and their virulence used in this study

Isolate	Host	Location	Virulence(%)
ATCC15713			19.3
EC-1	Chinese cabbage	Korea(Ahnsung)	7.6
EP-1	Potato	Korea(Gangnung)	16.3
EP-3	Potato	Korea(Pyeongchang)	8.0
EP-4	Potato	Korea(Pyeongchang)	14.3
EWS-1	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	11.0
EWS-2	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	11.9
EWS-3	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	12.6
EWS-4	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	12.7
EWS-5	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	11.0
EWS-6	Chinese cabbage	Korea(Gangnung)	16.7
LMG2432	Poppy	Holland	11.3
LMG2434	Red pepper	America	6.2

배추 품종

저항성 검정을 위한 배추는 국내 3개 종묘 회사와 대학의 연구진으로부터 43개의 배추 품종 및 계통을 분양 받았다. 43개 배추 품종 및 계통 중에는 미국 Cornell 대학교에서 저항성 품종으로 선발한 C3-26, C3-28 그리고 C3-29등이 포함되어 있다(Rend 등, 2001b). 모든 배추는 직경 7.5cm 포트에 직접 파종하여 유리온실에서 키웠으며 파종 후 4주된 배추 10주씩을 실험 재료로 사용하였다.

Mineral oil 접종법

ATCC15713(10^8 cfu/ml) 현탁액과 멸균한 mineral oil(Sigma Chemical Co.)을 4:1로 혼합하여 잘 섞은 후 10ml를 배추의 중앙 기부에 관주 접종하였다. 대조구로는 증류수와 mineral oil을 4:1로 혼합하여 접종하였다.

품종별 저항성 스크리닝

Mineral oil 접종법에 의해 유발된 무름병 발생 정도를 4단계로 구분하여 배추 품종별 저항성 정도를 저항성, 중도 저항성 그리고 감수성으로 조사하였다(Fig. 1).

칼슘 및 질소 시비가 병발생에 미치는 영향조사

칼슘 비료 7종을 가지고 0.1, 0.2, 1%로 배추 유묘(강력여름)에 엽면 살포하였다. 배추는 유리온실에서 4주 육묘한 것을 사용하였으며 mineral oil 접종법을 이용하여 병원균을 접종하여 무름병 발생을 조사하였다. 7종의 칼슘 비료중 무름병 방제에 효과가 높게 나타난 calcium hydroxide로 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1% 수용액을 엽면시비 하였다. 질소 처리는 유안을 Kg soil당 0.01, 0.05, 0.1, 0.5g로 표토에 처리하였다. 칼슘과 질소 처리 7일 후 mineral oil 접종법에 의해 병접종을 하였으며 무름병 발생정도를 4단계로 구분하여 병조사를 하였다. 포장 시험은 칼슘, 질소, 칼슘과 질소 혼합 처리로 실시하였으며 발병직전 7일간격으로 3회 처리하였다. 무름병의 단계별 발병정도 조사기준(발병도)은 육안 조사를 통해 4단계로 나누어 조사하였다(Fig. 1).

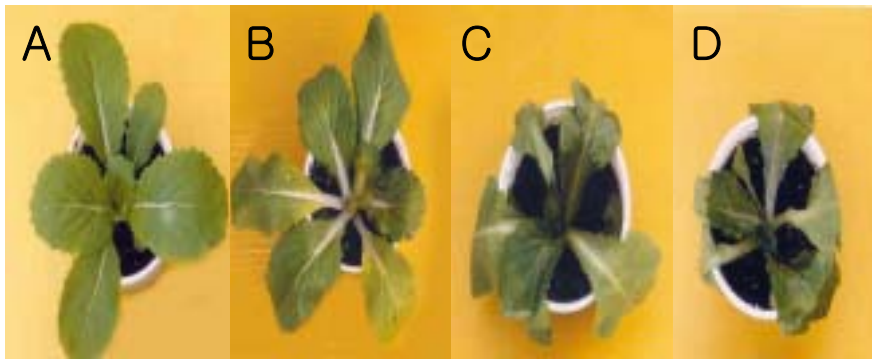


Fig. 1. Disease severity rating scale of soft rot induced by mineral oil inoculation method. A: 0 = No diseased, B: 1 = 0-25% of leaf area diseased, C: 2 = 25-50% of leaf area diseased, D: 3 = 50-100% of leaf area diseased.

***In vitro* 약효검정**

• Paper disc 방법

실험에 사용된 무름병 방제 약제는 streptomycin을 함유한 농용신 수화제(streptomycin, 20%), copper hydroxide를 함유한 코사이드 수화제(copper hydroxide, 77%), oxolinic acid를 함유한 일품 수화제(oxolinic acid, 20%), acibenzolar-S-methyl 수화제(5%), validamycin을 함유한 아문다 액제(validamycin, 5%), SNU- 32715(50%), 비병원성 *Erwinia*를 이용한 Biokeeper 수화제(avirulent *Erwinia* 5×10^{10} cfu/g), bronopol WG(98%), calcium hydroxide와 이들의 혼합제를 사용하였다. 이들 약효를 검정하기 위하여 121°C에서 15분간 멸균한 후 약 45°C로 식힌 potato dextrose agar(PDA)배지 500ml에 병원성이 우수한 균주의 세균현탁액(10^8 cfu/ml) 10ml을 넣고 잘 섞어 Petri plate에 분주하였다. 멸균된 유리 Petri plate에 항생제 스크리닝에 사용되는 직경 8 mm의 멸균된 paper disc를 놓고 무름병 방제 약제를 처리 농도별로 50 μ l씩 점적하였다. 약제를 처리한 paper disc는 1시간 동안 clean bench에서 건조시킨 후, PDA 배지 위에 paper disc를 뒤집어 치상한 다음 28°C에서 2일간 배양한 후에 clear zone의 크기를 측정하였다.

• 감자 절편 방법

정해진 농도로 조절한 무름병 방제 약제의 용액에 준비한 감자 절편을 1시간 동안 담근 후 꺼내고 1시간 동안 풍건하였다. 병발생을 위해 10^8 cfu/ml로 조정된 세균현탁액 0.1 ml씩 접종하였고 무처리는 0.1 ml의 멸균수를 처리하였다. 2일 후 감자 괴경을 흐르는 물로 부패 부위를 씻어 제거하고 1시간 건조시킨 후 무게를 재어 접종 전의 무게와 비교하였다.

유묘 약효검정

내서성 및 내추대성 품종으로 고랭지 농민들이 재배를 선호하는 '강력여름배추'를 포트 (직경: 7.5cm)에 직접 파종하여 유리온실에서 육묘하였다. Acibenzolar-S-methyl은 균접종 5일전에, 나머지 약제들은 균접종 1일전에 약액이 잎에 충분히 묻도록 엽면살포하였다. 접종은 무름병균 ATCC15713(10^8 cfu/ml)의 현탁액과 멸균한 mineral oil(Sigma Chemical Co.)을 4:1로 혼합하여 잘 섞은 후 10 ml를 배추의 중앙 기부에 관주 접종하는 mineral oil 접종법을 사용하였다(이, 2002). 처리당 배추 10주씩 접종하여 발병정도를 조사하고 약효를 검정하였다.

포장 약효시험

약제들에 대한 포장 시험을 하기 위해 산촌배추와 강력여름배추를 온실에서 30일 동안 육묘하였다. 시험은 2000년(산촌배추), 2001년(강력여름배추), 2002년(산촌배추)등 3년간에 걸쳐 실시하였으며, 온실에서 육묘된 배추를 강릉시 왕산면 고랭지(해발 720m) 포장에 이식하여 재배하였

다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였으며 재배방법은 농가관행에 따라 수행하였다. 약제는 발병직전 7일 간격으로 4회 경엽 살포하였다. 무름병의 단계별 발병정도 조사기준(발병도)은 육안 조사를 통해 0 = 무발병, 1 = 외엽의 일부가 발병, 2 = 외엽에 발병하고 결구엽의 일부가 발병, 3 = 결구엽의 대부분 발병 등 4단계로 나누어 조사하였다.

Acibenzolar-S-methyl의 잔류분석

Acibenzolar-S-methyl 5% 수화제 2000배액을 결구초기의 산촌배추에 살포하였으며, 살포 1, 5, 7, 14일 후 겉잎과 중간잎을 각각 취하여 생체중을 측정하고, 분석을 위하여 -40℃ 저온고에 저장하였다. 잔류분석은 Scarponi 등(2001)이 토마토에서 잔류 분석을 위하여 수행한 방법을 그대로 이용하였다. HPLC분석을 위하여 영국의 International Sorbent Technology사의 SPE cartridges ENV+(sorbent mass 200mg)을 이용하였다.

무름병 방제를 위한 처리 제형 개발

2000년부터 2002년에 걸쳐 수행한 포장시험 결과를 토대로 acibenzolar-S-methyl 수화제와 Biokeeper 및 이들의 혼합제를 이용하여 처리 제형을 개발하기 위해 실험을 실시하였다. Acibenzolar-S-methyl과 비병원성 *Erwinia*와의 합제 사용을 위하여 acibenzolar-S-methyl이 비병원성 *Erwinia*의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 acibenzolar-S-methyl 100, 1000ppm이 들어간 약제 배지를 제조하였다. 제조한 배지에 비병원성 *Erwinia*를 배양하여 생장에 미치는 영향을 조사하였다. 유묘 검정에서는 acibenzolar-S-methyl과 비병원성 *Erwinia* 단제, acibenzolar-S-methyl과 비병원성 *Erwinia*의 합제 및 acibenzolar-S-methyl과 oxolinic acid 합제를 배추 유묘를 이용하여 포장 사용농도보다 낮게 약제를 처리하였다. 유묘검정 결과를 토대로 acibenzolar-S-methyl, streptomycin, oxolinic acid, 비병원성 *Erwinia*의 단제 그리고 단제와 acibenzolar-S-methyl과의 합제를 처리하였다. 포장시험은 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였으며 약제는 발병직전 7일 간격으로 4회 경엽 살포하였다. 무름병의 단계별 발병정도 4단계로 나누어 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

배추 무름병에 대한 저항성 품종 스크리닝

병접종 시험과 *in vitro* 검정 시험 및 유묘검정 시험을 위한 병원균을 선발하기 위하여 분리 및 분양받은 13균주의 병원력을 조사하였다. ATCC15713 균주 및 EWS-6와 EP-1 균주가 감자 절편을 이용한 시험에서 병원력이 높게 나타났다(Table 1, Fig. 2). 따라서 ATCC15713 균주를 본 실험의 배추 무름병에 대한 저항성 품종 스크리닝과 약제 선발용 접종 균주로 사용하였다.

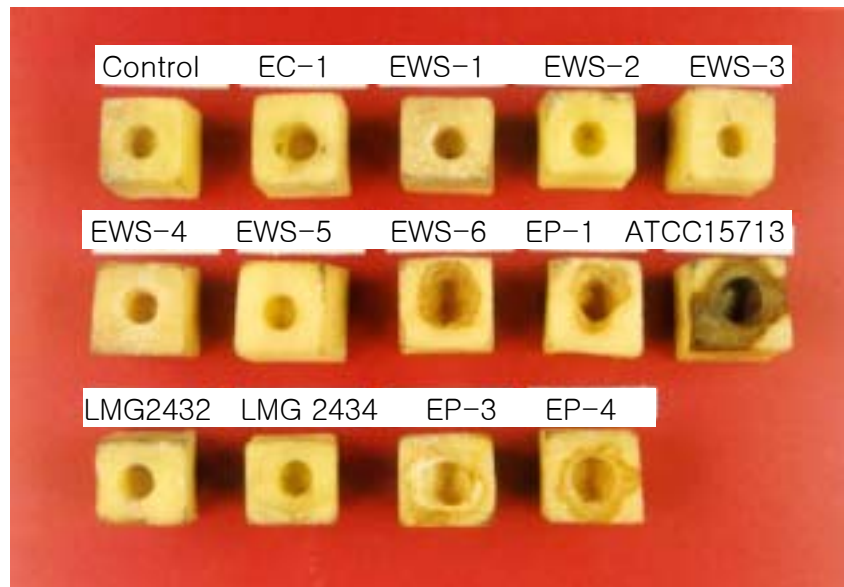


Fig. 2. Virulence comparison of *Erwinia carotovora* isolates on potato slice.

Mineral oil 접종법을 이용하여 공시된 43개의 배추품종 및 계통의 저항성 정도를 비교한 결과 C3-26, C3-28, C3-29, C29-51-51-53은 저항성인 것으로 나타났다. 강타배추, 금촌얼갈이, 미니배추, 금빛(Yellow King No. 2), DB50, 지부, 평층, 산촌은 감수성인 것으로 나타났으며, 나머지는 중간정도의 저항성을 나타냈다(Table 2, Fig. 3). C3-26, C3-28, C3-29는 Cornell 대학교에서 무름병에 저항성인 재료를 얻어 병 저항성 집단을 만들고 순환선발법으로 그 집단을 어느 정도 고정하여 분양한 무름병 저항성 계통이다. Mineral oil을 이용한 접종은 기존의 접종법이 상처를 내서 무름병을 유발한 것과는 달리 세균현탁액과 mineral oil 접종만으로도 무름병을 유발할 수 있다(이, 2002). 이는 mineral oil이 조직 내에 혐기적인 조건을 만들어 주고 mineral oil 막이 수분 증발을 억제시키는 효과가 있는 것으로 생각된다. Cornell 대학교에서 분양 받은 계통들을 갖고 배추 품종별 저항성을 시험한 결과, C3-26, C3-28, C3-29 배추가 저항성이 높게 나타나 같은 재료를 가지고 엽기부 접종법(point inoculation method)으로 시험을 수행한 다른 연구자와 유사한 결과를 나타냈다(Jun, 1998; 김과 전, 1999).

이 mineral oil접종법은 유통기에 저항성을 검정할 수 있는 방법으로 포장에서 결구기까지 기다리던 시간을 절약할 수 있는 좋은 품종 저항성 검정 방법이다.

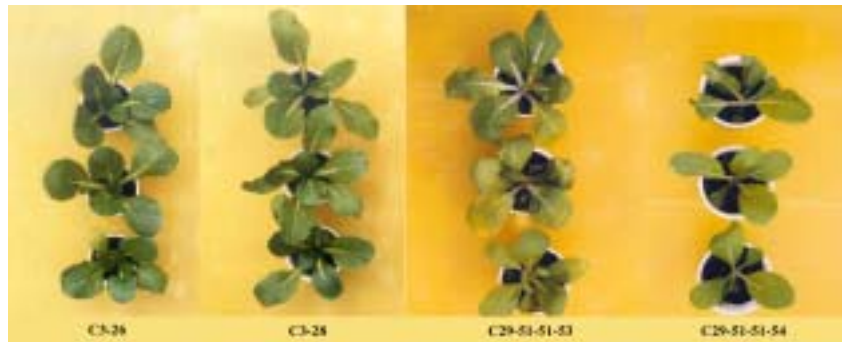
Table 2. Disease ratings to soft rot of Chinese cabbage cultivars and selected breeding lines

Cultivar or line	Disease index ^a
87-114	1.1 abcde ^b
Bukkyoung No.1	1.6 abcde
C3-26	0.4 ab
C3-28	0.3 a
C3-29	0.7 abc
C29-51-51-52	1.3 abcde
C29-51-51-53	0.3 a
C29-51-51-54	1.0 abcd
Charming yellow	1.7 abcde
CR-hagae	1.6 abcde
CR-green	1.5 abcde
CRsanchon	1.4 abcde
Gaenari	1.9 bcde
DB29	1.8 bcde
DB50	2.1 cde
Fallforcer	1.6 abcde
Gangta	2.2 de
Gumchonyealga	2.2 de
Hagisokum	1.1 abcde
Hanyeurum	1.4 abcde
Heukjangmi	1.8 bcde
Heukjinju	1.3 cde
Jangmi	1.9 bcde

Jibu	2.2 cde
Jung il pum	1.4 abcde
Jungsang	1.7 abcde
Kanghan	1.8 bcde
Kangruckyeurum	1.9 bcde
Khunyeurum	1.7 abcde
Mini	2.2 de
Nokbo	1.7abcde
Noransok	1.9 bcde
Pyungchung	2.5 e
Sanchon	2.1 cde
Seoul	1.7 abcde
Sevensrat	1.6 abcde
Shinchun No.1	1.7 abcde
TP	1.4 abcde
Whangsimbong	1.4 abcde
Whangsung	1.8 bcde
Yellow King No.2	2.1 cde
Yellow Queen	1.8 bcde
Yeurmsanchon	1.9 cde

^a0 = No diseased, 1 = 0-25% of leaf area diseased, 2 = 25-50% of leaf area diseased and 3 = 50-100% of leaf area diseased.

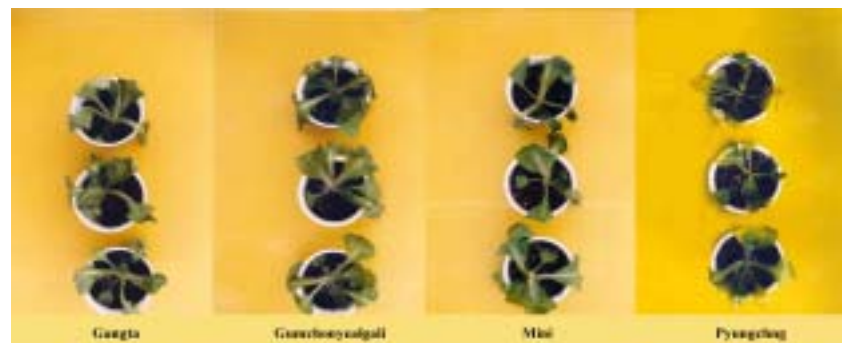
^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



Resistant



Moderately resistant



Susceptible

Fig. 3. Disease responses to soft rot of cultivars and selected breeding lines of Chinese cabbage.

칼슘 및 질소 시비가 병발생에 미치는 영향조사

칼슘 0.1%를 배추유묘에 엽면 살포한 후 병접종할 때, calcium sulfate와 calcium carbonate의 경우는 무처리와 비슷한 정도로 발병하였다. 그러나 calcium hydroxide를 포함한 calcium 비료는 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내게 병발생을 억제하였다(Table 3). 0.2%와 1% 처리에서도 비슷한 경향으로 calcium carbonate를 제외한 나머지 calcium 비료가 병발생을 억제하였고 그중에서도 calcium hydroxide는 다른 calcium 비료들보다 통계적으로 유의성이 있게 병발생을 억제하였다(Table 3).

Calcium 비료중 배추 무름병 발생을 억제하는 것으로 나타난 Calcium hydroxide의 농도별 발병에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 4). 0.1%에서 1%까지 조사한 결과 농도간에는 발병에 미치는 영향에 차이가 없었으나 무처리와 비교하여 발병은 억제되었다. 질소 시비가 병발생에 미치는 영향을 조사한 결과 0.01, 0.05, 0.1g/Kg soil를 처리하였을 때 무처리와 비슷한 정도의 병발생을 나타냈으며 0.5g/Kg soil을 토양에 처리할 때 병발생이 크게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

포장 시험에서 질소시비와 calcium hydroxide가 배추 무름병 발병에 미치는 영향을 조사하였다. 질소비료 시비는 무처리와 비슷한 정도의 병발생을 나타냈다. 그러나 calcium hydroxide 단독처리와 질소와 칼슘을 함께 처리할 때는 무처리보다 발병이 적게 나타났다(Fig. 6). 이는 치커리에서 병 발생이 질소 처리에서는 향상되고 칼슘 처리에서는 감소 되었다는 것과 같은 결과를 나타냈다(Schober와 Vermeulen, 1999).

Table 3. Effect of several calcium fertilizer on the suppression of bacterial soft rot on Chinese cabbage caused by *Erwinia carotovora* under seeding test condition

Treatment	Disease Index ^a		
	0.1%	0.2%	1%
Calcium Nitrate	1.5 bc ^b	1.6 b	1.5 bc
Calcium Chloride	1.8 bc	1.5 b	1.7 b
Calcium Oxide	1.3 c	1.2 b	1.0 cd
Calcium Hydroxide	0.8 d	0.5 c	0.7 d
Calcium Sulfate	1.9 ab	1.6 b	1.1 cd
Calcium Phosphate	1.6 bc	1.5 b	1.4 bc
Calcium Carbonate	2.4 a	2.7 a	2.4 a
Control	2.4 a	2.4 a	2.4 a

^a0 = No diseased, 1 = 0-25% of leaf area diseased, 2 = 25-50% of leaf area diseased and 3 = 50-100% of leaf area diseased.

^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

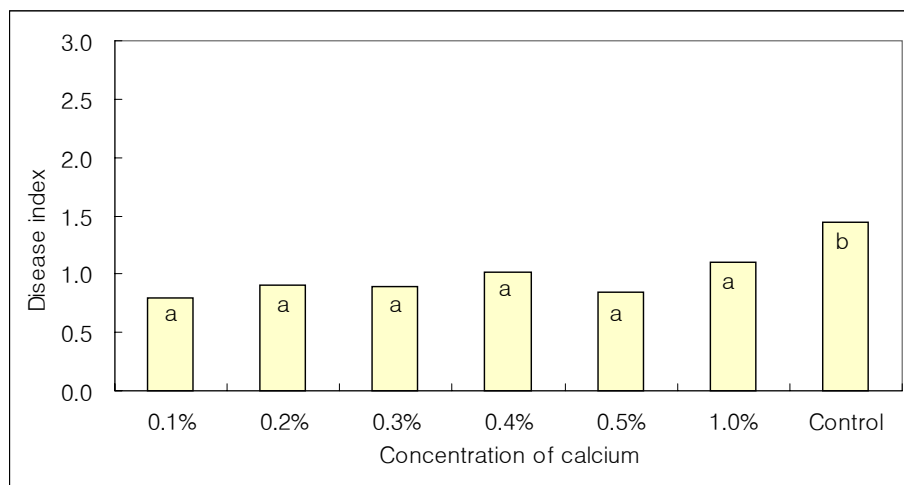


Fig. 4. Effect of calcium hydroxide fertilizer on bacterial soft rot on Chinese cabbage caused by *Erwinia carotovora* under seedling test condition.

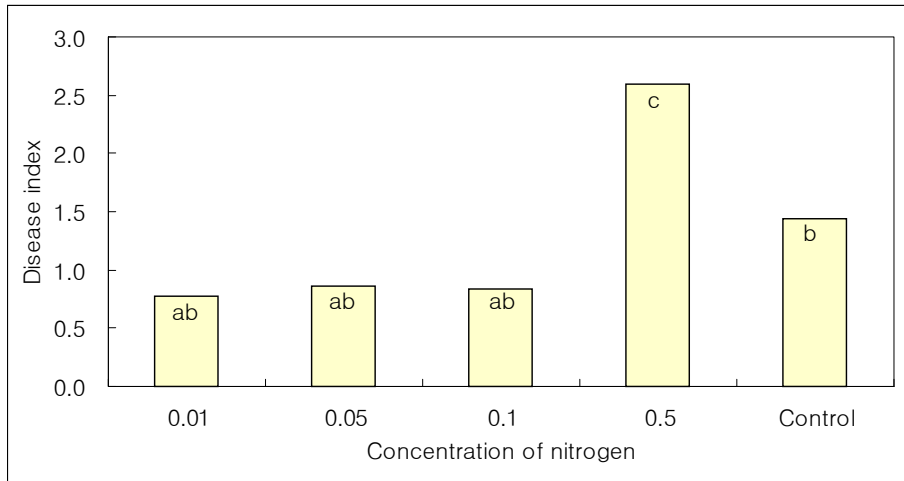


Fig. 5. Effect of nitrogen fertilizer on bacterial soft rot on Chinese cabbage caused by *Erwinia carotovora* under seedling test condition.

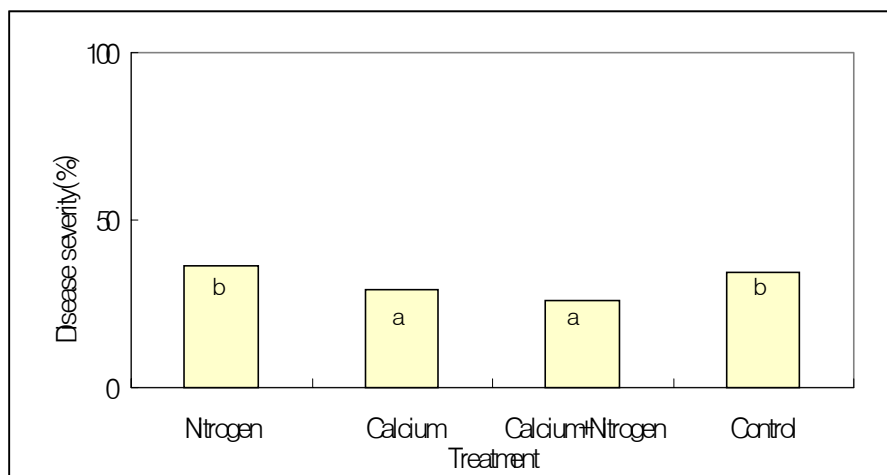


Fig. 6. Effect of nitrogen and calcium hydroxide on bacterial soft rot caused by *Erwinia carotovora* in the Chinese cabbage fields located in Daekwallyong alpine area in 2003.

무름병 방제를 위한 우수 약제 선발

In vitro 약효검정

• Paper disc 방법

Bronopol과 항생제인 streptomycin과 oxolinic acid등은 병원세균에 대한 약효를 검정한 결과 clear zone이 뚜렷하게 형성되며 병원균의 생장을 크게 억제하였다(Table 4, Fig. 7.) 보호 살균제인 copper hydroxide도 병원균의 생장을 억제하였다. 그러나, 식물 활성제의 하나로 식물에 처리하면 식물 전신 획득 저항성(systemic acquired resistance; SAR)을 일으키는 acibenzolar-S-methyl(ASM)과 SNU-32175는 clear zone을 전혀 형성하지 못하였다. 또한 calcium hydroxide도 clear zone을 전혀 형성하지 못한 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과는 병원세균의 몇가지 의학 및 농용 항생제에 대한 감수성 비교를 위해 paper disc 방법을 이용한 기존의 결과와 같은 경향을 나타냈다(이와 김, 1996). 따라서 이 방법은 항생제와 같이 병원균의 생장을 직접 억제하는 약제들의 약효를 검정하는데 효과적으로 이용할 수 있는 방법으로 판단되었다.

Table 4. Inhibitory effect of several chemicals on the growth of *Erwinia carotovora* in a paper disc method

Chemical	Concentration (ppm)	Clear zone size (mm)
Acibenzolar-S-methyl WP	10,000	0
Avirulent <i>Erwinia</i> WP	10,000	10.3
Bronopol WG	10	0
	100	10.5
	1,000	20.1
	10,000	37.4
Calcium hydroxide WP	10,000	0
Copper hydroxide WP	1,000	11.1
	10,000	15.5
Oxolinic acid WP	10	9.5
	100	13.6
	1,000	17.5
	10,000	22.8
SNU-32715 WP	10,000	0
Streptomycin WP	10	0
	100	9.4
	1,000	12.7
	10,000	23.5
Validamycin-A L	10,000	0
Control	-	0

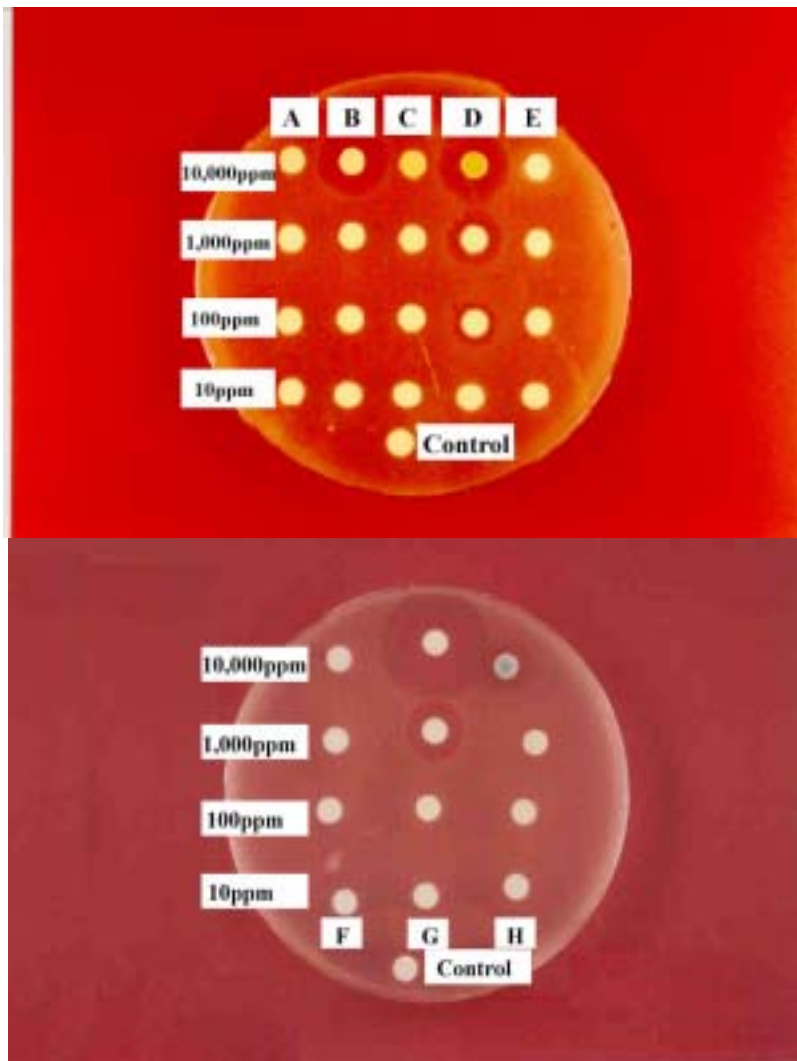


Fig. 7. Growth inhibition of *Erwinia carotovora* tested by paper disc method on PDA. A; Validamycin-A L, B; Streptomycin WP, C; Acibenzolar-S-Methyl WP, D; Oxolinic acid WP, E; SNU-32715 WP, F; Calcium hydroxide, G; Bronopol WG, H; Copper hydroxide WP.

• 감자 절편 방법

직접 살균제인 streptomycin과 quinoline계 살균제인 oxolinic acid는 10 ppm부터 10,000 ppm 까지 모두 90% 이상 감자 절편의 부패를 억제하였으며, bronopol은 10,000 ppm에서 87.7%의 억제율을 나타냈다(Table 5, Fig. 8). 그러나 식물 활성제인 acibenzolar-S-methyl과 SNU-32175, calcium hydroxide 등은 감자 절편의 부패를 크게 억제시키지 못하였다.

Table 5. Effect of several chemicals on the suppression of bacterial soft rot in potato slice caused by *Erwinia carotovora*

Chemical	Concentration (ppm)	Inhibition of rotting (%)
Acibenzolar-S-methyl WP	10	7.4
	100	2.4
	1,000	15.1
	10,000	13.1
Avirulent <i>Erwinia</i> WP	10	36.0
	100	65.0
	1,000	77.3
	10,000	77.1
Bronopol WG	10	13.4
	100	10.4
	1,000	44.9
	10,000	87.7
Calcium hydroxide WP	10,000	0
Copper hydroxide WP	10	19.4
	100	3.5
	1,000	46.6
	10,000	55.3
Oxolinic acid WP	10	92.8
	100	93.0
	1,000	96.0
	10,000	92.6
SNU-32715 WP	10	20.3
	100	15.0
	1,000	7.0
	10,000	3.4
Streptomycin WP	10	93.6
	100	94.8
	1,000	95.7
	10,000	93.3
Validamycin-A L	10	17.1
	100	7.6
	1,000	4.9
	10,000	7.2
Control	-	0

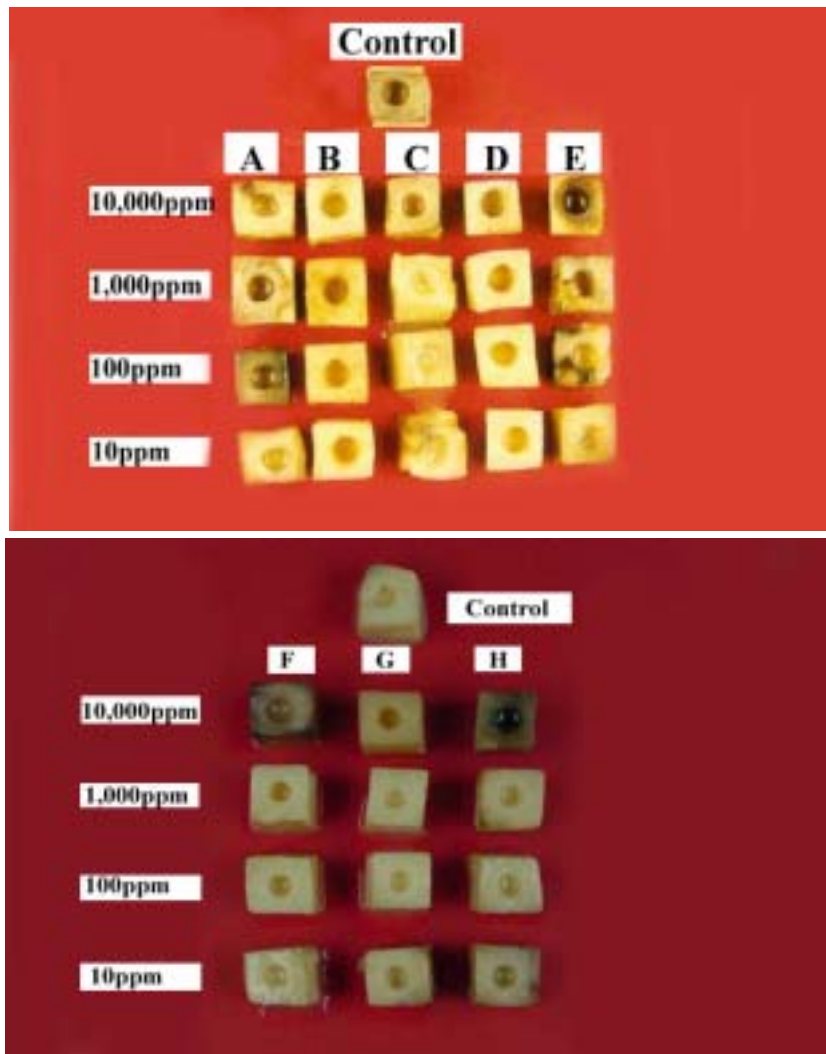


Fig. 8. Rotting inhibition of potato slice treated with different chemicals against *Erwinia carotovora*. A; Validamycin-A L, B; Streptomycin WP, C; Acibenzolar-S-Methyl WP, D; Oxolinic acid WP, E; SNU-32715 WP, F; Calcium hydroxide, G; Bronopol WG, H; Copper hydroxide WP.

유묘 약효 검정

배추(강력여름배추) 유묘를 이용한 생물 검정에서 Biokeeper(비병원성 *Erwinia*)는 83.5%의 방제가를 나타냈고, 직접 살균제인 항생제 streptomycin과 oxolinic acid, validamycin-A는 91.2%, 95.2%, 57.5%의 방제가를 보였다(Table 5). 보호살균제인 구리제는 79.9%의 방제가를 나타냈다. Acibenzolar-S-methyl을 사과나무의 어린줄기에 처리하였을 때 화상병이 69% 방제되었고(Brisset 등, 2000), 유묘기 고추에 처리하였을 때 세균성점무늬병이 80%이상 방제되었다(Buonauro 등, 2002). 그러나 본 실험에서 acibenzolar-S-methyl은 방제가가 매우 낮았다. 또한 acibenzolar-S-methyl은 강력여름배추 신초에 수침상을 입히고 결국엔 포기 전체가 갈변하는 약해를 유발하였다.

포장 약효 시험

2000년 포장 시험(산촌배추)에서 식물활성제인 acibenzolar-S-methyl은 높은 방제효과를 나타냈다(Table 6, Fig. 8). 이는 사과나무 화상병에 acibenzolar-S-methyl을 처리하였을 때와 유사한 경향이였다(Brisset 등, 2000). 그러나 2001년 강력여름배추의 포장 시험에서 acibenzolar-S-methyl은 유묘 검정에서와 마찬가지로 약해를 일으켜 방제 효과가 낮게 나타났다(Table 6). 그렇지만 항생제인 streptomycin과 oxolinic acid는 방제 효과가 매우 우수하였으며 식물활성제 SNU-32715 WP의 효과도 높게 나타났다. 2002년 산촌배추로 포장 시험한 결과 항생제와 구리제와의 합제, Biokeeper, 식물활성제 acibenzolar-S-methyl WP도 무름병에 어느 정도의 방제 효과가 있는 것으로 나타났다(Table 6, Fig. 9). Takahara (2002)은 Biokeeper로 1993년부터 1996년까지 포장 시험한 결과 높은 방제 효과를 나타냈다고 보고 하였는데, 본 연구결과에서도 유사한 결과를 나타냈다. 비병원성 *Erwinia*균은 병원성균과 경쟁관계에 있으며 더욱이 박테리오파지와 같은 물질을 분비함으로써 다른 strain 또는 유사종들을 사멸케 한다. 2002년 포장시험에서 acibenzolar-S-methyl과 구리제의 합제 사용이 단제 사용보다 효과적으로 무름병을 방제한 것과 비슷한 결과를 나타냈다(Buonauro 등, 2002). 그리고 구리제와 streptomycin 합제가 높은 방제가를 나타냈다는 것과는 같은 결과를 나타냈다(주, 2002). 이러한 보고 내용은 혼합제를 사용할 경우 기존 살균제의 작용점 단일성에 의한 저항성균 출현을 보완할 수 있고, 기존 약량보다 낮게 사용하여도 높은 방제 효과를 나타낼 수 있어 환경 오염을 경감시킬 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 이 실험 결과를 토대로 최적의 혼합비율을 찾고, 식물 활성제와 살균제, 보호제와의 혼합제 시험을 계속한다면 기존의 농약 살포량보다 적은 양으로 효과적으로 무름병을 방제할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 6. Effect of several chemicals on the control of bacterial soft rot on Chinese cabbage caused by *Erwinia carotovora* under seedling test condition

Chemical ^a	Disease severity (%)	Control value (%)
Acibenzolar-S-methyl Wp	63.3 c ^b	7.3
Avirulent <i>Erwinia</i> WP	11.3 ab	83.5
Copper hydroxide WP	13.7 ab	79.9
Oxolinic acid WP	3.3 a	95.2
Streptomycin WP	6.0 a	91.2
Validamycin-A L	29.0 b	57.5
Control	68.3 c	-

^aWP; Wettable power, WG; Water dispersible granule, L; Liquid.

^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 7. Soft rot control by different chemicals in the Chinese cabbage fields located in Daekwallyong alpine area in 2000, 2001 and 2002

Year	Chemical	Disease severity (%)	Control value (%)
2000	Acibenzolar-S-methyl WP	13.0 a ^a	77.1
	Oxolinic acid WP	29.0 ab	33.6
	Probenazole G	33.7 ab	22.9
	Streptomycin WP	31.7 ab	27.8
	Validamycin-A L	27.7 ab	36.6
	Control	43.7 b	-
2001	Acibenzolar-S-methyl WP	10.6 ab	24.1
	Oxolinic acid WP	3.9 a	71.8
	SNU-32715 WP	3.3 a	76.0
	Streptomycin WP	5.0 ab	64.0
	Validamycin-A L	5.6 ab	60.0
	Control	13.9 b	-
2002	Acibenzolar-S-methyl WP	12.2 bc	48.4
	Avirulent <i>Erwinia</i> WP	9.3 a	60.9
	Bronopol WG	6.3 bc	31.3
	Calcium hydroxide	23.0 abc	3.1
	Copper hydroxide WP	6.7 bc	71.9
	Oxolinic acid WP	21.1 abc	10.9
	Streptomycin+copper hydroxide	4.8 a	79.7
	Streptomycin WP	28.9 c	0
	Validamycin+Streptomycin WP	9.6 ab	59.4
Control	23.7 b	-	

^aMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

A



Fig. 9. Soft rot control by different chemicals in the Chinese cabbage fields in 2000. A; Acibenzolar-S-methyl WP, B; Oxolinic acid WP, C; Probenazole G, D; Streptomycin WP, E; Validamycin-A L, F; Control.

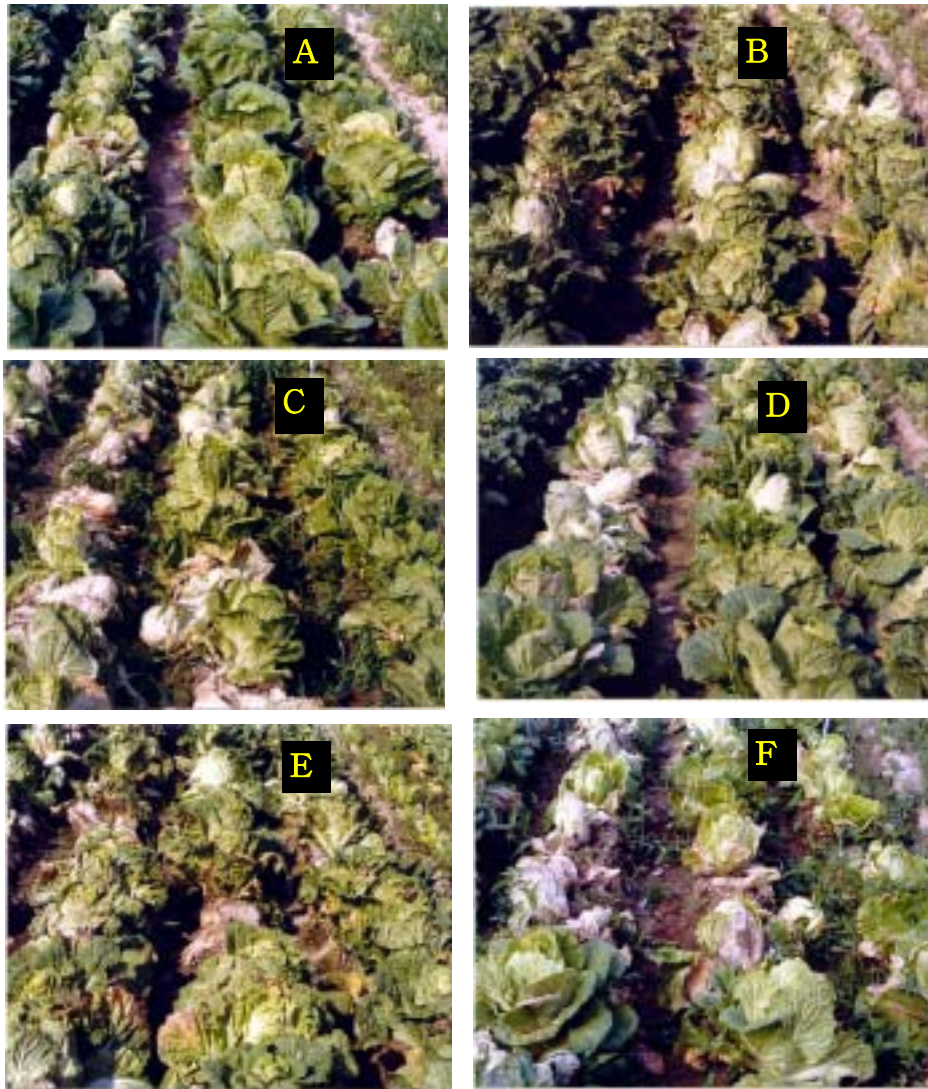


Fig. 10. Soft rot control by different chemicals in the Chinese cabbage fields in 2002. A; Acibenzolar-S-methyl WP, B; Avirulent *Erwinia* WP, C; Bronopol WG, D; Calcium hydroxide, E; Copper hydroxide WP, F; Control.



Fig. 10. Continued. G; Oxolinic acid WP, H; Streptomycin WP, I; Streptomycin + copper hydroxide WP, J; Validamycin+Streptomycin WP.

Acibenzolar-S-methyl의 잔류분석

2000년과 2002년 포장시험에서 약효가 높게 나타난 식물활성제 acibenzolar-S-methyl를 결구초기의 산촌배추에 살포 1, 5, 7, 14일 후 겉잎과 중간잎을 각각 취하여 잔류분석을 수행하였다. 먼저 HPLC분석을 위하여 SPE cartridges ENV+(sorbent mass 200mg)을 이용하여 표준 약제와 약제처리된 배추에서의 chromatogram을 비교하였다(Fig. 11). 경시적으로 약제의 잔류를 조사한 결과 약제처리 당일과 1일 후에 채집한 배추에서는 약제가 잔류하는 것으로 나타났다(Fig. 12, Table 7). 그러나 1일 후 검출양도 생체중 1g당 1.14 ± 0.44 이었으며, 5일 이후에 채집한 배추에서는 전혀 검출이 되지 않았다(Table 8).

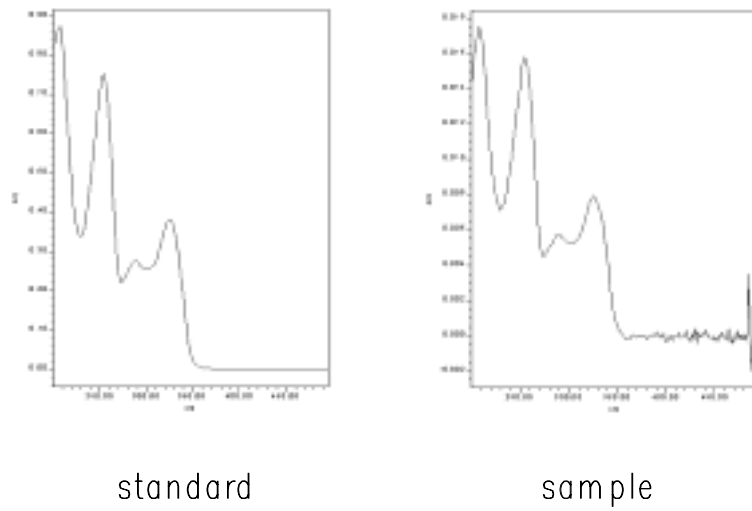


Fig. 11. Representative HPLC of a standard of acibenzolar-S-methyl and a sample of acibenzolar-S-methyl treated leaves of chinese cabbage.

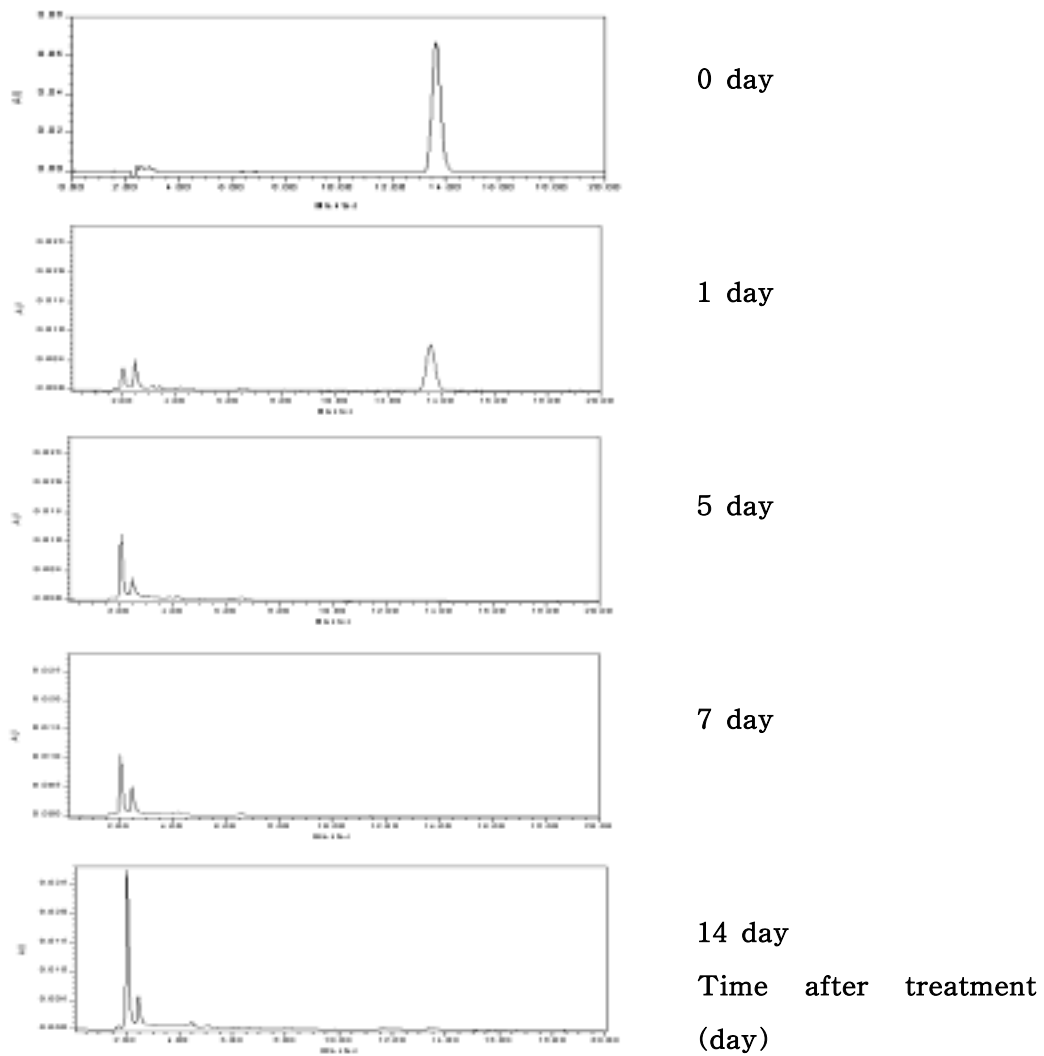


Fig. 12. Residues of acibenzolar-S-methyl in treated leaves of chinese cabbage.

Table 8. Residue of acibenzolar-S-methyl on leaves of Chinese cabbage

Plant Sample	Concentration ($\mu\text{g/g}$ fresh weight)
1 DAT ^a	1.14 \pm 0.44 ^b
5 DAT	ND
7 DAT	ND
14 DAT	ND

^aDAT = Days after treatment.

^bMean of 7 replicates \pm standard deviation.

무름병 방제를 위한 처리 제형 개발

Acibenzolar-S-methyl 100ppm, 1000ppm이 들어간 약제 배지에 비병원성 *Erwinia*를 배양한 결과 무처리 배지에서 뿐만아니라 약제 처리배지에서도 비병원성 *Erwinia*가 성장하였다(Fig. 13). 따라서 비병원성 *Erwinia*는 acibenzolar-S-methyl와 합제로 처리가 가능하였다. 유묘검정을 통한 제형별 처리에서 acibenzolar-S-methyl과 oxolinic acid의 혼합제가 acibenzolar-S-methyl이나 Biokeeper 단제보다 방제 효과가 뛰어났으며 acibenzolar-S-methyl과 Biokeeper의 합제도 방제 효과가 높게 나타났다(Table 9). 포장 시험 결과 acibenzolar-S-methyl과의 합제를 처리가 acibenzolar-S-methyl, streptomycin, oxolinic acid, 비병원성 *Erwinia*의 단제 처리보다 효과가 좋게 나타났다(Table 10). 따라서 배추 무름병의 약제 방제로 acibenzolar-S-methyl와 비병원성 *Erwinia*, streptomycin, oxolinic acid의 합제 처리가 종합적인 약제방제를 위한 제형으로 영농현장에서 적용할 수 있는 우수한 방법으로 사료된다.

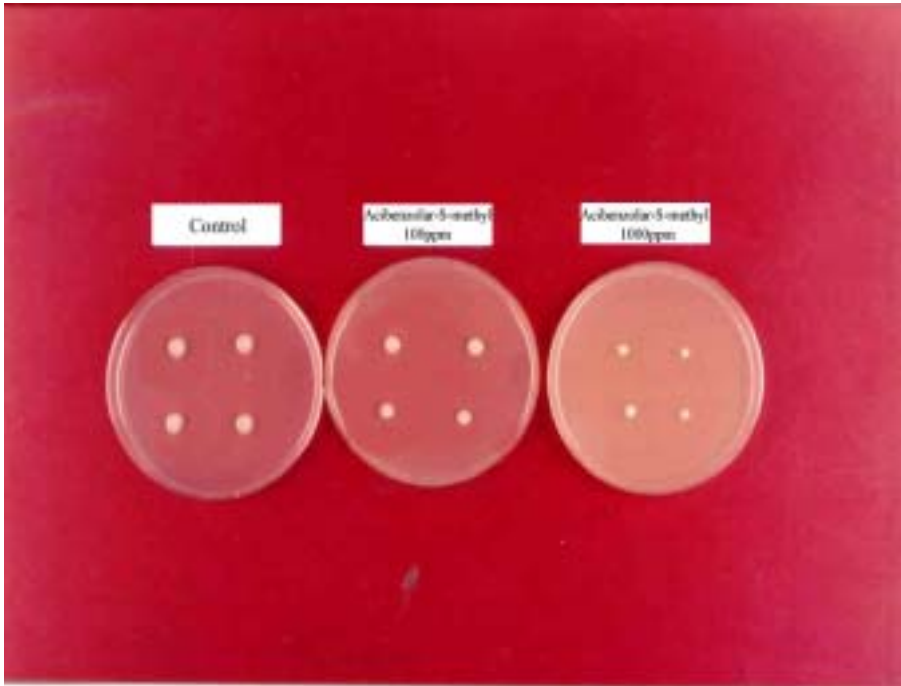


Fig. 13. Growth on avirulent *Erwinia* on nutrient agar medium incorporated with acibenzolar-S-methyl.

Table 9. Effect of acibenzolar-S-methyl, biokeeper, and mixtures on the control of bacterial soft rot on Chinese cabbage caused by *Erwinia carotovora* under seedling test condition in 2003

Chemical	Disease severity (%)	Control value (%)
Acibenzolar-S-methyl Wp	31.6 b ^a	35.6
Biokeeper	13.7 ab	53.8
Acibenzolar-S-methyl+Biokeeper	22.3 ab	53.9
Acibenzolar-S-methyl+Oxolinic acid	20.6 a	58.6
Control	43.7 c	-

^aMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 10. Soft rot control by different chemicals in the Chinese cabbage fields located in Daekwallyong alpine area in 2003

Chemical	Disease severity (%)	Control value (%)
Acibenzolar-S-methyl WP	33.3 a ^a	44.5
Avirulent <i>Erwinia</i> WP	32.2 a	46.3
Oxolinic acid WP	33.1 a	44.8
Streptomycin WP	33.3 a	44.5
Acibenzolar-S-methyl+Biokeeper	29.4 a	51.0
Acibenzolar-S-methyl+Oxolinic acid	28.1 a	53.2
Acibenzolar-S-methyl+Streptomycin	28.9 a	51.8
Control	60.0 b	-

^aMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

라. 참고 문헌

- Agrios, G. N. 1998. 제4판 식물병리학. 월드사이언스. 444-447.
- Bisht, V. B., Bains, P. S. and Letal, J. R. 1993. A simple and efficient method to assess susceptibility of potato to stem rot by *Erwinia cartovora* subspecies. *Am. Potato J.* 70:611-616.
- Brisset, M. N., Cesbron, S., Thomson, S. V. and Paulin, J. P. 2000. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. *Eur. J. Plant Pathol.* 106:529-536.
- Buonaurio, R., Scarponi, L., Ferrara, M., Sidoti, P. and Bertona, A. 2002. Induction of systemic acquired resistance in pepper plants by acibenzolar-S-methyl against bacterial spot disease. *Eur. J. Plant Pathol.* 108:41-49.
- Chatterjee, A., Murata, H. and McEvoy, J. L. 1994. Global regulation of pectinases and other degradative enzymes in *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, the incident postharvest decay in vegetable. *HostScience.* 29:754-758.
- Cole DL(1999) The efficacy of acibenzolar-S-methyl, an inducer of systemic acquired resistance, against bacterial and fungal diseases of tobacco. *Crop Prot.* 18:267-273
- Collmer, A. and Keen, N. T. 1986. The role of pectic enzymes in plant pathogenesis. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:383-409.
- De Boer, S. H. and Kelman, A. 1978. Influence of oxygen concentration and storage factors on susceptibility of potato tubers to bacterial soft-rot(*Erwinia carotovora*). *Potato Res.* 21:65-80.
- Demarty, M., Morvan, C. and Thellier, M. 1984. Calcium and the cell walls. *Plant. Cell Environ.* 7:441-448.
- Fritz, V. A. and Honma, S. 1987. The effect of raised beds, population densities, and planting date on the incidence of bacterial soft rot in Chinese cabbage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:41-44.
- Fraaije, B. A., Appels, M., De Boer, S. H., Van Vuurde, J. W. L. and Vanden Bulk, R. W. 1997. Detection of soft rot *Erwinia* spp. on seed potatoes: conductimetry in comparison with dilution plating, PCR and serological assays. *Eur. J. Plant Pathol.* 103:183-193

- Jackson, A. O. and Taylor, C. B. 1996. Plant-microbe interactions: life and death at the interface. *Plant Cell* 8:1651-1668.
- Jun, W. 1998. Establishment of methods in evaluating the susceptibility of Chinese cabbage (*Brassica campestris* spp.) to soft rot disease. M. S. thesis paper. Chung-Ang Univ. pp1-66.
- Kessmann, H., Staub, T., Hofmann, C., Maetzke, T. and Herzog, J. 1994. Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. *Annu. Rev. phytopathol.*32:439-459.
- Khorshed, A. S. M., Togashi, J., Namai, T. and Ueda, K. 1998. Role of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* sprayed on leaves of Chinese cabbage as a source of inoculum for soft rot. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64:546-551.
- Lapwood, D. H. and Read, P. J. 1985. A simplified slice method for assessing tuber susceptibility of potato cultivars to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Plant Pathol. J.*34:284-286.
- Lapwood, D. H., Read, P. J. and Spokes, J. 1984. Methods for assessing the susceptibility of potato tubers of different cultivars to rotting by *Erwinia carotovora* subspecies *atroseptica* and *carotovora*. *Plant Pathol. J.* 33:13-20.
- Lyon, G. D. 1989. The biochemical basis of resistance of potato to soft rot *Erwinia* spp. *Ann. Rev. Plant Pathol.* 38:313-339.
- McGuire, R. G. and Kelman, A. 1986. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology.* 76:401-406.
- Péombelon, M. C. M. and Kelman, A. 1980. Ecology of the soft rot *Erwinias*. *Ann. Rev. Phytopathol.* 18:361-387.
- Péombelon, M. C. M. and Salmand, G. P. C. 1995. Bacterial soft rot. p.1-20. In:Pathogenesis and Host Specificity in Plant Disease, ed. by Singh, U. S., Singh, R. P., and Kohmoto, K. Elsevier Science, Ltd.
- Ren, J., Perzoldt, R. and Dicksen, M. H. 2001a. Genetics and population improvement of resistance to bacterial soft rot in Chinese cabbage. *Euphytica*.

- 117:197-207.
- Ren, J., Perzoldt, R. and Dickson, M. H. 2001b. Screening and identification of resistance to bacterial soft rot in *brassica rapa*. *Euphytica*. 118:271-280.
- Scarponi L., R. Buonauro and L. Martinetti(2001) Persistence and translocation of a benzothiadiazole derivative in tomato plants in relation to systemic acquired resistance against *Pseudomonas syringae* pv tomato. *Pest Management Science*. 57:262-268
- Schober, B. M. and Vermeulen, T. 1999. Enzymatic maceration of witloof chicory by the soft rot bacteria *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* : the effect of nitrogen and calcium treatment of the plant on pectic enzyme production and disease development. *Eur. J. Plant Pathol.* 105:341-349.
- Smith, C. and Bartz, J. A. 1990. Variation in the pathogenicity and aggressiveness of strains of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* isolated from different hosts. *Plant Dis.* 74:505-509.
- Stommel, J. R., Goth, R. W., Haynes, K. G. and Kim, S. H. 1996. Pepper(*Capsicum annuum*) soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Plant Dis.* 80:1109-1112.
- Takahara, Y. 2000. Biokeeper wettable powder: The research and practical application of microbial pesticide for soft rot disease. In: Biological Control for Crop Protection. Rural Development Administration. p57-65.
- Williams, P. H. 1981. Workshop on screening crucifers for multiple disease resistance. University of Wisconsin, Madison, WI, USA. p.105.
- 김영철, 송동업, 조백호, 정갑채, 김기청. 1993. 식물 세균성 연부병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 Tn5 유발 약병원성 돌연변이주의 선발. 한국식물병리학회지 9:63-69.
- 김종기, 전원. 1999. 배추 품종별 연부병에 대한 저항성 검정과 조직의 생화학적 특성에 관한 연구. *대산논총* 7:109-121.
- 김충희. 1989. 고랭지 배추의 병해와 그 방제. *최신원예*. 흥농종묘출판사. 30:26-31.
- 농촌진흥청. 2000. 고랭지 채소재배기술. 농촌진흥청 고령지농업시험장.
- 이성희. 2002. 배추 세균성무름병에 대한 효과적 접종법과 저항성 유도. *농학석사학위논문*. 충북대학교. p.1-50.

- 이수성, 김종기, 전 원, 최우진. 2001. 배추 무름병 내병성 순계육성. 한국원예학회지 42:682-684.
- 이영근, 김령희. 1996. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 메론의 세균성 무름병 발생. 한국식물병리학회 12:116-120.
- 이은중, 김충희. 1989. 채소병해충 표준영농교본-47. 농촌진흥청. p.30-32.
- 임춘근. 1995. *Erwinia cartovora* subsp. *cartovora*.에 의한 치커리 세균성무름병. 한국 식물병리학회지 11:116-119.
- 조영섭, 박창석, 이순구, 이영근, 임춘근, 차재순, 최용철, 허성기, 황인규. 1999. 식물세균병학. 서울대학교. p.25-28.
- 주영철. 2002. 감자흑각병(potato blackleg disease)의 환경친화적화학방제법연구. 농학 석사학위논문. 강원대학교. p.1-47.
- 최재을. 1989. 포장과 수확후에 채소 부패병을 일으키는 병원세균의 동정-배추의 세균 부패병. 한국식물병리학회지. 5:50-24
- 최재을. 1998. 식물병원세균의 분류. 식물병과 농업 4:57-68.

제 3 절

협동과제 : 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발

1. 고랭지 배추재배지의 시비 및 토양비옥도 실태

가. 서 설

최근 토양환경의 악화로 인한 지하수오염, 식품오염 및 자연생태계의 변화 등 불리한 요인이 현안문제로 대두되고 있는 2000년대의 시비관리는 환경보전을 우선하는 시각에서 검토되어야 할 것이다. 이를 위한 시비관리대책으로는 농산물의 품질을 높이고 안전생산을 지속시키는 면에서 환경친화형 시비, 자원절약 및 생력시비에 바탕을 둔 시비방법으로의 전환이 되어야 하며, 아울러 작물 및 토양특성에 부합하는 기존의 비종은 물론 신비종의 합리적인 선택이 필요하다(Jung et al., 2000 ; Park et al., 1994). 1960~1970년대 다비기준으로 설정된 시비량은 1990년까지 활용해 왔지만 1993년 부터는 노지채소 18작물에 대한 표준시비량의 하향조정(RDA, 1993)과 또한 벼를 포함한 밭작물 및 시설채소 24작물에 대한 표준시비량의 조정 또는 새로운 시비량의 설정(RDA, 1998 ; Lee et al., 1996) 등을 통하여 개선되어 왔다. 따라서 우리나라 시판분을 포함한 화학비료 총소비량은 1995년 962천톤에서 2001년 717천톤으로 25%정도 감소되어 토양중 비료성분의 과다집적방지는 물론 환경오염 경감 및 화학비료의 저투입에 상당히 기여한 것으로 생각된다. 이와 관련하여 평남지 배추에 대한 시비실태 조사결과(Lee et al., 1986 ; Park et al., 1994 ; NIAST, 1999c ; NAAES, 2001b)에 의하면 최근에 와서도 많은 농가는 화학비료를 과용하고 있는 경향이라고 하였다. 기상환경이 특이한 고랭지에서 대부분의 배추재배 농가는 배추를 연작함과 아울러 과잉시비를 반복하고 있기 때문에 해에 따라서 작황이 매우 불안정하다고 알려져 있어서(NAAES, 2001a), 고랭지에서 여름배추의 안전생산을 위한 시비연구 및 지도지침에 기초가 되는 시비실태조사 결과가 절실히 요청되고 있는 실정이다. 본 조사는 친환경 농산물 안전생산을 위한 기초연구 및 기술지도 자료로 이용하고자 고랭지권역의 단경기 주요작물인 여름배추에 대한 시비실태와 토양비옥도를 조사하여 검토한 결과이다.

나. 재료 및 방법

1) 조사지역 및 농가수

농가 시비실태를 알기 위한 작물은 고랭지권역에서 가장 많은 면적을 차지하고 있는 여름배추를 대상으로 하여 2년에 걸쳐 조사하였다. 지역은 북부고랭지로서 조사 지역별 농가수는 정선 17, 태백 12, 삼척 및 평창 각각 9, 강릉 5, 홍천 및 횡성 각각 3농가로서 합계 58농가를 대상으로 조사하였다. 조사한 농가포장은 표고, 경사, 지형 및 토양조건 등으로 보아 재배면적이 대체로 넓은 배추 주산지의 대표포장을 선정하여 배추정식 전후에 조사하였다.

2) 조사항목 및 조사방법

주요 조사항목은 농가포장별 재배면적, 표고, 경사, 토성, 품종 및 정식일 등 현황조사를 실시하였으며, 3요소비료의 농가시비는 단비보다는 주로 복합비료를 사용하고 있는 점을 감안하여 복합비료중에 주성분으로 함유하고 있는 질소, 인산 및 칼리를 구분, 성분량으로 환산하여 나타냈으며, 또한 복합비료의 비중, 3요소의 기비 및 질소, 칼리의 추비 사용량은 물론, 질소와 칼리의 추비횟수도 조사하여 농촌진흥청(NIAST, 1999)에서 권장하고 있는 표준시비법과 비교하였다. 아울러 퇴비 및 석회도 3요소함유 복합비료와 같은 조사방법에 준하여 동일한 시기에 비중 및 기비사용량을 주로 청취 조사하여 실량으로 환산하여 표기하였다. 고랭지 배추에 대한 실태조사 결과에 의하여 농가 3요소 시비량과 작물별 시비처방기준(NIAST, 1999)에 제시되어 있는 배추의 표준시비량과도 비교 검토하였다.

3) 토양시료 채취 및 분석방법

토양의 표준분석방법(NIAST, 2000)에 의하여 분석하였으며, 토양분석을 위한 시료는 주로 작물 재배전에 채취하였지만 부분적으로 배추 생육중에는 비료사용 부위가 아닌 지점을 정하여 채취한 후 풍건후 2 mm체를 통과시켜 pH와 EC는 토양과 증류수를 1:5로 하여 각각 초자전극법과 EC meter로 분석하였고, 유기물함량은 Walkley Black 법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1N NH_4OAc 로 추출하여 측정하였다

다. 결과 및 고찰

1) 고랭지 여름배추 재배지 현황

고랭지 여름배추 주산단지를 대상으로 지역별로 조사한 58 농가포장에 대한 토양물리성을 포함한 현황은 Table 1과 같다. 북부 고랭지권에 속하는 정선, 태백, 삼척 및 평

창 등 7개지역에 대한 1 농가포장당 평균 재배면적은 12,089평으로 다른 작물의 재배 단지에서는 찾아보기 어려울 정도로 넓은 면적을 갖고 있었다. 지역별로 볼 때 최저 2,725평에서 최고 20,083평 정도였다. 표고는 평균 679m이었는데 평균수준에 가까운 645m이상으로 높은 지역인 태백, 정선, 강릉에서 한농가 포장당 10,000평이상의 면적에서 여름배추를 재배하고 있었다. 고랭지권역의 여름배추 재배지의 경사는 심하여 조사한 농가포장의 경우 평균 경사도가 21%이었다. 이러한 조사결과는 농경지로 이용할 수 있는 한계수준인 경사도 15~30%일 경우 면적 구성비가 전국 19.6%, 강원도 22.5%인 점을 고려할 때 고랭지권역이 넓게 분포되어 있는 강원도에서 경사도 15~30%의 면적 구성비가 다소 높은 편이었다(Shin, 2001). 본 조사결과에서 알 수 있듯이 고랭지배추 재배지는 평nan지에서 주로 재배하는 채소작물에 비하여 경사가 아주 심하다는 것을 알았다. 경사가 심하면 강우에 의한 토양침식이 심한데 토양침식에 따른 토양유실은 물론 토양중에 함유되어 있는 양분의 유실이 많은 것이 고랭지의 매우 불리한 토양조건이라 말할 수 있다. 농촌진흥청 농업과학기술원(NIAST, 2000) 발토양 환경보전관리 기술 종합보고서에 의하면 경사도 20%인 밭의 농가관행 농법에서 토양 유실량은 ha당 93.8톤, 질소, 인산 및 칼리 3요소의 유실량은 ha당 72.8kg으로서 매우 많다고 하였다. 토양유실을 방지하면 작물이 재배되는 작토층이 얇아져 결국에는 근권영역이 감소되어 작물의 입지조건이 불리하게 되므로 계단전 조성, 승수로 및 초생대 설치 등에 의한 토양보전 관리가 뒤따라야 한다고 강조하였다(Shin, 2001 ; Jung et al., 2002).

고랭지 여름배추 재배지에서 조사한 토성은 양토내지 사양토이었지만 점토함량이 20~30%(미국 농무부법)에 불과한 사양토가 대부분이었다. 적절한 토양관리를 위하여 조사 및 정리한 결과를 제시한 Yang 등(2001)도 고랭지의 토성은 대체로 양토 내지는 사양토로서 배수가 양호하였고, 대부분 경사지에 위치하여 경작층이 매우 얇았다고 하였다. 또한 자갈함량이 높았을 뿐만 아니라 토양의 경도 역시 높아서 식물의 뿌리신장과 농기구 사용에 지장을 줄 정도라고 덧붙였다.

Table 1. Status of farmers' fields and numbers of varieties of Chinese cabbage

County*	No. of fields	Planted area (3.3m ² /field)	Altitude (m)	Slope (%)	Soil texture	No. of variety	Trans-planting date
PC	9	2,725	575	10.5	SL	4	June 12
HC	3	7,333	605	19.1	SL	3	June 10
HS	3	3,167	410	28.0	SL	2	June 14
KN	5	10,800	700	14.5	SL	3	June 22
JS	17	18,188	677	22.0	CL~SL	5	June 19
TB	12	20,083	1,013	29.0	L~SL	4	June 23
SC	9	4,550	645	18.8	SL	7	June 23
Average	(58)	12,089	679	20.7	CL~SL	3~7	June 19
(Range)		(500~65,000)	(370~1,300)	(0~90)	-	-	(April 27~July 30)

* PC : Pyong-chang, HC : Hong-cheon, HS : Hoeong-seong,
 KN : Kang-nung, JS : Jeong-seon, TB : Tae-back,
 SC : Sam-cheok

여름배추 품종으로는 칠성, 고랭지여름, 강력여름, 대형가락 및 CR (Clubroot Resistant)계통을 포함하여 11개 품종을 사용하고 있었으며, 이들 품종을 4월 27일에서 7월 30일까지 정식을 하고 있는 것으로 보아 수확하여 출하하는 시기는 상당히 분산되고 있음을 짐작할 수 있었다.

2) 고랭지 여름배추에 대한 농가의 3요소 시비량

1999년에서 2001년도에 걸쳐서 여름배추 58 재배농가가 실제 시용한 화학비료의 평균 시비량을 보면 Table 2와 같다. 성분별 시비량은 ha당 질소 444kg, 인산 188kg, 칼리 390kg으로 현재 일반 밭의 배추에 추천하고 있는 표준시비량에 비하여 질소는 1.4배, 인산은 2.4배, 칼리는 2.0배에 상당하는 양으로 나타났다. Park 등(1994)이 고랭지 배추를 포함한 전국의 790여 농가에 대하여 1992년도에 조사한 바에 의하면 화학비료로서 ha당 질소 332kg, 인산 153kg, 칼리 231kg이었다고 하였다. 이러한 결과는 배추의 표준시비량을 상회하고 있지만 고랭지권의 배추농가보다는 적은 양을 사용하고 있음을 알 수 있다.

화학비료의 과다시용은 연도에 따라서는 다소 수량이 증가될 수가 있지만 온도, 상대

습도 및 강수량 등 기상조건이 특이한 고랭지의 산지토양에서는 빈번한 생리장해와 병해충 발생

Table 2. The amounts and ratios of NPK, manure and lime applied in farmers' fields in various counties

County*	Fertilizers (kg ha ⁻¹)			Ratios of basal appl. (%)		Ratios of top appl. (%)		Times of top appl.	Manure (kg ha ⁻¹)	Lime (kg ha ⁻¹)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O			
PC	351	193	310	54.1	62.2	45.9	37.8	1.6	8,200(6)**	2,400(4)**
HC	407	161	460	35.9	38.0	64.1	62.0	1.3	9,240(1)	-
HS	302	73	133	66.5	54.9	33.5	45.1	1.5	10,500(3)	-
KN	490	152	412	40.6	34.2	59.4	65.8	1.6	15,480(5)	1,000(3)
JS	477	169	402	48.8	45.5	51.2	54.5	1.8	9,520(16)	1,770(14)
TB	454	192	407	39.4	38.6	60.6	61.4	1.9	4,240(12)	2,960(12)
SC	497	282	478	53.7	51.0	46.3	49.0	1.8	17,660(9)	2,000(9)
Average	444	188	390	48.0	46.6	52.0	53.4	1.7	9,920(53)	2,160(42)

* PC : Pyong-chang, HC : Hong-cheon, HS : Hoeong-seong,

KN : Kang-nung, JS : Jeong-seon, TB : Tae-back, SC : Sam-cheok

** () : Numbers of farmer fields applied each material

은 물론 고품질의 여름배추를 안정적으로 생산하는 데는 매우 불리한 것으로 알려져 있다(NAAES, 2001a).

또한 토양중에 과잉의 비료성분이 잔존하고 있는데도 상당한 양의 화학비료를 사용한다는 것은 영농비를 높일 뿐만 아니라 관개수나 빗물에 의한 비료성분의 유실로 지하수, 호수 및 하천오염 등 환경보전상의 문제가 따르기 때문에 토양중의 비료성분을 고려하여 시용량을 결정한다는 것은 매우 중요하다. 2001년에 와서 조사한 결과에 의하면 비료성분중 유효인산과 치환성칼륨이 밭토양에 집적되어 있다는 점이다(Table 3).

3) 고랭지 밭토양의 비옥도 실태

고랭지 노지밭토양의 화학적 특성을 Table 3에서 보면 적정범위에 비하여 유기물, 유효인산, 치환성 칼륨의 함량은 현저히 높은 반면 EC는 노지밭에서는 문제가 되지 않을 정도로 매우 낮다. 반면에 토양의 pH, 치환성의 칼슘과 마그네슘 함량은 적정범위내에 있는 것으로 보아 인산 및 칼리질비료의 사용은 토양에 따라 무비재배하거나 작물이 흡수하는 요구도에 맞도록 적정량이하로 절감사용하여야 하겠다. 고랭지는 기온의 차이 등 기상이변으로 토양양분의 유효도가 낮을 뿐만 아니라 주로 경사지에 위치하여 석력함량이 많아서 토양염기의 보유력 및 공급력이 낮은 국지적인 농업지역임을 감안할 때 석회질비료는 마그네슘을 함유한 고토석회비료와 함께 유기물을 현행 시비기준에 맞게 사용함이 이상적이라고 생각된다.

Table 3. Chemical properties of upland soil cultivated highland Chinese cabbage

County	No.of fields	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. (cmol ⁺ kg ⁻¹)		
						K	Ca	Mg
Pyong-chang	9	5.2	48	0.23	1,465	1.05	4.9	1.8
Jeong-seon	15	6.1	33	0.33	473	1.67	5.6	1.0
Tae-back	18	6.8	38	0.27	1,280	2.36	6.6	2.0
Sam-cheok	18	5.6	37	0.41	558	0.57	4.4	1.8
Average	(60)	6.0	38	0.32	889	1.45	5.4	1.7
Optimum level	-	6.0 ~6.5	20 ~30	2이하	300 ~500	0.5 ~0.7	5.0 ~6.0	1.5 ~2.0

이와 관련하여 평산지 밭토양의 유효인산 및 치환성칼륨이 과다집적되어 있다는 조사 결과는 많으며(NIAST, 1999a ; Park et al., 1988 ; Jung et al., 2001), 고랭지 밭토양 역시 Cho(1999)와 Yang 등(2001)에 의하면 유효인산은 620mg kg⁻¹, 치환성 칼륨은 0.91cmol⁺ kg⁻¹으로 두 성분 모두 배추의 적정수준(NIAST, 1999b)을 초과하고 있는 것으로 보고되어 있다.

4) 복합비료, 퇴비 및 석회질비료의 사용실태

농가 현장에서 사용하는 복합비료의 종류는 150여종 이상(Korean Society of Soil Science & Fertilizer, 2001)으로 알려져 있어 농업인의 선호도에 따른 비종선택이 매우 어려울 정도로 다양하다. Table 4에서 보는 바와 같이 평창, 정선, 태백, 삼척 등 58 농가의 조사에서 보더라도 고랭지 여름배추의 기비용 복합비료는 18종, 추비용 복합비료는 10종을 농가가 사용하고 있었다.

복합비료를 많이 사용하는 여름배추 기비용 비종은 11-10-10+3+0.3 (N-P₂O₅-K₂O+Mg+B)을 전체 조사농가중 19%, 다음은 11-6-6+4+13+17 (N-P₂O₅-K₂O+Mg+SiO₂+Ca)은 12%, 12-9-11+3+0.3은 9%, 10-11-12+3+0.3 은 9%의 순으로 사용하였다. 여름배추 추비용 비종은 18-0-18+0.3은 28%, 13-0-13+1+0.3 21%, 18-0-15+3 21%, 16-0-12+3+0.3은 10%의 농가가 사용하였다. 고랭지배추의 분시비율을 조사한 결과를 Table 4에서 보면 농가에서 질소는 기비 48%, 추비 52%, 칼리는 기비 47%, 추비 53%로서 표준 분시비율 (NIAS, 1999b)을 적용할 때 질소는 기비를 더 증비하고 있지만, 칼리는 오히려 추비를 더 증비하고 있었다.

Table 4. Principal compound fertilizers used and ratio of basal and top application

Application	No.of fert.	Compound fertilizers	Application ratio		Appl. frequency
			N	K ₂ O	
Basal	18	11-10-10+3+0.3 (19%)* >	48 (35)**	47 (55)**	1.0 (1.0)**
		11-6-6+4+13+17 (12%) >			
		12-9-11+3+0.3 (9%) >			
		10-11-12+2+0.3 (9%)			
Top	10	18-0-18+0.3 (28%) >	52 (65)	53 (45)	1.7 (3.0)
		13-0-13+1+0.3 (21%) >			
		18-0-15+3 (21%) >			
		16-0-12+3+0.3 (10%)			

* Percent of compound fertilizer used

** Recommended application ratio of basal and top dressing

배추재배 농가에서 퇴비사용은 계분퇴비>돈분퇴비>우분퇴비>생계분순으로 전체 조사한 58농가중 91.4%(53농가)의 농가가 가축분퇴비를 ha당 평균 992kg을 사용하였다. 양질의 완숙된 퇴비를 시용하면 작물생육에 피해를 주지 않으면서 토양유기물 함량을 증가시켜 주며, 이러한 토양유기물은 여러 가지 다량 및 미량성분을 보유하면서 서서

히 작물에 필요한 양분을 공급해 주므로 특히 토양유실이 심한 고랭지 경사지 토양에 서 유기물의 연용은 아주 중요하다고 알려져 있다(Jung et al., 2000).

석회질비료는 소석회>생석회>석회고토순으로 총 52 조사 농가중 81%에 해당하는 42 농가에서 석회를 사용하였으며, 사용한 농가는 ha당 평균 2,160kg으로 석회 표준시비 량 2,000kg(NIAST, 1999b)에 접근하고 있어 석회질비료는 근소한 차이는 있으나 적 정량을 사용하고 있음을 알 수 있다(Table 2, Table 5).

Table 5. Percent distribution of fields applied animal manures and lime materials

Fert- ilizer	Appl. rate (kg ha ⁻¹)	Fields applied (%)	Fields applied animal manure and lime (%)	Kinds of animal manure
Compost	992 (53)*	91.4	Poultry(58%)** > Pig(21%) > Cattle (14%) > Fresh Poultry (6%) > Others (1%)	5
Lime	216 (42)	81.0	Quick calcium (62%) > Slaked calcium (21%) > Silicate fert.(8%) > Dolomite lime (4%) > Others (5%)	5

* No. of farmers fields applied actually

** % of field applied compost or lime to 58 total field

석회질비료 사용은 금후 해결되어야 할 연구과제가 많지만 작물 유효성분의 유효도를 감소시켜 양분의 흡수를 억제하기 쉬운 산성토양에서 pH를 증가시킬 수 있는 잇점외 에도 석회를 다량을 요구하는 배추에 효과적임은 연구결과에도 제시되어 있다(Park et al., 1988 ; Jung et al., 2000)

우리나라에서 가장 많이 공급하여 판매되고 있는 석회질비료는 1986년까지는 소석회 이지만 1987년부터는 석회고토로 알려져 있으며, 석회고토는 알칼리분이 53%로서, 소 석회의 알칼리분 60%보다는 다소 적지만 고토(마그네슘)성분을 더 많이 함유하고 있 어 칼슘성분과 함께 마그네슘 성분이 부족한 토양에서 더 효과적이라고 하였다(Jung et al., 2000 ; Korea Fertilizer Industry Association, 2001).

5) 3요소 화학비료의 절감량

농가에서는 농촌진흥청에서 권장하고 있는 표준시비량보다 더 많은 화학비료를 사용 하고 있음을 앞에서 언급하였다. 배추에 대한 농촌진흥청의 표준시비량 기준은 평년 지의 일반 배추밭 토양 위주의 시비량이므로 고랭지의 경우 표준시비량이 금후 어느

정도 조정이 될 수 있겠으나 이와 관련하여 고랭지의 배추 재배면적(2000년기준 10,206ha)에서 농가시비량을 적용하여 산출한 총 소요량에서 표준시비에 의한 총소요량을 감한 즉 질소, 인산, 칼리질비료의 절감량을 산출해 보았다(Table 6). 시비량을 절감할 수 있는 양은 표준시비량을 기준할 때 성분량으로 질소 1,265톤, 인산 1,123톤, 칼리 1,959톤, 합계 4,327톤이나 된다는 것을 알 수 있었다.

Table 6. Chemical fertilizer requirement for Chinese cabbage planted in highland

Application	Requirement(kg ha ⁻¹) (ton)*				Total requi. of highland area (ton)*			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
Farmers (A)	444	188	390	1,022	4,531	1,919	3,980	10,430
Standard (B)	320	78	198	596	3,266	796	2,021	6,083
Difference(A-B)	124	110	192	426	1,265	1,123	1,959	4,347

* Planted area : 10,206ha (2001, Ministry of Agriculture & Forestry)

이상에서 본 바와 같이 자갈이 많고 양분유실이 많은 등 입지조건이 매우 불리한 고랭지 여름배추의 재배농가는 관행적으로 다량의 화학비료를 사용하고 있다. 작물재배 필지별 토양검정에 의한 시비처방 기준 설정 등 고정밀 시비관리에 의한 환경친화형 시비관리로의 전환을 위한 연구에 중점을 두어야 할 것으로 생각된다.

2. 가축분퇴비 시용시 질소 시비모델 설정

가. 서 설

한편 작물생산에 필요한 유효성분이 다량으로 함유되어 있는 유기물자재로서 가축분퇴비의 합리적인 활용은 양분의 공급, 지력의 유지 및 증진뿐만 아니라 경영에 있어서 물질순환을 원활히 하는데 매우 유효하지만 최근에 유기물자재와 화학비료의 부적절한 연용에 따른 작물생육의 피해발생 및 환경 오염이 우려됨은 널리 알려져 있다. 전국 시·군농업기술센터에서는 양질퇴비를 기준하여 계분퇴비는 35%, 돈분퇴비는 40%해당량과 화학비료를 전산프로그램에 의하여 토양관리처방서를 농가에 발급하고 있다. 즉 퇴비종류간의 특성과 토양유기물 함량을 고려하여 안전한 수준의 가축분퇴비의 시용량을 결정하고 토양의 유효성분 검정에 의하여 화학비료를 추천하고 있는

반면에 다른 하나는 가축분재료중 인산을 기준하여 작물별 표준시비량에 해당하는 인산시용량과 일치되는 양의 가축분퇴비를 시용하되 부족되는 질소와 칼리는 화학비료로 보충해 주는 등 몇가지 방법(MAFF, 1997 ; NIAST, 1999b ; NIAST, 1999c)을 제시하고 있어서 가축분퇴비와 화학비료 혼용시 사용지침에 대하여는 현재까지도 연구자들간에 논란의 대상이 되고 있다.

기존의 작물별 시비기준은 평탄지토양을 대상으로 설정된 것으로서 고랭지의 환경 및 토양의 특성을 고려한 새로운 시비기준설정 연구의 필요성이 요청되고 있다. 고랭지 권역은 평탄지와는 다른, 지역의 특수성으로 보아 빈번한 일시적인 집중 강우에 따른 경사가 심한 농경지 토양 및 유효양분의 유실과 비료의 과용에 따른 유효양분간의 불균형 등에 의하여 작황이 매우 불안정한 실정이다(NAAES, 2001). 1990년대 부터는 평탄지의 채소재배지 뿐만 아니라 고랭지토양에서도 특수성분에 대한 함량이 한계수준 이상으로 집적되어 있고(NIAST, 1999a ; NIAST, 2000 ; Yang et al., 2001), 게다가 가축분퇴비와 화학비료를 토양비옥도의 증가와 최고수량을 목표로 하여 과량을 시용하고 있어 양분의 과다에 따른 지표수 및 지하수오염 등 환경부하를 가중화 시키고 있다(Cho, 1999 ; Park et al., 2001). 최근에 와서는 선진외국에서는 포장위치별 토양 특성에 맞는 정밀한 시비관리로 자원의 효율성 증진과 환경부담이 저감되는 정밀농업 기술이 확산되어 가고 있다. 이와 때를 같이하여 고온 및 저온작물에 대한 질소 시비량은 토성, CEC(양이온치환용량), 유기물함량의 복합요인에 의하여 추천되고 있다(Darl et al, 1999). 고랭지 배추재배 58 농가의 시비실태 조사결과에 의하면 퇴비는 계분퇴비(58%) > 돈분퇴비(21%) > 우분퇴비(14%) > 기타(7%)순으로 비료적 효과가 가장 큰 계분퇴비를 58%의 농가 에서 사용하고 있으며, 현재까지는 계분퇴비, 돈분퇴비 및 우분퇴비 등 가축분퇴비에 대한 시용량시험은 고수량생산을 목표로 주로 과채류에 대하여 시험재배를 수행해 왔다. 화학비료는 표준시비량에 비하여 질소-인산-칼리를 1.4-2.4-2.0배를 시용하고 있음을 지적하였다(Lee et al., 2002a). 본 연구는 평탄지의 현행 시비추천 방법이 고랭지 조건에도 적용이 가능한지를 검토함과 아울러 고랭지에서 여름배추 재배시 계분퇴비 시용에 따른 합리적인 질소시비량을 결정하기 위한 목적으로 본 시험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험토양 및 자재의 특성

노지포장 조건의 시험전 토양은 Table 1에서 보는 바와 같이 사양질인 인위토로서 토양의 유기물, 유효인산, 치환성칼륨 함량 및 CEC가 우리나라 기경전에 비하여 낮은 함량수준이었다

Table 1. Physico-chemical properties of soil used for field experiment

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. (cmol ⁺ kg ⁻¹)			CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Soil texture
			K	Ca	Mg		
6.5	18	231	0.30	5.7	1.6	7.8	Sandy loam

시험재료로 사용한 계분퇴비는 시판하고 있는 계분발효퇴비로서 무기성분함량은 Table 2와 같다.

Table 2. Chemical properties of poultry manure compost

T-C (%)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	C/N
32.0	2.0	3.49	0.96	2.24	0.67	16.0

2) 처리내용 및 시비방법

처리하는 계분퇴비 무시용과 시용(6톤 ha⁻¹)한 조건에서 각각 토양검정결과에서 산출된 질소시비량(1.0배, 335kg ha⁻¹)을 포함하여 질소무시용, 0.50배, 0.75배의 수준을 두어 주구(계분퇴비 무시용과 시용) 2, 세구(질소 시비수준) 4처리인 합계 8처리로서 분할구배치법 3반복으로 하였다. 계분퇴비의 시용량은 토양관리처방 방법(NIAST, 1999b)에 의하여 양질퇴비 시용량의 35%에 해당하는 6톤 ha⁻¹을 시용하였다. 처리에 대한 시비수준에서 토양검정에 의한 질소시비량인 1.0배는 성분량으로 335kg ha⁻¹해당량을 요소로 하여 각 처리의 시비배율에 따라 감량하여 처리하였다. 전체 처리에 시용한 인산은 266kg ha⁻¹을 용과린으로, 칼리는 302kg ha⁻¹을 염화加里로, 석회는 실량으로 1,200kg ha⁻¹을 소석회로 하여 시용하였으며, 기비와 추비는 표준분시법(NIAST, 1999b)에 준하여 질소의 경우 기비는 35%, 추비는 65%이며, 추비는 동일량으로 하여 3회 분시하였으며, 칼리의 경우 기비 55%, 추비 45%이며 칼리추비도 동일량으로 3회 분시하였다. 인산, 계분퇴비 및 소석회는 전량을 기비로만 시용하였다.

3) 시험작물 재배

공시한 작물은 고랭지의 주작물로서 재배면적이 가장 많은 여름배추로 품종은 칠성이었으며, 정식은 20일묘를 재식거리 60×35cm로 하여 6월 5일, 수확은 8월 5일에 실시하였다.

4) 토양 및 식물체 분석

토양 및 식물체 표준분석방법(NIAST, 2000)에 의하여 분석하였으며, 토양분석을 위한 시료는 시험전, 배추의 결구기 및 수확기에 채취하여 풍건후 2 mm체를 통과시켜 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 초자전극법, 유기물함량은 Walkley Black법, 질산태 질소는 2M KCl 침출법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온과 CEC는 1N NH₄OAc로 추출하여 측정하였다. 식물체시료는 수확기에 지상부인 경엽을 채취하여 70℃에서 건조후 분쇄한 시료를 산분해액(HClO₄ : H₂SO₄ = 10 : 1)으로 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 칼리는 원자흡광분광분석법으로 측정하였다. 생육, 수량 및 기타조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 1998)에 준하여 실시하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 계분퇴비 시용과 질소시비량

계분퇴비 무시용과 시용조건에서 질소시비배율에 따른 배추수량을 Fig. 1에서 보면 계분퇴비 무시용은 질소 최고수준(토양검정기준, 시비배율 1.0)까지 증비함에 따라 수량의 증가가 현저하지만 계분퇴비 시용에서 질소 최고수준에서는 오히려 수량이 감소하는 결과로 나타났다. Figure 1에서 질소시비수준과 수량과의 회귀관계인 2차회귀곡선식에서 산출한 계분퇴비 시용구의 질소 최고시비량(최고수량생산) 291kg ha⁻¹은 무계분퇴비구의 질소 최고시비량 335kg ha⁻¹에 비하여 0.87배로 13%의 절감이 가능하였으며, 계분퇴비 시용시 배추수량에 안전한 질소시비량 174kg ha⁻¹은 최고 질소시비량 대비, 0.60배로 계분퇴비시용으로 질소 40%의 절감이 가능하였다(Table 3).

계분퇴비구의 안전한 질소시비량 산출은 계분퇴비 무시용구의 최고수량 수준과 동일한 수량을 생산할 때의 계분퇴비구의 시비량으로 하였다. 계분퇴비 무시용시는 질소의 무시용에서 최고량인 현행수준까지 직선적으로 수량이 증가되는 것으로 보아 고랭지의 퇴비 무시용 조건에는 현행 시비추천 방법을 적용해도 바람직하다고 판단되었다. 일본 농림수산성(MAFF, 1985)의 보고에서 가축분의 질소 무기화율이 계분 70%, 우분 20%, 돈분 35%로서 계분이 가장 높다고 하였으며, Prat et al.(1996)에 의하면

가축분의 질소 무기화되는 비율이 시용 첫해에 40~50%, 2년차에 10~20%, 3년차에 5%라고 하여 작물에 대한 질소분의 공급효과가 있기 때문에 화학비료의 절감효과가 크게 기대된다고 하였다.

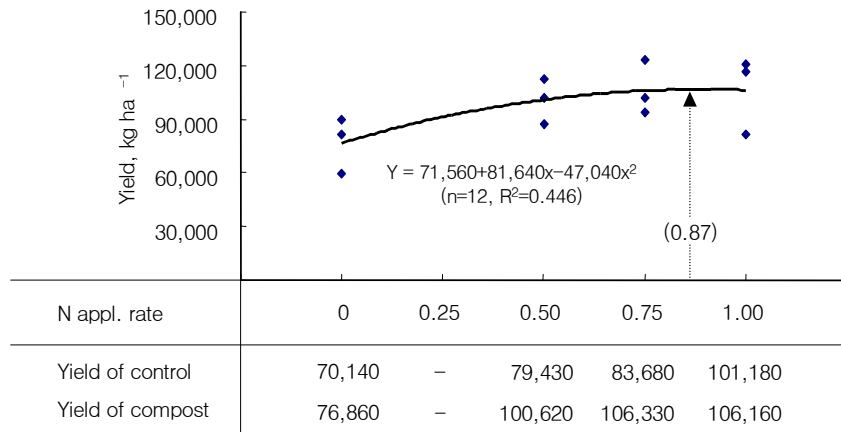


Fig. 1. Yield response of Chinese cabbage to N application levels with poultry manure compost.

Table 3. Amount of N fertilizer adjusted with application of poultry manure compost for highland Chinese cabbage

Items	Poultry manure com.		Remark
	Without	With	
N application level			
· for maximum yield(kg ha ⁻¹)	335(1.0)	291(0.87)	○ Maximum yield (ton ha ⁻¹)
· for stable yield (kg ha ⁻¹)		174(0.60)**	Manure plot : 107 Without manure : 101***
· N reduced level (kg ha ⁻¹)		117(40%)***	

*,** N rate and reduced amount for stable yield to N level(291kg ha⁻¹) maximizing yield at poultry manure compost plot

*** Maximum yield without poultry manure

한편 작물의 생산력은 토양성분과 함수적 관계가 있고 비료의 시용효과 및 적정량도 토양검정 성분의 함량에 좌우된다. 이러한 토양성분의 검정은 토양적 결함을 찾아내어 이를 교정해 주기 위한 방편의 하나로 평안지 조건의 64작물에 대하여 토양검정에 의한 시비량 추천결과를 토양관리 처방의 일환으로 147개 시·군농업기술센터에서 활

용하고 있다(Park, 2001). 이와 관련하여 고랭지 여름배추에 평단지 시비추천 기준을 적용할 수 있는지에 대한 검토의 필요성이 오래전 부터 강조되어 왔다.

Table 4는 계분퇴비 무시용시는 토양유기물 검정에 의한 현행 평anz의 퇴비사용시 질소추천기준을 적용하여도 타당하지만 계분퇴비 사용시는 현행 질소시비 추천식에 최고시비량은 0.87배, 안전시비량은 0.60배를 대입하여 산출된 시비추천식을 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

Table 4. N recommendation equation depending on the application of poultry manure for highland Chinese cabbage

Item	N recomm. equation (Y : N level, kg ha ⁻¹ X : OM in soil, g kg ⁻¹)	N levels (kg ha ⁻¹) based on soil OM				
		OM(g kg ⁻¹) 15	25	35	45	Highland soil(33) [*]
Without poultry manure (Present)	Y = 440.82 - 5.881X	353	294	235	176	247
With poultry manure	Maximum yield	307	256	204	153	215
	Stable yield	184	154	122	92	129

* Organic matter (OM) content of highland soil : 33 g kg⁻¹

토양의 유기물 함량이 높아짐에 따라 질소시비량은 낮아지고 있다. 이러한 시비추천 식으로 볼 때 고랭지 채소재배지 토양의 평균 유기물함량 33g kg⁻¹(Yang et al., 2001)조건에서의 최고 및 안전한 질소시비량은 각각 215, 129kg ha⁻¹으로서 현행의 질소시비량 또는 계분퇴비 무시용시 질소시비량 247kg ha⁻¹보다 계분퇴비 사용으로 현저히 질소질비료를 절감할 수 있었다.

유기물의 사용은 비료적 효과, 비옥도증가, 유기물증진 및 연용에 의한 질소흡수량의 증가 등 다각적인 효과가 있는데 그중 계분퇴비는 돈분 및 우분퇴비에 비하여 비료성분의 공급효과가 가장 크다는 보고(CFA, 1997)가 본 연구의 결과를 뒷받침해 주고 있다.

2) 계분퇴비와 질소비료 혼용시 생육상황

배추 정식후 30일 결구기의 생육조사성적을 보면 Table 5와 같다.

계분퇴비 무시용시 최고수량을 낸 토양검정 질소 1.0배 사용구는 절감구에 비하여 엽

장, 엽폭, 엽수, 생체 및 건물중의 증가를 보였으나 건물비율은 질소 1.0배 시비수준까지 증가될 수록 오히려 감소되는 결과를 보였다. 질소 1.0배 시용구의 엽장, 엽폭, 생체중, 건물중 모두 질소무시용구에 비하여는 5%에서 유의한 차이로 증가되었으나 질소 시비수준간의 유의한 차이는 없었다. 질소시비 수준의 증가에 따른 건물비율의 감소는 질소무시용구보다 유의한 차이로 감소되었다. 한편 계분퇴비 시용시 최고수량을 낸 토양검정 질소 0.87배 시용구에서는 질소 무시용구에 비하여 엽장, 엽폭, 엽수, 생체중 및 건물중의 유의한 증가가 있었지만 시비수준간에는 유의성이 없는 근소한 차이를 보였다. 건물비율은 계분퇴비 무시용구와 같은 결과로 질소시비 수준이 증가함에 따라 감소하는 결과를 보였다.

Table 5. Growth status at bulb formation stage of Chinese cabbage

Poultry manure compost	N appl. rate	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No.of leaf (No.plant ⁻¹)	Fresh weight (g plant ⁻¹)	Dry weight (g plant ⁻¹)	% of dry matter (%)
Without	0	21.2	11.9	25.5	103	8.6	8.3
	0.50	26.4	15.5	33.0	300	21.7	7.2
	0.75	24.6	15.2	32.5	309	23.2	7.5
	1.00	28.5	17.0	35.5	372	24.7	6.6
	(Max.1.0)*	(28.5)	(17.0)	(35.5)	(372)	(24.7)	(6.6)
	Average	25.2	14.9	31.6	271	19.6	7.4
With	0	25.3	15.5	33.0	250	18.2	7.3
	0.50	30.3	18.4	36.5	455	29.5	6.5
	0.75	29.8	20.7	38.0	501	31.6	6.3
	(Max. 0.87)*	(29.8)	(20.1)	(38.0)	(502)	(31.6)	(6.3)
	1.00	29.2	19.6	38.0	495	31.0	6.3
	Average	28.7	18.6	36.4	425	27.6	6.6
LSD (5%)	A **	1.8	1.2	2.7	64	3.6	0.7
	B ***	2.6	1.7	3.8	90	5.1	1.0
	B in A	4.2	2.8	3.8	152	8.4	1.0

* N application rate and growth status

** Main plot , *** Sub plot

수확기 생육조사성적을 보면 Table 6에서 보는 바와 같이 질소시비 수준의 증가에 따른 생육은 전반적으로 볼 때 Table 5의 결구기 생육과 유사한 결과를 보여 주고 있

다. 계분퇴비 무시용시 최고수량을 생산한 질소 1.0배 시비구까지 구고, 구폭, 구중, 엽장, 엽폭, 엽수 및 건물중 등 생육 및 생육량이 증가하는 경향이며 그 중 질소 1.0 배구의 구중, 엽장 및 엽폭은 질소무시용구에 비하여 유의한 증가가 있었다. 계분퇴비를 사용한 조건에서도 질소 무시용에서 0.75배까지는 질소를 증비함에 따라 전반적인 생육량은 증가하고 있으며, 최고수량을 생산한 질소 0.87배구의 구중, 엽장, 엽폭은 질소 무시용구와 비교할 때 유의한 증가를 보였다. 특히 건물비율은 계분퇴비 무시용시는 질소시비구간 차이가 일정하지 않았으나 계분퇴비 사용시는 질소의 증비에 따른 건물 비율의 유의한 감소가 있었다. 여기서 주목할 점은 동일한 질소시비수준에서 계분퇴비를 사용함으로 결구초기나 수확기 모두 생육이 양호하였다는 사실과 계분퇴비 사용시 질소를 절감한 적정량 사용은 수확기의 엽장 및 엽폭이 결구기와는 달리 질소무시용구에 비하여 유의성이 있는 증가로 나타나 구중의 유의한증가에 영향을 준 사실을 본 연구결과에서 알 수 있었다. 이는 Kim et al(1998)이 지적한 바와 같이 계분퇴비중의 질소성분이 생육후기까지 가용성질소로 방출되어 흡수이용하고 있음을 짐작할 수 있었다

Table 6. Growth status at harvesting stage of Chinese cabbage

Poultry manure compost	N appl. rate	Bulb length (cm)	Bulb width (cm)	Bulb weight (g plant ⁻¹)	%of bulb weight (%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No.of leaf (No. plant ⁻¹)	Dry weight (g plant ⁻¹)	% of dry matter (%)
Without	0	23.5	13.6	1,069	72.7	28.7	16.4	50.5	151.7	10.3
	0.50	24.6	14.1	1,249	74.8	31.2	18.1	50.6	168.5	10.1
	0.75	23.6	14.0	1,254	71.3	31.0	18.0	56.0	186.2	10.6
	1.00	24.7	14.1	1,507	70.7	31.6	18.4	56.3	223.1	10.5
	(Max.1.0)*	(24.7)	(14.1)	(1,507)	(70.7)	(31.6)	(18.4)	(56.3)	(223.1)	(10.5)
	Average	24.1	14.0	1,270	72.4	30.6	17.7	53.4	182.4	10.4
With	0	24.9	12.6	1,170	72.8	29.3	16.9	56.0	188.8	11.7
	0.50	25.2	14.5	1,526	72.5	31.7	19.2	60.1	221.9	10.5
	0.75	26.0	15.6	1,655	74.2	31.4	20.8	60.8	212.1	9.5
	(Max.0.87)*	(25.2)	(14.6)	(1,639)	(73.1)	(31.4)	(19.1)	(61.0)	(209.3)	(9.3)
	1.00	24.6	13.8	1,622	72.5	31.1	17.6	61.0	200.6	9.0
	Average	25.2	14.1	1,493	73.0	30.9	18.6	59.5	205.9	10.2
LSD (5%)	A **	1.0	1.4	107	2.9	0.6	1.0	4.6	14.0	1.2
	B ***	1.4	2.0	152	4.0	0.8	1.5	6.6	19.8	1.6
	B in A	2.5	3.2	350	5.9	1.8	1.9	8.2	48.1	2.6

* N application rate and growth status, ** Main plot , *** Sub plot

3) 토양 및 식물체중 질소의 함량 및 흡수량

배추결구기와 수확기토양의 pH 및 무기성분 함량을 보면 Table 7과 같다.

다량의 질소를 시용할 경우 계분퇴비 시용시는 계분퇴비 무시용구에 비하여 결구기와 수확기 모두 토양의 유효인산 함량은 증가되었으나 유의한 차이는 아니며, 토양 pH, 질산태질소와 치환성칼륨 함량은 근소한 차이로 일정한 경향이 없었다. 계분퇴비 시용과 무시용에 관계없이 수확기 토양의 pH를 포함하여 질산태질소, 유효인산 및 치환성칼륨 함량은 결구기에 비해 모두 감소하는 경향이였다.

한편 질소의 무시용과 0.5배인 소량의 질소시용구에서는 계분퇴비 시용으로 수확기 토양의 질산태질소, 유효인산 및 치환성칼륨 함량의 경우 예상과는 달리 유의한 차이는 아니나 다소 낮은 결과를 보였다. 이러한 원인은 유기물을 시용할 경우, 질소 무시용 또는 소량의 질소 시용은 다량의 질소시용에 비하여 상대적으로 작물의 생육후기 토양에서 미생물에 의한 유기물중 유효성분의 발현이 지연되거나 또는 감소된다는 Yamasaki(1987)의 보고와 인산의 경우 계분퇴비 시용은 무시용에 비하여 배추의 식물체중 함량과 흡수량이 증가한 Table 4의 본 연구결과로도 해석해 볼 수 있지만 이는 금후 더욱 검토가 되어져야 할 과제라고 생각된다.

Table 7. Chemical properties of soil with different growth stages

Poultry manure compost	N appl. rate	Bulb formation				Harvest			
		pH (1:5)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.K (cmol·kg ⁻¹)	pH (1:5)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.K (cmol·kg ⁻¹)
Without	0	7.0	26.6	401	0.49	6.7	9.8	398	0.53
	0.50	7.0	29.4	397	0.49	6.8	13.0	394	0.51
	0.75	7.0	31.7	400	0.55	6.7	15.6	356	0.50
	1.00	7.0	41.2	388	0.50	6.6	24.3	346	0.52
	(Max. 1.0)*	(7.0)	(41.2)	(388)	(0.50)	(6.6)	(24.3)	(346)	(0.52)
	Average	7.0	32.2	396	0.51	6.7	15.7	373	0.51
With	0	7.0	26.8	450	0.54	7.0	7.9	327	0.44
	0.50	7.1	31.7	455	0.50	6.7	11.7	310	0.42
	0.75	7.0	33.1	442	0.52	6.7	22.7	365	0.44
	(Max. 0.87)*	(7.0)	(37.8)	(442)	(0.52)	(6.6)	(23.8)	(362)	(0.44)
	1.00	6.9	42.6	442	0.51	6.5	27.4	357	0.41
	Average	7.0	33.6	447	0.52	6.7	17.4	340	0.43
LSD(5%)	A **	0.2	16.9	125	0.10	0.1	10.2	133	0.08
	B ***	0.3	23.9	177	0.14	0.2	14.4	168	0.11
	B in A	0.3	16.3	204	0.24	0.3	11.9	101	0.10

* N application rate and soil chemical properties

** Main plot , *** Sub plot

Park(2001)과 Hong(2001)에 의하면 인산성분은 흡착성이 강하고 이동성이 낮아 토양에서의 집적이 잘 되므로 수질오염원이 된다고 하였으며, 이와 관련해 토양중 인산함량의 증가원이 되는 것으로 알려진 계분퇴비를 시용한 결과로서 볼 때, 전국 밭토양 평균치에 비하여 본 연구의 시험전 토양의 유효인산 함량은 다소 적은 200 mg kg⁻¹ 으로서 전국 평균과 비교할 때 결구기 토양의 유효인산 함량은 450 mg kg⁻¹ 내외로서 배추의 적정수준 범위까지 증가하였으나, 수확기에는 310~365 mg kg⁻¹ 으로서 적정수준인 400~500 mg kg⁻¹ (NIAST, 1999b)보다 낮은 결과를 보였다. 이러한 사실은 배추의 경엽이 비대하는 결구기에 식물체의 인산양분의 흡수가 많았고, 계분퇴비 시용구에서 무기화된 유효인산의 방출이 결구기보다는 수확기에 완만하였기 때문에 수확기 토양의 유효인산이 감소된 것으로 생각된다(Lee et al., 2002b).

수확기에 조사한 식물체 경엽중 무기성분의 함량과 흡수량을 Table 8에 나타내었

다. 먼저 질소에 대한 함량과 흡수량을 보면 계분퇴비 시용에 관계없이 질소를 증비 함에 따라서 증가되어 질소 최고수준에서는 통계적으로 유의성이 있는 차이가 있었다.

Table 8. Contents and uptake amounts of nutrient of Chinese cabbage plant

Poultry manure compost	N appl. rate	Content			Uptake		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		-----(%)------			----- (kg ha ⁻¹)------		
Without	0	2.79	0.55	3.39	202	40	250
	0.50	3.73	0.75	3.36	314	61	257
	0.75	3.19	0.78	2.64	312	67	258
	1.00	3.70	0.72	2.67	342	73	278
	(Max. 1.0)*	(3.70)	(0.72)	(2.67)	(342)	(73)	(278)
	Average	3.35	0.70	3.01	292	60	261
With	0	2.62	0.48	3.43	208	40	280
	0.50	3.19	0.85	3.11	300	85	325
	0.75	3.41	0.72	3.04	344	84	336
	(Max. 0.87)*	(3.74)	(0.75)	(2.88)	(363)	(85)	(318)
	1.00	4.09	0.72	2.72	389	82	300
	Average	3.33	0.69	3.07	310	73	310
LSD (5%)	A **	0.43	0.22	0.34	35	24	43
	B ***	0.61	0.31	0.48	50	34	61
	B in A	0.82	0.49	0.69	92	61	119

* N application rate and soil chemical properties

** Main plot , *** Sub plot

최고수량을 생산한 것으로 본 적정시비구의 질소양분의 함량 및 흡수량을 보면 계분 퇴비 무시용시 질소 적정시비구의 질소함량은 3.7%, 질소흡수량은 342kg ha⁻¹이며, 계분퇴비 시용시 질소 적정시비구의 질소함량은 3.74%, 질소흡수량은 363kg ha⁻¹으로서 질소함량의 차이는 없으나 질소흡수량은 계분퇴비 시용으로 유의성은 없으나 20kg ha⁻¹정도 더 많은 결과를 보였다. 질소증비에 따른 식물체중 인산함량은 일정한 경향이 없는 반면에, 칼리함량은 다소 감소하는 경향이였다. 인산과 칼리흡수량은 적정량의 질소시비 수준까지는 계분퇴비 시용에 관계없이 유의성이 있는 차이는 아니지만 증가하는 경향이였으며 또한 계분퇴비 시용으로 인산과 칼리의 함량과 흡수량을 높여 준 결과로 나타났다.

질소흡수량과 관련하여 질소시비수준별 질소이용율은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 계분퇴비 시용에 관계없이 질소 소비수준에서 질소를 증비함에 따라 감소되는 경향이 며, 계분퇴비 시용은 질소 시비수준에 관계없이 질소이용율을 10%이상 크게 높였다.

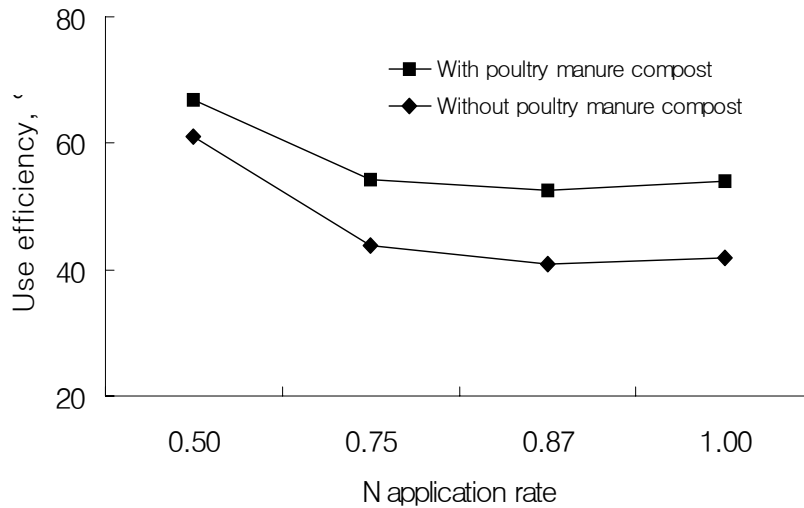


Fig. 2. Use efficiency of Chinese cabbage depending on N application level

소량의 질소시용은 질소이용율은 높지만 저수량이 따르고 다량의 질소시용은 오히려 고수량을 생산하지만 질소이용율이 감소된다고 하는 Murayama(1979)의 보고와 본 연구결과와는 일치되고 있지만 질소증시로 감소되는 이용율을 계분퇴비 시용으로 어느 일정수준까지는 증가시킬수 있음을 본 연구결과로서 알 수 있었다.

3. 고랭지 배추 휴한기 헤어리벳치 재배에 의한 토양보전 및 투입효과

가. 서 설

해발 600m이상 되는 고랭지역은 여름철 상대적으로 낮은 기상 조건을 이용하여 평지에서는 고온으로 재배가 어려운 저온성 채소류가 단경기 소득작목으로 많이 재배되고 있다. 특히 여름배추는 대표적인 단경기 소득작물로 '70년대 후반 첫 도입 이래 꾸준히 재배면적이 증가하고 있다. 그러나 고랭지 배추 재배지역의 경우 대부분 경사지에 위

치하고 있고 여름철 집중폭우 등 기상환경의 변화가 심하여 재배환경은 매우 불안한 실정이다(Ganwondo, 1995). 또한 고랭지 배추 재배 특성상 1년 1작이 대부분으로 재배기간이 55일 내외인데 배추가 재배되지 않는 10개월 내외 나지 상태로 장기간 방치되는 경우가 많다. 이와 같은 특성상 고랭지역 배추 재배지는 강우, 바람, 응설 등에 의한 침식으로 많은 양의 토양이 유실되어 작토층이 낮아지고 각종 유기물 및 양분이 용탈되어 지력이 감퇴되고 있다. 또한 배추외 뿌렸던 소득작물을 도입하기가 어려워 배추를 연작하는 경우가 많아 토양 이화학적은 매우 균일하지 못한 상태에 있다(NAAES, 1996).

근래의 농업동향은 친환경농업이 매우 중요시되고 있는데 그 방향을 보면 합리적인 토양관리 기술에 기초한다고 볼 수 있다. 적절한 윤작시스템과 작물이 재배되지 않는 휴한기에 두과녹비작물 도입에 기초한 친환경농업은 세계적인 농업추세로서 경사지 재배가 대부분인 고랭지 배추의 친환경재배기술 개발은 매우 필요하다. 특히 재배환경이 불량하고 작물재배 특성상 장기간 나지상태로 방치되는 고랭지역 여름배추 재배지는 토양보전, 토양환경 개선 노력이 절실히 요구되고 있다. 헤어리벳치(*Vicia villosa* Roth)는 서부아시아 및 지중해가 원산으로 내한성이 매우 강하고 척박한 토양에도 잘 적응하는 가장 대표적인 두과 녹비작물이다. 우리나라에는 1920년을 전후하여 처음으로 도입되었는데 1960년대 이후 화학비료에 기초한 농업의 발달과 더불어 녹비재배 자체가 없어진 것으로 판단된다. 그러나 최근 친환경농업의 중요성이 대두되면서 벼, 옥수수 재배지에 동계 휴한기 녹비용 윤작작물로 헤어리벳치를 도입하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다(Seo, 1999; Song, 2002). 특히 헤어리벳치는 내한성과 월동후 재생력이 강하여 토양 피복율이 높고 녹비수량이 많은데 공기중 질소 고정으로 토지 생산력을 높이는 측면에서 호밀과 같은 화본과 피복작물과는 구분된다. 또한 식물체 중 질소함량에 있어도 화본과 녹비에 비해 월등히 높고 다른 두과 녹비작물에 비해 상대적으로 높아 녹비 공급효과가 현저히 많은 것으로 알려져 있다. 본 시험은 고랭지 배추 재배지역에 있어 합리적인 토양관리 방안을 검토하고자 수행하였으며 특히 배추 수확후 조기에 나지 토양을 피복할 수 있는 방안으로 배추 재배중 헤어리벳치를 파종하는 방법과 헤어리벳치 녹비작물 반전 투입시 화학비료 절감효과를 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

본 시험은 해발 750m인 고랭지농업시험장 노지 시험포장에서 2002년 6월부터 2003년 7월까지 포장시험으로 수행하였다. 본 시험에 공시된 헤어리벳치의 품종은 Madison

(미국 Pennington사)으로 배추 품종은 고랭지지역에서 많이 재배되는 칠성여름배추를 사용하였다. 노지 포장 조건의 시험전 토양 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 사양질인 인위토로서 토양의 유기물, 유효인산, 치환성칼륨 함량 및 마그네슘이 우리나라 기경전에 비하여 낮은 함량 수준이었다

Table 1. Physico-chemical properties of soil used for field experiment

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. (cmol ⁺ kg ⁻¹)			Soil texture
			K	Ca	Mg	
6.1	14	761	0.45	5.1	0.9	Sandy loam

나지 상태의 관행재배구를 포함하여 헤어리벳치 파종방법을 배추 정식전, 정식후 15일, 정식후 30일, 정식후 40일, 수확직후 등 6처리로 하였다. 시험구 배치는 1처리구당 16m²(4×4m)로 하여 난괴법 3반복으로 하였다. 배추 재배작형은 고랭지 배추 주 재배작형을 기준하여 6월 25일 배추를 파종하여 25일간 육묘후 재식거리 60×35cm로 7월 19일 본 포장에 정식하였다. 헤어리벳치 파종량은 ha당 40kg으로 하였으며 파종방법은 배추 정식전 파종의 경우에는 배추 이랑 만들기 전에 산파 하였고, 배추 정식후 15, 30, 40일의 경우는 배추 이랑 사이에 중경제초을 하기전에 산파 하였다. 그리고 배추 수확후 파종의 경우에는 수확직후 헤어리벳치를 산파후 복토하였다. 배추 시비량은 표준시비량(NIAST, 1999b)에 준하였으며 배추 수량조사는 정식후 58일경인 9월 17일 조사하였다. 배추 수확후 헤어리벳치 파종방법에 따른 피복율을 1개월 단위로 조사하였으며 2003년 4월 15일에 헤어리벳치 월동율을 조사하였다. 2003년 6월 17일 헤어리벳치 파종방법에 따른 녹비 수량을 조사한 후 녹비 효과를 검토하기 위해 반전 투입 하였다. 나지 관행 표준시비량(320 kg ha⁻¹)을 대비하여 녹비 시용구 전체는 질소질비료를 전량 감비 처리하였다. 6월 10일 배추를 파종하여 20일 육묘후 7월 1일 배추를 정식 하였으며 정식후 15일경인 7월 15일 생육조사를 실시하였다. 일반적인 경종방법은 농진청 표준재배법에 준하였으며 시험전 토양분석 및 헤어리벳치 식물체 분석은 농업과학기술원(NIAST, 2000a)을 기준 하였다. 배추 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 1998)에 따라 실시하였고 통계분석은 SAS프로그램을 이용하였다.

다 결과 및 고찰

1) 헤어리벳치 파종방법에 따른 배추 생육특성

헤어리벳치 파종방법에 따른 배추의 생육특성은 Table 2, 3과 같다. 정식후 30일 1차 생육조사 결과 배추 정식과 동시에 헤어리벳치를 파종할 경우에는 나지 관행구 대비 배추 생체중이 떨어지는 경향을 보였으며 배추수량에 있어도 나지관행 52.2톤ha⁻¹ 대비 42.7톤ha⁻¹으로 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 배추 정식후 15, 30, 40일 파종의 경우에는 헤어리벳치 생육에 따른 배추 생육 및 수량에 있어 차이가 없었다. 이상의 결과를 볼 때 배추 정식직전에 헤어리벳치를 파종할 경우에는 헤어리벳치와 배추가 경합하여 배추생육 측면에서 불리할 것으로 판단되었다. 그러나 배추 정식 15일 이후 중경제초직전에 파종할 경우에는 배추 생육 및 수량에 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 특히 배추 수확후 파종할 경우에는 헤어리벳치를 파종후 복토작업을 위해 트레타 등 기계작업이 필요하므로 이와 같은 노력절감을 위해서도 배추 재배중간 중경제초 작업직전에 헤어리벳치를 파종하면 작업의 생력화 면에서도 유리할 것으로 해석된다.

Table 2. Growth of Chinese cabbage at different sowing time of hairy vetch

Sowing time of hairy vetch	30 days after Planting	
	No.of leaf (No.plant ⁻¹)	Fresh weight (g plant ⁻¹)
(1) Planting time of Chinese cabbage	29	369
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	30	431
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	31	439
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	30	439
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	30	421
(6) Bare land	29	407

Table 3. Growth status at harvesting stage of Chinese cabbage

Sowing time of hairy vetch	No.of leaf (No.plant ⁻¹)	Plant weight (g plant ⁻¹)	Bulb weight (g plant ⁻¹)	Yield (ton ha ⁻¹)
(1) Planting time of Chinese cabbage	71	1,876	1,155	42.7 b
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	69	2,123	1,382	51.1 ab
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	72	2,309	1,603	59.3 a
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	70	2,258	1,537	56.9 a
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	72	2,345	1,657	61.3 a
(6) Bare land	70	2,106	1,383	52.2 a

* Planting time of Chinese cabbage : Jul. 19.

* Harvesting time of Chinese cabbage : Sep. 17.

2) 헤어리벳치 파종방법에 따른 토양 피복 및 유실량 경감효과

헤어리벳치 파종방법에 따른 토양 피복 효과는 Table 4와 같다. 배추 수확후 30일경인 10월 14일 피복을 조사 결과 나지 관행구는 17%인 반면에 배추 정식과 동시에 헤어리벳치를 파종할 경우에는 95%로 매우 높은 경향을 보였다. 또한 월동후 재생력도 매우 높아 4월 17일 조사결과 나지 6.7% 대비, 100% 피복율을 보였으며 월동율에 있었어도 85.9%로 매우 높은 경향을 보였다. 경작지에서의 토양유실 경감 방법은 합리적인 작부체계와 토양관리에 기초한다고 하였다(Baver,1972; Laflan, 1979). 즉 작물 재배에 의한 토양유실 경감은 토양피복과 작물 뿌리의 토양고정에 의해 강우의 유속과 타격력 감소 및 침투수를 많게 하여 토양 유실 및 지표수 유출량을 감소시키는데 기인한다고 하였다. 이와 같은 작물 피복상태에 따른 C값 추정식(Wischmeier and Smith, 1978)에 기초한 토양유실량 산정은 Table 5와 같다. 연간 토양 유실량에 있어 나지 관행을 1로 기준 할 경우 배추 정식직전에 헤어리벳치 파종구는 0.21로 79%의 토양유실 경감효과를 보였다. 이상의 결과를 볼 때 배추 정식전에 헤어리벳치를 파종할 경우에 배추 수확후 조기에 나지 상태의 토양을 피복하여 주므로써 토양유실 경감면에서 본 경사지 토양보전에 매우 유리할 것으로 판단된다.

Table 4. Covering and overwintering rate at different sowing time of hairy vetch

Sowing time of hairy vetch	Covering rate (%)				Overwintering rate (%)
	Sep. 17	Oct. 14	Apr. 15	May. 15	
(1) Planting time of Chinese cabbage	99	95	100	100	85.9
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	95	64	100	100	87.3
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	92	61	95	100	84.6
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	90	50	87	100	82.0
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	88	6	60	100	65.7
(6) Bare land	85	17	6.7	22	-

* Planting time of Chinese cabbage : Jul. 19.

* Harvesting time of Chinese cabbage : Sep. 17.

Table 5. Reduction effect of soil loss at different sowing time of hairy vetch

Sowing time of hairy vetch	Soil loss ratios		
	Cultivation period	Fellow period	Year
(1) Planting time of Chinese cabbage	0.72	0.29	0.21
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	0.78	0.33	0.25
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	0.82	0.35	0.26
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	0.85	0.43	0.35
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	0.96	0.79	0.77
(6) Bare land	1.00	1.00	1.00

* Planting time of Chinese cabbage : Jul. 19.

* Harvesting time of Chinese cabbage : Sep. 17.

3) 헤어리벳치 파종방법에 따른 생육 및 녹비반전 투입효과

헤어리벳치 파종방법에 따른 녹비생육 특성은 Table 6과 같다. 녹비 생체량은 배추 정식 15일 후 헤어리벳치를 파종할 경우 64.4톤 ha⁻¹로 가장 높은 경향을 보였다. 그러나 건물량에 있어서는 배추 정식과 동시에 헤어리벳치를 파종할 경우 1,219톤 ha⁻¹로 가장 높은 경향을 보였다. 나지 관행 표준시비량 대비 각 처리별 생산된 녹비를 배추 재배전에 반전 투입하고 질소질 비료를 주지 않을 경우의 배추 생육 특성은 Table 7과 같다. 배추 정식후 15일 생육조사 결과 투입되는 녹비량에 따른 배추 생육 차이는 보이지 않았으며 나지 표준시비량 대비 엽장, 엽폭, 엽수 등에 있어 차이가 없었다. 이상의 결과는 녹비작물로 헤어리벳치를 투입할 때 질소질 비료의 대체효과가 있다는 연구결과가 본 연구결과를 뒷받침해 주고 있다(Mitchell, 1977; Ebelhar, 1984;

Blevins, 1990). 또한 옥수수 재배지에 있어 옥수수가 재배되지 않는 휴한기에 휴한구를 포함한 헤어리벳치, 클로바, 호밀 등 피복작물을 도입한 실험에서 헤어리벳치구의 옥수수 종실수량이 높아서 질소비료의 대체효과가 있다는 연구결과와 같은 경향을 보여(Frye and Blevin, 1989) 배추 재배에 있었어도 헤어리벳치 녹비작물의 투입은 질소 질 비료를 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 배추 정식 직전 및 정식 15일 이후에 헤어리벳치를 파종할 경우에 녹비 생산량을 증대시켜 녹비 공급 효과가 높을 것으로 판단된다.

Table 6. Growth status Sowing time of hairy vetch

Sowing time of hairy vetch	Fresh weight (ton ha ⁻¹)	Dry weight (ton ha ⁻¹)	T-N (%)
(1) Planting time of Chinese cabbage	63.1 a	12.2 a	3.02
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	64.4 a	10.4 a	3.15
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	60.6 a	9.5 a	3.27
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	49.4 b	7.9 b	3.36
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	24.4 c	4.2 c	3.57
(6) Bare land	-	-	-

* Harvesting time of hairy vetch : Jun. 17.

Table 7. Growth status of Chinese cabbage depending on application of hairy vetch

Sowing time of hairy vetch	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No.of leaf (No.plant ⁻¹)
(1) Planting time of Chinese cabbage	10.2	6.2	12
(2) 15 days after planting of Chinese cabbage	9.5	5.6	11
(3) 30 days after planting of Chinese cabbage	9.0	5.3	11
(4) 40 days after planting of Chinese cabbage	9.8	5.6	11
(5) Harvesting time of Chinese cabbage	8.4	5.1	11
(6) Bare land	10.4	6.1	11

* Planting time of Chinese cabbage : Jul. 1

* Growth status of Chinese cabbage : 15 days after Planting of Chinese cabbage





Figure 1. Growth of hairy vetch at different sowing time

라. 참고문헌

- Baver, L.D., W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. Hohn Willey and Sons Inc.
- Blevins, R. L., J. H. Herbeck and W.W. Frye, 1990. legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum.
- CFA(Chemical Fertilizer Association). 1997. Chemical Fertilizer. PART III. Abundant agriculture in Japan. p. 68~69.
- Cho, B.O. 1999. Characterization of soil fertility and management practices of alpine soils under vegetable cultivations. Ph. D. Dep. of Agri. Chem. Graduate School, Kangwon National Univ., Chunchon, Korea.
- Darl, D.D., R.B.James, D.G. John, G.S. Roger and N.W. Howell. 1999. Soil Test Interpretations and Recommendations Handbook. University of Missouri - College of Agriculture.
- Ebelher, S. A., W. W. Frye and R. L. Blevins. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. Agron . J. 76:51~55.
- Frye, W. W. and R. L. Blevins. 1989. Economically Sustainable crop production with legume cover crop and condervation tillage. J. soil and water conser. 44:57~60
- Gangwondo, 1995. Seminar for Development strategy of alpine vegetables.
- Hong, S. D. 2001. Effective management for cultivation soils under plastic film house. International Symposium on Soil and Water Management. KSSSF and RDA. p. 120~164.
- Jung B. G., J. W. Choi, E. S. Yun, J. H. Yoon and Y. H. Kim. 2001. Monitoring on chemical Properties of Bench Marked Upland Soils in Korea. Korean J. Soil Sci. and Fert. 34(5) : 326~332.
- Jung J. S., S. H. Oh and C. S. Lee. 2000. Soil Amendment and Fertilizer Application Technology. Hanrim-Journal Press : 128~151. Seoul.
- Jung P. K. and D. S. Oh. 2002. Soil Conservation and Management Practices of the Sloped Land. Scientific Symposium. Depart. of Agro-Environment, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. : 103~113. Suwon.
- Kim, J.G. K.B. Lee, D.B. Lee, S.B. Lee, and S.J. Kim. 1998. Effect of chicken manure compost application on the growth of vegetables and nutrients

- utilization in upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(2) : 177~182.
- Korea Fertilizer Industry Association. 2001. Ferti-KFIA Yearbook. Seoul.
- Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 2001. In Soil and Fertilizer (4) : 52~58. Suwon.
- Lafren, J. M. and W. C. Moldenhauer. 1979. soil and water loss from corn-soybean rotations. Soil Sci. Am. J. 43:232~1215
- Lee, C.S., G.J. Lee, J.T. Lee, K.Y. Shin, J.H. Ahn, and H.J. Cho. 2002a. Status of fertilizer applications in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. and Fert. 35(5) : 306~313.
- Lee, C.S., G.J. Lee, K.Y. Shin, J.H. Ahn, J.T. Lee, and B.K. Hur. 2002b. Effect of application added phosphorus and potassium for potato and Chinese cabbage in mounded highland soil. Korean J. Soil Sci. and Fert. 35(6) : 372~380.
- Lee C. S., S. W. Hwang, J. K. Park and M. S. Kim. 1986. Research on Actual conditions of Fertilizer Applications based on Farmers' Paddy Fields by Korean J. Soil Sci. and Fert. 19(4) : 315~320.
- Lee C. S., Y. H. Park, J. Y. Lee, and S. K. Lee. 1996. Studies on Recommendation of N Fertilizer Rates for Vegetable Crops in Green-house Soil. RDA. J. Agri. Sci. 38(1) : 402~409.
- MAFF(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 1985. Technology for Application and Utilization of Organic matter in Japan. p. 3~81.
- MAFF(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 1997. Application and utilization of livestock wastes for fodder crops. Environment-friendly Agricultural Technology. p. 366~368.
- MAFF(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). 2001. Agriculture and Forestry Statistical Yearbook, Republic of Korea : 66~67. Seoul.
- Mitchell, W. W., and M. R. Teel. 1977. Winter-annual clover crops for no-tillage corn production. Agron. J. 69:569~573
- Murayama, N. 1979. The importance of nitrogen for rice production. Nitrogen and Rice. IRRI. p. 5~23.
- NAAES(National Alpine Agricultural Experiment Station), 1996. Symposium on stable production of alpine vegetables.
- NAAES(National Alpine Agricultural Experiment Station. 2001a. The Research on

- Environment and Disease-Insect Pest Control. Commemoration Issue for the 40th History of Highland Agriculture : 190~205. Pyongchang.
- NAAES(National Alpine Agricultural Experiment Station). 2001b. The Research Report : 77~83. Pyongchang.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999a. A counter measuring studies to the changes of agricultural environment. 3rd year complete report : 12~30. Suwon.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999b. Fertilizer Application Recmmendations for Crops : 59~60. Suwon.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999c. Manufacture and utilization of livestock manure and liquid manure for environment-friendly agriculture. p. 126~145.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999d. The Research Report(Depart. of Agro-Environment) : 271~280. Suwon.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000a. Methods of soil and crop plant analysis.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000b. Soil Management Practices in Upland for Environment Conservation. Complete Report(1995~1999) : 164~172. Suwon.
- Park B. G., T. H. Jeon, Y. H. Kim and Q. S. Ho. 1994. Status of Farmers' Application Rates of Chemical Fertilizer and Farm Manure for Major Crops. Korean J. Soil Sci. and Fert. 27(3) : 238~246.
- Park, Y.H. 2001. Soil management in upland. International Symposium on Soil and Water Management. KSSSF and RDA : 88~119.
- Park Y. H., J. H. Yoon, C. W. Shin and J. K. Park. 1988. Soil Chemical Properties of Major Vegetable Producing Fields. RDA. J. Agri. Sci. (Soil & Fertilizer) 30(2) : 36~40.
- Park, Y. H., Y. Lee, and S.C. Kim. 2001. Technology for nutrient management on major crops. Symposium on Integrated Nutrient Management(INM). KSSSF : 104~106.
- Prat, P. E., S. Davis, and R.G. Sharpless. 1996. A four-year field trial with animal manures. I. Nitrogen balances and yields. II. Mineralization of nitrogen,

- Hilgardia. 44 : 99~125.
- RDA(Rural Development Administration). 1993. Revised Rates of NPK Fertilizers Based on Soil Testing for Vegetable Crops. 1992 result of agricultural science and technology development selected for national agricultural policy : 285~288. Suwon.
- RDA(Rural Development Administration). 1998. Adjustment of Current Fertilizer Application Rates for Major Crops and Establishment of New Fertilizer Application Rates for Vegetable Crops in Greenhouse soil. 1997 result of agricultural science and technology development selected for national agricultural policy. Suwon.
- RDA(Rural Development Administration). 1998. Investigation and standard for agricultural experiment. p. 310~313.
- Seo, J.H. 2000. Enrichment of Soil Nitrogen and Reduction of Nitrogen Fertilizer for Corn by Soil Incorporation of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) as Green Manure. Thesis for Ph.D. degree, Seoul National University.
- Shin K. Y. 2001. Status and Issue of Highland Friendly Environmental Agriculture. Development and Direction of Mountain Agriculture for Evaluation of Function of Public Benefit. Scientific Symposium for 40th anniversary year : 1~38. Pyongchang.
- Song, B.H. 2002. Study on development of technologies for environment friendly agriculture with cropping systems using Hairy vetch on fallow land in unoccupied farming season. Final Report for special project of agriculture & forestry, Department of Agriculture and forestry.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith (1978), Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning Agricultural Handbook No. 537, U. S. Department of Agriculture Washington D. C., p. 58.
- Yamasaki Tsutae. 1987. Micro and Macro Nutrients, Diagnosis and Treatment for Soil and Crops. p. 98~118.
- Yang J.E, B.O. Cho, Y.O. Shin, and J.J. Kim. 2001. Fertility status in northeastern alpine soils of south Korea with cultivation of vegetable crops. Korean J. Soil Sci. and Fert. 34(1) : 1~7.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제 1절 연구개발목표의 달성도

세부연구과제	연구개발의 내용	목표 달성도(%)
고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 친환경 지상부생육 조절법 구명.	<ul style="list-style-type: none"> ○국내외 기존문헌 검색 및 사례조사 ○저독성이며 잔류성이 짧은 살균제와 칼슘화합물류중에서 생육조절이 가능한 물질 탐색 ○도장억제용 성장조절물질 조사 ○처리시기, 처리방법, 처리량에 따른 특성조사 ○적정 처리법 구명(최소억제농도(MIC) 검정) ○정식후 적정 처리시기 및 간격 구명 ○생육조절법의 안전성 비교 조사 ○처리에 따른 품질평가 ○고랭지 채소재배 농민들에게 기술이전 	100%
환경친화형 저독성 농자재를 사용한 무름병 경감 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○무름병 발생 조사 ○무름병 방제 약제 및 내서성+내무름병 품종 탐색 ○선발 방제 약제 포장 시험 수행 ○사용 방제 약제의 잔류 조사를 위한 생물검정 기술 확립 및 기기분석 ○주요품종 내서성+내무름병 탐색 ○종합적으로 재배 기술에 적용하여 포장 시험 수행 	100%

협동연구과제	연구 개발의 내용	목표 달성도(%)
시비방법 및 토양환경 개선에 의한 시비효율 증진 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고랭지배추 재배지 비료 사용실태 및 토양 이화학성 분석 (무기양분인 질소, 인산, 칼리, 마그네슘, 칼슘 요소에 집중 분석하여 시비 기술 개발) ○ 환경 및 토양 조건에 따른 비료이용 특성 구명 ○ 환경조건 및 토양특성에 따른 적정 시비체계 확립 ○ 시비효율 증진 및 화학비료 절감을 위한 시비기술 개발 ○ 유기물 및 녹비작물재배 도입에 의한 화학비료 절감효과 구명 ○ 토양환경 개선에 의한 시비효율 증진기술 개발 ○ 농자재 저투입 환경보전 농업을 위한 기본체계 확립 ○ 적정 시비체계의 종합적 모델링 개발 	100%

제 2절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

- 가. 본 연구를 통하여 개발된 지상부 생육조절기술은 배추뿐만 아니라 고랭지 채소류(감자, 양배추, 시금치, 무, 양파, 결구상추, 양채류)의 도장 억제 기술에 직접적으로 적용될 수 있고 환경친화형 저독성 농자재 사용에 의한 무름병 방제법은 현재 고랭지 지역에서 문제가 되고 있는 배추를 포함한 고랭지 채소류에 적용하여 청정 채소류 생산에 기여함.
- 나. 유·무기질 시비기술과 녹비작물 적용기술은 고랭지 토양의 이화학적 특성을 개량할 뿐만 아니라 고랭지 밭토양의 보전과 수질 오염 방지에도 기여할 것이고 여름에 도장이 없고 생육이 우수한 고랭지 배추의 재배가 가능하여 증수는 물론 고품질의 고랭지 배추 생산 가능.

- 다. 고랭지 여름배추 재배에 있어 적정 시비 기준량 설정으로 토양화학성 악화 방지 및 과다시비로 인한 토양 산성화와 비료분 유출에 의한 수질오염 방지하고 고랭지 배추재배에서 농약 잔류량 모니터링으로 농산물 오염정도 현황 파악 및 농약살포 기준량 설정에 사용.
- 라. 고랭지배추 재배에 있어 적정 시비 기준량 설정으로 저비용 고품질 안정생산을 위한 기본 체계 확립하고 고랭지배추 환경조건 및 생육시기별 비료이용 특성을 구명하여 정확한 비료 사용 지침 설정 가능.
- 마. 유기물 시용에 따른 토양유실 방지 및 토양비옥도 증진 방안을 확립하여 토양 개량을 위한 기초체계 확립하고 피복작물을 이용한 경사지토양 환경보전농법 체계 확립 가능. 환경친화형 농자재 사용에 의한 무름병 방제로 청정 배추 생산 가능.

2. 경제·산업적 측면

- 가. 현재 고랭지 배추 생산비 984,000/10a에서 40-50%이상 절감한 492,000/10a로 비가 줄어 결국 농가소득증대에 기여할 수 있고 더 나아가 고품질 저비용 안정생산 체계 확립으로 수입 농산물에 대한 경쟁력 확보하고 중국산 배추와 차별화된 고품질 배추 생산으로 일본의 배추 및 김치시장 점유율 증대.
- 나. 대부분의 화학비료는 외국에서 수입된다고 볼 수 있는데 적정 시비체계 확립 과다시비로 인한 외화 낭비를 줄일수 있고 토양과 수질오염을 줄임으로서 환경과 농업이 조화를 이룰수 있음. 세계각국에 김치는 우리나라 고유식품으로 홍보에 기여할 수 있음.
- 다. 농산물 시장의 개방과 농촌 노동력의 노령화로 노동력이 질적으로 저하되어 있는 현 시점에서 저비용 고품질 안정생산기술 개발은 국제경쟁력을 높여 농민들 경작의지를 고취할 수 있음. 고랭지 배추 재배시 화학비료 과다 시용에 의한 환경오염은 매우 심각한 상태로 적정 시비체계 확립은 환경친화적 농업의 가장 기초가 될 수 있음.
- 라. 고랭지 여름배추의 청정이미지 부각으로 김치소비량 촉진, 국민보건 향상 및 고랭지 농가의 소득 제고하고 고랭지배추 재배지는 대부분이 산간협곡의 경사지로 토양유실이 심한 실정인데 녹비작물 재배와 같은 농법은 친환경농업에 대한 관심이 점점 높아지고 있는 현 시점에서 화학비료 사용량을 줄일수 있고 농민들에게 밭토양 관리에 대한 새로운 지침으로 적용될 수 있음.

제 5 장 연구개발결과의 활용도

본 연구를 통하여 개발된 주요 내용은 첫째 고랭지 여름배추의 생산성 향상 및 고품질화를 위한 지상부 생육조절 기술 개발. 둘째 환경친화형 농자재 사용에 의한 고랭지 여름배추의 무름병 종합적 방제 시스템 개발. 셋째는 고랭지 여름배추의 고품질 저비용 안정생산을 위한 환경보전형 시비기술 개발로 개발된 기술을 사용하여 고랭지 여름배추의 무름병을 예방하고 웃자람을 억제하여 고랭지 여름배추의 품질 및 수량을 향상시켜 농민들의 소득증대에 기여할 것이다. 개발된 기술들은 시비와 관련하여 기초연구 및 지도기관의 친환경 농산물의 안전생산을 위한 지침이 될 수 있고 본 조사 결과는 농업인의 자원절약, 생력시비, 신비종의 합리적 선정을 위한 지침으로 활용가능 하며 학술논문으로 가치가 있다. 가축분퇴비 시용시 질소 시비모델 설정은 가축분퇴비 시용시 화학비료의 시비관리 지침으로 활용할 수 있고 농업 토양환경 정보시스템과 연계하여 특이한 고랭지 여름배추 재배지 환경특성의 D/B화가 가능하다. 또한 새로 설정된 고랭지권역의 여름배추의 시비추천 전산화로 대농업 실시간 시비처방에 활용할 수있으며 고랭지 배추 휴한기 헤어리벳치 재배에 의한 토양보전 및 투입효과 연구결과는 고랭지 배추 재배지 토양보전 지침자료로 활용할 수 있고 헤어리벳치 반전투입에 의한 화학비료 절감 및 토양환경 개선을 통한 친환경농업기술 적용 가능하다. 그동안 본 연구팀에서는 기존에 고랭지 배추 생산에서 심각한 문제로 되었던 것을 가능한 농민들이 손쉽게 사용할 수 있도록 기술을 개량하였다. 앞으로 본 연구에서 개발된 고랭지 여름배추의 고품질 생산기술의 활용도를 한층 높이기 위해서는 겨울철 농한기 영농교육시 연구결과를 적극 홍보할 예정이고 각 세부과제별 개발된 결과를 전문학술지와 응용학술지에 6편이상 게재하여 농민들이 많이 활용할 수 있도록 할 계획이다. 또한 고온기에 항시 발생할 수 있는 고랭지 배추의 조직의 연약함 및 엽병의 도장 및 깨씨무늬 증상을 방지할 수 있고 다른 채소류 등 적용범위가 다양하게 활용될 것이다. 지상부 생육조절, 저농약 사용 병해방제, 시비기술 포장실험 결과와 농약잔류량 모니터링 결과를 토대로 생산비 절감과 고품질 저비용 생산 기술 모델을 농가에 보급하고 청정 농산물 생산으로 고랭지 여름배추의 청정이미지 부각에 활용하며 김치원료인 배추에서 농약에 대한 안전성 확보로 외국 바이어들에게 청정 농산물을 부각시킬 수 있는 기초자료로 활용한다. 녹비작물을 이용한 토양환경개선과 적정 시비기술 개발로 고랭지 배추 시비준량 설정에 활용할 수 있다. 연구결과물 활용촉진을 위하여 농업기술센터와 원예농협을 통해 농민들에 개발된 기술을 보급하여 농민들의 소득증대에 기여할 수 있다. 또한 앞으로 고랭지 배추 재배농가에서 많

이 사용하고 있는 농약과 화학비료는 토양환경을 오염시킬 수 가 있으므로 본 연구에서 개발된 연구내용을 기초로 하여 친환경적이고 저비용 저농약 투입 고랭지 배추 생산기술 개발을 위한 후속연구가 필요한 실정이다.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.