

3. 환경농업연구과

환경농업연구 총설

가. 토양관리분야

최근 기후변화와 연계하여 저탄소 녹색성장이 강원도 미래의 발전 전략이다. 따라서 지속 가능한 농업환경의 보전 및 이용에 대한 적극적 대응이 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 특히 그 가운데 친환경농업의 기술 개발을 하기위한 핵심과제인 토양관리 분야는 5과제 6세부과제를 설정하여 연구사업을 추진하였다.

근래 고유가시대에 적응하기 위하여 농업분야에서 에너지 저투입 시책이 매우 중요한 위치를 차지하고 있다 그에 따라 우리원에서는 시설재배 농가의 효율적 시비관리와 우리도 대표산채인 곱취의 시비법 확립시험을 수행하였다. 염류가 기준이상 축적된(EC=2.2) 시설재배지에서 토마토를 재배할 경우 검정시비량의 80%만 시비하여도 토마토의 수량은 3,467kg/10a로 검정시비 3,194보다 많아 실제 시비량이 20% 감축될 수 있었으며, 농가 포장에서 간이검정(현장진단법)에 의해 배추를 재배할 경우 목표수량(9,138kg/10a)을 얻을 수 있으며, 토양의 화학성도 개선되었다. 2010년에는 오이, 토마토 등 우리도 주요 시설재배 채소에 확대적용할 계획이다. 곱취의 재배면적은 최근 급속도로 증가하여 210ha 이상이나 친환경시비설정이 미흡한 실정이다. 취나물은 7~10일 간격으로 5~6회 수확하게 되는데 2010년에는 퇴비 및 추비의 시용량 및 횟수를 구명할 계획이다

고랭지 경사전에서 토사유실로 인한 흙탕물 오염을 경종적 방법으로 해결하고자 홍천 내면지역 현지에 2007년부터 종합시험포장을 조성하여 토사유실 저감연구를 추진하였다. 또한 고랭지 지력증진을 위하여 헤어리벤티와 호맥 등 녹비작물을 혼파할 경우 녹비 건물중 및 질소함량이 증가하는 경향으로 호맥단과 대비 질소는 2배, 인산은 1.5배 양분공급이 가능하여 비료절감효과가 기대되며 금후 토양이화학성 및 미생물상의 변화에 미치는 영향을 지속 검토하고자 한다. 고랭지 경사전 토사유실 문제를 해결하기 위한 여름무 재배시 휴간 호맥 초생재배기술을 경종방법 개선방안으로 영농활용 반영하였다. 집중강우기 약 30일 전인 6월 중순 이전에 미리 두둑만들기와 비닐피복을 완료하고 휴간에 호맥을 파종할 경우 토사유실량은 56.6%, 유거수량은 12%내외 각각 저감이 가능하였다. 또한 경사전 더덕과 도라지 등 대체 소득작목을 노지직파 할 경우 2년차 재배시 90~96%이상의 토사유실 저감효과가 확인되었으며, 우리도 우위작물인 고소득 유망작물 산채류를 년차별로 심었을 경우 눈개승마, 참취, 고려영경귀 모두 2년차 이후 지표면을 덮게 되어 96%이상의 토양유실저감효과가 나타났으며, 특히 눈개승마의 경우 영년생 작물로 다른 산채종류와 달리 작물생육에 지장이 없어 지속적인 토양보전에 매우 적합하여 영농활용자료로 반영하였다. 집중강우기에 대비하여 고분자 입단화 축진물질인 PAM처리시 여름무 비닐무피복구에서 23~41% 저감효과가 나타나 금후 다양한 소재를 적용하고 실용성을 검토할 계획이다.

고랭지 토양비옥도 증진을 위해 콩을 윤작하고 부산물을 재투입하거나 동계 녹비작물을 연계재배 함으로써 토양물리화학성을 개선하고 고랭지채소 안정생산을 도모할 수 있을 것으로 판단되어 고랭지 휴경지 대책으로 콩 재배 권장이 필요하다고 사료되었다. 호맥을 녹비

작물로 이용시 질소기아 현상이 유발될 수 있어 질소함량이 높고 양분무기화 효과가 우수한 헤어리베치를 혼파할 경우 녹비수량이 비슷하거나 증수되었으며, 양분공급 효과가 향상되었다. 또한 고랭지 휴간시비에 의한 양분유실 문제를 해결하고 양분이용을 향상을 도모하고자 추비용 파조시비기를 자체 고안하여 시비방법 개선을 도모하였다.

농업환경 변동 양상의 주기적 모니터링을 위해 18시군 밭토양 170정점과 농업용수(지하수, 소하천수 등) 54지점을 채취 분석한 결과 밭토양은 2005년 대비 유효인산, 치환성양이온은 감소 경향이었고, 산도, 유기물, 염농도는 증가추세를 나타냈다. 유효인산은 시비 감축 홍보에도 불구하고 64%의 초과율을 나타내어 지속적인 시비관리가 필요하며, 치환성 칼리, 석회, 고토의 부족율은 각각 53, 64, 75%로 지속적인 토양생산성유지를 위한 노력이 요구된다.

농업용 하천수의 BOD는 1,11mg/L로 농업용수 수질기준인 8mg/L보다 매우 낮은 수준이었고, 영농형태별 지하수는 COD_{Mn} 기준 95%가 1급수 수준 이었다. 금후 지속적인 모니터링을 통해 친환경 농업정책의 기초 자료로 이용하고자 한다. '09년 72,300점의 토양분석과 DB화를 목표로 추진한 주요작물재배지 토양검정 사업은 농촌진흥청, 각 시군과의 협조체제를 통해 원활히 추진되어 필지별 토양의 정보를 구축하고 D/B화 작업이 완료 되었으며 금후 농경지 토양정보 DB구축 사업이 보다 확대되어 "흙토람" 등 시스템의 효율적인 활용과 친환경 영농정책(맞춤형비료 정책 등)에 도움이 되리라 기대된다.

나. 병리곤충분야

병리곤충연구실에서는 주요 병해충의 예찰 및 방제연구, 그리고 화학농약의 절감 및 안전농산물 생산에 목표를 두고 고랭지농업 안정생산 기술개발, 시설오이 주요 해충의 발생생태 및 생물적 방제 기술개발, 주요 병해충 요방제 수준설정연구, 산채류 주요 병해충 환경친화적 방제기술 개발, 친환경 농업실천을 위한 화학농약 대체기술개발, 친환경 인삼재배를 위한 토양병 생물적 방제기술 개발, 고추 역병 방제용 기능성 상토개발 등의 사업을 추진하였다.

고랭지채소 병해 조기진단 및 발생예찰 연구시험에서 기상자료를 분석결과, '09년 6월 하순부터 9월 중순까지 강수량은 737.9mm로 '08년 보다는 82.7mm 많았으나, 평년 강수량인 925mm보다는 187.1mm적어 마른장마기를 보냈으며, 평균기온은 평년과 큰 차이 없고, 일조시간은 평년에 비해 3.3시간, '08년보다는 2.2시간 적었다. 바이러스병은 발생이 적었고, 무름병에서 평창, 정선, 삼척, 태백에서 7월 중순~9월 중하순에 발생하였고, 뿌리혹병에서 정선, 삼척, 태백에서 6월 하순~9월 상순에 발생하였으며, 정선은 증가, 태백은 감소하는 경향을 보였다. 5년간 주요 병해 발생정도를 살펴보면, 바이러스병 발생은 매우 낮고, 무름병은 '06년과 '08년 7월하순, 8월상순에 많이 발생하였으며, 뿌리혹병은 '05년과 '08년 8월상하순에 많이 발생하였다. 무름병에 대한 종합적인 예방 및 방제대책 마련이 필요하였고 고랭지 지역별 기상자료 수집 분석과 발병과의 분석, 진단, 방제법 개발 등이 필요하였고, 지구온난화에 의한 고랭지 지역이 점차 준 고랭지로 변화하면서 기온상승 및 연작 등으로 점차 돌발병해충 발생이 증가할 것으로 전망되었다.

시설오이 주요 해충의 발생생태 및 생물적 방제 기술개발 시험에서는 시설오이 주요 해충

의 친환경적인 방제방법 개발로 농약사용량을 절감하고, 친환경농업인의 현안을 해결을 위한 시험으로 처리별 주요 해충의 밀도는 관행 방제구> 50%절감구> 생물적 방제구> 무처리구 순이었으나 전체적으로 해충의 밀도가 낮아 큰 차이는 없었다. 생물적방제구가 관행방제구와 50%절감구에 비하여 수량이 감소하는 경향이었으나 무처리를 포함한 전체 시험구에서 큰 차이는 없었다. 시험구당 오이 수확과수는 무처리구> 생물적방제구 > 50%절감구 > 관행방제구 순으로 많았으나 상품과수는 그 반대 순이었다. 오이재배시 적엽 및 줄 내림으로 인하여 천적의 정착율이 낮고, 번식력이 떨어졌다. 흰가루병과 노균병의 피해가 심하여 친환경적인 병해방제가 우선적으로 필요하였다.

호박 흰가루병 요방제 수준설정 연구에서는 호박 흰가루병의 발생은 정식 60일경인 7월 상순에 시작되었고 7월 하순~8월 상순에 많이 발생하였고, 8월 하순부터 병 발생이 감소하는 경향을 보였다. 호박 흰가루병의 방제적기는 병 발생이 시작하는 6월 하순으로 나타났다. 발병수준과 수확과수, 과중, 수량이 부의 상관성이 있었고, 수확과수와 수량이 고도의 정의 상관성이 있었으며, 과중과 상품과율이 정의 상관성이 있었다. 호박 흰가루병 발병수준에 따른 호박 수량 감소의 추정 회귀식은 $Y=-10.399X+6607.5$ 이고, 결정 계수는 $R^2=0.97$ 이고, 상관 계수는 0.98로 부의 상관성이 있었다. 호박 흰가루병에 의해 수량이 감소하지 않는 범위의 요방제 수준은 6.5% 병반면적률이었다. 호박 흰가루병의 경제적 피해수준은 21.6%였으며, 경제적 방제수준은 17.3% 병반면적률로 설정되었다. 호박 흰가루병으로 수량이 감소하지 않는 요방제 수준은 6.5% 병반면적률로 수량이 감소하지 않는 방제 수준으로 농업인이 방제여부 결정시 10일을 조사하여 흰가루병 병반면적이 50%이상 감염된 호박잎이 1~2장 일 때 방제를 시작해야 하는 시점이었다.

양배추에서 배추좀나방의 요방제 수준설정 연구시험에서는 양배추를 가해하는 배추좀나방의 피해에 대한 요방제 수준을 설정하고자 페로몬 트랩을 이용한 성충의 비래 조사와 처리구별로 피해율을 조절하여 시험을 실시하였다. 페로몬트랩을 이용한 양배추 포장에서의 배추좀나방 비래 조사 결과, 정식 직후인 4월 하순부터 채집되어 5월 중순에 가장 많은 비래를 나타냈으며, 수확기인 7월 상순에 현저히 감소하였고, 양배추의 배추좀나방 피해는 정식 1개월 후인 5월 중순에 46.7%의 피해주율을 보였으며, 6월 초순부터 피해율이 급격히 증가하였다. 배추좀나방 발생최성기에 약제방제시 상품수량(구중)이 20% 정도 증가하였으나 고품질의 양배추 생산을 위해 배추좀나방의 조기 방제가 반드시 필요하였다. 배추좀나방 유충의 접종 밀도에 따른 양배추 피해는 수확기에 전체 처리구에서 100%의 피해율을 나타냈으며, 양배추의 결구가 부실하고 배추좀나방 피해가 극심하여 수확이 불가능하였다.

산채류 주요 병해충 환경친화적 방제기술 개발 연구에서는 산채류에 발생하는 병해충의 종류 및 피해를 구명하고 주요 병해충에 대한 효율적인 방제방법을 모색하고자 주요 병해충의 종류를 조사하고, 친환경자재를 이용하여 방제시험 등을 실시하였다. 그 결과, 곰취 등 7종의 산채류에서 발생한 병해충은 참취 16종, 곰취 10종, 두릅나무 10종, 음나무 9종, 고려엉퀴 12종, 누룩치 7종 및 눈개승마에서 5종이 조사되었고, 이 중, 곰취 점무늬병 등 10종에서 방제가 필요하였다. 기주 미기록 병해충은 6종의 산채류에서 곰취 점무늬 등 16종이었다. 취나물 점무늬병 등 피해가 심한 6개 병해의 발생소장은 대부분 6월 중순에 발병하여

10월 상순까지 지속되었다. 산지와 경작지간의 산채 병해충 발생 비교한 결과, 병해충의 피해는 산지재배에 비해 경작지 재배가 심한 경향이었으나, 음나무와 눈개승마의 점무늬병은 산지재배에서 발생이 많았다. 곰취 흰가루병 발생초기에 난황유 처리로 71.7%의 방제가를 나타냈으며, 미생물제재인 큐펙트 수화제는 68.6%의 방제가를 보였으며, 칼륨비누액 살포에 의한 고려엉겅퀴의 진딧물 방제효과가 85%로 우수하였다. 취나물(곰취, 곤달비) 수확 전 난황유의 경엽살포에 의해 29%의 곤달비 증수효과와 54%의 곰취 병해충 감소효과를 나타내어 친환경자재를 농가 현장에서 사용할 수 있을 것으로 사료되었다.

친환경 농업 실천을 위한 화학농약 대체기술 개발 시험에서는 고품질 채소 생산을 위한 슈도모나스속 세균 이용기술 개발과 시설재배농가 선충피해 실태조사 및 방제법 연구를 수행하였다. 고품질 채소 생산을 위한 슈도모나스속 세균 이용기술 개발 연구에서 슈도모나스 균체수확시 냉장처리와 동결건조기술을 활용하여 생균손실이 적은 분말상태로 가공이 가능하였고, 산업화를 위한 Pilot배양시 배지재료비의 절감을 위해 탄수화물 중 sucrose와 glycerol을 첨가하여 수율을 향상시켰으며, 슈도모나스 원재를 동물과 미소생물을 대상으로 독성 여부 조사한 결과, 저독성의 안전성을 확인하였다. 이를 이용하여 배추의 수량은 정식 시 침지 처리구에서 생산량과 상품율이 향상되었다.

시설재배농가 선충피해 실태조사 및 방제법 연구 결과, 미숙 된 유기질퇴비를 사용한 농가는 토양내 선충밀도가 토양100g당 420마리로 높았고, 흑지수도 2.8로 나타났으며 생육이 불량하였고, 자가 제조 퇴비를 사용한 농가에서는 선충에 의한 뿌리혹 피해는 없었다. 선충 방제를 위해 농약과 친환경자재를 이용하여 밭 정리시 포스치아제이트 입제(6kg/10a) 또는 수화제를 살포하고, 고삼과 Neem 오일을 혼합하여 제조한 고삼액제를 정식 시 침지하고, 재배기간 중 20일 간격으로 2회 관주하는 체계처리를 한 결과, 흑지수 1이하로 정상수확이 가능하였다.

친환경 인삼재배를 위한 토양병 생물적 방제기술 개발 시험에서는 병원균에 항균능력이 있는 세균과 방선균을 토양에서 분리하고 항균능 등을 확인하였다. 인삼에 발생하는 병은 습도와 기온과 같은 재배환경과 다년재배에 의한 지력저하가 큰 요인으로 작용하였고, 토양에서 분리한 세균 Bacill0908-43은 포자를 형성하여 4종의 병원균에 대해 항균력이 있는 항균물질 생산능이 있었다. 방선균류인 Chiact 0906-2는 항균물질생산능력은 물론 곰팡이 병원균의 세포벽을 분해하는 cellulase와 chitin을 분해하는 chitinase 생산력이 확인되었다. Chiact 0906-2는 지력이 떨어진 4년 근 이상 된 인삼포장에서 문제시되는 균핵병 병원균을 효과적으로 방제하여, 월동기 토양에 잠복되어 있는 병원균을 효과적으로 방제가 가능한 것으로 생각되었다.

고추 역병 방제용 기능성 상토개발 연구에서는 고추 역병 길항균주를 분리하고 병원균 억제효과 등을 조사하였다. 길항균주로 *Bacillus subtilis*, *Streptomyces griseus* 2종은 저온기 토마토재배에 피해를 주는 *Phytophthora infestans*와 고온기 고추재배지에 발생하는 *P. capsici*에 대한 생장억제효과가 확인하였고, 토마토 어린 묘에 감염한 *P. infestans*는 10일 이내에 50% 이상의 발병률을 보이는 급성 전염병원균 이었으나 *S. griseus*나 *B. subtilis*를 처리하면 5일 이상 병 발생이 지연되었으며, *S. griseus* 처리구에서는 30일 이후에도 발병되지 않아 완전방

제가 가능할 것으로 생각되었다. 우분, 왕겨, 수피, 벧짚을 섞어 발효시킨 퇴비는 흙과 섞어 가식용 상토로 사용하면 1.6%정도의 잘록병증상이 발생하지만 발효퇴비에 *B. subtilis*나 *S. griseus*를 첨가한 처리구에서는 0.6%이하로 발병증상이 억제되었다.

다. 환경생태분야

환경생태연구실에서는 친환경농업 기반확립 및 응용기술 개발, 농업환경 자원 및 부존자원의 효율적인 활용, 농업분야에서의 온실가스 배출량 평가를 목표로 5과제 5세부과제에 대하여 시험연구사업을 추진하였다.

유기재배 농가의 양분관리 기술을 체계화하고 유기재배 실천을 위한 유기 자원의 효율적인 활용을 위한 연구를 수행한 결과, 경종관리 방법으로는 휴반 및 두둑은 주로 흑색비닐 피복 또는 차광막으로 처리하였으며, 일부 농가에서 간이 비가림 시설과 위드스탑 등의 자재를 이용하였다. 화천 유기질비료를 공동으로 사용하고 있었으며, 시용량은 10a당 300kg 이상이였다. 질소에 비해 인산은 높고 칼리는 낮은 유기질 비료를 계속하여 사용한 결과 경작 후 토양 중 인산은 다소 높아지고 칼리는 낮아졌으므로, 동계 호맥 재배 등을 통한 칼리 증진이 필요할 것으로 보인다.

유기성 자원 가운데 쌀겨나 버섯폐배지로 만든 퇴비는 질소에 비해 인산이 다소 높았으며, 공시 퇴비 5종의 유해성분 함량은 공정규격에 적합하였다. 하우스에서 유기성 자원 처리구의 고추의 생육과 수량은 화학비료 대조구와 대등하였으나, 노지에서는 다소 낮았다. 쌀겨 퇴비나 버섯폐배지 퇴비의 처리로 토양 유효인산 함량이 적정 범위보다 높았으며, 유박비료는 칼리가 낮아졌다.

2012년 축산분뇨의 해양투기 금지로 인하여 축산분뇨를 활용한 자원순환농업 사업이 활성화되고 있다. 저농도 돈분 액비는 질소 함량이 낮고 악취가 거의 없어 시설재배지에서 활용하기에 적합하다. 시설재배에서 저농도 돈분뇨 액비의 시용이 원예작물 및 토양환경에 미치는 영향을 구명하기 위하여 토마토와 오이를 대상으로 시험한 결과, 돈분 액비를 과다 시용(질소기준 200%)하였을 때 토마토와 오이의 수량이 비교적 낮아졌고, 토양의 칼리 함량이 석회와 고토에 비해 과다해졌으며, 용탈수의 질소와 칼리 함량이 높아져서 지하수 오염의 우려가 있었다. 액비를 시용하였을 때의 토마토와 오이의 뿌리 생육 및 과실의 저장성 등은 화학비료 처리와 비슷하였다. 본 연구는 계속 수행하여 연차간 변이와 연용 효과를 구명할 계획이다.

식품의 안전성에 대한 소비자들의 관심이 높아지는 경향에 맞추어 안전한 농식품을 생산하여 소비자의 만족도를 높일 수 있는 연구가 활발히 이루어지는 추세이다. 축산분뇨 퇴액비가 유기물과 작물 양분을 공급하기 위해 농경지에 다량 투여되고 있는데, 축산용 항생제의 사용량이 세계에서 가장 높은 편에 속하는 우리나라이므로 항생제의 농경지로의 유입과 더불어 그 농경지에서 재배하는 작물에도 흡수될 우려가 높아지고 있다. 돈분 액비와 계분 퇴비를 대상으로 제올라이트와 패화석 등 토양 개량제의 항생제의 작물 흡수 저감에 관한 연구를 수행한 결과, 패화석에 비하여 제올라이트가 축산용 항생제의 작물 흡수를 낮추거나

억제하는 효과가 뚜렷하였다. 상추와 무의 항생제 흡수뿐만 아니라, 작물 수확 후 토양에 잔류하는 클로르테트라사이클린과 타이로신, 설파메타진 등 항생제의 함량에 있어서도 저감 효과를 확인하였다. 본 연구는 계속 수행하여 안전한 농식품 생산을 통한 소비자 만족도 제고에 기여하고자 한다.

최근 기후온난화를 대비하여 저탄소 녹색성장이 우리나라의 주요 현안정책으로 추진되고 있다. 그런데 기후온난화가 진행되는 주요 원인으로 대기에 배출되는 온실가스이므로 우리나라는 2020년까지 온실가스 배출량을 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축하기로 결정하였다. 우리나라의 온실가스 배출량은 2007년 기준 6억2천만톤이며 이 중 농업부문은 18백만톤으로 2.9%를 차지한다. 강원도에서 밭작물을 재배하면서 배출되는 온실가스를 평가하기 위하여 배추, 감자, 고추 등 3개 작목을 대상으로 아산화질소의 배출량을 측정하였다. 아산화질소 배출량은 질소 비료 사용량과 비례하여 배추>고추>감자 순이었다. 화학비료에 비하여 축분 퇴비의 사용은 봄배추에서는 아산화질소 배출량이 적은 반면 가을에는 많았는데, 이는 기상 등 환경 요인의 영향 때문인 듯하다. 질소질 비료나 축분 퇴비의 사용량이 많을수록 아산화질소의 배출량이 많아졌으므로, 농경지에서의 온실가스 배출량을 줄이기 위해서는 비료나 퇴비의 적정 사용 또는 감량 사용이 필요하다. 온실가스의 배출량은 기상 환경의 영향을 크게 받으므로, 본 연구는 계속 수행하여 연차간 변이를 구명할 계획이다.