

어젠다코드	1 - 3 - 8		구 분	과제완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	E01	작목구분코드	CR-01-CR11
과제종류	공동연구		세세부사업	식량작물 경쟁력 제고	
연구과제 및 세부과제			수행기간	과제책임자 및 세부책임자	
제초제 저항성 잡초 모니터링 및 관리기술 개발			'10~'12	국립농업과학원	이인용
1) 강원도지역 제초제 저항성 논 잡초 발생 모니터링			'10~'12	옥수수연구소	서영호
색인용어	강원도, 제초제 저항성, 논 잡초, 모니터링				

## ABSTRACT

The occurrence of sulfonylurea-resistant weeds has recently increased in Korea. A survey was performed to investigate major paddy field weeds and frequently used herbicides in Gangwon province, Korea in order to establish a system to efficiently control herbicide-resistant weeds. The dominant paddy field weeds included *Monochoria vaginalis*(14%), *Sagittaria trifolia*(14%), *Scirpus juncooides*(13%), and *Echinochloa* spp.(13%), and the most widely used herbicides were oxadiazon 12% EC(27%), butachlor 5% GR (20%), oxadiargyl 1.7% EC(16%), and benzobicyclon+imazosulfuron+ pyriminobac-methyl 6.1% SC(14%) in Gangwon province, Korea. Many paddy rice growers considered *S. juncooides*, *S. trifolia*, *Echinochloa* spp. and *M. vaginalis* as herbicide-resistant weeds. In order to monitor occurrence of sulfonylurea-resistant weeds in paddy fields, soil samples from 803 sites in twelve city/county, Gangwon province were taken and assayed herbicide-resistance in 2011 and 2012. Sulfonylurea-resistant weeds were *M. vaginalis* and *S. juncooides* in Gangwon province. Occurrence rate and estimated area of sulfonylurea-resistant paddy weeds were 20.3~24.5% and 7,059~8,519ha, respectively in Gangwon province. An extensive research deserves to be periodically conducted to monitor occurrence of herbicide-resistant paddy weeds in Gangwon province, Korea.

### 1. 연구목표

잡초의 발생은 작물의 수량과 품질을 떨어뜨리는데, 농가 인구의 감소와 농업인의 고령화에 따른 노동력의 부족으로 인력에 의한 잡초의 방제는 점점 어려워지고 있으므로, 잡초의 발생 양상을 파악하여 제초제를 올바르게 사용함으로써 작물 수량을 높이고 생산비를 줄여야 한다. 논 포장에서 잡초가 발생하면 벼 수량이 감소하는데, 그 감소 정도는 잡초 종류와 발생 밀도, 재배 양식, 재배 지역 등에 따라 다르다. Song 등(2006)은 기계이앙답에서 물달개비가 m<sup>2</sup>당 4~96본일 때 벼 수량은 1~23% 감소하고, 벼풀의 경우에는 7~30% 감소하였다고 보고하였고, Kwon 등(2006)은 담수직파에서 피와 물달개비가 5~100본일 때 벼 수량이

각각 11~74%와 1~12% 줄었다고 하였다. 강원도 논에서의 잡초 발생에 의한 벼의 수량 감소는 80년대에 12~17%였으며(Kim 등 1990), 춘천에서 기계이앙으로 벼를 재배할 때 논 잡초를 전혀 방제하지 않으면 제초제 사용에 의한 잡초 방제와 비교하여 쌀 수량이 39% 감소하였다(Seo 등 2009).

농경지에 발생하는 잡초의 종류와 발생 양상 및 제초제의 사용 실태는 농가를 대상으로 한 설문 조사를 통하여 연구되어 왔다. Lee 등(1998)은 논에서의 우점 잡초와 농업인의 제초제 사용 실태를 조사하여 보고하였으며, Lee 등(2001)은 논과 밭, 과수원에서의 제초제 사용 실태를 보고하였다. 한편, 강원지역에서는 Kim 등(1998)과 Kim 등(1999)이 강원도 옥수수 재배 농가 및 고랭지 씨감자 재배 농가의 제초제 사용 실태를 보고하였다 강원지역 논에서의 잡초 분포는 70년대에는 일년생 잡초가 72%로 우점하였으나, 80년대와 90년대에는 다년생 잡초가 각각 77%와 62%로 더 많이 차지하였으며(Kim 등 1994), 2000년대에는 다시 물달개비, 피, 가막사리 등 일년생 잡초가 67%로 우점하였다(Park 등 2002).

논 제초제는 1973년에 butachlor가 실용화되었고, 1989년에 설폰닐우레아계(SU계) 제초제인 bensulfuron이 처음으로 등록된 이후 1990년대부터 SU계 제초제가 널리 보급되었다. SU계 제초제는 다년생과 일년생 광엽잡초, 방동사니과 잡초에 방제 효과가 뛰어나고, 약효 지속성이 길며, 선택성이 높아 광범위하게 오랜 기간 계속하여 사용되어 왔다. 1999년 서해안 간척지 논에서 물옥잠(*Monochoria korsakowii*)이 SU계 제초제에 대한 저항성 잡초로 확인된 이후 일년생 잡초 6종, 다년생 잡초 2종이 저항성으로 보고되었으며(Im 등 2003; Park 등 2005), 강원도에서는 물달개비(*Monochoria vaginalis*)와 올챙이고랭이(*Scirpus juncooides*)가 저항성인 것으로 보고되었다(Park 등 2005). 이에 따라 저항성 잡초를 방제하는 방법을 문의하는 민원이 증가하는 추세에 있다.

따라서 제초제 저항성 잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 시스템을 개발하여 구축하기 위하여, 강원도 벼 재배 농가를 대상으로 주요 논 잡초와 제초제 사용 실태를 설문 조사하였으며, 강원도의 주요 벼 재배 지역에서 논토양 시료를 채취하여 설폰닐우레아계 제초제에 대한 저항성을 검정하였다.

## 2. 재료 및 방법

설문 조사는 2011년 6월부터 10월까지 강원도에 거주하고, 벼를 재배하는 농업인 84명을 대상으로 잡초 발생 및 제초제 사용에 관한 18개의 질의로 이루어진 설문지를 배포하였고 이를 수거하여 분석하였다. 대부분은 강원도 쌀 농업인 연구회와 시군 벼 재배 농업인 모임에서 조사가 이루어졌으며, 일부는 농가 현장에서 1:1 면담을 실시하여 조사하였다.

주요 조사문항은 벼 재배면적 등 일반 현황과 주요 잡초 등 잡초 발생 양상, 주로 사용하는 제초제 등 제초제 사용 실태 등으로 이루어져 있다. 설문지의 데이터는 통계처리 프로그램인 SAS(Statistical Analysis Systems)를 이용하여 빈도 분석과 요인 사이의 상호관계를 분석하였다.

설폰닐우레아계 제초제에 대한 저항성 잡초의 분포를 조사하기 위하여 2011년과 2012년 2년에 걸쳐 강원도내 주요 논벼 재배지역인 철원, 원주, 고성 등 12개 시군의 803필지(2011년

403필지, 2012년 400필지)에서 토양을 채취하였다. 지역별 조사 필지 수는 벼 재배면적에 비례하여 배분하였다. 즉 2011년에는 춘천 24, 원주 45, 강릉 34, 삼척 11, 홍천 4, 횡성 37, 철원 110, 화천 11, 양구19, 인제 12, 고성 35, 양양 23 필지 였다. 2012년에는 논벼 재배 면적이 800ha 이하인 삼척과 화천을 제외한 10개 시군에서 400 필지를 대상으로 하였는데, 지역별로는 춘천 22, 원주 47, 강릉 34, 홍천 42, 횡성 39, 철원 125, 양구 20, 인제 10, 고성 37, 양양 24 필지 였다. 채취한 논토양을 고르게 펴고 충분히 관수하였다. 잡초가 2엽기 정도 올라올 무렵에 설펀닐우레아계 제초제인 pyrazosulfuron+ Pyriminobac GR을 기준량의 배량인 6 kg/10a 수준으로 처리하였으며, 물 높이는 2cm 내외로 유지하였다. 제초제 저항성 잡초의 발생 여부는 약제 처리 후 20일에 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1. 조사농가 일반현황

설문 응답자들의 벼 재배 면적은 5ha 이상이 38%, 1~5ha가 37%, 1ha 미만이 25%였다(그림 1a). 강원도에서 논벼 재배 면적이 5ha 이상인 농가가 3%, 1~5ha는 25%, 1ha 미만이 72%인 2010년 농림어업 총조사의 결과와 비교해보면, 상대적으로 넓은 면적의 벼농사를 짓는 농업인들이 응답했음을 알 수 있었다.

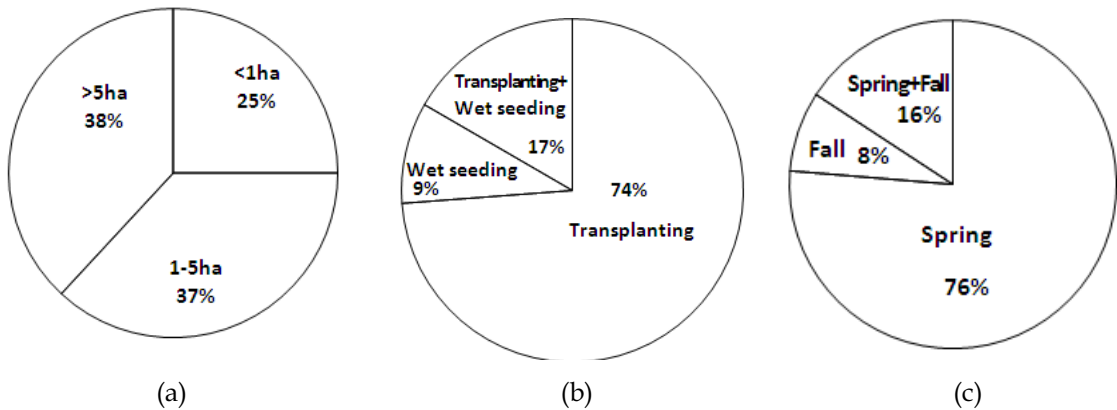


그림 1. 설문 응답자들의 벼 재배면적(a)과 이앙방법(b), 논갈이 시기(c). 분포

응답자의 74%는 기계이앙을 하였으며, 17%는 기계이앙과 답수직파를 함께 하고, 9%는 답수직파를 하였는데(그림 1b), 이는 최근 철원을 중심으로 무논점파가 보급되어 면적이 증가하고 있는 결과로 보인다. 벼 단작이 92%로 대부분을 차지하였고, 8%만 벼와 맥류 등 2모작을 하였는데 주로 동해안과 내륙 남부에 거주하였다.

논갈이를 봄에 하는 농업인들이 76%로 다수였으며, 16%는 봄과 가을에 경운하였고, 8%만 가을에 논갈이하였다(그림 1c). 가을에 논갈이를 하면 다년생 잡초의 괴경이 고사되어 이듬해 잡초 발생을 줄일 수 있으나, 가을 논갈이의 비율이 낮아 다년생 잡초의 발생 비율이 높아질 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 강원도 주요 논 잡초 발생실태

강원도내 논에서 주로 발생하는 잡초로 응답한 21종 가운데 상위 10종의 잡초는 물달개비, 벼풀, 올챙이고랭이, 피류, 올방개, 가막사리, 미국가막사리, 올미, 알방동사니, 물옥잠이었다(표 1). 다음으로는 가래, 자귀풀, 쇠털풀, 너도방동사니, 여뀌바늘, 미국외풀, 매자기, 마디꽃, 발독외풀, 사마귀풀, 새섬매자기 순으로 응답하였다. Lee 등(1998)이 1997년에 조사한 결과에 따르면, 강원도에서의 주요 논 잡초는 피류(51%), 가막사리(13%), 방동사니(7%), 벼풀(7%), 올미(7%) 등이었는데, 잡초 발생 양상이 달라진 것은 제초제에 저항성인 물달개비와 올챙이고랭이가 발생(Park 등 2005)되어 이들이 상위권으로 부각된 것으로 사료되며, 올방개의 경우에는 논 잡초 가운데 가장 방제하기 어려운 잡초라고 조사된 결과(Lee 등 2001)도 있다. 벼풀, 올챙이고랭이, 올방개 등 다년생 잡초의 비율이 높아진 데에는 같은 제초제를 계속하여 사용하거나, 논갈이 방식이 바뀌거나, 벼 재배시기의 변동 및 시비량 증가 등이 원인(Kim 1988)인 것으로 사료된다. 앞에서 언급한 바와 같이, 다년생 잡초의 발생이 늘어난 요인의 하나는 가을 논갈이의 비율이 낮아졌기 때문으로 사료된다.

표 1. 설문조사 결과 강원도 논 포장의 주요 잡초 10종

잡초 초종	응답률 (%)
<i>Monochoria vaginalis</i> (물달개비)	14.2
<i>Sagittaria trifolia</i> (벼풀)	13.5
<i>Scirpus juncoides</i> (올챙이고랭이)	13.2
<i>Echinochloa</i> spp. (피류)	12.6
<i>Eleocharis kuroguwai</i> (올방개)	9.0
<i>Bidens tripartita</i> (가막사리)	7.4
<i>Bidens frondosa</i> (미국가막사리)	4.5
<i>Sagittaria pygmaea</i> (올미)	3.9
<i>Cyperus difformis</i> (알방동사니)	3.5
<i>Monochoria korsakowii</i> (물옥잠)	2.6

벼 재배 농업인들이 제초제 저항성으로 여기는 논 잡초로는 올챙이고랭이, 벼풀, 피류, 물달개비 등 이었는데(표 2), 강원도에서 올챙이고랭이와 물달개비는 이미 보고된 바 있지만(Park 등 2005), 나머지 잡초들은 아직 보고된 바 없기에 금후 저항성 잡초의 발생 모니터링을 통하여 확인할 필요가 있다.

표 2. 설문조사 결과 강원도 논 포장의 주요 저항성 잡초

저항성 잡초	응답률 (%)
<i>Scirpus juncooides</i> (올챙이고랭이)	27.2
<i>Sagittaria trifolia</i> (벗풀)	19.8
<i>Echinochloa</i> spp. (피류)	16.0
<i>Monochoria vaginalis</i> (물달개비)	13.6
<i>Sagittaria pygmaea</i> (올미)	8.6
<i>Cyperus difformis</i> (알방동사니)	6.2
<i>Scirpus planiculmis</i> (새섬매자기)	3.7
<i>Monochoria korsakowii</i> (물옥잠)	2.5
<i>Lindernia dubia</i> (미국외풀)	2.5

### 3. 강원도 논 제초제 사용실태

논 제초제 처리 횟수는 2회가 설문 조사자의 67%로 가장 많았으며, 3회 이상이 18%, 1회 처리가 15%였다(그림 2). Lee 등(1998)의 조사결과에 따르면 38%가 1회 처리, 2회 살포는 46%, 3회 이상은 11%이었는데, 이와 비교하면 1회 처리는 줄어들고 2회 이상 처리가 늘어난 것을 알 수 있다. 이는 올방개, 피 등 방제하기 어려운 잡초(Lee 등 2001)의 완전방제를 위하여 제초제를 체계 처리하는 방향으로 바뀌어가기 때문인 듯하다. 1회 처리한 농가는 이앙 전에 40%, 초중기(이앙 후 12일 이내)에 60% 처리한다고 하였다.

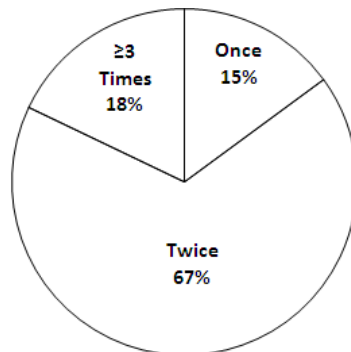


그림 2. 설문 응답자들의 제초제 처리 횟수 분포

주로 사용하는 제초제로는 옥사디아존 유제 17%, 부타크로르 입제 12%, 옥사디아길 유제 9%, 벤조비사이클론·이마조선틸론·피리미노박메칠 액상수화제 8% 순이었다(표 3). Lee 등 (1998)에 따르면, 1997년에는 부타크로르 입제가 25%, 피라조선틸론에칠·모리네이트 입제가 21%, 모리네이트·시노선틸론 입제 10%, 메페나셀·벤선틸론·다이브론 입제가 10% 등이었다. 14년이 경과된 후 실시된 설문조사에서 큰 차이를 보이는 것은 벼 재배양식 및 제초제 처리방법의 변화에 그 원인이 있다고 사료된다. 당시 상위 10종 가운데 부타크로르 입제와 옥사디아존 유제 2종만 현재도 많이 사용되어지고 있다. 또한 당시에는 10종 가운데 9종이

입제였으나, 지금은 유제 3종, 액상수화제 3종, 액제 2종, 입제 2종이었다. 현재 상위 10종의 비율은 70%로, Lee 등(1998)이 보고한 81% 보다 낮아 품목이 다양해졌음을 알 수 있었다.

표 3. 설문조사 결과 강원도에서 사용되는 주요 논 제초제 10종

제초제	응답률 (%)
Oxadiazon 12% EC	16.5
Butachlor 5% GR	12.1
Oxadiargyl 1.7% EC	8.5
Benzobicyclon+Imazosulfuron+Pyriminobac-methyl 6.1% SC	8.0
Bentazone 40% SL	6.7
Cyclosulfamuron+Mefenacet 22.2% SC	4.9
Penoxsulam 0.12% GR	4.5
Imazosulfuron+Mefenacet 21.5% SC	3.6
Bentazone+MCPA 35.6% SL	2.7
Cyhalofop-butyl 5% EC	2.7

제초제 선택 기준은 경험에 의하여 스스로 판단하는 경우가 32%로 가장 많았고, 농약 판매상의 권유가 30%, 농업기술원이나 농업기술센터 등 농촌진흥기관의 권유가 14%, 주변의 권유나 농협 등 기타가 24%였다(그림 3). 이는 대부분 농업인의 경험(55%)과 농약 판매상 권유(37%)에 의해 제초제를 선정하였다고 보고한 Lee 등(1998)과 비슷한 경향을 보였다. 한편, 강원도내 옥수수 재배농가의 54%는 본인의 경험, 18%는 이웃의 추천에 의해 제초제를 선정하는 것으로 보고된 바 있다(Kim 등 1999).

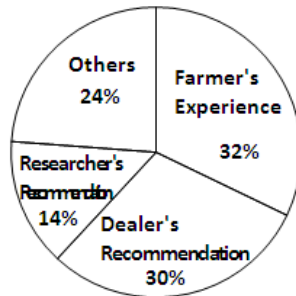


그림 3. 설문 응답자들의 제초제 선택기준 분포

#### 4. 강원도 제초제 저항성 논잡초 발생비율 및 면적

##### 가. 2011년 조사 결과

강원도 12개 시군의 403필지를 대상으로 조사한 결과, 설폰닐우레아계 제초제에 대한 저항성 잡초의 발생 비율은 20.3%였고, 초종별로는 물달개비 14.6%와 올챙이고랭이 6.9%였다(표 4). 물달개비는 고성과 횡성, 원주, 홍천 등 동해안과 강원 남부 평야지에서 주로 발생하였고, 올챙이고랭이는 고성과 철원에서 비교적 많이 발생하였다(그림 4).



강원도 논벼 재배면적(34,772ha, 2012)과 저항성 잡초의 발생비율로 추정된 강원도 제초제 저항성 논잡초의 발생면적은 7,059~8,51 ha이었다.

#### 4. 적 요

최근 설폰닐우레아계 제초제에 저항성을 보이는 논잡초의 발생이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이를 효과적으로 방제하는 시스템을 구축하기 위한 기초 자료로 활용하고자, 강원도 쌀 재배 농업인들을 대상으로 잡초발생 및 제초제 사용에 대한 설문조사를 하였다. 많이 발생하는 잡초는 물달개비, 벼풀, 올챙이고랭이, 피류 등이었으며, 주로 사용하는 제초제는 옥사디아존 유제, 부타크로르 입제, 옥사디아길 유제, 벤조비사이클론·이마조선프론·피리미노박메칠 액상수화제 등이었다. 농업인들이 저항성으로 의심하는 잡초로는 올챙이고랭이, 벼풀, 피류, 물달개비 등 이었다.

2011년과 2012년에 강원도내 12개 시군 803필지를 대상으로 설폰닐우레아계 제초제 저항성 논 잡초의 발생을 조사한 결과, 물달개비와 올챙이고랭이가 제초제 저항성을 나타내었으며, 저항성 잡초의 발생 비율은 20.3~24.5%였다. 강원도 논벼 재배면적(34,772ha)과 저항성 잡초의 발생 비율로 추정된 강원도 제초제 저항성 논잡초의 발생면적은 7,059~8,519 ha이었다.

앞으로 제초제 저항성 잡초를 주기적으로 모니터링하고, 저항성 잡초에 대한 효율적인 방제 기술을 지속적으로 개발하여, 쌀 생산비를 줄이는 한편 안전한 농산물을 소비자에게 안정적으로 공급하여야 할 것으로 사료된다.

#### 5. 인용문헌

- Im, I. B., J. G. Kang, S. Kim, S. Y. Na, and Y. I. Kuk. 2003. Weed control of sulfonylurea resistant Japanese bulrush(*Scirpus juncooides*) in paddy of Korea. Korean J. Weed Sci. 23:92-99.
- Kim, K. U. 1988. Principles of Weed Control. Kyungpook National University Press. pp. 305-311.
- Kim, K. S., J. R. Kim, J. H. Ko, J. G. Sa, J. S. Chang, and D. Y. Kim. 1994. Weed flora changes in lowland rice field in Gangwon province. Korean J. Weed Sci. 14:258-264.
- Kim, K. S., M. H. An, J. S. Chang, B. L. Huh, and D. R. Kim. 1990. Effect of weed amounts emerged at different developmental stage on rice yield. Korean J. Weed Sci. 10:83-92.
- Kim, S. M., K. H. Hwang, H. Y. Park, J. M. Cho, S. J. Park, H. P. Shin, J. H. Hur, and D. S. Han. 1998. Weed control and herbicide use of seed potato growers in Kangwon alpine area. Kor. J. Pesticide Sci. 2:102-107.
- Kim, S. M., A. S. Lee, Y. H. Kim, J. M. Cho, J. H. Hur, and D. S. Han. 1999. Weed control and herbicide use of maize growers in Kangwon-do. Kor. J. Pesticide

Sci. 3:54-59.

Kwon, O. D., B. C. Moon, Y. I. Kuk, J. K. Kim, and H. Y. Kim. 2006. Effect of densities of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* in wet weeding and transplanting rice cultivation on rice yield and rice quality, and economic threshold levels of the weeds. Korean J. Weed Sci. 26:155-167.

Lee, I. Y., J. E. Park, T. S. Park, T. W. Kim, and B. Y. Oh. 1998. Fact-finding survey on herbicide use in paddy rice at farmer's level. Kor. J. Pesticide Sci. 2:119-125.

Lee, I. Y., J. E. Park, T. S. Park, S. T. Lim, and B. C. Moon. 2001. Fact-finding survey on paddy, upland and orchard herbicides use at farmer's level. Korean J. Weed Sci. 21:58-64.

Park, J. E., I. Y. Lee, B. C. Moon, C. S. Kim, T. S. Park, S. T. Lim, J. R. Cho, S. M. Oh, Y. C. Ku, I. B. Im, and J. B. Hwang. 2002. Occurrence characteristics and dynamics of weed flora in paddy rice field. Korean J. Weed Sci. 22:272-279.

Park, T. S., B. C. Moon, and J. R. Cho. 2005. An overview of resistant weeds to sulfonylurea herbicides in rice field, Korea. Korean J. Weed Sci. 25:134-143.

Seo, Y. H., Y. G. Moon, J. K. Choi, and A. S. Kang. 2009. Evaluation of rice bran pellet for environment-sound weed control in paddy fields. Kor. J. Environ. Agri. 28:139-145.

Song, S. B., J. B. Hwang, Y. K. Hong, S. T. Park, and H. Y. Kim. 2006. Loss of rice growth and yield affected by weed competition in machine transplanted rice cultivation. Korean J. Weed Sci. 26:407-412.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제목
2011(2년)	영농활용	제초제 저항성 논잡초 발생에 따른 수량감소 및 방제대책(중앙)
2012(4년)	논 문	강원지역 논 잡초 발생 양상 및 제초제의 사용 실태(비SCI)
	영농활용	농가에서 제초제 저항성을 자가 진단하는 방법(자체)
	유전자원	제초제 저항성 올챙이고랭이(중앙)

## 7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'10	'11	'12
과제책임자	옥수수연구소	농업연구사	서영호	과제 총괄	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	강안석	연구방향 설정	○	○	-
"	옥수수연구소	"	김경희	"	-	-	○
"	원예연구과	농업연구사	조병욱	연구 협조	○	-	-
"	인삼약초연구소	농업연구관	안문섭	"	-	○	-
"	특화작물연구소	"	김인종	"	-	-	○
"	"	농업연구사	김세원	"	○	○	○
"	환경농업연구과	"	최승출	"	○	○	○
"	"	"	윤병성	"	-	-	○
"	"	공무직	김장수	시료 채취 등	○	○	○