

RI/방사선의 농학적 이용현황과 전망

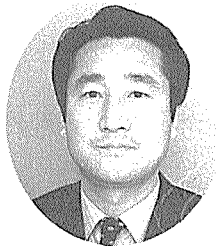
I. RI/방사선의 농학적 이용현황

우리나라에서 방사성동위원소 및 방사선을 이용한 농학연구는 1965년 원자력원산하 원자력연구소에서 방사선 농학연구실이 설치되면서 부터이다. 이어 1966년에는 원자력청산하에 방사선농학연구소가 발족되어 주요 농작물의 증산과 농업기술의 향상에 목표를 두고 RI/방사선을 이용한 품종개량, 시비법개선, 병해충 방제 및 식품보존 등에 관한 연구를 추진하여 이 분야의 기술축적과 농학발전을 뒷받침하는 기초 자료를 생산해 왔다.

1973년에는 원자력청산하의 원자력연구소가 정부 출연 연구기관으로 전환되는 것과 때를 같이하여 방사선농학연구소가 농촌진흥청에 일부 이관되었고 이때부터 농촌진흥청에서 방사선농학연구를 승계하여 실제 농업을 주도하는 연구, 지도, 행정기관과 직접 연계되어 연구를 하여 왔다. 1970년대에서는 RI/방사선 농학연구의 터전을 마련하는 시기로서 열악한 조건하에서도 ^{15}N 을 이용한 질소의 행동과 양분효율 ^{32}P 를 이용한 내병성 연구 및 중성자 수분 측정기를 이용한 토양수분 수지에 관한 연구를 수행하였다.

1980년에는 농업유전공학 실험동을 신축 하면서 이 건물내에 방사선관련 특수시설과 장비를 갖춘 155m^2 규모의 실험실을 마련하고 방사성동위원소의 사용허가도 21핵종 4,270mCi로 확대하여 농촌진흥청 중앙방사성동위원소실험실로서의 면모를 갖추었으며 이 실험실이 농촌진흥청산하 여러 연구기관에서 이루어지는 동위원소 이용연구에 대한 기술지원과 안전관리를 전담하고 있다.

1986년 6월부터 1989년 12월까지의 농촌진흥청과 IAEA/UNDP간에 “핵 및 관련기술을 이용한 식량 및 농업생산 증진연구”과제를 공동 협력 연구형태로 추진하여 돌연변이를 이용한 육종재료의 확보, 사용된 비료와 농약성분의 행동 추적, 양분의 흡수이동과 뿌리활력 측정, 농약의 잔류독성 조사등 많은 연구성과를 거두었으며, 이 기간동안



김 영 상 과장

농촌진흥청 열대농업관실

방사성동위원소 및 방사선의 농학적 이용 분야의 전문가 33명이 방문내지는 체류하였으며 국내 농업연구 관계관 19명이 선진국에 연수하여 RI/방사선의 농학이용 연구의 발전에 크게 기여하였다.

근년에는 유전공학기술을 이용한 작물개량 연구사업이 활성화되면서 유전자 표식을 위한 방사성동위원소의 이용이 급증하여 1992년도 농촌진흥청의 방사성동위원소 사용량은 약42mCi였으며 주로 이용된 방사성동위원소로서는 ^{32}P , ^{35}S , ^3H , ^{14}C , ^{125}I 및 ^{45}Ca 등이다.

1. 작물 육종

가. 유전공학 연구

합성 DNA는 유전자 및 분자생물학 연구와 관련된 유전공학 실험의 필수 소재로서, 특정 유전자의 확보, 유전자 재조합상의 linker, adapter, primer 및 probe 등의 재료, 유전자와 단백질의 특정변이를 위한 변이유도 유전자, 유전자 구조와 기능연구 소재 등 실험계획 단계로 부터 실험결과의 확인까지 다양하게 이용되고 있다. 이러한 합성 DNA의 확인은 주로 방사성동위원소로 표지된 핵산을 이용한다. 핵산을 방사능이 있게 하는데 사용되는 동위원소로서는 ^{32}P , ^{35}S , ^3H 의 세종류가 있으며 특히, ^{32}P 는 DNA나 RNA에 방사능을 띠게할 때 사용되는 가장 보편적인 핵종이다. 유전공학 연구의 성과로서는 작물의 유용유전자 분리증식 기술, 살충·살균성 유전자 개발, 살충성 및 바이러스 내성 담배 개발등의 연구성과를 얻게되어 유전공학 기초기술의 정착단계에 이르게 되었다.

또한 가축위생 분야에서는 가축질병의 퇴치를 위한 연구의 일환으로서 돼지 콜레라, 오제스키병 및 소의 설사병균 등에 대한 유전자 염기서열 분석 등 분자생물학적 연구의 기반을 구축하였다.

나. 돌연변이육종

우리나라에서 돌연변이 육종은 1960년대 후반부터 주곡인 쌀과 보리에 대해서 시작하였으며 초기에는 주로 돌연변이 유발기술 정착에 기여 하였고 1970년대 부터 농촌진흥청에서는 쌀, 보리, 참깨 및 대두 등의 작물에서 유망한 돌연변이 계통들은 장려 품종으로 추천되어 종자 개량사업의 이익을 담당하였다. 보리의 경우 방사선 돌연변이에 의한 육성품종인 방사6호는 방주보리에 ^{60}Co 의 열성중성자를 조사하여 유기된 돌연변이 계통들에서 선발 육성되었으며 송학보리(이리4호)와 긴쌀보리(이리11호)는 방사6호를 이용한 교잡육종에 의해서 육성된 품종들이다. 이들 돌연변이 육성품종들은 공통적으로 키가 작고 조숙인 특성을 나타내고 있다. 또한 대두에서 방사콩(수원128호)은 CB-27호에 X-ray를 조사하여 육성된 돌연변이 품종으로서 단간이며 조숙이고 모자이크 바이러스(mosaic Virus)에 내성을 나타내는 다수성 품종이다. 참깨에서 안산깨(수원56호)는 90일참깨를 γ -ray로 조사(照射)하여 육성한 품종으로서 분지형, 조숙 단간이고 주당 이삭수가 많은 다수성 품종이다.

2. 작물영양 및 토양연구

가. 작물영양 연구

1) 중질소(^{15}N)을 이용한 질소이용 및 효율 연구

비료의 3요소중에서도 작물의 질소 영양 상태는 생산력을 크게 좌우하므로 질소에 대한 연구는 매우 중요시 되어왔고 비료로 사용한 질소의 행동에 관해서도 많은 연구가 집중되어 왔다. 동위원소의 이용이 불가능한 시기에는 간접적인 방법으로 연구를 진행하며 시비질소의 행방을 추정만 하였으나 1970년대 후반에서 부터 한일 기술협력 및 국제원자력기구(IAEA)의 협조를 얻어 중질소의 분석시설 및 분석기술이 갖추어져 체계적이고 직접적인 질소영양 연구를 실시하게 되었다.

수도작을 중심으로 시비한 질소의 흡수이용 및 흡수한 시비질소의 곡실로의 이동 즉, 시비질소 효율 등을 중질소를 사용하여 조사하였으며 이러한 영양특성은 품종에 따라서 다르게 나타났는데 통일계 벼가 일반계 벼보다 시비질소의 이용 및 시비질소 효율이 높게 나타났다. 질소영양 요구에 동위원소(중질소)를 도입하므로써 전에는 불가능하였던 연구가 가능하게 되어 질소비료 형태별 흡수량, 흡수속도, 질소전력(窒素前歴)이 공급질소의 흡수 및 이동에 미치는 영양 등의 연구를 가능하게 하였다. 또한 수도 재배지역의 온도지대별 사용시기가 다른 시비질소의 흡수이동 및 시비효율 등을 조사하였다. 이러한 연구들이 주로 벼 재배를 중심으로 이루어져왔고 다른 직물에서의 연구는 매우 저조하였음을 지적할 수 있다.

2) 벼 내냉성 검정 및 냉온피해 경감

우리나라 기후조건하에서 수도 재배 면적 확대를 제한하는 요소중의 하나는 냉해이다. 수도육종에서 내냉성이 강한 품종을 선발하는 작업은 중요한 과정중의 하나인데 인산동위원소(^{32}P)를 이용하여 내냉성을 검정하는 방법이 개발되었다. 이방법은 냉해 저항성에 따라서 ^{32}P 의 흡수성에 차이가 있다는 사실에 기초를 둔 것으로 벼의 ^{32}P 흡수와 인산대사에서 온도의 영향을 집중적으로 조사하여 벼 내냉성 검정의 한 방법으로 제시한 것이다.

벼 재배기간 중에 냉해를 받았을 때 피해를 줄이고 회복을 빠르게 하기 위한 방법으로 인산 엽면시비법을 고안하였는데, 엽면시비한 인산의 흡수여부 확인과 흡수한 인산의 대사작용 연구에는 ^{32}P 를 이용하고 있다. 냉해를 받은 벼에 인산을 엽면시비하므로써 토양에 시비한 것보다 벼 수량이 증가되었으며 엽면시비 인산이 직접 곡실로 이동되었음을 확인하였다.

3) 광합성 생리연구

작물의 광합성은 매우 복잡한 물리적, 화

학적 및 생리·생화학적인 반응으로 진행되는데 동위원소의 사용이 이들 연구를 가능케 하였다. 광합성과정에서 광에너지를 화학에너지로 변환하는 광인산화 반응을 벼 잎의 엽록체를 가지고 ^{32}P 를 이용하여 벼 품종간 차이를 조사하였고, 벼의 등숙기간중에 광합성산물의 전류특성을 표지탄소(^{14}C)를 이용하여 품종별 양상을 구명하였으며, 작물의 생산력에 크게 영향을 주는 광합성 관련 효소인 RuBisCO(Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase oxygenase)의 활성을 ^{14}C 를 이용하여 벼에서 조사한 결과 효소활성의 온도반응 양상에 따라 3가지 품종군(品種群)으로 나눌 수 있었다

4) 작물의 근활력 및 유해 방사성원소의 흡수 연구

작물의 양분흡수에는 근활력이 크게 좌우하는데 근활력 측정에 ^{32}P 혹은 ^{86}Rb 등의 방사성동위원소를 이용하면 정확한 근활력의 추정이 가능하다.

벼 재배에서 근권(根圈) 환경이 환원상태로 될 때에는 근활력의 저하로 ^{32}P 의 흡수가 저해되었으며 대두에서 근권의 공기부족 처리는 ^{32}P 흡수에 큰 영향을 주지 않았다. 벼 생육기간중 ^{32}P 와 ^{86}Rb 의 흡수와 전류특성은 생육초기에 일반계가 더 많이 흡수하는 경향을 보였다.

농업 환경관리의 일환으로 유해 방사성원소(^{90}Sr)의 흡수 및 작물체내 축적을 벼에서 조사한 결과 ^{90}Sr 의 흡수량 분포는 짚 95.5%, 현미 0.8%, 왕겨 3.7%이었으며, 소식회 및 규회석의 사용으로 ^{90}Sr 의 흡수를 억제할 수 있었고 특히 소식회 사용으로 현미중의 ^{90}Sr 함량을 대조구의 54%까지 저하시킬 수 있었다.

나. 토양연구

1) 토양중 질소의 행동연구

토양중에 존재하는 질소의 형태는 크게 유기태와 무기태로 구분할 수 있는데 토양비옥도와 관련해서는 유기태의 질소 행동이

중요하다.

중질소를 표지한 벧짚을 이용하여 논토양에서의 유기태 질소 변화를 조사하였다. 벧짚 질소의 무기화는 온도상승에 따라서 증가하였고 무기화된 질소량의 30~50%가 벧에 의하여 흡수·이용 되었으며 질소비료의 시용은 유기태 질소의 분해와 토양중의 잔존량에 영향을 미쳐서 유기태 질소의 손실량은 질소비료 시용으로 증가하였다.

2) 토양인산과 시비인산의 행동연구

^{32}P 로 표지된 인산비료를 시용하여 토양인산과 시비인산의 흡수비율, 생육시기별 흡수량상, 토양중 인산형태별 존재량 및 토성별 토양의 유효인산량 결정 등의 연구가 진행되었다.

토양에 시용한 비료에서 유래된 인산함량은 벧에서는 19~40%인 반면에 대두에서는 5~24%의 범위임이 구명되었고, 논토양 조건에서 시비인산의 이용이 밭토양 조건보다 많다는 것이 확인되었다

3) 토양수분 연구

1970년대 후반에 중성자 수분측정기가 토양수분 연구에 이용되면서 토양수분 연구에 크게 기여하고 있다. 최근에는 시설원예에서 토양수분 조절에 의한 과실의 당(糖)함량을 증가시켜 품질을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 특히 중성자 수분측정기는 포화상태에서부터 건조한 조건까지 광범위한 토양수분을 토양을 파괴하지 않고서도 측정할 수 있으므로 앞으로도 많은 실용적인 효과가 기대된다.

3. 작물보호 및 농약

가. 작물보호 연구

작물보호 연구에 동위원소이용은 초기단계이며 벧의 멸구 내충성 검정에 ^{32}P 가 이용되었다. 내충성이 강한 벧 품종은 벧멸구에 의한 흡즙량이 적어서 벧멸구 체내의 ^{32}P 량의 측정으로 벧 품종간 내충성 정도의 비교

판정이 가능하였다.

나. 농약의 잔류독성 연구

작물재배에서 농약의 사용은 피할 수 없는 경우가 많으며 그에 따른 잔류독성이 문제시 되고 있다. 잔류독성 연구에는 주로 ^{14}C 를 표지한 농약을 이용한 실험이 이루어지고 있다. 살충제의 하나인 Carbamate계 농약(^{14}C Carbofuran)의 토양중 반감기는 벧재배시에는 6일 작물이 재배되지않는 논 및 밭 상태에서는 각각 34일 및 50일로서 벧재배와 수분조건에 따라서 큰 차이가 있음을 보였고 물 중에서의 반감기는 4일이었다.

II. RI/방사선 이용 전망

1. 유전공학 연구

유전공학은 인간의 가장 기본적인 요구인 식량, 보건, 에너지, 환경 및 공업재료 등의 문제 해결에 대한 새로운 방법론을 제시하게 되었음은 주지의 사실이다. 따라서 방사성동위원소로 표지된 화합물의 이용에 의한 유용유전자의 분리 증식, 유전자 염기서열 확인 및 합성 등에 관한 기법의 활용으로 내병·내충성 유전자의 전환에 의한 신작물의 개발과 신기능·신소재 생성 작물의 개발 연구에 크게 기여할 것이다.

이 기술분야의 발전을 위해서는 국제기술협력의 확대로 선진기술의 습득과 기술정보의 교환이 더욱 촉진되어야 할 것이다

2. 작물육종 연구

수도의 내병성 및 내충성을 증진시키기 위한 복합유전자를 유전적으로 개량하고 원소결핍 및 염류축적 토양에서의 적응성이 높은 원예작물의 품종개발, 대두와 녹두에서의 초고능력 질소고정능을 가진 품종육성을 위하여 종래의 관행 육종법과 더불어 RI/방사선을 이용한 돌연변이 육종법의 활용이 더욱 확대될 전망이다.

3. 작물영양 및 토양 연구

RI를 이용한 이분야의 연구는 지금까지는 주로 식량작물을 위주로 하여 진행되어 왔다. 앞으로는 식량작물 뿐만 아니라 원예, 화훼, 특용작물에 이르기까지 많은 연구가 병행되어야 할 것으로 생각된다.

현재 우리나라의 농업은 환경조화농업 기술개발 및 농산물의 시장개방에 따른 대외 경쟁력 강화기술 확립이라고 하는 두가지 커다란 문제에 직면해 있다.

이러한 현실적 문제 해결을 위하여 작물 영양 및 토양분야에서는 RI를 포함한 모든 방법을 이용하여 지구환경 관여성분인 NO₂, CO₂, SO₂의 발생조절 기술과 식물의 효과적인 양분이용기술 개발에 전력하여야 할 것으로 생각되며, 중질소를 이용한 시설원예 재배지에서의 질소행동연구 및 인산축적 토양에서의 인산비료 행동연구, 지하수 오염과 비료 시비법 및 토양수분 관계연구, 시설재배 조건에서 광합성 및 광합성 산물의 분포 연구 등이 앞으로 수행되어야 할 것이다.

4. 작물보호 및 농약 연구

일반 국민들의 의식이 무공해 식품을 선호하는 추세이므로 작물 수량증대를 위하여 사용되고 있는 농약은 앞으로 많은 규제가 예상된다. 이러한 때에 무공해 농약개발, 음성불임이용 곤충방제 등을 위한 연구에 RI 및 방사선의 이용이 기대된다.

III. 결 론

RI/방사선의 농학적 이용은 지난 30여년 동안 꾸준한 연구를 추진하여 그동안 돌연변이를 이용한 육종재료의 확보 및 우수품종 보급, 시용된 비료와 농약성분의 행동추적, 식물의 양분흡수 이동과 뿌리활력 측정, 농약의 잔류독성 조사등 많은 연구 업적을 이루었으며 최근에는 작물의 유용유전자 개발 및 작물형질 개발을 위한 유전공학 분야에서 RI이용이 급증하고 있다.

앞으로 우리나라 농업이 직면하고 있는 농산물의 수입 개방화에 대응하기 위하여 농학연구의 전반에 걸쳐서 RI/방사선 이용이 증가할 것으로 전망되며 특히 작물개량을 위한 유전공학 및 돌연변이 육종연구, 고품질 농산물 생산이용과 생체 고분자를 이용한 신물질 창출을 위한 분자생물학적 연구 및 지구환경 변화에 대응하기 위한 작물 영양생리 연구 등의 분야가 더욱 촉진 될 전망이다. 또한 기초적인 유전공학적 연구의 발전과 성과에 힘입어 작물 육종가들이 유전공학자(Geen Engineer)로서 육종연구에 종사할 수 있는 시점이 도래할 수 있다는 기대감을 갖을 수도 있다고 본다.

이와같이 RI/방사선을 이용한 혁신적인 농업기술의 개발을 위해서는 이들 분야에 대한 정책적인 지원과 선진기술의 도입 국제정보 교류의 활성화 및 전문인력의 양성 보급이 필요하다.

