

## 완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제( )

(과제번호 : PJ010504)

잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 생산 기계화율 향상을 위한 재배양식 표준화 연구

(Study on standard cultivation techniques for mechanization of seeding and harvesting of coarse crops)

국립식량과학원

연구수행기간

2014.02. ~ 2016.12.

농촌진흥청

## 제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 생산 기계화율 향상을 위한 재배양식 표준화 연구”(개발기간 : 2014. 02. ~ 2016. 12.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 농가 재배양식 실태 조사

제2세부연구과제 : 잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가

제1협동연구과제 : 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제2협동연구과제 : 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제3협동연구과제 : 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제4협동연구과제 : 팔의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

2017. 02. 28.

제1세부연구기관명 : 국립식량과학원

제1세부연구책임자 : 정기열

참여연구원 : 현종내, 윤종탁, 황재복, 송석보, 최영대, 이재생, 조수민, 전현정, 이상훈

제2세부연구기관명 : 국립식량과학원

제2세부연구책임자 : 정기열

참여연구원 : 현종내, 최영대, 황재복, 송석보, 이재생, 조수민, 전현정, 이상훈

제1협동연구기관명 : 전라남도농업기술원

제1협동연구책임자 : 김용순

참여연구원 : 최진경, 신해룡, 김동관, 박홍규, 김길자, 염필수, 이숙재, 안호섭, 신현주,  
김명자, 박영희, 박다옥, 박순자, 이종석, 신정자, 김종심, 윤만종, 정영자

제2협동연구기관명 : 전라북도농업기술원

제2협동연구책임자 : 최규환

참여연구원 : 서상영, 강찬호, 유영진, 정병용, 소순영, 노재종, 김상녀, 양금자, 양순자,  
채순덕, 윤성현, 이장희, 이기권, 최재국

제3협동연구기관명 : 경상북도농업기술원

제3협동연구책임자 : 배정숙

참여연구원 : 최홍집, 이은자, 김세종, 김민주, 곽영민, 고희선, 오태영

제4협동연구기관명 : 강원도농업기술원

제4협동연구책임자 : 조수현

참여연구원 : 함진관, 하건수, 김성용, 조영래, 송윤호, 제해자, 박우민, 박금순, 김주우

주관연구책임자 : 정기열

주관연구기관장 : 국립식량과학원

직인

농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서  
열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

| 과제번호   | PJ010504                       |  | 연구기간                                    | 2014. 02. 01. - 2016. 12. 31. |
|--|--------------------------------|--|---|-------------------------------|
| 연구사업명  | 단위사업명                          | 농업공동연구사업   |   |                               |
|  | 세부사업명                          | 농업정책지원기술개발   |   |                               |
|  | 내역사업명                          | 밭작물생산성증대기술개발   |   |                               |
| 연구과제명  | 주관과제명                          | 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 생산 기계화율 향상을 위한 재배양식 표준화 연구   |   |                               |
|  | 세부(협동) 과제명                     | (1세부) 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사<br>(2세부) 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가<br>(1협동) 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구<br>(2협동) 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구<br>(3협동) 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구<br>(4협동) 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 |   |                               |
| 연구책임자  | 구분                             | 연구기관   | 소속                                      | 성명                            |
|  | 1세부                            | 국립식량과학원  | 생산기술개발과                                 | 정기열                           |
|  | 2세부                            | 국립식량과학원  | 생산기술개발과                                 | 정기열                           |
|  | 1협동                            | 전라남도농업기술원  | 식량작물연구소                                 | 김용순                           |
|  | 2협동                            | 전라북도농업기술원  | 농식품개발과                                  | 최규환                           |
|  | 3협동                            | 경상북도농업기술원  | 작물육종과                                   | 배정숙                           |
|  | 4협동                            | 강원도농업기술원   | 작물연구과                                   | 조수현                           |
| 총 연구기간<br>참여<br>연구원 수  | 총: 57 명<br>내부: 9 명<br>외부: 48 명 | 총 연구개발비  | 정부: 838,000천원<br>민간: 천원<br>계: 838,000천원 |                               |
| 위탁연구기관명 및<br>연구책임자   |                                | 참여기업명  |   |                               |
| 국제공동연구   | 상대국명:                          | 상대국 연구기관명:<br>보고서 면수 : 124   |   |                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡의 농가 재배양식 실태조사 및 작업 단계별 기계화율 분석           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파종방법: 인력파종 53, 기계파종 28%, 산파 18, 육묘 이식 22%</li> <li>- 작업단계별 기계화율: 경운·정지100%, 파종 67%, 수확 56%</li> </ul> </li> <li>○ 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 기계화 적합 재배양식 설정           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수수(육묘 기계이식), 조, 기장(기계산파, 줄뿌림), 팥(줄뿌림)</li> </ul> </li> <li>○ 조와 기장의 기계화 적합한 재배양식 표준화           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조: 적합품종(삼다찰), 파종기(6월중순), 적정 파종량(1kg/10a)</li> <li>- 기장: 적합품종(이백찰), 파종기(6월상순~하순), 적정 파종량(1.5kg/10a)</li> </ul> </li> <li>○ 수수의 기계화 적합한 재배양식 표준화           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파종시기(6월10일), 육묘 이식재배 적정 재식거리 설정(60x20cm)</li> </ul> </li> <li>○ 팥의 생력 기계화를 위한 줄뿌림 재배 재배양식 표준화           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적합 품종(아라리, 홍언팥), 파종시기(7월 5일), 조간거리(70cm)</li> </ul> </li> </ul> |                                |  |   |                               |

## 〈 국 문 요 약 문 〉

|                           |   |     |      |     |      |
|---------------------------|---|-----|------|-----|------|
| 연구의<br>목적 및 내용            | <input type="checkbox"/> 연구목표<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡(조, 기장, 수수, 팥)의 다양한 재배양식에 따른 기계화 가능<br/>표준 재배양식 설정</li> <li>○ 잡곡(조, 기장, 수수, 팥)의 생산비 절감을 위한 생력 기계화 파종<br/>기술 및 콤바인 기계수확 기술 개발</li> </ul> <input type="checkbox"/> 연구개발 내용<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잡곡 재배현황 실태 분석 및 입지조건별 기계화 적합 재배양식 설정</li> </ul> </li> <li>○ 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잡곡의 재배양식별 파종 및 수확 기계화 적합성 평가</li> </ul> </li> <li>○ 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계화 적합 품종 및 파종기 구명, 재배 양식 표준화 연구</li> </ul> </li> </ul>   |     |      |     |      |
|                           | <input type="checkbox"/> 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡의 농가 재배양식 실태조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파종: 인력파종 53, 기계파종 28%, 산파 18, 육묘 이식 22%</li> </ul> </li> <li>○ 잡곡의 작업 단계별 노동시간 및 기계화율 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업시간: 파종13.3, 제초11.3, 수확 62.2시간/10a</li> <li>- 기계화율: 경운정지100, 파종67, 수확 56%</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡의 재배양식별 파종 및 수확 노동력 절감 효과(인력 파종 대비) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수수: 기계점파(73.3%), 기계이식(74.8%), 조: 줄뿌림(88.7%), 산파(93.2%)</li> <li>- 기장: 줄뿌림(88.1%), 산파(93.3%), 팥: 기계점파(85.5%), 줄뿌림(89.9%)</li> </ul> </li> <li>○ 콤바인 수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산성 17% 증수, 노동력: 파종 66.6%, 수확 88.8% 절감</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 조, 기장의 기계화를 위한 휴립광산파 재배양식 표준화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조: 적합품종(삼다찰), 파종기(6월중순), 적정 파종량(1kg/10a)</li> <li>- 기장: 적합품종(이백찰), 파종기(6월상순~6월하순), 적정 파종량(1.5kg/10a)</li> </ul> </li> <li>○ 수수의 기계화 재배에 적합한 재배양식 설정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적정 파종시기(6월 10일), 육묘 이식재배 적정 재식거리 설정(60x20cm)</li> </ul> </li> <li>○ 팥의 생력 기계화를 위한 줄뿌림 재배 재배양식 표준화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적합 품종(아라리, 홍언팥), 파종시기(7월 5일), 조간거리(70cm)</li> </ul> </li> </ul> |     |      |     |      |
| 연구개발성과의<br>활용계획<br>(기대효과) | <input type="checkbox"/> 활용계획<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2017년 신기술 시범사업 반영(팥 생산비 절감 줄뿌림 재배기술)</li> </ul> <input type="checkbox"/> 기대효과<br><ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잡곡의 생력재배 기술 개발로 기계화율 및 농가 생산성 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 수량성 증대(kg/10a): ('12) 135 → ('17) 180kg/10a</li> <li>- 기계화율 향상: ('12) 12.1% → ('17) 30</li> </ul> </li> <li>○ 생산 노력비용 절감: 인력 의존형 대비 30~50% 절감</li> </ul>   |     |      |     |      |
| 중심어<br>(5개 이내)            | 잡곡  | 기계화 | 재배양식 | 표준화 | 현장실증 |

## 〈 Summary 〉

|                   |   |                     |                        |                     |                      |                    |
|-------------------|---|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Purpose& Contents | <input type="checkbox"/> Research Purpose <ul style="list-style-type: none"> <li>○ To develop of suitable strategy to improve the productivity levels for cereal crops such as sorghum, foxtail &amp; proso millet and adzuki bean</li> <li>○ Establishment of optimum mechanical cultivation methods for cereal crops</li> </ul> <input type="checkbox"/> Research Contents <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analysis of farmer's cultivation methods and mechanization factors for cereal crops</li> <li>○ Evaluation of sowing and harvesting mechanization suitability by cultivation methods of cereal crops</li> <li>○ Establishment of optimum cultivation methods of cereal crops</li> </ul>  |                     |                        |                     |                      |                    |
|                   | <input type="checkbox"/> Analysis of farmer's cultivation methods for cereal crops <ul style="list-style-type: none"> <li>○ The survey of farmer's cultivation methods for cereal crops               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sowing: manual 53%, mechanical 28%, broadcasting 18%, transplanting 22%</li> <li>- Harvesting: proso millet 57, sorghum 20, foxtail millet 27, adzuki bean 7%</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> Evaluation of suitability mechanical sowing cultivation methods <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sorghum: transplanting, foxtail&amp;proso millet: broadcasting, adzuki bean: drilling</li> </ul> <input type="checkbox"/> Establishment of optimum cultivation methods of cereal crops <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Establishment of optimum cultivation methods for foxtail millet               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cultivars(Samdochal), sowing day(mid-June), sowing rate(1kg/10a)</li> </ul> </li> <li>○ Establishment of optimum cultivation methods for proso millet               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cultivars(Leebackchal), sowing day(mid-June), sowing rate(1.5kg/10a)</li> </ul> </li> <li>○ Establishment of optimum cultivation methods for sorghum               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sowing day(10-June), optimum row spacing(60x20cm)</li> </ul> </li> <li>○ Establishment of drill sowing cultivation methods for adzuki bean               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cultivars(Ahrari), sowing day(5th-July), optimum row spacing(70cm)</li> </ul> </li> </ul> <input type="checkbox"/> Establishment of optimum cultivation methods of cereal crops <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sorghum: transplanting, foxtail&amp;proso millet: broadcasting, adzuki bean: drilling</li> </ul> |                     |                        |                     |                      |                    |
| Results           | <input type="checkbox"/> Application plan <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Disseminating labor saving cultivation technology of cereal crops connected with a new technology demonstration in farming field</li> </ul> <input type="checkbox"/> Expected Contribution <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Improving farm productivity by establishing optimum cultivation methods               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yield increase of famer: ('12) 135 → ('17) 180kg/10a</li> <li>- Improvement of mechanical rate: ('12) 12.1% → ('17) 30%</li> </ul> </li> </ul>  |                     |                        |                     |                      |                    |
| Keywords          | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">cereal crops</td><td style="padding: 5px;">mechanical cultivation</td><td style="padding: 5px;">cultivation methods</td><td style="padding: 5px;">standard cultivation</td><td style="padding: 5px;">On-Farm Evaluation</td></tr> </table>  | cereal crops        | mechanical cultivation | cultivation methods | standard cultivation | On-Farm Evaluation |
| cereal crops      | mechanical cultivation  | cultivation methods | standard cultivation   | On-Farm Evaluation  |                      |                    |

## 〈 목 차 〉

|  |     |
|--|-----|
| 제 1 장 연구개발과제의개요 .....                          | 7   |
| 제 1 절 연구 개발 목적 .....                           | 7   |
| 제 2 절 연구 개발의 필요성 .....                         | 7   |
| 제 3 절 연구 개발 범위 .....                           | 8   |
| 제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....                        | 11  |
| 제 3 장 연구수행 내용 및 결과 .....                       | 20  |
| 제 1 절 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사 .....    | 20  |
| 제 2 절 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가 .. | 34  |
| 제 3 절 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 .....          | 58  |
| 제 4 절 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 .....         | 67  |
| 제 5 절 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 .....         | 80  |
| 제 6 절 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구 .....          | 97  |
| 제 4 장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도 .....                 | 107 |
| 제 5 장 연구결과의 활용계획 등 .....                       | 109 |
| 제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....                | 110 |
| 제 7 장 연구개발성과의 보안등급 .....                       | 110 |
| 제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비현황 ..        | 110 |
| 제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 ..        | 110 |
| 제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....                   | 111 |
| 제 11장 기타사항 .....                               | 111 |
| 제 12장 참고문헌 .....                               | 113 |

# 제 1 장 연구 개발 과제의 개요

## 제1절 연구 개발 목적

최근 들어 경제성장에 따른 삶의 질 향상과 건강 기능성 잡곡에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 2007년 이후 잡곡의 수요량이 69천 톤과 수입량 50천 톤으로 급격히 증가하고 있는 실정이며, 환경적응성이 우수하고 생육기간이 짧다는 잡곡의 장점으로 인해 동계 및 봄, 가을에 재배되고 있는 소득작물의 후작물로써도 재배가 확대되고 있다. 그러나 우리나라 잡곡의 농가 수량 수준은 시험장 수량의 54~77%수준이며, 다수확 농가의 21~46% 수준에 머무르고 있다고 보고되고 있다. 국내 재배현황은 원료곡 생산위주의 10a이하의 소규모 영농형태로 재배되고 있으며, 생산기반이 매우 취약한 실정이다. 또한 특히 파종, 속음, 제초작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업 의존도가 높고, 벼농사에 비해 지역별로 재배특성, 재배품종, 재배법 등이 다양하고 파종기, 수확기, 탈곡기 등 기계화가 이루어지지 않아 노동투입시간이 콩의 4배, 벼의 7배로 높으며 기계화율은 파종이식 4.0%, 수확 12.1%로 전체적으로 20~60%에 불과한 실정이다. 국내의 잡곡 재배는 재배면적이 소규모이고 생산량이 많지 않아 대부분 작물의 수량성 증대연구에 집중되어 있는 실정이다. 최근 잡곡의 생산비 절감을 위하여 파종기 개발을 위한 연구가 진행되었으나 아직 미실용화 단계이고, 기계화에 적합한 재배양식 표준화 연구가 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 다른 밭작물에 비해 상대적으로 기계화율이 낮은 수수와 조, 기장 등 서속류와, 두류 작물인 팥에 대하여 생력 기계화에 적합한 재배양식 표준화 기술을 개발을 통한 농가 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 목적으로 2014년부터 2016년까지 3년간 수행되었다.

## 제2절 연구 개발의 필요성

조와 기장, 수수 팥 등 잡곡류는 불량환경에 대한 적응성이 높고 용도 특이성 때문에 꾸준하게 재배되어 왔다. 그러나 국내 잡곡의 생산량은 계속 감소하여 수수의 경우 1960년대 5,400 톤에서 1910년에는 2,562 톤으로 크게 감소하였으며, 조의 경우에도 비슷한 경향을 보여 1960년대 54,500 톤에서 2010년에는 785 톤으로 크게 감소되었다. 수수의 평균수량은 180 kg/10a로 세계 평균 수량보다 다소 낮으며, 중국이나 미국의 평균수량에 비하면 1/3, 프랑스의 1/5 밖에 되지 않는다. 조의 평균수량은 200 kg/10a 으로 세계 평균 수량 78 kg/10a과 미국 150 kg/10a에 비해 높은 수준이나 중국 219kg/10a에 비해 낮으며, 체코 250 kg/10a에 비해서는 1/2수준에 불과하다. 최근 들어 경제성장에 따른 삶의 질 향상과 건강 기능성 잡곡에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 2007년 이후 잡곡의 수요량이 69천 톤과 수입량 50천 톤으로 급격히 증가하고 있다. 우리나라 잡곡의 농가 수량 수준은 시험장 수량의 54~77%수준이며, 다수확 농가의 21~46% 수준에 머무르고 있다고 보고되고 있다. 국내 재배현황은 원료곡 생산위주의 10a이하의 소규모 영농형태로 재배되고 있으며, 생산기반이 매우 취약한 실정이다. 특히 파종, 속음, 제초작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업 의존도가 높고, 벼농사에 비해 지역별로 재배특성, 재배품종, 재배법 등이 다양하고 파종기, 수확기, 탈곡기 등 기계화가 이루어지지 않아 노동투입시간이 콩의 4배, 벼의 7배로 높으며 기계화율은 파종이식 4.0%, 수확 12.1%로 전체적으로 20~60%에 불과한 실정이다. 따라서 다른 밭작물에 비해 기계화율이 낮은 잡곡류의 생산비 절감을 위한 기계화에 적합한 재배양식 표준화 기술개발이 필요한 실정이다.

## 제3절 연구 개발 범위

### 1. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사

제1세부과제에서는 타 작물에 비해 농가 생산성의 변이가 큰 소면적 작물인 잡곡류의 재배 현황 실태를 분석하고 농가 생산성 향상을 위한 재배기술 개발의 기초자료로 활용코자 2014년부터 2016년까지 수행하였다. 먼저 우리나라에서 재배되고 있는 잡곡류의 통계자료는 기타 잡곡으로 편입되어 통계자료가 전무한 실정이어서 2014년부터 2016년까지 농림축산식품부로부터 ‘농업경영체 등록정보’ 신청 필지정보를 이관 받아 필지정보를 대상으로 지리정보시스템(ArcGIS 9.2)을 이용하여 임지조건, 경사등급, 배수등급, 토성 등 토양특성 속성정보를 연결하여 재배현황을 분석하였다. 또한 우리나라 주요 조 주산단지를 중심으로 재배면적이 많은 12개의 농업기후대별로 상위 20개 시군을 대상으로 조사지역의 주요 재배입지 조건(지형) 고려하여 조 30, 기장 30, 수수 30, 팥 30개 지점 총 120개 농가를 선정하여 재배품종, 재배면수, 시비량, 파종기, 파종방법, 재식거리, 작부체계, 재배규모 등 재배현황 및 생육 및 생산성을 조사·분석하고 임지 조건에 적합한 재배양식을 설정 하였다.

### 2. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가

제2세부과제에서는 밀렛류인 조와 기장, 수수, 두류작물인 팥을 대상으로 지금까지 개발된 잡곡류의 기계화 재배기술과 기계화에 적합한 육성 품종을 공시하여 재배양식별 파종 및 기계 수확 적합성을 평가하기 위해 2014년부터 2016년까지 3년간 농가 포장을 임차하여 수행하였다. 작물별 재배양식별 파종기계화 적합성을 평가하기 위해 밀렛류인 조와 기장은 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘기계산파’, ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’,를 적용하였고, 수수는 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘육묘기계이식’ 방법을 처리하였다. 또한 두류작물인 팥은 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’을 방법을 각각 적용하여 시험하였다. 대조구인 ‘인력점파’는 휴립복토기를 이용하여 이랑너비 60 cm의 두둑을 짓고 포기사이를 조 10 cm, 기장 15cm, 수수 20cm 간격으로 파종하고 입모 후 15일경에 점당 2본을 남기고 속음하였다. ‘높은이랑 기계점파’는 트랙터 부착 점파종기(HG 300A)로 휴립복토 동시 주당 3~5립 기계점파하고 짹이 나온 뒤 15일 경에 속음하였다. ‘기계산파’는 조 10 kg ha<sup>-1</sup>, 기장 15 kg ha<sup>-1</sup>에 해당하는 종자량을 동력살분무기로 흘어 뿌린 후 37 kW급 트랙터로 3cm 깊이로 얇게 루터리 하여 파종하였다. 수수의 ‘육묘기계이식’ 방법은 128공 전용 트레이에 6월 상순 트레이에 유공당 3본 파종하고 6월 하순 (모 길이 10~15cm, 파종 후 15~20일)에 채소정식기(국제이식기 TP-100) 이용하여 기계이식하였다. 조, 기장, 팥의 ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’은 직파파종기(WJSS-12, 웅진기계)로 두둑너비 150cm로, 이랑너비 30cm 간격으로 조 3cm, 기장 5cm, 팥은 20cm 간격으로 종자 2~3알을 줄뿌림하고 동시에 파종기 부착 진압로리로 다짐하여 파종하였다. 작물별 콤바인 기계수확 적합성을 평가하기 위해 조와 기장, 수수는 기존 자탈형 콤바인의 선별체 진동수, 탈곡드럼 급동회전 속도, 선별체 채퍼각, 송풍바람의 세기 등 기능을 개선하여 시험하였고, 팥은 보통형 콤바인의 선별체 진동수, 탈곡드럼 급동회전 속도, 선별체 채퍼각, 송풍바람의 세기 등을 최적화 하여 콤바인 수확에 따른 곡립협잡비, 비산손실율, 배진구손실율, 탈립률 등 탈곡효율을 평가 하였다. 또한 파종방법과 수확방법에 따른 작업단계별 노동력 투입시간을 조사하고, 생산비 절감 효과와 경제성을 분석하였으며, 개발된 기계화 재배기술을 영농현장에서 현장평가회 및 연시회를 개최하여 기술을 보급하였으며 농가의 기술 만족도를 조사하였다.

### 3. 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제1협동과제에서 조의 생력 기계화를 위한 연구개발 범위는 첫째, 조의 생력 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기이다. 현재 잡곡 재배농가들이 주로 재배하고 조의 품종은 품종이 불분명한 재래종을 이용하고 있고 파종방법도 로타리 후 휴립을 하지 않은 채 산파재배를 하고 있는 농가들이 대부분이다. 밭작물은 종류가 많고 재배양식이 작부체계별/지역별로 다양하여 기계화에 어려움이 많은 실정이며 그중 잡곡류를 조의 경우 농가에서 주로 재배하는 로타리 후 산파재배는 생육이 불균일하고 쓰러짐이 있어 기계수확 곤란할 뿐만 아니라 도복 및 병해충에도 저항성이 약하고 수량성도 저하되고 있는 실정이다.

이를 개선하고자 시험품종으로 조생종과 만생종 등을 구분하여 각각 파종시기를 6월 초순부터 7월 초순까지 4시기로 달리하여 습해방지와 생육불균형을 막을 수 있는 고휴재배 표준재배법을 적용 지역적응성을 검토하고자 한다.

둘째, 조의 생력재배를 위한 휴립광산파에서 광휴재배 파종량을 구명하기 위해 신품종종을 대상으로 파종량을 4처리로 각각 달리하여 생육, 병해충 발생정도, 수량구성요소 및 수량성 등을 분석하고자 한다.

셋째, 이상에서 우수성적을 도출하여 조의 휴립광산파 기계화 재배기술 현장실증을 실시하고자 한다. 파종방법은 휴립광산파, 휴립인력점파, 휴립기계이식 등을 대면적 재배단지를 통해 실시하고, 개량파종기를 통해 기계육묘 이식용 파종기의 파종노력 소요비용과 절감정도를 실증하고자 한다. 또한 양파이식기를 확대 적용하여 조를 기계이식하여 생산비 절감과 노동력 절감을 분석하고, 수확방법도 범용 콤바인을 이용하여 수확시간을 절감하는 효과를 재배농가에게 제공하고자 한다.

### 4. 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제2협동과제에서는 기장의 기계화 재배를 위한 품종을 선발하고, 파종시기를 구명하기 위하여 2014년과 2015년에 시험을 수행하였다. 시험품종은 황금기장, 만홍찰, 이백찰, 황실찰기장이었고, 파종시기는 5월 25일, 6월 10일, 6월 25일, 7월 10일, 7월 25일이었다. 시험구배치는 시험품종을 주구로 하고, 파종시기를 세구로 하여 분할구배치법(Randomized Split-Plot Design, RSPD)으로 3반복 처리하였다. 재배양식은 고휴재배로써 파종간격은 조간 60cm, 주간 15cm로 하였고, 파종 3주후에 1주당 2본으로 정리하였다. 시비량은 10a당 질소 9kg, 인산 7kg, 칼리 8kg이었고, 주요 조사항목은 각 처리별로 경장, 수장, 주당경수, 이삭당무게, 천립중, 수량 등으로 처리간 생육과 수량성을 분석하였다. 기장의 생력기계화를 위한 휴립광산파 재배기술을 구명하기 위하여 2014년과 2015년도에 시험을 수행하였다. 시험품종은 이백찰기장이었고, 처리내용은 고휴점파를 대조구로 하여 휴립광산파 0.7kg/10a, 1.0, 1.5, 2.0이었다. 대조구인 고휴점파는 60×15cm(주당 2본)이었고, 휴립광산파의 이랑은 150cm, 고랑 30cm이었다. 시비량은 10a당 질소 9kg, 인산 7kg, 칼리 8kg이었고, 시험구는 난괴법(Randomized Complete Block Design) 3반복으로 배치하였고, 주요조사항목은 처리별 생육특성과 수량성을 평가하였다. 위에서 도출된 결과를 현장에서 실증하는 시험을 2016년도에 익산지역에서 수행하였다. 시험품종은 이백찰기장이었고, 투입기술은 휴립광산파 1.0kg/10a, 2.0kg/10a이었고, 자탈형(벼) 콤바인의 탈곡망, 송풍량, 탈곡드럼 회전속도를 조정하여 수확성능을 평가하였다. 또한 생육특성과 수량성, 작업단계별 노동력 투입시간, 파종 및 수확작업의 생산비 절감효과를 분석하였다.

## 5. 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제3협동과제에서는 수수의 생력기계화 재배에 적합한 품종과 파종시기 및 재식거리와 파종방법 표준화하기 위하여 2014년부터 2015년까지 경상북도농업기술원 밭 시험포장(대구소재)에서 실시하였다. 시험품종은 소담찰수수, 남풍찰수수 2수준을 주구로, 파종시기는 매해 5월 25일, 6월 10일, 6월 25일, 7월 10일 4수준을 세구로 분할구배치법(Randomized Split-Plot Design, RSPD) 3반복으로 수행하였다. 파종방법은 이랑 너비 60cm에 포기사이 20cm에 주당 2본씩 심었다. 시비량은 10a당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O가 각각 10-7-8kg이었다.

수수의 생력기계화를 위한 재식거리와 파종방법 시험품종은 단간종인 소담찰수수를 사용하여 파종방법으로는 인력점파(대조), 소형기계점파, 육묘이식 3수준, 재식거리는 60x20cm, 75x20cm 2수준으로 난괴법(Randomized Complete Block Design) 3반복을 실시하였다. 인력점파와 소형기계점파는 6월 10일 파종하였으며 육묘이식은 같은날 6월 10일 128구 트레이에 파종하여 15일간 육묘하여 6월 25일 포장에 정식하였다. 주요조사내용은 처리에 따른 출수기와 성숙기를 조사하였고, 성숙기에 줄기길이, 이삭길이, 줄기두께, 천립중, 수량 등을 조사하였다.

위에서 수행한 수수의 재배시험결과를 농가현장실증하기 위하여 2016년 경북 안동시 농가포장에서 수수의 육묘이식기술과 콤바인 수확기술을 투여하여 수행하였다. 수수 육묘는 농가실증포 위치가 중산지인 지리적 여건을 고려하여 5월 27일에 노지에서 20일간 육묘하여 흑색비닐을 피복한 60cm 간격이랑에 육묘이식기계(자동관주)로 주간 20cm 간격으로 정식하였다. 시험구 배치법은 단구제로 하였으며, 주요조사내용은 파종특성(출아율, 결주율, 이식 활착율), 생육특성, 콤바인 수확 효과분석(탈립률, 손실률, 곡립 비율), 경제성분석(작업단계별 노동력 투입시간에 따른 노력절감 효과)을 실시하였다.

## 6. 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

제4협동과제에서는 팥의 기계화 재배를 위한 품종의 선발과 파종시기, 재식거리, 파종량 및 콤바인 수확을 위한 실증시험을 2014년부터 2015년 강원도 춘천 시험포장에서 수행하였다. 팥은 품종에 따라 생육 및 수량이 매우 상이한데, 간장이 작은 단간종은 내도복성과 조숙성의 특징을 지닌다. 또한 장간종은 일반적으로 성숙기가 늦고, 대립종, 무한화서의 특성을 지닌다. 따라서 기계화 재배에는 단간·내도복성을 지닌 품종이 유리하다. 본 시험에서는 신품종으로 단간이며, 조숙성 및 내도복의 “아라리팥”과 “홍언팥”을 시험에 사용하였다. 시험1) 품종별 파종기 및 파종시기 구명시험에서 파종시기는 표준재배 6월 20일 전후를 기준으로 6.15일부터 10일 간격으로 4수준을 두었으며, 고휴재배의 재식거리 70x20cm, 주당 2본을 기본으로 하였다. 시험2) 팥의 생력기계화를 위한 세조파 재배양식 표준화 시험에서는 ”아라리팥“을 사용하여, 파종방법은 줄뿌림(세조파)과 대조구로 인력점파를 하였다. 조간거리는 60cm, 70cm, 80cm의 3수준, 파종량은 3, 4, 5kg/10a로 하였으며 시험구의 배치는 분할구배치법 3반복으로 처리하였다.

시비량은 토양분석을 통하여 표준 검정시비량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=4-6-6)을 산출하여 사용하였으며 주요 조사항목으로는 개화기, 성숙기, 경장, 협수, 립수, 백립중, 수량 등을 농진청 연구조사분석기준에 의거 조사하였다. 시험3) 팥의 생력기계화 재배기술 현장실증 시험은 2016년 춘천에서 아리리팥을 이용하여 1ha규모의 실증시험을 수행하였다. 트랙터부착 줄뿌림 파종기로 로터리와 동시에 3줄씩 파종하고, 수확시에는 범용콤바인(보통형, YH400)을 이용하여 2줄씩 수확하며, 속도, 예취높이, 배진량, 탈곡망, 탈곡드럼(급동) 등을 조절하며, 팥 손실량, 수량성, 노동력 투입시간 및 절감효과 등을 분석하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사

국내 잡곡류의 재배 현황은 파종, 숙음, 제초작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업의 정도가 높고, 벼농사에 비해 지역별로 재배특성, 재배품종, 재배법 등이 다양하고 파종기, 수확기, 탈곡기 등 기계화가 이루어지지 않아 노동투입시간이 콩의 4배, 벼의 7배로 높으며 기계화율은 파종이식 4.0%, 수확 12.1%로 전체적으로 20~60%에 불과한 실정이다. 국내 잡곡의 생산량은 계속 감소하여 수수의 경우 1960년대 5,400 톤에서 1910년에는 2,562 톤으로 크게 감소하였으며, 조의 경우에도 비슷한 경향을 보여 1960년대 54,500 톤에서 2010년에는 785 톤으로 크게 감소되었다. FAO(2000)는 농가의 수량 격차는 생물-물리적 요인, 재배기술 및 관리적 요인, 사회 경제적 요인, 제도 정책적 요인 등 네 가지 중요한 요인이 복합적으로 작용하며 발생한다고 보고하였다. 재배기술 및 관리적 요인은 경작, 품종선택과 물, 토양, 영양소, 종자품질, 잡초관리, 수확 및 수확 후 관리 등 투입되는 자원 및 요소에 따라 발생된다고 알려져 있다. 그 동안 식량안보와 식량부족에 대처하기 위해 수확량을 예측하고 농가 간 수량격차의 요인 분석하고 생산량의 차이를 줄이기 위한 개선된 재배기술을 투입하여 농가의 소득 향상을 위한 기회를 제공하기 위해 세계적으로 많은 작물을 대상으로 연구가 수행되어왔다(Aggarwal et al., 2000; Bannayan et al., 2003; De Datta et al., 1978; Langsigan et al., 1996; Lobell et al., 2005; Pingali et al., 1997; Timsina et al., 2004). 작물 재배지역에서 수량격차의 가장 큰 요인은 주로 농가의 생산환경과 재배기술의 차이에 의해 발생 한다고 알려져 있다(Timsina and Conner, 2001; Keys and McConnell, 2005; Reidsma et al., 2007). 특히 재배 입지조건, 토양특성, 토양 양분의 공간적 변이가 가장 큰 요인으로 작용하며 또한 농가의 재배기술의 수준에 따라 변이가 크게 차이가 난다고 보고되고 있다(Ayoubi et al., 2007).

일반적으로 우리나라에서 잡곡재배는 단지 규모가 작고 원료곡 생산위주의 영농형태로 재배되고 있으며, 파종, 숙음, 제초작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업 의 정도가 높고, 지역별 파종기, 재식밀도, 시비량, 시비기술 등 재배기술이 개발되지 않아 생산기반이 매우 취약한 실정이다. 잡곡은 다른 작물에 비해 생산성이 낮고, 농가 수량 수준은 시험장 수량의 54~77% 수준이며, 다수화 농가의 21~46% 수준에 머무르고 있다고 보고되고 있다(정 등, 1998). 이러한 주된 요인은 옥수수를 제외한 2000년대 이전 조의 품종개량을 위한 육종사업과 유전자원의 평가와 선발에 대한 연구와 생산성을 높일 수 있는 재배법 개선에 대한 연구가 그동안 거의 이루어지지 않았기 때문이라 판단된다. 또한 조는 토양 비옥도와 토양 수분 함량 및 재배품종에 따라 수량성이  $1,200 \text{ kg ha}^{-1}$ 에서  $6,750 \text{ kg ha}^{-1}$ 에 변이가 큰 작물로 알려져 있다(Diao, 2011). Muhammad 등(2000)은 파종시기, 재식밀도, 시비량 등 재배환경 요인에 따라 수량 변이가 큰 작물이며, 농가의 수량격차 요인을 극복하기 위해 새로운 품종과 추천 시비량, 파종량 및 잡초 및 병해충 방제 기술을 투입하여 수량격차 요인별 대응기술을 투입하여 수량을 평가한 결과 관행 재배법에 비해 202.83% 이상 수량이 증가하였으며, 요인별 투입기술의 효과는 파종방법 24.77%, 품종개량 24.42%, 시비기술 22.84%, 적정 파종량 7.3%으로 각각 증가되었다고 하였다. 또한 진주조를 대상으로 기후 조건에 따라 농가 수량격차 요인별 대응기술을 투입했을 때 농가 관행에 비해 생산량이 크게 증가한다고 알려져 있다(Gumanine et al., 1984; Gono, 1986; Sheshadri et al., 1988; Maliwal et al., 1989; Labe et al., 1987; Gautam and Kaushik, 1988.).

## 제2절 잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가

수수(*Sorghum bicolor* L.)는 아프리카가 원산지로 대표적인 C4 작물로 주로 연 강우량 400 mm 이하의 인도와 같은 아열대 지역과 반건조 지대를 중심으로 재배되어 온 건조에 대한 내성이 강하고(Bennett et al., 1990; Khosla et al., 1995), 요수량이 옥수수의 50%에 불과하며, 흡비력이 높고 비료 요구량 적은 소비 작물로 알려져 있다 (Wiedenfeld et al., 2010). 조(*Setaria italica* L.)는 원산지가 중앙아시아로 생육기간이 짧고 산간지형 적박한 토양과 다양한 기후조건에 잘 적응하며(Baltensperger, 2002), 생육기간 중 최대 요수량이 300~600 mm로 옥수수(*Zea mays* L.)의 500~550 mm 보다 매우 적은 작물로 알려져 있다(Briggs and Shantz, 1913; Greb, 1979). 특히 조는 세계에서 가장 오래된 작물로 4,000년 이전부터 재배 되어온 것으로 알려져 있으며 (Chang, 1968), 비록 1990년대 이후 재배면적이 크게 감소되었으나 중국이 세계생산량의 90% 이상을 차지하고 있고(Dendy, 1995), 진주조(*Pennisetum glaucum* L.R.Br.) 다음으로 많이 재배되고 있는 작물이다. 수수를 포함한 서속류 잡곡은 과종시기, 재식밀도, 시비량 등 재배환경 요인에 따라 생육과 수량 반응이 높은 작물로 알려져 있다. 잡곡의 재배양식별 적정 재식밀도 설정은 재배양식, 기후특성을 고려하여 세계적으로 많은 연구가 이루어져 왔다(Gerik et al., 1987; Johnson et al., 1984; Jones and Johnson, 1991). 작물의 적정 재식밀도는 토양 수분과 영양분의 효율적 이용, 광합성 효율성을 높이고, 생산성을 높이기 위한 재배방법 중 고려되어야 할 가장 중요한 것으로 알려져 왔다(Grimes and Musick, 1960; Staggenborg, 1999). 잡곡은 재식밀도에 따라 초장, 수장, 생체중, 천립중 등의 생육특성과 수량 반응이 달라지며 일반적으로 재식밀도를 조밀하게 하면 개체 간에 공간과 물, 양분 등을 서로 경쟁하게 되어 분열수, 생체중은 감소하고 초장은 증가하며, 반면 재식밀도를 넓히면 종실중, 천립중은 증가하고 초장은 다소 감소되는 것으로 알려져 있다(Agdag et al., 2001). Allam et al. (2002)은 재식밀도는 이삭길이, 이삭의 무게 등에 영향을 미치며, 밀식하여 재배하였을 때 이삭길이, 이삭의 무게, 조고비(수량/생체중) 등이 크게 감소되고, 종실의 단백질 함량은 영향이 크지 않다고 보고하였다. Tharp et al. (2001)등은 수수를 밀식하면 토양표면에 광의 투과율이 차단되어 잡초와 수수의 경쟁관계에 의해 잡초발생이 줄어든다는 보고하였고, 또한 적정 재식밀도 보다 밀식하게 되면 수량구성요소 중 주당 이삭수와 이삭당 립수가 급격히 줄어든다고 보고하였다(Gerik and Neely., 1987; Lafarge and Hammer., 2002a; Lafarge and Hammer., 2002b; M'Khaitir and R.L. Vanderlip., 1992). Duncan(1985)은 높은 재식밀도에서에서는 엽면적지수와 건물중은 증가하지만, 이로 인해 식물간의 경쟁관계 증가하여 수확지수가 감소된다고 보고하였다. 또한 재식밀도가 높아지면 군락의 습도가 높아져 병해충 발생이 많아진다고 하였다(Cook et al., 2000; Koech and Whitebread, 2000; Sentelhas et al., 1993). Kaushik et al. (2005)등은 수수의 최적 조간 간격은 60 cm이며 대조구인 40 cm에 비해 11.2% 수량이 증가하였다고 보고하였다. Son(1969)는 단수수(Sweet sorghum, Sorgo)를 대상으로 조간 4수준(40, 50, 60, 70cm), 주간 4수준(15, 20, 30, 40cm) 등을 상호 조합하여 재식밀도 시험을 수행한 결과 재식본수가 증가 할수록 생체중, 수중, 경직경 등이 적어지는 경향으로 부의 상관관계를 볼 수 있었으나 초장, 도복 등에는 별다른 영향이 없어 재식밀도 차이가 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향은 조간보다는 주간 크게 영향을 미친다고 하였다. 또한 재식본수가 늘어나면 단위면적당 수량은 증가하나 이와는 반대로 주당 종실중은 감소하는 경향을 보여 여러 가지 요인을 종합하여 10a 당 16,000~22,200본(조간 60 cm × 주간 15~20 cm)이 가장 적당하다고 보고하였다.

Zarafi (2006)는 진주조를 대상으로 나이지리아의 반건조지대에서 재식밀도를 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70cm로 처리하여 시험을 수행한 결과 최적 조간간격은 50cm 이었으며, 40cm 와 30cm에 비해 유의성이 인정되었다고 보고하였다. 인도의 반건조지대에서 진주조를 PE필름으로 멀칭재배 하면 토양수분 환경이 개선되어 노지직파재배보다 건물중, 수장, 수량이 증가 된다고 알려져 있다(Anureet and Singh, 2006; Kaushik and Gautam, 1994; Pandy et al., 1998; Singh, 1997). 정(2005)은 흑색 PE필름 멀칭직파 또는 육묘이식가 관행 노지직파재배에 비해 제초, 숙음작업을 생략할 수 있어 조 12%, 수수 6% 증수된다고 보고 하였다. 또한 정(2005)는 수도용 육묘상자를 이용하여 3엽기에 멀칭 육묘이식하면 출수기가 8일 정도 단축되고 수량은 노지직파 재배보다 10% 높았으며 이식시기가 늦어질수록 수량이 감소된다고 하였고, 김(2006)은 배추, 감자 등 봄작물 후작으로 잡곡을 이식 재배하였을 때 이식시기가 늦어질수록 이삭장, 이삭중, 수량이 현저히 감소된다고 보고하였다.

우리나라에서 잡곡은 주로 토양 비옥도가 낮은 사력, 경사지에서 소규모로 재배하고 있고, 점파, 조파 및 산파재배 등 다양하게 재배되고 있으며(윤종탁, 2001), 잡곡은 잡초방제와 숙음시간이 많이 소요됨으로 파종 노력비 절감을 위해 산파재배, 멀칭재배, 육묘 이식재배 기술이 개발되고 있다(National Research Council, 1996). NCAER (1980)에 의하면 잡곡의 생력 파종 재배기술은 농작업의 정밀도 향상으로 작물의 전통적인 농작업에 비해 수수의 생산성이 72% 향상되었다고 보고하였다. 또한 Balishteret al. (1991)은 파종과 수확작업의 생력화를 통해 일반 인력 의존형 농법과 부분 기계화 농작업에 비해 파종작업의 균일도가 높아지고 파종 후 숙음작업 등 추가작업을 줄일 수 있어 노력비가 10~27% 절감된다고 보고하였다. 서속(黍粟)류 잡곡인 조와 기장은 보통 한 이삭에 약 1500~10,000립의 종실의 달리며, 크기가 매우 작은 소립형으로 점 파종(Dibbling)과 조파(Seed drilling)하면 발아율 저하, 성장 및 발육저하, 포장 출현율 감소 등으로 입모가 불균일하여 생산성이 낮아지는 것으로 알려져 있다(Baltensperger, 2002; Edwards and Charter, 1986; Peacock, 1982). 산파재배는 다른 파종방법에 비해 파종 노력비를 줄일 수 있어 주로 조와 기장과 같은 소립형 종자의 파종방법으로 주로 이용되어 왔다 (Yousif, 2003). 또한 소립종자의 인력에 의한 산파방법은 파종 균일도가 낮아 함께 종자의 경우 모래와 1:10 비율로 섞어 뿌리는 경우도 있으며, 파종 후 얇게 로터리(05~3cm) 깊이하게 되므로 파종된 종자는 토양과 접촉이 낮아 발아율이 떨어진다고 보고하였다. 반건조지대인 아프리카에서는 수수 파종은 산파재배가 일반적이며, 산파 시 종자불량, 토양환경 불량, 토양병해충 등에 의한 입모불량으로 인한 재파종으로 생산성이 감소된다고 보고되고 있다(Young and Mottram, 2002). Shinggu and Gani (2012)은 손가락조의 산파재배 했을 때 점파재배에 비해 이삭수, 이삭무게, 수량, 천립중에 차이가 있었다고 보고하였다. 파종 노력비 절감을 위한 산파재배 방법은 주로 논 담수직파재배를 안정입모 확보를 위한 파종량 시험이 이루어졌으며(Back et al., 2006; Hwang et al., 2002; Song et al., 1997), Oh and Park(2000)은 소립형 당근 종자를 산파재배와 이랑재배의 생육특성을 평가하였다.

육묘이식 재배방법은 일반적으로 아시아의 지역에서 쌀 (*Oryza sativa L.*)과 채소 재배 작물의 생산에 이용되어 왔고, 아프리카 지역에서는 생육기간이 짧은 사탕수수와 기장 재배에 균일한 입모와 숙음작업의 노력시간 절감을 위해 주로 이용된 전통적인 방법 중의 하나이다(Rehm, 1989). 또한 육묘 이식 재배는 생육의 균일성을 높이고 적절한 재식밀도 조정이 가능하면, 다른 파종방법에 비해 생산량을 높일 수 있다고 보고되고 있다(Tinh et al. 1993). 육묘 이식재배 방법 및 재배효과에 관한 연구는 벼를 비롯하여 옥수수(Maranthee, 1991; Scheffer, 1988), 담

배(Greenfield and Paterson, 1994; Tancogne, 1991), 목화(Abou-Zeid et al., 1995; Sherief et al., 1995), 유채(Gupta, 1994), 산림묘목 (Chaney and Byrnes, 1993) 등 많은 작물을 대상으로 연구가 이루어져 왔다. 수수에 대한 육묘이식 재배 기술은 주로 인도, 일본, 말리, 나이지리아 등에서 이루어져 왔으며(Balasubramanian et al, 1982; Curtis , 1965; Dixit et al, 1982). 육묘이식일수에 대한 연구는 수수를 비롯하여 옥수수(Oswald et al., 2001), 진주조(Khairwal et al., 1990), 토마토(Pena-Lomeli et al., 1991; Vavrina and Orzolek, 1993) 등 여러 작물에서 연구되어 왔다. Kim et al.(2010)은 찰옥수수의 품종별 적정 육묘일수는 찰옥1호는 1기작재배 15일 육묘, 2기작재배는 이식재배 보다 직파재배가 적당하고, 찰옥4호는 모든 작기에서 20일이라고 보고하였다. 수수의 적정 육묘기간은 Oswald (2001)에 따르면 파종 후 7~10 일이라고 하였고, Mapfumo et al. (1987)등은 30일 이내에 이식하여야 안정된 수량을 얻을 수 있다고 보고하였다. 또한 Agbaje and Olofinjaye (2002)는 수수의 육묘일수에 따른 출수기 변화를 조사한 결과 직파재배에 비해 육묘기간이 길어질수록 이식 후 이식환경의 스트레스로 뿌리의 활착이 지연되고 양수분의 흡수가 불량한 원인으로 직파재배에 비해 출수가 11~15일 지연되며, 줄기길이는 약간 작아지고, 건물중은 약간 감소되었고, 직파재배에 비해 20일간 육묘한 모든 직파에 비해 수량의 차이가 없는 반면 육묘 30일과 40일에 비해 각각 47.09, 51.74% 감소되었다고 보고하였다. 특히 육묘이식 재배시 육묘기간이 길어지면 뿌리 노화로 이식 후 활착이 늦어져 생산성이 감소된다고 알려져 있다(Dullforce, 1954; Loomis, 1925; McKee, 1981). 또한 Reddy et al. (1987)은 수수의 육묘기간인 짧으면 수량은 차이가 없으나 육묘기간 45일이 경과하면 수량이 급격히 감소된다고 보고하였다.

Duncan(1985)은 육묘 이식재배에서 높은 재식밀도에서에서는 업면적지수와 건물중은 증가하지만, 이로 인해 식물간의 경쟁관계 증가하여 수확지수가 감소된다고 보고하였고, Berenguer and Faci(2001)은 재식밀도 변화에 따라 수량수성요소 중 이삭당 립수 변화가 가장 크게 나타났다고 보고하였다. 또한 Abuzar et al., (2011) 등은 낮은 재식밀도에서는 수수 개체 간 물과 양분의 이용 효율이 높아져 수수 수량이 높아진다고 보고하였고, Zamir et al., (2011) 등은 높은 재식밀도에서는 개체가 조밀하여 광합성 효율이 낮아지고, 식물체의 호흡량이 증가하며, 개체간 경쟁이 커져서 수수가 커진다고 보고하였다. Narges et al., (2014) 등은 재식밀도 밀도에 따라 천립중, 주당립수, 경장, 수확지수 등 농업적 형질의 차이가 발생하며 적정 포기사이 거리 25cm에서 가장 수량이 높았다고 보고하였으며, Myers and Foale(1981) 등은 다양한 재식밀도에 따른 농가의 수량 수준을 평가한 결과 최대 수량은 재식거리는 25 cm에서  $3,700 \text{ kg ha}^{-1}$  이었고 50 cm에서는  $3,100\sim3,700 \text{ kg ha}^{-1}$ , 75 cm에서  $1,100\sim3,100 \text{ kg ha}^{-1}$ , 200 cm에서는  $<1,100 \text{ kg ha}^{-1}$  이었다고 보고하였다. 또한 직파재배 시 재식본수가 늘어나면 단위면적당 수량은 증가하나 반대로 Son(1969) 연구결과는 주당 종실중은 감소하는 경향이 있다고 보고하였다.

다른 밭작물에 비해 상대적으로 기계화율이 낮은 수수와 서속류 잡곡 조와 기장에 대하여 파종 및 수확작업의 생력기계화 기술을 개발을 통한 농가 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 재배기술 개발이 필요하다. 수수와 서속류 잡곡 조, 기장, 팔은 다른 작물에 비해 파종 작업의 인력 의존도가 높고, 기계화율이 매우 낮은 실정이다.

따라서 본 연구는 다른 밭작물에 비해 기계화율이 낮은 소립형 잡곡인 조와 기장, 수수와 두류인 팔의의 생산비 절감을 위한 파종 및 수확작업의 적합성을 평가하여 농가 생산성 증대에 기여하고자 2014년부터 2016년까지 3년간 수행하였다.

### 제3절 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

근세기에 들어 1970년도 중반까지 국가시책으로 주 1회 반드시 쌀밥에 잡곡 등 보리를 먹도록 하기도 했으며 1976년부터 쌀의 자급자족이 달성되어 쌀밥의 소비가 증가하였다(Son, 2001). 그러나 최근 급속한 경제성장과 식생활의 서구화로 주식인 쌀의 소비량은 감소하고 있으며 특히 최근 10년간 약 20%까지 감소하는 추세에 있다(Son *et al.*, 2013). 최근에는 건강에 대한 관심증가로 쌀밥위주의 식단에서 잡곡류 혹은 두류 등을 혼합한 잡곡밥의 섭취량이 늘고 있다(Jung *et al.*, 2010). 그 이유는 잡곡은 식이섬유, 지방전분, 올리고당 등 탄수화물의 좋은 공급원으로 대장질환의 소화기계 질환에 효과적인 것이기 때문이다(Lee *et al.*, 2010). 또한 잡곡류는 성인병 예방에 필요한 식이섬유, 비타민, 미네랄이 쌀에 비해 다량 함유되어 있는 영양 식품으로 열악한 환경에서도 잘 자라는 강한 내성을 지니고 있다(Kim & Lee, 2006). 조, 기장, 수수, 피 등 잡곡류는 반건조 지대를 중심으로 재배가 되어 건조에 대한 내성이 강하고 생육기간이 짧기 때문에 작부체계와 연관시켜 투자 이용률을 높일 수 있다. 또한 잡곡은 조, 기장, 수수가 대표작물이며 특수한 성분을 함유하고 있어 건강보조 식품으로서의 활용도가 높고 재배역사가 오래되어, 여타작물의 재배가 알맞지 않은 불량한 환경에 대한 내성이 강하고 생육기간이 짧아 예로부터 대체작물이나 구황작물로 이용 되어 왔다(Choi, 1992; Cho *et al.*, 1999, Hulse *et al.*, 1980; Kim *et al.*, 2006). 특히 조(*Setaria italica*)는 1년생 화본과 식물로 원산지가 동부아시아이며 천근성이 있고 내한성이 강하여 가뭄을 타기 쉬운 산간지대에서 밭벼 대신 재배되었다. 국내 잡곡시장은 웰빙식품, 기능성식품에 대한 선호도가 높아지면서 전국적으로 500억원 규모로 성장하였다. 그리고 조, 수수, 옥수수, 콩 등과 같은 잡곡에 대한 수요량은 2,248천톤이나 국내생산량은 237천톤으로 2,011천톤이 도입되고 있다(National Institute of Crop Science, 2010). 이에 따라 10년 동안 잡곡사업을 하는 농협이 20곳에서 350곳으로 급속히 증가하였고 잡곡단지 조성 및 지역 특성화 사업추진으로 2008년 10개소 855ha 재배면적에서 2009년 12개소 2,000ha로 증가하였으며 2015년 40개소와 이후로도 확대할 계획이다(Sung & Kwon, 2011). 이와 같이 예로부터 우리 식생활에는 조, 수수, 보리 등을 고루 섞은 잡곡밥을 이용해 왔고 잡곡밥 섭취는 비타민, 무기질, 식이섬유가 쌀의 2~3배 이상 함유되어 있어 영양상으로 좋은 식품으로 인식되어 왔다. 앞으로 건강 지향 음식문화의 확산과 고령층의 증가로 잡곡의 잠재적 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 최근 잡곡류의 기계화를 위한 재배기술에 대한 연구결과를 보면 지역별 적정 파종기는 유효적산온도, 생육 및 수량구성요소, 수량성 면에서 조와 기장은 영남내륙과 중부내륙은 6월 초순에서 6월 중순, 남서해안은 5월 하순에서 6월 중순까지가 파종기인 것으로 나타났고, 고휴재배에 알맞은 재식밀도는 조는 60cm×10cm, 기장은 60cm×20cm, 수수는 60cm×20cm이다(Jeong, 2012). 질소 표준 시비량 및 분시방법의 경우 조와 기장은 90kg ha<sup>-1</sup> 인 것으로 나타났고 수수는 100kg ha<sup>-1</sup> 이고, 질소 분시방법에 따른 수량반응은 질소 100% 전량기비구가 50%:50%, 70%:30% 시험구에 비해 높게 나타나는 경향이다(Jeong, 2012). 생력기계화에 적합한 재배양식을 표준화 하기 위한 시험결과를 보면 조의 경우는 조간 거리가 넓을수록 경직경 및 수장, 주당입수는 크게 증가하였고, 간장은 크게 짧아지는 경향을 보였으며, 광휴점과 30cm로 파종하였을 때에 수량구성요소가 높았으며, 황금조와 삼다찰 모두 재식거리가 증가할수록 수량이 증가하고, 광휴점과 30cm로 파종하였을 때 수량이 높은 경향을 나타내었다. 수수의 경우 주간거리 20cm 까지 재식거리가 증가할수록 간장을 제외한 수장, 경직경, 주당립수 및 천립중이 증가하였고, 수량구성요소는 광휴점과 60cm 파종법과 관행인

고휴점과 60cm 파종법의 수량구성요소가 비슷하였으며, 특히 소담찰 수수는 관행인 광휴점과 60cm로 파종하였을 때에 고휴점과로 파종하였을 때 보다 간장이 더 높았으나 수량구성요소는 고휴점과 60cm로 파종하였을 때 보다 더 높은 경향을 나타내었다. 따라서 생력기계화를 위한 광휴점과 재배에 알맞은 재식거리는 조의 경우로 휴폭 180cm에 조간 30cm로 나타났고, 수수는 조간거리 60cm가 가장 적합하였다(Jeong, 2014). 기계이식기를 이용하여 조를 이식하기 위한 실험결과를 보면 조 육묘방법의 풋트종류별 이식 당시 모소질은 406구, 200구, 162구 간에 유의성이 없었으며 수량은 10a당 406구 305kg > 162구 303kg > 200구 302kg을 나타내어 처리 간 유의성이 없는 것으로 나타났다. 그리고 육묘이식재배시 풋트를 이용할 경우 비용 절감정도는 406구 풋트가 200구 대비 상토 63%, 풋트 50%, 작업시간 18%가 절감되었다. 조 이식방법별 10a당 수량은 2본 육묘이식 315kg > 3본 육묘이식 304kg > 1본 육묘이식 256kg/10a 순으로 나타났다. 조 육묘이식재배시 풋트종류별 소요경비는 10a당 406구 풋트가 76,230원으로 200구에 비해 40%가 절감되는 것으로 나타나 406구 풋트에 2분씩 육묘이식재배 하는 것이 생력화에 적당한 것으로 나타났는데 이는 조의 경우 화본과 작물로서 양파와 달리 파종 후 15~20일이면 탁근율이 높아 이식이 가능하기 때문이었다. 조의 기계화재배를 연구성과를 보면 산파재배의 단점을 보완하고 생산비절감과 생력재배를 위해 기존 원예용 기자재 확대 이용으로 생산비 절감과 다수확 기술을 개발하였는데 그 내용을 다음과 같다. 조기계재배 파종·이식·수확 노동력이 491시간/ha에서 43시간으로 줄어들어 91%가 절감 되었는데 구체적으로 나열하면 첫째, 기계파종 노력시간은 관행 57시간/ha에서 3시간/ha, 둘째, 기계이식 노력시간은 관행 209시간/ha에서 21시간/ha, 셋째, 기계수확 노력시간은 관행 225시간/ha에서 19시간/ha 으로 각각 줄어 들었다. 또한 무안, 나주 등에서 양파후작 조 기계화 및 다수확 재배 현장실증으로 수량성 증대 효과를 보면 관행 산파재배시 2톤/ha 에 비해 휴립기계재배를 함으로서 수량성이 3.5톤/ha을 수확함으로서 75%의 수량 증수 효과를 이루었다(Kim, 2015). 최근 기후변화의 다양화 등으로 잡곡류도 지역별로 재배법 확립이 요구되고 있으며 재배방법의 기초는 대부분 중부내륙과 영남내륙지방에서는 연구된 바 있으나 남부지역에서는 연구가 미흡한 실정이다. 또한 파종방법도 직파 및 산파재배가 대부분이고 기계화재배를 위한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 남부지방에서 마늘이나 양파를 재배하고 후작물로 재배기간이 비교적 짧은 조의 기계화재배 시 작부체계를 위한 적정 수확시기를 조정할 수 있는 파종시기와 파종량을 구명하고자 하였다.

## 제4절 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

기장(Proso millet, *Panicum miliaceum* L.)은 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 지중해, 터키, 인도 중부, 동아시아에 이르는 지방이 원산지로 알려져 있다. 아시아에서의 기장 재배는 오래되었으며, 구약성서에는 서기 전에 메소포타미아지방에서 기장을 재배하였다는 기록이 있고, 인도에서는 예로부터 종교의식에 기장을 사용하였다는 기록이 있다. 중국에서도 기장은 일찍이 오곡의 하아이었으며, 육부경종법에서 고대 중국에서는 격국시에 사직을 제사하는데, 사는 주토지신이고 직은 백곡지군이며, 오곡지신을 직신이라고 하였다 한다(Cho, 2010). 기장은 오래전부터 전 세계적으로 재배되고 있는 작물로 우리나라에서는 한반도 청동기시대에 이미 쌀, 보리, 밀, 콩, 조 등과 함께 기장이 재배되고 있었던 것으로 확인되고 있다(Ryu, 2013). 기장은 출수 후 7일경부터 개화하여 4~5일 동안 60% 정도 꽃이 피고, 10일 후에 개과가 거의 끝난다. 대부분 오전에 개화하며, 1개의 꽃의 개화시간이 짧으며, 바람이 세게 불거나 흐리고 비가 올 때에는 개화하지 않는다.

우리나라에서 잡곡류(조, 수수, 옥수수, 메밀 등)의 재배면적은 1975년에 73천ha였으나, 국민 소득수준 향상과 식생활 변화로 잡곡의 소비가 감소하면서 2014년에는 28천ha로 감소하였다. 잡곡은 전국에서 재배되고 있으나, 강원, 충북 등이 주된 재배지역으로 꼽히고 있다(MAFRA, 2015). 이를 잡곡류에서 기장은 재배가 적은 편이지만, 전통적으로 주요 잡곡에 포함되고 있다.

기장의 주성분은 탄수화물이며, 단백질과 지질, 무기물, 비타민 등이 골고루 함유되어 있고, 특히 칼륨과 인이 풍부하다(NIAS, 2011). 기장은 오곡의 하나로 중요한 작물로 취급하였고, 식량뿐만 아니라 떡, 술 등으로 이용되었다. 미국에서는 종실을 껌질째 부셔서 돼지의 사료(hog millet)로 이용하고, 때로는 끓여 사료로 이용하기도 하지만 질은 좋지 않다. 이삭은 비를 막는 데 이용한다(Cho, 2010). 최근 우리나라에서는 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 등의 성분이 함유되어 있어 항산화기능이 있는 것으로 보고되었고(Lee et al., 2011; Woo et al., 2012), 기장을 활용한 식혜, 발효주, 당화잡곡죽 등 다양한 기능성식품 개발이 시도되고 있다(Jung et al., 2014; Woo et al., 2010; Hwang et al., 2011).

기장은 고온, 건조한 기후를 좋아하여 온대로부터 온대에 걸쳐 재배되고 있다. 그러나, 생육기간이 짧고 조생종은 70일 내외에 성숙할 수 있으므로 상당히 고위도의 지대까지 분포되어 있다. 6월과 7월의 등온선 17°C와 20°C를 재배북방한계선으로 하고, 독일에서는 54°N, 그리고 소련에서는 57°N이 재배북방한계라고 한다. 일본 나가노현에서는 표고가 1,500m인 곳까지 재배가 가능하다고 한다. 기장은 수량이 낮고 주식으로 이용하기에도 우수하지 못하여 많이 재배하지 않고 있는 편이지만, 기장은 찰기장이 많아서 별식을 만드는 데 이용하는 관습이 있다.

기장은 개간지 및 척박지, 가뭄 등에 잘 적응하며(Ha and Lee, 2001; Park et al., 1999; Jung et al. 2014; Yoon et al. 2010), 생육기간이 70일에서 110일 정도로 다양하기 때문에 작부체계 및 답전윤환에 적용하기에 쉽고, 재배시기를 폭넓게 선택할 수 있다(Cho, 2010; Yoon et al. 2008; Yoon et al. 2015a; Yoon et al. 2015b; Yoon et al. 2015c).

이상과 같이 기장이 우수한 건강 기능성과 재배의 편이성에도 불구하고 실질적인 재배확대가 어려운 것은 재배지역의 규모화, 생력기계화, 우량품종 보급이 미흡하고 특히 지역별로 표준화된 재배기술이 개발되지 못하였기 때문인 것으로 파악된다. 따라서 기장의 과종시기별 생육 및 수량성을 분석하여 안정적인 재배의 기초자료를 작성하고, 기계화에 적용할 수 있는 표준재배법을 설정하여 생력재배의 자료로 제공할 필요성이 높이 제고되고 있다.

## 제5절 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

수수(*Sorghum bicolor* L. Moench)는 벼목 벼과의 화분과 한해살이 식물로 아프리카가 원산지로 아프리카, 중앙아메리카, 남아시아의 주요 식량작물이다. 또한 가축의 사료용 수수는 생초, 건초, 사일리지용으로 이용하거나 발효시켜 고량주를 만들기도 하고 염료 등 산업적으로 이용되고 있다. 수수 대부분의 종은 뿌리 발달이 왕성하고 요수량이 적어 내건·내열성이 강하고 일출기 생육이 왕성한 C4작물로 간척지 및 개간지 등 불량환경에 잘 적응하는 특성(오 등, 2015)을 가지고 있지만 토양산도 pH 5.5~8.5의 범위에서 생육이 양호하다.

외국의 경우 토종자원을 활용한 신물질 분리 및 개발, 특수형질개량, 육종관련 기술 확보 등 노화, 항암, 면역기능 향상, 비만방지, 골다공증, 고지혈증 목적의 의약품, 건강보조식품 개발이 활발하다. 미국의 경우 생활습관병(성인병) 개선 연구에만 약 2840억 달러 투자되고 있다. 국제 반건조열대작물연구소(ICRISAT)를 중심으로 잡곡연구가 진행되어 왔으며 2006년부터는 단수수를 이용한 바이오에탄올 생산을 상용화 하였다(방 등, 2009). 일본의 경우 짚은 층에서 미용 및 다이어트로 잡곡을 많이 이용하고 있으며 식이용으로는 소포장, 혼합잡곡 형태로 많이 판매되고 있다. 국내에서도 잡곡에 대한 다양한 기능성물질에 관심이 높아지면서 최근 활성물질에 대한 연구가 활발히 진행되어 수수의 건강 기능성이 많이 보고되면서 재배면적이 늘어나고 있어 생산비 절감을 위한 기계화 생산기반을 위한 표준재배이 요구되고 있다. 김 등은(2015) 소담찰수수 논 재배시 출수기는 6월 10일 파종에서 62일로 가장 빨랐으며, 비닐피복재배에서 파종기가 늦을수록 출수기가 빨라지는 경향이었으며, 소담찰수수는 밀식적응성이 높아 재식밀도는 60x15cm(1본), 60x30cm(2본)이 유리하다고 보고하였다. 전 등은(2014) 수수의 종실수량은 60x20cm에서 가장 높았으며 비닐멀칭한 구가 무피복구에 비해 수량이 높았다고 보고하였다. 이외에도 조, 기장, 수수의 파종기(윤 등, 2015), 미국과 한국 수수종의 농업적 형질 특성(성 등, 2015), 수수 종자 단백질 동정하여 프로테오믹스-기반 바이오마커 선발(김 등, 2013), 답전 윤환 재배법(윤 등, 2015), 제초제 선발(황 등, 1998)을 비롯한 수수의 다양한 재배법(정 등 2013, 최 등 2014, 전 등 2014)을 비롯하여 유전자 및 성분분석이 이루어지고 있다. 그러나 우리나라 잡곡재배 농가 대부분 0.25ha 이하의 소규모 영농형태로 단작, 후작이나 간작, 주위작 등 다양한 형태로 재배되고 있어 외국의 대면적 포장에서 대형 기계를 이용한 파종과 제초·병해충 방제 콤바인 수확 등 일괄기계화 작업을 적용할 수 없는 실정이다. 따라서 우리나라 잡곡 산업의 발전을 위하여 재배면적의 규모화와 지역별 잡곡의 차별화 및 생력 기계화를 위한 표준 재배양식을 요구되고 있는 실정이다. 한편 수수는 고온성 작물이므로 저온조건에서는 출아가 불량하다(Pinthus와 Rosenblum, 1961). 최저 8~10°C, 최적32~35°C, 최고40~45°C로 낸차 간 기상변이나 품종에 따라 생육 반응이 달라질 수 있어 지역별 파종기 시험이 요구된다. 또한 자급율이 낮은 밭작물의 생산성 향상을 위한 육묘기계 보급에 따라 발아하는 동안의 조류피해, 입모울 확보, 노동력 경감 등의 잇점으로 육묘이식에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 수수 품종별 파종시기에 따른 생육특성과 수량특성 및 직파와 육묘이식과의 생육특성 등 수수의 안정적인 재배의 기초자료를 작성하고, 기계화에 적용할 수 있는 표준재배법을 설정하여 생력재배와 수량과 품질을 향상 시킬 수 있는 자료로 제공할 필요성이 대두되고 있다.

## 제6절 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

팥(*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi Ohashi)은 원산지를 중국으로 보는 견해가 유력하며, 우리나라에는 고대 중국으로부터 도입되었을 것으로 추정되고 있다.(조 등, 2004). 팥은 유전적 다양성이 많으며, 지역별로 재배특성, 품종, 재배방법이 다양하며, 또한 기후, 토양 등 환경에 대한 적응성이 커서 다양한 작부체계에도 이용되고 있다. 우리나라에서의 팥 재배는 2015년 현재 재배면적 4,883ha에서 5,335톤이 생산되어 콩 다음으로 재배면적이 큰 두과작물이다. 최근 10년간 생산량의 추이를 보면 평균 5,500톤(/년)으로 꾸준히 생산되고 있다. 콩에 비해 용도는 다양하지 않지만 재배기간이 다소 적어 안전하게 재배할 수 있고, 멱·뻥·과장 등으로 이용되고 있으며, 최근 웰빙식품으로 인식되어 수요와 이용성이 증가하고 있다(윤 등, 2012).

팥은 잡곡류로 분류되는 작물로 파종, 속음, 제초작업, 수확 등 인력 의존도가 높고, 지역별로 재배법과 생산 환경이 다양하며 수량성도 매우 낮다. 농가의 생산성은 경작방법, 재배기술, 품종, 종자품질, 잡초관리, 수확 등의 투입 요소에 따라 차이가 발생되며, 파종기, 재식밀도, 시비량, 병충해 방제, 수확기술 등의 차이에 의해서 발생되는데 팥에 대한 세부적인 재배기술의 확립이 미비한 상황이다. 또한 팥은 소규모 영농기반으로 기계화율이 낮아 면적 확대가 어려운 상황이며, 생산량물이 소비탄력성이 낮고 생산량의 변화에 민감하여 가격 변동이 매우 커서 농가경영이 불안정한 모습을 보이고 있다(임 등, 2013).

팥에 대한 재배기술 및 개선연구로는 팥 시비량대 재식밀도 시험(전라북도농업기술원, 1981), 팥 3요소시험(충청북도농업기술원, 1984), 팥 신품종의 파종기 및 재식밀도에 따른 수량성(노치웅, 1986), 남부지역 팥재배시 품종별 파종적기(송석보, 2010), 팥 제초제 선발시험(농촌진흥청, 1991), 두류 베노밀 살균제 처리효과 구명시험(전라북도농업기술원, 1886) 등의 재배법에 대한 시험연구가 수행되었고, 잡곡의 재배양식별(고휴멸침재배, 넓은이랑재배), 재식거리 및 질소 시비량 등 표준 재배법 설정(식량과학원, 2012) 등의 연구가 수행되었으며, 새로운 품종의 개발 및 기후변화 등에 대응하기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다. 밭작물중 잡곡에 대한 기계화율은 경운·정지·방제작업은 90%이상이나 파종·정식·수확은 10%내외로 매우 낮은 수준이며(농진청, 2010) 특히 콩의 경우 파종·정식 4.5%, 수확 12.4%로 매우 낮은데 팥은 수확작업이 대부분 인력에 의존하고 있어 콩에 비해 더욱더 취약하며, 잡곡에 대한 기계화 적용은 이제 시작단계로 보여 진다. 생력화 재배기술 연구로는 트랙터 부착 팥 줄뿌림 파종시 적정 파종기 및 재식거리(이랑너비70cm) 설정(1998, 경남도원), 트랙터부착 팥 줄뿌림 재배시 적정 파종기 및 재식거리(김수형, 1988), 직립성 팥 재배법 및 재식거리(식량원, 2015) 등의 연구가 수행되었으며, 잡곡의 생산비 절감을 위하여 파종기 개발 및 콤바인 수확을 위한 연구가 진행되고 있다. 외국의 밭작물 재배는 대면적 포장에서 파종부터 수확까지 기계화되어 있고, 대형 트랙터 부착형 파종기와 보통형 콤바인을 이용하여 생력화 재배 및 대량생산 체계를 갖추고 있다.

팥의 품종개량은 꾸준하게 진행되는 상황이며 우량품종으로는 충주팥, 중원팥, 중부팥, 칠보팥, 경원팥, 연녹팥, 새길팥, 금실팥, 검구슬팥, 연두채팥이 있으며, 최근 초형이 우수하며 내도 복성인 아라리팥, 홍언판이 개발되어 농가에 보급되고 있다.(국립식량과학원, 2012)

팥은 일반적으로 척박지 또는 경사지 등의 환경이 불량한 곳, 작부체계에 연계된 재배방식 등으로 다른 작물에 비해 소규모 영농 또는 인력 의존도 재배방식으로 수량성과 기계화율이 낮고 재배법 등의 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 팥의 생산성 향상을 위한 생력 기계화 재배기술 정립을 위한 연구를 2014년부터 2016년까지 3년간 수행하였다.

## 제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

### 제1절 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 농가 재배양식 실태 조사

#### 1. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥) 농가 실태 조사

##### 가. 연구개발수행 내용

###### (1) 잡곡 재배현황 분석

최근 건강기능성 지향 식문화 확산과 국산 잡곡에 대한 선호도는 높아져 2009년 이후 잡곡의 수요량이 급격히 증가하고 있고 국산 잡곡의 생산량 증대에 큰 기회가 되고 있다. 그러나 2010년 이후 조와 기장, 수수의 통계자료는 기타잡곡으로 편입되어 현재는 재배현황에 대한 통계자료가 전무한 실정이다. 본 연구는 타 작물에 비해 농가 생산성과 연차간 변이가 큰 소면적 작물인 잡곡의 농가 재배실태 조사를 통해 생산성 제안 요인들에 대한 종합적인 분석을 하기 위해 수행하였다. 먼저 우리나라에서 재배되고 있는 잡곡의 지역별 재배면적, 생산량 등 재배현황은 통계자료가 전무한 실정이어서 표 1-1에서와 같이 2014년부터 2016년까지 농림수산식품부로부터 ‘농업경영체’ 확정 필지정보 68,265 필지(수수 21,296, 조 8,797, 기장 9,845, 팥 28,327)를 이관 받아 지리정보시스템(ArcGIS 9.2)을 이용하여 입지조건, 경사등급, 배수등급, 토성 등 토양특성 속성정보를 연결하여 재배현황 실태를 분석하고 향후 농가 생산성 향상과 자금률 향상의 기초자료로 활용코자 분석하였다.

표 1-1. 작목별 재배현황 분석 필지정보 현황

| 시도      | 조     | 수수     | 기장    | 팥      | 계      |
|---------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 서울특별시   | 1     | 9      |       | 18     | 28     |
| 부산광역시   | 6     | 33     | 1     | 121    | 161    |
| 인천광역시   | 49    | 549    | 29    | 246    | 873    |
| 대구광역시   | 4     | 47     | 20    | 163    | 234    |
| 광주광역시   | 45    | 101    | 1     | 208    | 355    |
| 대전광역시   |       | 20     |       | 85     | 105    |
| 세종특별자치시 |       | 29     | 1     | 90     | 120    |
| 울산광역시   | 9     | 72     | 2     | 500    | 583    |
| 경기도     | 203   | 1,642  | 24    | 2,556  | 4,425  |
| 강원도     | 1,133 | 4,969  | 233   | 3,586  | 9,921  |
| 충청북도    | 211   | 4,097  | 38    | 2,059  | 6,405  |
| 충청남도    | 56    | 848    | 5     | 1,829  | 2,738  |
| 전라북도    | 55    | 1,412  | 390   | 2,613  | 4,470  |
| 전라남도    | 4,225 | 1,864  | 1,862 | 6,592  | 14,543 |
| 경상남도    | 1,278 | 1,354  | 103   | 3,139  | 5,874  |
| 경상북도    | 1,197 | 4,198  | 536   | 4,442  | 10,373 |
| 제주특별자치도 | 325   | 52     | 6,600 | 80     | 7,057  |
| 계       | 8,797 | 21,296 | 9,845 | 28,327 | 68,265 |

###### (2) 잡곡 재배농가 재배현황 실태 분석

주요 잡곡류 재배 농가의 생산성 실태 분석하기 위해 표 1-2에서와 같이 우리나라 주요 잡곡 주산단지를 중심으로 12개의 농업기후대별을 고려하여 재배면적이 많은 작목별 상위 20개 시군을 대상으로 조(30지점), 수수(30지점), 기장(30지점), 팥(30지점) 등 총 120 농가를 각각 선정하여 2014년부터 2016년까지 3년간 영농현장을 방문하여 조사하였다.

표 1-2. 작목별 재배농가 생산성 실태 조사지점 현황

| 작목 | 조사점수 | 시군(농가수)   | 비고     |
|----|------|---|--------|
| 조  | 30지점 | 영월(2), 양평(1), 남해(2), 봉화(1), 안동(2), 포항(2), 강진(2),<br>고흥(3), 나주(2), 신안(3), 여수(2), 영광(2), 함평(3), 해남(3) | 14개 시군 |
| 수수 | 30지점 | 영월(4), 정선(3), 평창(2), 양평(2), 봉화(1), 안동(3), 예천(2),<br>울진(2), 고흥(2)                                    | 9개 시군  |
| 기장 | 30지점 | 영월(1), 봉화(3), 안동(2), 울진(2), 강진(5), 고흥(3), 신안(4),<br>정읍(2), 해남(1), 괴산(2), 단양(3), 제천(3)               | 12개 시군 |
| 팥  | 30지점 | 영월(3), 정선(3), 평창(2), 횡성(4), 경주(4), 나주(3), 무안(4),<br>신안(3), 단양(2), 제천(2)                             | 10개 시군 |

또한 조사지역의 정밀성을 높이기 위하여 표 1-3에서와 같이 농림축산식품부 ‘농업경영체’ 확정 필지정보를 분석한 결과를 기준으로 조사지역의 주요 재배입지 조건(지형) 고려하여 평탄지(4지점), 곡간지(25지점), 선상지(30지점), 산록경사지(20지점), 구릉지(22지점)을 각각 선정하여 조사하였다.

표 1-3. 작목별 재배 입지조건별 조사지점 현황

| 작물 | 하성평탄지 | 곡간지 | 선상지 | 대지 | 산록경사지 | 구릉지 | 계   |
|----|-------|-----|-----|----|-------|-----|-----|
| 조  | -     | 5   | 5   | 1  | 9     | 10  | 30  |
| 수수 | 3     | 6   | 8   | -  | 8     | 5   | 30  |
| 기장 | 3     | 11  | 1   | -  | 7     | 8   | 30  |
| 팥  | -     | 4   | 5   | 1  | 11    | 9   | 30  |
| 계  | 6     | 26  | 19  | 2  | 35    | 32  | 120 |

잡곡 재배실태 조사의 주요 조사항목은 재배 농가를 방문하여 조사표에 의한 면접, 청취 조사를 통해 재배품종, 재배년수, 시비량, 파종기, 파종방법, 재식거리, 작부체계, 재배규모 등을 조사하였고, 경운, 파종, 병해충방제, 예취, 탈곡, 정선 등 작업 단계별 기계화율과 작업기종, 노동 투입시간, 점유율, 기계화 정도를 조사하였다. 조사지점의 토양환경과 입지조건은 농업과학원 흙토람(<http://soil.rda.go.kr/>)에서 필지별 미세지형, 토양특성, 토양 이화학성 등 토양환경요인을 받아 조사·분석하였다. 농업적 형질특성 조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의해 파종 후 유묘기 때 발아율, 입모율 등 유묘 생육특성을 각각 3회 반복 조사하였다. 또한 재배농가의 관리방법에 따른 병해(도열병, 노균병, 단저병, 바이러스) 충해(조명나방, 노린재, 파밤나방), 조수피해율 등 병해충피해 실태와 도복, 수발아, 습해, 불임 등 생리장애를 각각 조사하였다. 수량 및 수량구성요소 조사는 수확기에 각 조사 대상 농가포장의 중간지점에서 간장, 경직경 등을 조사하였으며, 성숙기에 각 필지의 생육이 일정한 지점에서 1 m<sup>2</sup>(1.0 m × 1.0 m)을 예취한 다음 이삭길이, 주당립수, 천립중과 10a당 수량을 조사하였다. 또한 수집된 생육 및 수량 데이터는 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)의 PROC ANOVA

procedure를 이용하여 분산분석을 하였고, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

생육기간 중 재배환경 요인의 분석은 평탄지, 곡간지, 산록경사지, 구릉지 등 각 입지조건별로 농가포장에서 4개 필지를 선정하여 일사센서, 토양온도 센서, 기온센서를 간이 데이터 수집 장치(Watchdog 425)에 부착 설치하여 파종기부터 수확기 까지 1시간 단위로 측정하였으며, 생육기간 중 재배환경 요인의 분석은 조사지점 인근 농업기상관측시스템(AWS)에서 측정된 대기온도(일 최저기온, 최고기온, 평균기온, 일조시간)를 받아서 지역별 변이를 분석하였다. 유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)는 일 최고기온과 최저기온을 합한 값을 2로 나눈 후 그 값에서 Wang 등(1960)이 제안한 수수의 생육제한 기준 값 10°C를 뺀 값을 생육기간 적산하여 수식 1과 같이 유효적산온도를 계산하였다.

$$GDD(\text{GrowingDegreeDays}) = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max.} + T_{\min.})}{2} - T_{\text{base}} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{수식-1})$$

여기서,  $T_{\max}$  : 일일 최고 대기온도

$T_{\min}$  : 일일 최저 대기온도

$T_{\text{base}}$  : 생육 제한 최저기온 값(10°C)

잡곡류 재배 농가의 수량성과 시험장 수량성을 비교·분석하기 위해 2014년부터 2016년까지 간 국립식량과학원 남부작물부의 작황 시험포장에서 작물별 생육과 수량성을 이용하였다. 작황 시험포장의 재배법은 작목별 표준재배법에 준하여 휴립복토기를 이용하여 ‘높은이랑 인력점파’ 재배하였다. 잡곡 재배 실태조사 지역의 120 농가를 대상으로 표준재배법 준수와 생산성을 기준으로 선도농가인 최대생산농가와 일반농가, 최저생산농가 각각 구분하여 조사하였다. 잡곡 재배농가의 생산성, 관리방법, 토양특성, 기상환경, 병해충 방제 등 요인별 수량성 격차 요인 분석하기 위해 그림 1-1에서와 같이 시험장 수량과 농가평균의 수량 격차( $YG_A$ ), 최대생산농가와 일반농가의 수량 격차( $YG_E$ ), 최대생산농가와 시험장 수량격차( $YG_F$ ), 최대생산농가와 최저 생산농가의 수량 격차( $YG_L$ )로 각각 구분하여 분석하였다. 또한 그림 1-2에서와 같이 농가 수량의 변이성과 전체적인 분포특성을 파악하기 위해 12개 등급으로 수량의 빈도분석(Histogram)을 작성하였다.

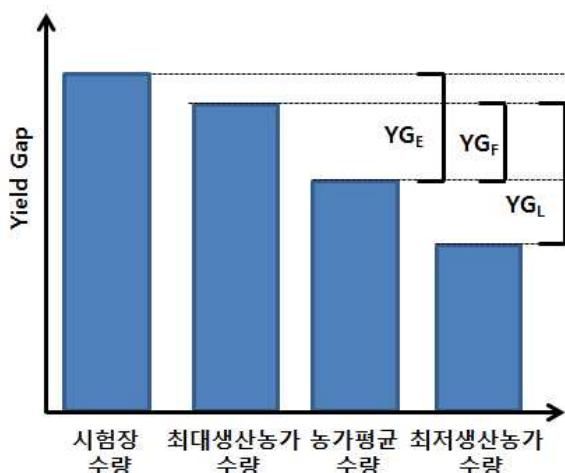
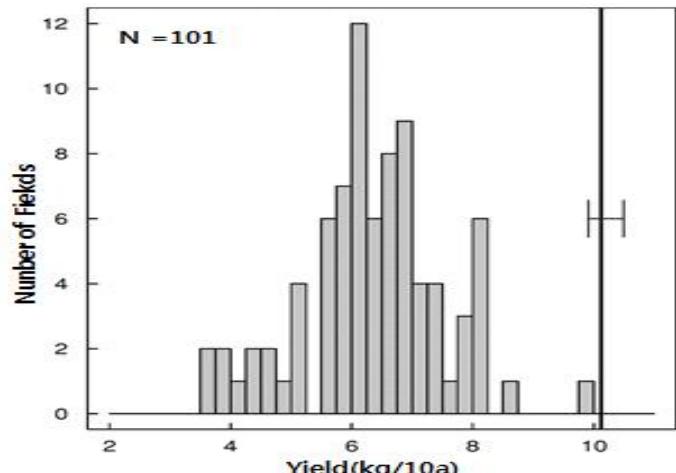


그림 1-1. 농가수량 수량격차 요인분석



## 나. 연구개발수행 결과

### (1) 잡곡 재배현황 분석

2010년 이후 조와 기장 및 수수의 통계자료는 기타 잡곡으로 편입되어 통계자료가 전무한 실정이어서 2014년부터 2016년까지 3년간 농림축산식품부 ‘농업경영체등록정보’ 확정 필지정보를 이관 받은 이관 받은 68,265 필지정보(수수 21,296, 조 8,797, 기장 9,845, 팔 28,327)를 대상으로 재배면적 현황을 분석한 결과 2009년도 통계청 국가통계포털 잡곡의 재배면적에는 큰 차이를 보였다. 2016년도 농업경영체 등록정보를 기준으로 잡곡 재배농가의 품목별 재배면적은 수수가 2,578.4ha로 가장 커으며, 다음으로 팔 1,855.9ha, 기장 2,030.0ha 조 894.0ha 순 이었다. 시도 및 시군별 수수 재배면적을 분석한 결과 그림 1-3에서와 같이 강원도 738.7ha(28.6%), 충청북도 644.3ha(25.0%)로 가장 많이 재배되고 있었고, 시군별로는 영월군(12.7%) 단양군(10.1%), 제천시(10.0%), 안동시(7.8%), 정선군(7.4%) 순으로 재배되고 있었다. 조의 재배 현황은 전라남도 497.3ha(55.6%), 경상북도 111.5ha(12.5%)로 가장 많이 재배되고 있었고, 시군별로는 신안군(12.3%) 고흥군(9.3%), 제주시(7.4%), 해남군(6.8%), 진도군(4.7%) 순 이었다. 기장의 재배 현황은 제주특별자치도 1,472.6ha(72.5%), 전라남도 368.6ha(18.2%)로 가장 많이 재배되고 있었고, 시군별로는 제주시(65.6%) 신안군(8.1%), 서귀포시(7.0%), 영광군(3.6%), 해남군(3.1%) 순 이었다. 또한 팔의 재배 현황은 전라남도 507.3ha(27.3%), 강원도 428.8ha(23.1%)로 가장 많이 재배되고 있었고, 시군별로는 영월군(5.1%) 신안군(5.0%), 경주시(4.9%), 무안군(4.9%), 정선군(4.0%) 순으로 재배되고 있었다.

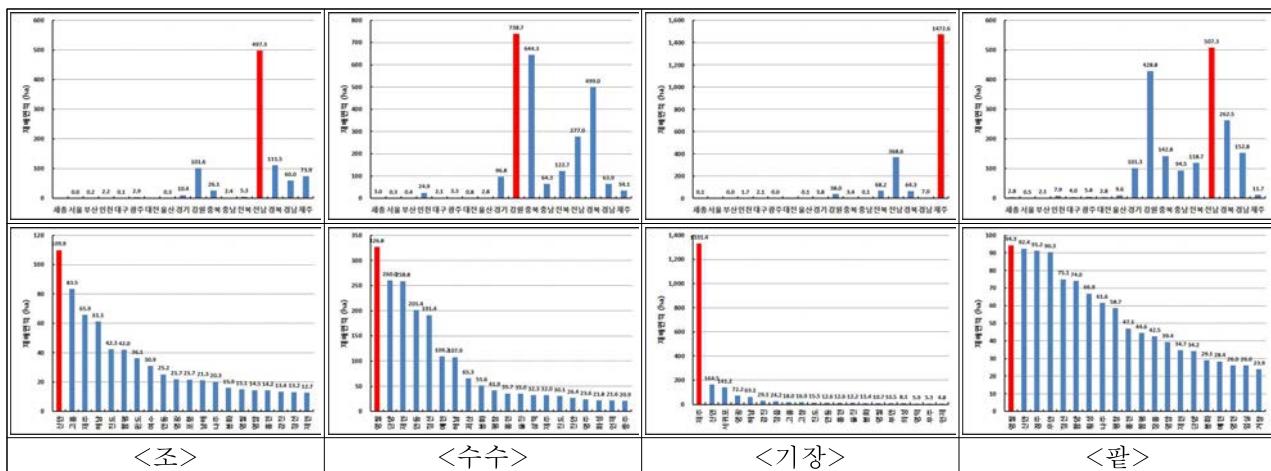


그림 1-3. 시·도별 잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 재배면적 현황

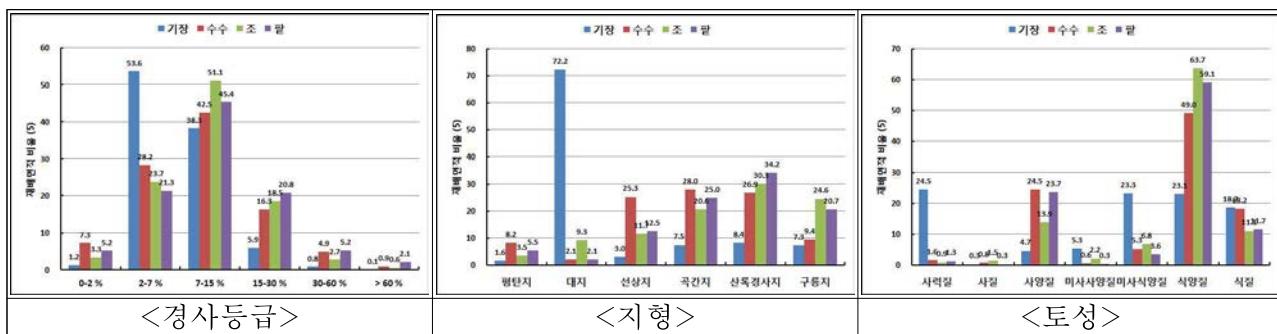
경지 규모별 재배면적 비율을 분석한 결과 표 1-4와 같이 0.25ha 이하로 재배하는 농가비율이 59.4%를 넘었고 1ha 이상 대면적에서 재배하는 농가의 비율은 수수 5.6%, 기장 4.8%, 조 1.2%, 팔 3.0%로 나타나 대부분 원료곡 생산위주의 10a이하의 소규모 영농형태로 재배되고 있어 생산기반이 매우 취약한 실정이었다.

표 1-4. 경지 규모별 잡곡(조, 수수, 기장, 팔)의 재배면적 비율

| 작물 | <0.25ha | 0.25-0.50ha | 0.50-0.75ha | 0.75-1.00ha | >1.00ha |
|----|---------|-------------|-------------|-------------|---------|
| 조  | 75.8    | 18.2        | 3.8         | 1.0         | 1.2     |
| 수수 | 55.5    | 27.6        | 8.3         | 3.1         | 5.6     |
| 기장 | 43.9    | 39.6        | 9.1         | 2.6         | 4.8     |
| 팔  | 70.8    | 18.5        | 4.7         | 3.0         | 3.0     |
| 계  | 59.4    | 27.0        | 6.9         | 2.7         | 4.1     |

‘농업경영체등록정보’ 확정 필지정보를 대상으로 지리정보시스템(ArcGIS 9.2)을 이용하여 입지조건, 경사등급, 배수등급, 토성 등 토양특성 속성정보를 연결하여 재배지역의 입지조건을 분석한 결과 기장을 제외한 수수, 조, 팥의 경우 경사 7% 이하의 평야지가 30.9%인 반면, 7% 이상의 경사지가 69.1%로 대부분 경사지 지형에 재배되고 있었다. 반면 기장의 경우는 대부분 제주지역에서 재배되고 있어서 경사 7% 이하의 평야지가 54.8%로 7% 이상의 경사지가 45.2%에 비해 높았다. 재배 지형별 재배현황은 그림 1-4에서와 같이 산록경사지 23.7%, 곡간지 20.3%, 선상지 14.0%, 구릉지 13.5%로 하성평탄지 5.0%, 대지 23.5%로 입지조건이 열악한 조건에서에서 재배되고 있었다. 또한 토성별 재배면적은 사력질 7.79%, 사질 0.62%, 사양질 17.52%, 미사사양질 2.03%, 미사식양질 10.02%, 식양질 46.17%, 식질 15.85%에서 재배되고 있었다.

그림 1-4. 토양환경 특성별 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배면적 분포비율 (단위 : %)



따라서 우리나라에서 잡곡류의 재배면적이 감소하는 근본적인 이유는 수량성이 낮아 경영상 불리하고, 쌀 생산 장려정책에 밀려 식량 생산 분야에서 소외되어 왔고 소비자의 기호를 높일 수 없으며 농산물의 수입 자유화로 외국산 잡곡에 비해 경쟁력이 떨어지기 때문이다. 최근까지 국내 양곡 정책은 주로 쌀 중심으로 이루어져 상대적으로 잡곡에 관한 연구는 미흡하였기 때문이다. 또한 우리나라에서 잡곡의 재배는 단지 규모가 작고 원료곡 생산위주의 영농형태로 재배되고 있으며, 파종, 속음, 제초작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업 의존도가 높고, 지역별 파종기, 재식밀도, 시비량, 시비기술 등 재배기술이 개발되지 않아 생산기반이 매우 취약한 실정이며, 조는 벼농사에 비해 지역별로 재배특성, 재배품종, 재배법 등이 다양하고 파종기, 수확기, 탈곡기 등 기계화가 이루어지지 않아 인력이 많이 소요되는 수작업 의존도가 높고, 다른 작물에 비해 생산기반이 열악한 요인인 것으로 판단되었다.

## (2) 잡곡 재배농가 재배현황 실태 분석

주요 잡곡류의 재배 주산단지를 중심으로 재배면적이 많은 시군을 대상으로 조(30지점), 수수(30지점), 기장(30지점), 팥(30지점)등 총 120 농가를 선정하여 2014년부터 2016년까지 3년간 작부체계, 재배양식, 파종방법, 파종시기 등 재배현황 실태를 조사하였다. 잡곡 재배농가 재배현황 실태 분석한 결과 그림 1-5에서와 같이 품목별 파종시기를 분석한 결과 조, 수수, 기장, 팥은 6월 중순부터 7월 하순까지 파종하고 있었다. 수수는 6월 초순이 73.3%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 조는 6월 중순 53.3%, 6월 하순 30%였으며, 6월 초순이 30%로 각각 조사되었다. 기장은 7월

초순 43.3%, 7월 중순 26.7%로 주로 늦게 파종하는 경향이었다. 이러한 결과는 기장의 경우 도복에 약한 특성이 있어 수량성 보다는 안정적으로 재배하기 위한 결과로 판단되었다. 또한 팔의 경우도 6월 중순 53.3%, 7월 초순 26.7%, 7월 중순 13.3%, 6월 하순 10%로 각각 조사되었다. 기장·팔은 6월 하순부터 7월 상순까지, 수수는 6월 중순부터 하순까지 파종법위가 나타났다.

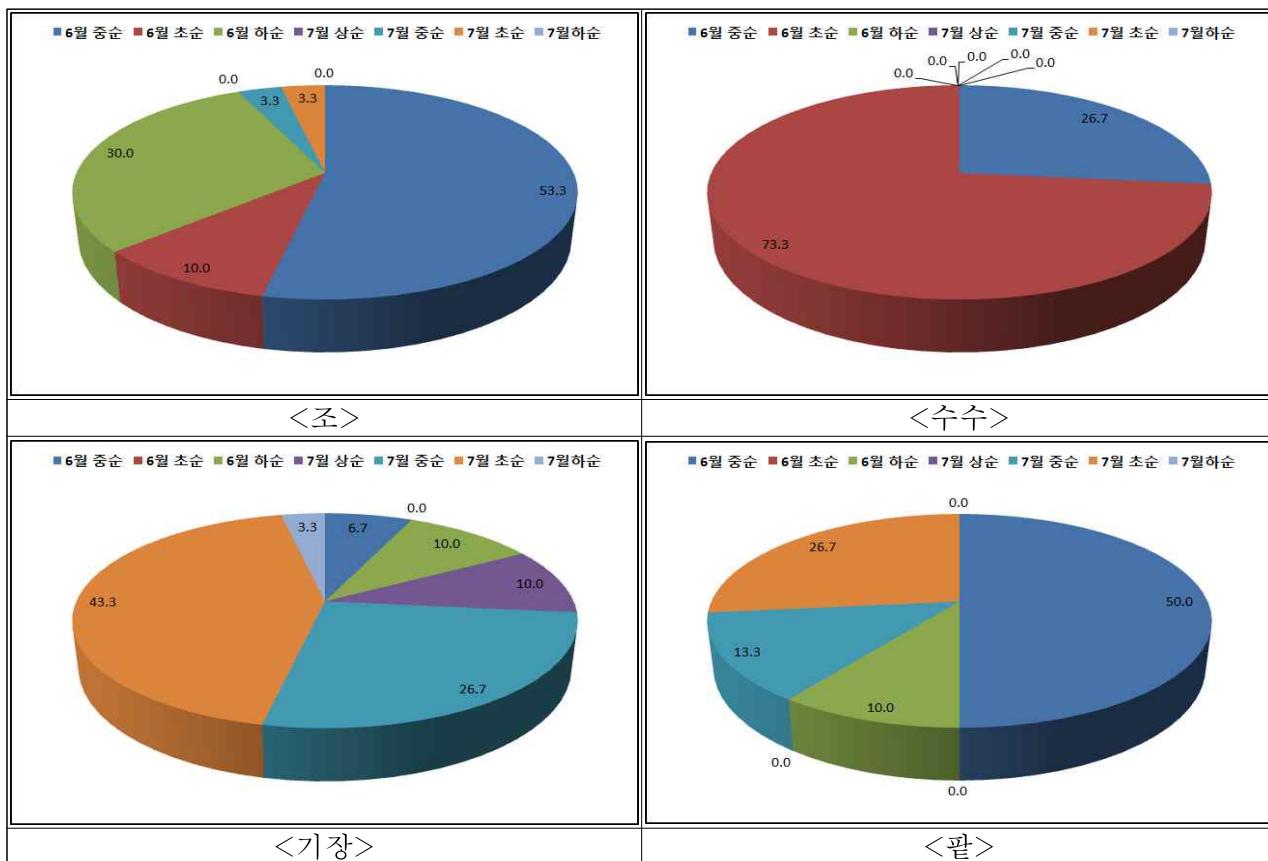


그림 1-5. 잡곡의 품목별 파종시기 비율

잡곡류의 품목별 파종방법 비율을 조사한 결과 표 1-5에서와 같이 인력파종 53.3%, 기계파종 28.3%, 육묘이식 18.3%로 조사되었으며, 품목별 기계파종 비율은 기장 53.3%, 수수 20.0%, 팔 23.3%, 조 16.7%, 순으로 기장이 기계파종 비율이 높았으며, 조와 팔은 인력파종 비율이 70.0%와 76.7%로 인력의존도가 높게 나타났다. 또한 육묘이식 재배의 경우 수수 46.7%, 조와 기장은 13.3%로 수수의 육묘이식 비율이 높게 나타났다.

표 1-5. 잡곡 품목별 파종방법 분포비율

| 구분         | 품목 | 인력   | 기계파종 | 육묘이식 | 총합계 |
|------------|----|------|------|------|-----|
| 농가수<br>(개) | 조  | 21   | 5    | 4    | 30  |
|            | 수수 | 10   | 6    | 14   | 30  |
|            | 기장 | 10   | 16   | 4    | 30  |
|            | 팔  | 23   | 7    | -    | 30  |
| 비율<br>(%)  | 조  | 70.0 | 16.7 | 13.3 | 100 |
|            | 수수 | 33.3 | 20.0 | 46.7 | 100 |
|            | 기장 | 33.3 | 53.3 | 13.3 | 100 |
|            | 팔  | 76.7 | 23.3 | -    | 100 |
|            | 평균 | 53.3 | 28.3 | 18.3 | 100 |

잡곡류의 품목별 수확방법에 대한 비율을 조사한 결과 표 1-6에서와 같이 기계수확은 기장 56.7%, 조 26.7%, 수수 20.0%, 팥 6.7% 순으로 나타났으며, 조와 기장에 비해 수수와 팥의 인력수확 비중이 80.0%와 93.3%로 대부분 농가에서 인력으로 수확 탈곡하는 것으로 나타나 다른 농작업에 비해 수확작업의 기계화율이 낮은 것으로 나타났다.

표 1-6. 잡곡 품목별 수확방법 분포비율

| 품목 | 인력 수확 |       | 기계수확 |       |
|----|-------|-------|------|-------|
|    | 농가 수  | 비율(%) | 농가 수 | 비율(%) |
| 조  | 22    | 73.3  | 8    | 26.7  |
| 수수 | 24    | 80.0  | 6    | 20.0  |
| 기장 | 13    | 43.3  | 17   | 56.7  |
| 팥  | 28    | 93.3  | 2    | 6.7   |

잡곡류 품목별로 10a당 총 노동력 투입시간을 살펴보면 표 1-7에서와 같이 조는 37.93시간, 수수는 31.24시간, 기장은 27.48시간, 팥은 17.32시간/10a으로서 조의 노동시간이 가장 많았고 팥이 가장 적게 나타났다. 작업단계별 노동력 투입시간은 모든 작물에 있어 수확, 제초, 파종작업 순으로 높았고, 대부분 농가에서 수확작업은 인력에 의존하고 있었다. 기장의 경우 수확작업 17.49시간/10a(63.7%), 제초작업 3.69시간/10a(13.4%), 파종작업 2.85시간/10a(10.4%)였고, 수수의 경우는 수확작업 18.16시간/10a(58.1%), 파종작업 4.46시간/10a(14.3%), 씨름작업 3.33시간/10a(10.7%)였으며, 조의 경우는 수확작업 25.23시간/10a(66.5%), 제초작업 4.23시간/10a(11.2%), 파종작업 3.57시간/10a(9.4%)로 조사되었다. 또한 팥의 경우는 수확작업 10.78시간/10a(62.2%), 파종작업 2.31시간/10a(13.3%), 제초작업 1.97시간/10a(11.3%)였다. 소립형 잡곡인 조와 기장의 경우는 상대적으로 수수와 기장에 비해 제초작업에 대한 노동력 투입시간이 많았는데 이러한 결과는 아직 등록된 제초제 공시되지 않아 제초작업에 인력의존도가 높았던 결과로 판단되었다.

표 1-7. 잡곡의 주요 작업단계별 노동시간, 점유율 비교

| 구분   | 조        |      | 수수       |      | 기장       |      | 팥        |      |
|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
|      | 노동시간     | 점유율  | 노동시간     | 점유율  | 노동시간     | 점유율  | 노동시간     | 점유율  |
|      | (시간/10a) | (%)  | (시간/10a) | (%)  | (시간/10a) | (%)  | (시간/10a) | (%)  |
| 시비   | 0.30     | 0.8  | 0.34     | 1.1  | 0.49     | 1.8  | 0.28     | 1.6  |
| 두둑성형 | 1.25     | 3.3  | 1.81     | 5.8  | 0.58     | 2.1  | 1.54     | 8.9  |
| 파종   | 3.57     | 9.4  | 4.46     | 14.3 | 2.85     | 10.4 | 2.31     | 13.3 |
| 씨름   | 2.89     | 7.6  | 3.33     | 10.7 | 1.88     | 6.8  | 0.05     | 0.3  |
| 제초   | 4.23     | 11.2 | 2.80     | 9.0  | 3.69     | 13.4 | 1.97     | 11.3 |
| 방제   | 0.46     | 1.2  | 0.34     | 1.1  | 0.50     | 1.8  | 0.39     | 2.2  |
| 수확   | 25.23    | 66.5 | 18.16    | 58.1 | 17.49    | 63.7 | 10.78    | 62.2 |
| 계    | 37.93    | 100  | 31.24    | 100  | 27.48    | 100  | 17.32    | 100  |

잡곡류의 주요 작업단계별 기계화율을 조사한 결과 표 1-8에서와 같았다. 공통적으로 멸청, 경운·정지, 방제작업의 기계화율이 높고, 시비, 파종 및 수확작업의 기계화율이 낮은 특징을 보였다. 작업단계별 기계화율은 멸청 92.8%, 시비 16.7%, 경운정지 99.2%, 파종 46.7%, 방제 99.2%, 수확 27.6로 시비작업, 파종과 수확작업의 기계화율이 상대적으로 낮았다. 기계화율이 낮은 품목별 수확작업의 기계화율은 기장이 56.7%로 가장 높았으며, 조 26.7%, 수수 20.0%, 팥 6.7% 순으로 각각 조사되어 팥의 수확작업 기계화율이 가장 낮은 경향을 보였다. 파종작업의 경우는 기장과 수수가 66.7%였고, 조 30.0%, 팥은 23.3%로 조사되었다. 이러한 결과로 다른 작업에 비해 노동력 투입시간이 많은 수확 및 파종작업의 인력의존도가 높은 것으로 판단되었다.

표 1-8. 조사대상 농가의 품목 및 작업단계별 기계화율

| 작물 | 경운·정지 | 시비   | 멸청    | 파종   | 방제    | 수확    |
|----|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 조  | 96.7  | 10.0 | 86.7  | 30.0 | 100.0 | 26.7  |
| 수수 | 100.0 | 23.3 | 100.0 | 66.7 | 100.0 | 20.0  |
| 기장 | 100.0 | 26.7 | 100.0 | 66.7 | 96.7  | 56.7  |
| 팥  | 100.0 | 6.7  | 84.6  | 23.3 | 100.0 | 6.7   |
| 평균 | 99.2  | 16.7 | 92.8  | 46.7 | 99.2  | 27.53 |

조사선정 농가 120개 지점을 대상으로 재배양식을 조사한 결과 대부분 지역에서 높은이랑재배(고휴재배), 넓은이랑재배(광휴재배), 평이랑재배(평휴재배)로 재배하고 있었다. 조사대상 지역을 평탄지, 선상지, 곡간지, 산록경사지, 구릉지 등 5개 입지조건으로 균등하게 조사지점을 선정하여 높은이랑재배, 넓은이랑재배, 평이랑재배 등 재배양식에 따른 생육반응을 조사한 결과 그림 1-6에서와 같이 기장과 조는 평이랑 산파재배에서, 수수와 팥은 상대적으로 높은이랑재배에서 수량성이 높게 나타났다. 이러한 결과는 조와 기장은 소립형으로 높은 이랑 점파 시파종후 제초작업과 씁음작업의 노동력 투입시간이 많고, 출수기 이후 도복에 취약하기 때문에 간편하게 적용할 수 있는 평이랑 산파재배를 적용하고 있는 것으로 판단되었다. 반면 조와 기장은 상대적으로 조와 기장에 비해 종자의 크기가 크고 평이랑 재배와 넓은이랑에 비해 높은이랑재배가 쪽음작업과 제초작업에서 유리하기 때문에 나타난 결과로 보였다. 따라서 재배농가에 따라 수량변이가 큰 잡곡류의 생산성을 높이기 위해서는 생산비 절감을 위한 저투입 생력재배 기술개발이 필요한 실정이며 파종방법, 파종시기 등 재배기술 보급이 시급한 것으로 판단되었다.

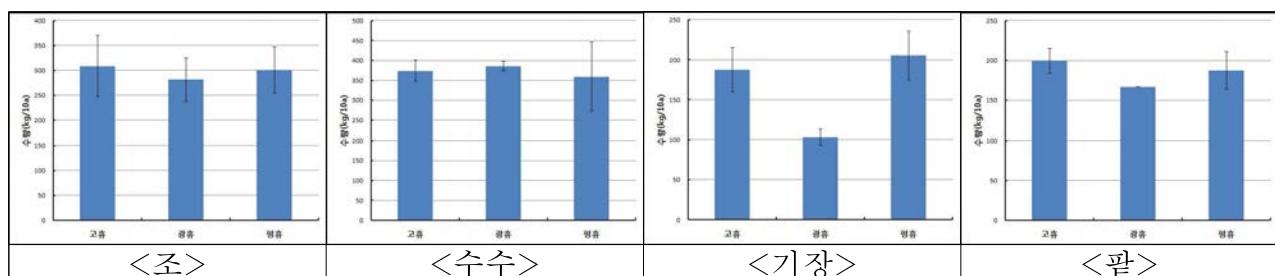


그림 1-6. 잡곡류 재배농가의 재배양식별 수량비교

조사선정 농가 120개 지점을 대상으로 시험장 수량과 농가평균의 수량 격차( $YG_A$ ), 최대생산농가와 일반농가의 수량 격차( $YG_E$ ), 최대생산농가와 시험장 수량격차( $YG_F$ ), 최대생산농가와 최저생산농가의 수량 격차( $YG_L$ )로 각각 구분하여 분석한 결과 그림 1-7와 같았다. 수량격차 요인별 변이는 최대생산농가와 최저생산농가의 수량격차( $YG_L$ ) > 최대생산농가와 일반농가의 수량 격차( $YG_E$ ) > 시험장 수량과 농가평균의 수량 격차( $YG_A$ ), 최대생산농가와 시험장 수량격차( $YG_F$ ) 순으로 수량격차가 큰 것으로 나타났다. 잡곡류의 최대생산농가와 최저 생산농가의 수량격차( $YG_L$ ) 차이를 분석한 결과 팥 174kg/10a, 기장 160.0kg/10a, 조 226kg/10a, 수수 256kg/10a 순으로 큰 차이를 보였다. 최대생산농가와 일반농가의 수량 격차( $YG_E$ )는 기장은 63.4kg/10a, 수수는 74.3kg/10a, 조 82.5kg/10a, 팥은 70.0kg/10a 차이를 보였다. 또한 최대생산농가와 시험장 수량격차( $YG_F$ )는 기장은 10.0kg/10a, 수수는 11.0kg/10a, 조 31.0kg/10a, 팥은 6.0kg/10a 차이를 보여 오히려 최대생산농가의 수량성이 시험장 수준보다 높게 나타났다. 또한 시험장 수량과 농가평균의 수량 격차( $YG_A$ )를 분석한 결과 기장은 53.4kg/10a, 수수는 64.3kg/10a, 조 51.5kg/10a, 팥은 64.0kg/10a 차이를 보여, 팥, 수수, 기장, 조 순으로 수량격차를 보였다.

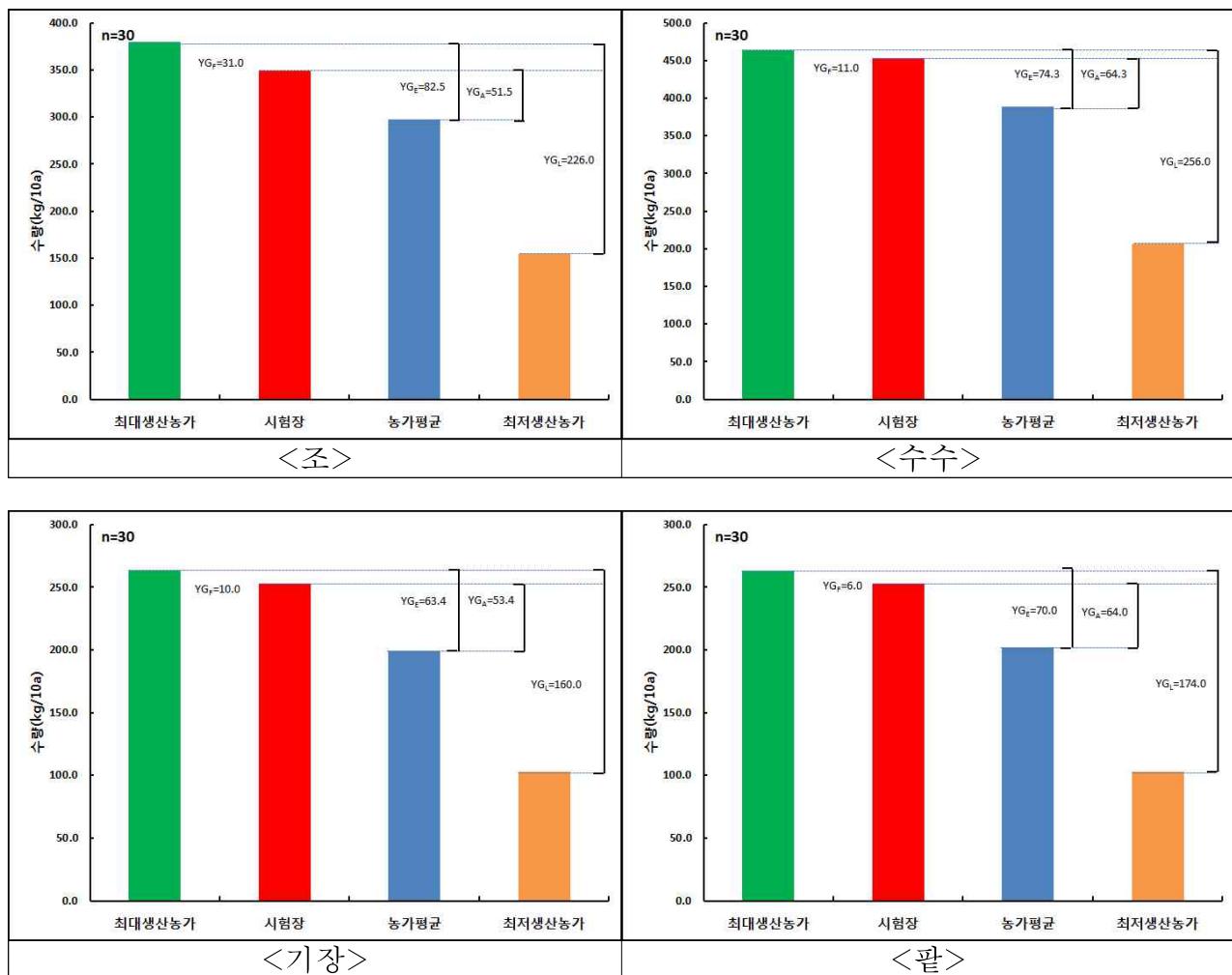


그림 1-7. 잡곡 재배농가의 기술 수준별 수량성 비교

## 2. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 기계화 적합 재배양식 설정

#### 가. 연구개발수행 내용

본 시험은 잡곡류(조, 수수, 기장, 팥)의 입지조건에 적합한 재배양식을 설정하기 위해 조사대상지역의 생육기간 중 재배환경 요인의 분석하였다. 재배환경요인 조사는 잡곡 재배 주산단지인 전남 해남군과 나주시, 경북 예천군과 강원도 영월군 등 4개 시군에서 각각 대표필지인 평탄지, 곡간지, 산록경사지, 구릉지 등 각 입지조건별로 농가포장에서 4개 필지를 선정하여 조사하였다(표 1-9). 해남지역은 산록경사지에 분포한 토양으로 배수가 양호한 식양질 토양이었고, 나주지역은 저구릉지에 분포한 유효토심이 보통이고 식양질의 배수가 양호한 토양이었다, 또한 영월지역은 하성평탄지에 분포한 미사식양질의 토심이 깊고, 배수가 양호한 토양이었으며, 예천은 곡간지에 분포한 지형으로 식양질의 토심이 깊고 배수가 양호한 토양이었다.

표 1-9. 잡곡류의 입지조건에 적합한 재배양식 설정을 위한 조사지역 입지조건 특성

| 지역 | 지형    | 토성    | 배수 | 유효 | pH    | EC     | 유기물    | 유효<br>인산 | 치환성 양이온                 |      |     |
|----|-------|-------|----|----|-------|--------|--------|----------|-------------------------|------|-----|
|    |       |       | 등급 | 토심 | (1:5) | (dS/m) | (g/kg) |          | (cmol <sup>+</sup> /kg) | K    | Ca  |
| 영월 | 평탄지   | 미사식양질 | 양호 | 깊음 | 7.5   | 0.7    | 18     | 366      | 0.51                    | 10.1 | 2.4 |
| 예천 | 곡간지   | 식양질   | 양호 | 깊음 | 6.9   | 0.8    | 8      | 285      | 0.21                    | 5.3  | 1.6 |
| 해남 | 산록경사지 | 식양질   | 양호 | 보통 | 7.2   | 1.2    | 22     | 768      | 1.10                    | 3.8  | 2.2 |
| 나주 | 구릉지   | 식양질   | 양호 | 보통 | 6.9   | 1.9    | 51     | 1,139    | 2.92                    | 8.3  | 2.6 |

조사지점의 환경을 측정하기 위해 일사센서, 토양온도 센서, 기온센서를 간이 데이터 수집장치(Watchdog 425)에 부착 설치하여 파종기부터 수확기 까지 1시간 단위로 측정하였다. 재배입지조건에 따른 생육기간 중 작물이 받는 수분과잉에 의한 스트레스의 누적일수를 정량화하기 위해 토양 중에 수분과부족, 산소부족, 투수력, 지하수위 등의 값을 극한치와 연관하여 얻어진 값으로 작물의 스트레스 정도를 나타내는 기준값으로 Sieben (1964)이 제안한 수분스트레스지표인 30 mm를 초과한 일평균 토양수분 상승빈도 (SEW<sub>30</sub>) 값을 계산하였다(수식-2).

여기서,  $SEW_{30}$  : 토양수분 30%, VWC를 초과한 일평균 토양수분 누적시가

$\text{WTD}_i$  :  $i$  일의 일 지하수위의 깊이 (cm)

*n* : 생육기간 일수

생육기간 중 재배환경 요인의 분석은 조사지점 인근 농업기상관측시스템(AWS)에서 측정된 대기온도(일 최저기온, 최고기온, 평균기온, 일조시간)를 받아서 지역별 변이를 분석하였다. 유효적 산온도(Growing Degree Days, GDD)는 일 최고기온과 최저기온을 합한 값을 2로 나눈 후 그 값에서 Wang 등(1960)이 제안한 수수의 생육제한 기준 값  $10^{\circ}\text{C}$ 를 뺀 값을 생육기간 적산하여 유효적산온도를 계산하였다.

## 나. 연구개발수행 결과

잡곡류 재배지역의 파종시기에 따른 생육단계별 생장온도일수(GDD) 변화를 조사하기 위해 주요 농업기후대별 11개 시군을 선정하여 조사지점 인근 농업기상관측시스템(AWS)에서 측정된 대기온도(일 최저기온, 최고기온, 평균기온, 일조시간) 이용하여 Wang 등(1960)이 제안한 조의 생육제한 값인 10°C를 적용하여 재배 전체기간의 재배지역별 유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)를 계산한 결과 표 1-10과 같았다. 재배지역별 유효적산온도는 호남내륙지대인 나주시와 남부해안지대인 남해군에서 각각 916시간과 910시간으로 가장 높았고, 상대적으로 태백준고냉지대인 봉화군과 소백산간지대인 괴산군에서 각각 694시간과 794시간으로 낮은 경향을 보였다. 특히 중부지방의 산간지역일수록 GDD의 값이 급격히 감소되는 경향을 보였다. Eastin(1976)와 Shawn 등(2003)에 의하면 수수의 유효적산온도는 최저 2,500°C, 최고 3,000°C로 보고되고 있으나 조사지역의 유효적산 온도는 이보다 다소 낮게 나타났다.

표 1-10. 조사지역의 생육단계별 생장온도일수(GDD) 변화

| 생육단계  | 영월  | 봉화  | 안동  | 울진  | 괴산  | 고창  | 나주  | 신안  | 해남  | 여수  | 남해  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 출아기   | 89  | 80  | 99  | 75  | 94  | 91  | 100 | 89  | 95  | 88  | 93  |
| 3엽기   | 103 | 94  | 115 | 94  | 104 | 104 | 110 | 103 | 107 | 99  | 109 |
| 5엽기   | 127 | 100 | 121 | 98  | 114 | 124 | 132 | 127 | 124 | 121 | 127 |
| 유수형성기 | 123 | 100 | 125 | 120 | 112 | 118 | 126 | 123 | 126 | 122 | 131 |
| 수ing기 | 136 | 114 | 134 | 143 | 124 | 132 | 140 | 136 | 139 | 125 | 140 |
| 출수기   | 130 | 98  | 123 | 110 | 113 | 121 | 131 | 130 | 128 | 121 | 129 |
| 유숙기   | 85  | 55  | 73  | 70  | 65  | 74  | 84  | 85  | 82  | 89  | 85  |
| 고숙기   | 93  | 53  | 71  | 73  | 68  | 80  | 92  | 93  | 89  | 96  | 96  |
| 계     | 885 | 694 | 859 | 784 | 794 | 842 | 916 | 885 | 890 | 860 | 910 |

조사지역에서 입지조건(평야지, 구릉지)과 재배양식(넓은이랑, 높은이랑재배)에 따른 생육기간 중 토양수분의 변화를 분석하기 위해 데이터로거가 장착된 수분측정센서(WatchDog 1,000 series, Spectrum Inc.)를 토양 면에서 15 cm 깊이에 설치하여 파종기부터 수확기까지 생육기간 동안 1시간 간격으로 토양수분을 측정하였다. 높은이랑재배, 평이랑재배 등 재배양식에 따른 생육 기간 중 토양수분의 변화특성을 분석하였다(그림 1-8). 재배양식에 따른 토양 수분함량은 높은이랑재배가 평이랑재배에 비해 토양수분의 함량이 대체로 낮은 특성을 보였다. 재배방법에 따른 생육기작 중 평균 수분함량 변이를 분석한 결과 표 1-11에서와 같이 평야지에서 높은이랑 재배의 평균 수분함량은 21.02%, 최대수분 함량 40.41%인데 반해 넓은이랑 재배에서는 26.0%와 42.61%로 각각 높게 나타났다. 반면 구릉지에서 높은이랑 재배의 평균 수분함량은 12.47%, 최대수분 함량 36.60%인데 반해 넓은이랑 재배에서는 20.12%와 44.90%로 각각 나타나 평야지의 수분함량과 반대의 경향을 보였다. 또한 과잉 토양수분으로 인하여 생기는 작물의 스트레스 정도를 나타내는 기준값으로 Sieben(1964)이 제안한 수분스트레스 지표인 지표하 30mm를 초과 하였다. 수분스트레스 지표인 30%, VWC를 초과한 일평균 토양수분 과습누적

시간( $SEW_{30}$ ) 값을 비교하면 평야지에서 높은이랑 재배에서는  $275\text{ hr}^{-1}$ , 넓은이랑 재배에서는  $585\text{ hr}^{-1}$ 로 조사되었다. 반면 구릉지에서 높은이랑 재배에서는  $20\text{ hr}^{-1}$ 이었고 넓은이랑재배에서는  $188\text{ hr}^{-1}$  시간이었다. 위조계수를 나타내는 수분함량을 기준으로 한발 누적시간을 분석한 결과 평야지의 높은이랑재배에서는  $119\text{ hr}^{-1}$ 인 반면 넓은이랑재배에서는  $385\text{ hr}^{-1}$ 로 나타났고, 구릉지의 높은이랑재배에서는  $1,290\text{ hr}^{-1}$  였으며, 넓은이랑재배에서는  $426\text{ hr}^{-1}$ 이었다. 평야지의 넓은이랑재배에서는 거의 전 생육기간 동안 과습기준인 토양수분 함량이 30%를 초과하였고, 평이랑 노지재배에서는 상대적으로 낮게 나타났다. 반면 구릉지에서는 평야지와 반대의 결과를 보였다.

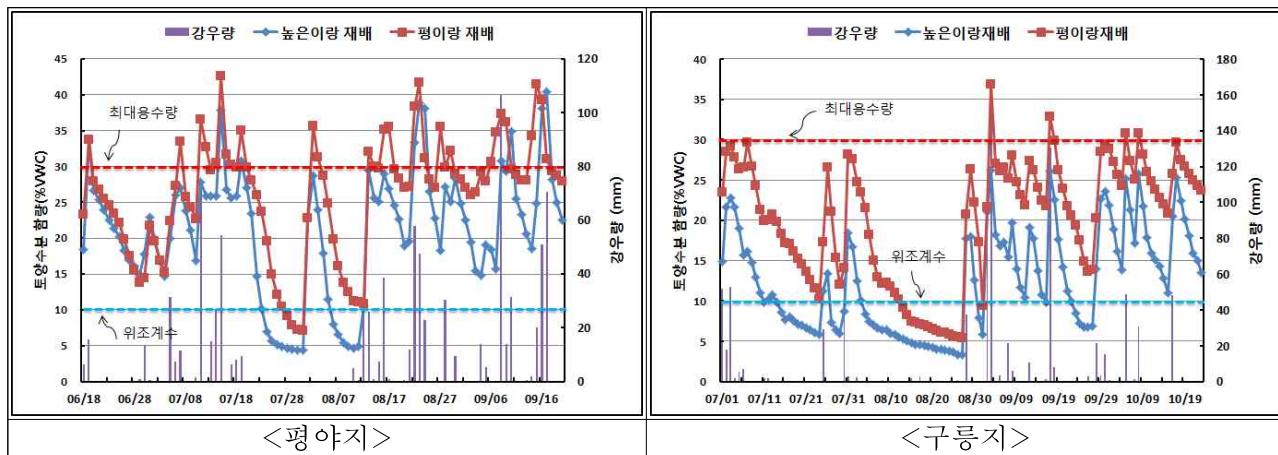


그림 1-8. 잡곡류의 입지조건 및 재배양식에 따른 생육기간 중 토양 수분 변화

입지조건별 재배방법별 재배 방법별 토양수분의 변이는 평이랑 멀칭재배에서는 거의 전 생육기간 동안 토양수분 함량이 30%를 초과하여 과습인 상태가 지속적으로 유지되었으며, 반면 평이랑 노지재배, 높은이랑 멀칭재배, 높은이랑 노지재배에서는 강우가 발생한 시점을 제외하고는 대부분 30%를 넘지 않았다. 이러한 결과로 잡곡류를 재배할 때 습해와 한발의 재해 예방을 위해서는 상대적으로 과습에 의한 습해우려가 높은 평야지에서는 높은이랑재배가 한발의 우려가 높은 구릉지에서는 넓은이랑재배가 가장 안정한 재배관리 방법인 것으로 판단되었다.

표 1-11. 조의 재배양식 및 재배방법에 따른 토양수분 함량의 특성변화

| 입지조건 | 재배양식 | 수분함량(%, VWC) |       |      | 과습 누적시간<br>(시간/>30%) | 한발 누적시간<br>(시간/<10%) |
|------|------|--------------|-------|------|----------------------|----------------------|
|      |      | 평균           | 최대    | 최소   |                      |                      |
| 평야지  | 높은이랑 | 21.02        | 40.41 | 4.36 | 275                  | 119                  |
|      | 넓은이랑 | 26.00        | 42.61 | 7.07 | 584                  | 385                  |
| 구릉지  | 높은이랑 | 12.47        | 36.60 | 3.10 | 20                   | 1,290                |
|      | 넓은이랑 | 20.12        | 44.90 | 5.20 | 188                  | 426                  |

조사지역 120개 지점을 대상으로 평탄지, 선상지, 곡간지, 산록경사지, 구릉지 등 5개 입지조건으로 균등하게 조사지점을 선정하여 높은이랑 재배, 넓은이랑 재배, 평이랑 재배 등 재배양식에 따른 수량성을 비교한 결과 그림 1-10에서와 같았다. 조사지역의 입지조건별 수량성은 조는 산록경사지와 구릉지에서, 수수와 기장은 선상지에서, 팥은 경사가 낮은 평야지에서 수량성이 가장 높았다. 잡곡 재배농가의 입지조건에 따른 기계화에 적합한 재배양식 및 파종 방법을 조사 분석한 결과 파종은 조와 기장은 산파재배, 수수는 육묘기계이식, 팥은 기계점파 방법이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

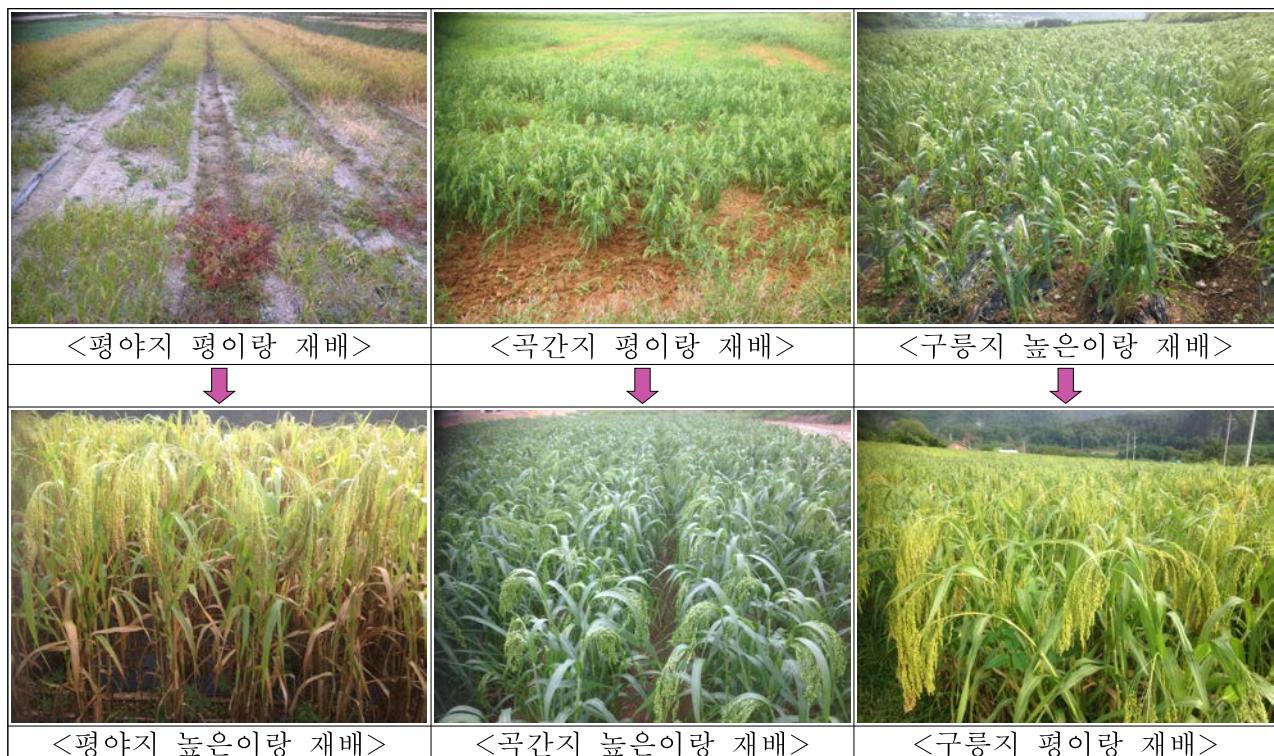


그림 1-9. 기장의 재배 입지조건에 따른 재배양식별 재해(습해, 한발) 피해 상황

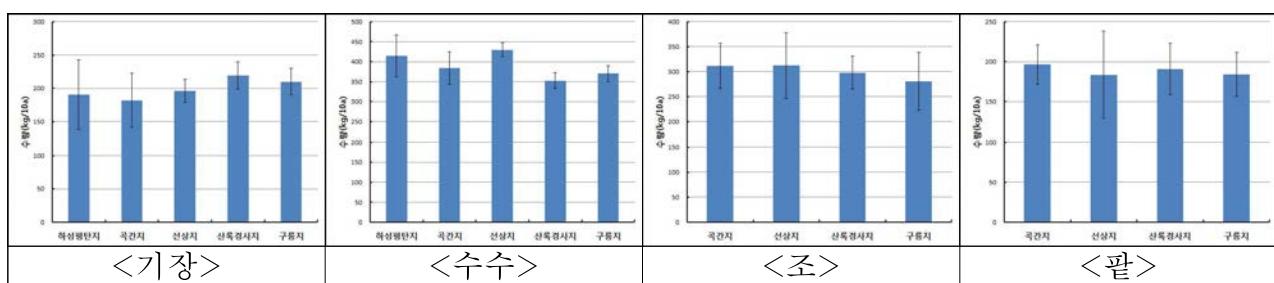


그림 1-10. 잡곡류의 재배 입지 조건에 따른 수량 비교

조와 기장의 경우 재배양식에 따른 수량성을 비교한 결과 그림 1-11에서와 같았다 평탄지에서는 높은이랑 재배가 359.5kg/10a으로 넓은이랑 재배 305.0kg/10a, 평이랑 재배 256.0kg/10a보다 각각 17.9%, 40.4% 높았고, 또한 곡간지에서도 높은이랑 재배가 317.3kg/10a으로 넓은이랑 재배 309.9kg/10a, 평이랑 재배 200.2kg/10a보다 각각 2.4%, 58.5% 높았다. 반면, 선상지에서는 넓은이랑 재배 348.3kg/10a으로 높은이랑 재배가 327.2kg/10a, 평이랑 재배 308.9kg/10a보다 각

각 2.4%, 12.8% 높았다, 또한 산록경사지에서는 평이랑 재배가 377.3kg/10a으로 높은이랑 재배 300.0kg/10a 넓은이랑 재배 307.8kg/10a보다 각각 25.8%, 22.6% 높은 경향을 보였으며, 지대가 높은 구릉지에서도 평이랑 재배가 334.1kg/10a으로 높은이랑 재배 232.8kg/10a 넓은이랑 재배 328.7kg/10a에 비해 각각 43.5%, 1.6% 높은 경향을 보였다.

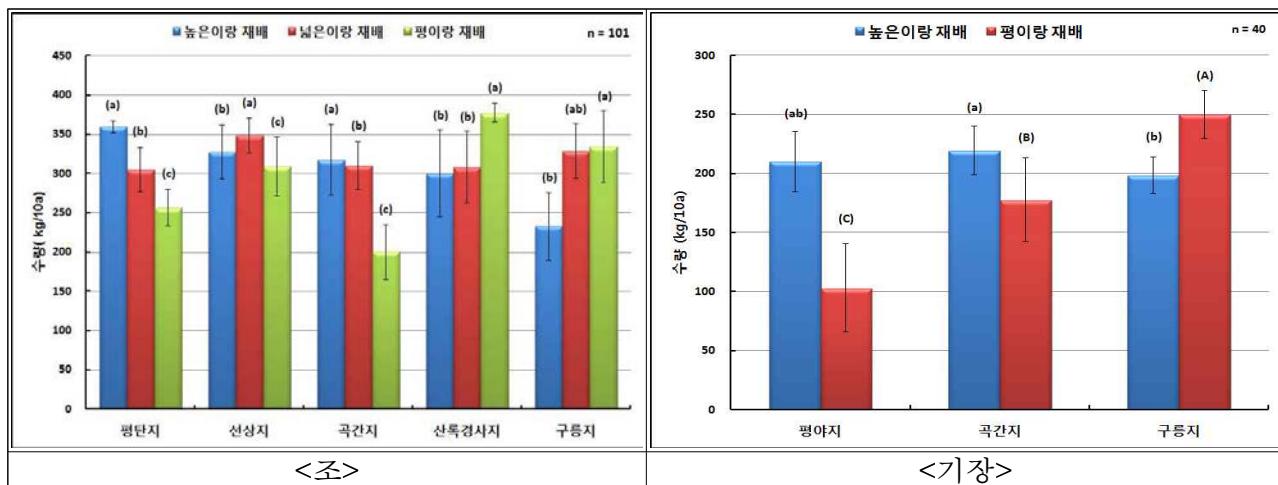


그림 1-11. 조 재배지역 및 입지조건별 수량성 비교

이러한 결과로 볼 때 습해에 약한 조는 재배입지조건에 따라 토양수분 함량의 제한요인에 의해 영향을 받는 것으로 여겨지며, 조를 안전하게 재배하기 위해서는 입지조건에 따라 재배법을 재배양식을 다르게 선정하여 재배하는 유리 할 것으로 판단되었다. 조 재배입지 조건에 따른 입지조건 및 재배양식에 따른 수량성을 기준으로 경제성을 분석한 결과 표 1-12에서와 같이 평탄지와 곡간지에서는 높은이랑 재배가 평이랑 재배에 비해 각각 621천원/10a, 703천원/10a으로 소득이 높았으며, 선상지에서는 넓은이랑 재배가 높은이랑 재배와 평이랑 재배에 비해 237천원/10a 소득이 높았다. 반면 지대가 높은 구릉지에서는 평이랑 재배 넓은이랑 재배와 높은이랑 재배에 비해 각각 608/10a, 33/10a천원 소득이 높았다, 따라서 지대가 낮은 평탄지와 곡간지에서는 상대적으로 높은이랑 재배가, 선상지에서는 넓은이랑 재배가 산록경사지와 구릉지에서는 평이랑 재배가 유리한 것으로 판단되었다.

표 1-12. 조 입지조건별 표준 재배양식에 따른 경제성 분석

| 재배양식    | 평탄지                | 곡간지   | 선상지   | 산록경사지 | 구릉지   |
|---------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|         | -----(천원/10a)----- |       |       |       |       |
| 높은이랑재배  | 2,157              | 1,904 | 1,963 | 1,800 | 1,397 |
| 넓은이랑재배  | 1,830              | 1,859 | 2,090 | 1,847 | 1,972 |
| 평이랑재배   | 1,536              | 1,201 | 1,853 | 2,264 | 2,005 |
| 조 수입 차이 | 621                | 703   | 237   | 464   | 608   |

\* 조사지점: 조 재배단지 20개 시군 101 지점, 조 가격 : 2014년 산지 수취가격 적용(6,000원/10a)

## 제2절 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가

### 1. 잡곡의 재배양식별 파종 기계화 적합성 평가

#### 가. 연구개발수행 내용

##### (1) 잡곡류의 재배양식별 파종 기계화 적합성 평가

밀렛류인 조와 기장, 수수, 두류작물인 팥을 대상으로 지금까지 개발된 잡곡류의 기계화 재배기술과 기계화에 적합한 육성 품종을 공시하여 재배양식별 파종 및 기계수확 적합성을 평가하기 위해 2014년부터 2016년까지 3년간 농가 포장을 임차하여 수행하였다.

시험포장의 토양 특성은 미 농무성(USDA)의 새로운 분류방법에 의하면 하성충적층을 모재로 한 하성평탄지에 위치한 토양으로 자갈이 있는 양질계로 덕천통(loamy skeletal, mixed, mesic family of Typic Udifluvents)에서 수행하였다. 토양시료 채취는 시험 전에 필지 내에서 10~30개소에서 토양시료 채취기(soil auger)를 이용하여 약 1~2 kg을 3반복으로 채취하였으며, 채취된 시료는 그늘에서 음건한 후 고무망치를 이용하여 분쇄한 후 2 mm (ISO 표준망체, No 10) 체를 통과시킨 시료를 분석용으로 사용하였다. 토양의 이화학적 성분 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 다음과 같이 분석하였다. pH와 EC는 시료와 중류수의 비율을 1:5로 하여 각각 초자전극과 전기전도계를 이용하여 분석하였으며, 총질소 (T-N)는 질소는 Kjeldhal Digestion법, 인산은 Vanadate법, 치환성양이온(K, Ca, Mg)은 ICP로 분석하였다. 시험 토양의 이화학적 특성은 표 2-1에서와 같이 모래 54.3%, 미사 37.4%, 점토 8.3%의 미농무성 토양분류법에 의하면 사양토이었다. 토양의 화학성은 pH 6.90의 중성으로 생육에 적합한 범위에 있었으며, EC는 1.9 dS m<sup>-1</sup>이었고, 유기물 13.59 g kg<sup>-1</sup>로 적정범위(20~30 g kg<sup>-1</sup>) 보다 낮았으며, 유효인산은 802 mg kg<sup>-1</sup>로 적정범위(300~500 g kg<sup>-1</sup>)보다 높았다. 칼리 칼슘, 마그네슘의 함량도 각각 1.05(0.50~0.60), 8.24(5.0~6.0), 1.14(1.5~2.0) cmolc kg<sup>-1</sup>로 적정범위보다 높은 수준이었다.

표 2-1. 시험전 토양의 물리화학적 특성

| PH<br>(1:5) | EC<br>(dS m <sup>-1</sup> ) | T-N<br>(%) | O.M<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | 치환성 양이온<br>K Ca Mg     |      |      | 입도분포<br>Sand Silt Clay<br>-----(%-----) |      |     | 토성  |
|-------------|-----------------------------|------------|------------------------------|--|------------------------|------|------|---|------|-----|-----|
|             |                             |            |                              |  | cmolc kg <sup>-1</sup> | ---  | ---  | ---                                     | ---  | --- |     |
| 6.9         | 1.9                         | 0.03       | 13.59                        | 802  | 1.05                   | 8.24 | 1.14 | 54.3                                    | 37.4 | 8.3 | 사양토 |

시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 품종으로 조는 단간·내도복성 기계화 재배에 우수한 청차조로 보통기 재배에서 생육일수가 133일인 중만생종 ‘삼다찰조(Samdachal-jo)’ 선정하였고, 기장은 내도복, 이모작재배, 기계화 적성이 우수한 찰기장으로 생육일수가 보통기 재배에서 109일인 중만생종 ‘이백찰(Leebackchal-gijang)’을 각각 선정하였다. 수수는 중만생종인 ‘남풍찰(Nampungchal)’, 팥은 직립형인 ‘아라리(Arari)’를 각각 공시하여 수행하였다. 시험 전 각 품종의 종자는 좋은 씨앗을 골라내기 위해 조와 기장은 염수선 방법으로 비중을 조 1.03, 기장 1.04로 조절하여 씨앗을 넣고 가라앉은 좋은 씨앗을 선별하여 수분을 제거한 후 응달에서 말려 종자용으로 이용 하였다. 또한 수수와 팥은 체 진탕기(Retsch, As200)를 이용하여 국제 표준망체(규격 ISO mesh size)로 3.15 mm와 5.0 mm 이상의 우량종자를 선별하여 사용하였다.

작물별 재배양식별 파종기계획 적합성을 평가하기 위해 밀렛류인 조와 기장은 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘기계산파’, ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’을 적용하였고, 수수는 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘육묘기계이식’ 방법을 처리하였다. 또한 두류작물인 팥은 ‘인력점파’, ‘높은이랑 기계점파’, ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’을 방법을 각각 적용하여 시험하였다(표 2-2). 시험 방법은 단구제로 시험하였다. 대조구인 ‘인력점파’는 휴립복토기를 이용하여 이랑너비 60 cm의 두둑을 짓고 포기사이를 조 10 cm, 기장 15cm, 수수 20cm, 팥 20cm 간격으로 각각 파종하고 입모 후 15일경에 점당 2본을 남기고 숙음하였다(그림 2-1). ‘높은이랑 기계점파’는 트랙터 부착 점파종기(HG 300A)로 휴립복토 동시에 포기사이를 조 10 cm, 기장 15cm, 수수 20cm, 팥 20cm 간격으로 각각 주당 3~5립 기계점파하고 싹이 나온 뒤 15일 경에 숙음하였다(그림 2-2). ‘기계산파’는 조 10 kg ha<sup>-1</sup>, 기장 15 kg ha<sup>-1</sup>에 해당하는 종자량을 동력살분무기로 흘어 뿌린 후 37 kW급 트랙터로 3cm 깊이로 얕게 로터리 하여 파종하였다(그림 2-3). 수수의 ‘육묘기계이식’ 방법은 128공 전용 트레이에 6월 상순 트레이에 유공당 3본 파종하고 6월 하순 (모 길이 10~15cm, 파종 후 15~20일)에 채소정식기(국제이식기 TP-100) 이용하여 기계 이식하였다(그림 2-4). 조, 기장, 팥의 ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’은 직파파종기(WJSS-12, 웅진기계)로 두둑너비 150cm로, 이랑너비 30cm 간격으로 조 3cm, 기장 5cm, 팥은 20cm 간격으로 종자 2~3알을 줄뿌림하고 동시에 파종기 부착 진압로러로 다짐하여 파종하였다(그림 2-5).

표 2-2. 잡곡류의 기계화 적합성 평가를 위한 재배양식 및 파종방법

| 작물(품종)      | 파종방법       | 재배양식           | 재식거리 및 파종량            |
|-------------|------------|----------------|-----------------------|
| 수수<br>(남풍찰) | 인력점파(대조구)  | 고휴재배           | 60×20cm(주당 2본)        |
|             | 기계점파       | 고휴재배           | 60×20cm(주당 2본)        |
|             | 육묘 기계이식    | 고휴재배           | 60×20cm(주당 2본)        |
| 기장<br>(이백찰) | 인력점파(대조구)  | 고휴재배           | 60×15cm(주당 2본)        |
|             | 기계점파       | 고휴재배           | 60×15cm(주당 2본)        |
|             | 산파         | 평휴재배           | 1.5kg/10a             |
| 조<br>(삼다찰)  | 세조파(가는줄뿌림) | 광휴재배           | 이랑너비 150cm, 조간거리 30cm |
|             | 인력점파(대조구)  | 고휴재배           | 60×10cm(주당 2본)        |
|             | 기계점파       | 고휴재배           | 60×10cm(주당 2본)        |
| 팥<br>(아라리)  | 산파         | 평휴재배           | 1.0kg/10a             |
|             | 세조파(가는줄뿌림) | 평휴재배           | 이랑너비 150cm, 조간거리 30cm |
|             | 인력점파(대조구)  | 고휴재배           | 70×20cm(주당 2본)        |
| 기계점파        | 고휴재배       | 70×20cm(주당 2본) |                       |
|             | 세조파(가는줄뿌림) | 평휴재배           | 이랑너비 150cm, 조간거리 70cm |



그림 2-1. 잡곡류(조, 수수, 기장, 팥)의 높은이랑 인력점파 파종방법



그림 2-2. 잡곡류(조, 수수, 기장, 팔)의 높은이랑 기계점파 파종방법



그림 2-3. 잡곡류(조, 기장)의 평이랑 기계산파 파종방법



그림 2-4. 잡곡류(조, 기장, 팔)의 육묘기계이식 파종방법



그림 2-5. 잡곡류(수수)의 넓은이랑 줄뿌림 파종 방법

비료시용은 조와 기장의 경우는 질소  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ , 인산  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ , 가리  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ 에 해당하는 량을 각각 요소, 용성인비, 염화가리로 시비하였으며, 수수의 경우는 질소  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , 인산  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ , 가리  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ 에 해당하는 량을 파종 전에 전량 기비로 하였다. 팔은 질소  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ , 인산  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , 가리  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ 에 해당하는 량을 파종전에 전량 밑거름을 사용하였다. 파종 후 제초제 처리는 표 2-3에서와 같이 조의 경우 ‘클리포세이트이소프로릴아민·사플루페나실 (glyphosate-isopropylamine)’ 액제와 기장은 ‘시마진(simazine)’ 액상 수화제를, 수수의 경우는 ‘메타벤즈티아주론(methabenzliazuron)’ 수화제를, 팔은 ‘에스-메톨라클로르(s-metolachlor)’ 유제를 각각 파종 후 작물이 발아하기 전에 살포하였다.

표 2-3. 잡곡류 품목별 제초제 처리방법

| 작물 | 약제명(성분명)             | 처리시기   | 물 20ℓ 당 | 1,000m <sup>2</sup> (10a)당 사용량 | 사용량   |
|----|----------------------|--------|---------|--------------------------------|-------|
|    |                      |        | 사용약량    |                                |       |
| 수수 | 메타벤즈티아주론             | 파종후    | 50g     | 300g                           | 120 ℥ |
| 조  | 클리포세이트이소프로릴아민·사플루페나실 | 파종 2일후 | 30mℓ    | 150mℓ                          | 100 ℥ |
| 기장 | 시마진                  | 파종후    | 16g     | 200g                           | 120 ℥ |
| 팔  | 에스-메톨라클로르            | 파종후    | 60mℓ    | 300mℓ                          | 100 ℥ |

잡곡류의 파종방법별 기계화 적합성을 평가하기 위해 ‘인력점파’, ‘넓은이랑 기계점파’, ‘기계산파’, ‘넓은이랑 줄뿌림 파종’ ‘육묘기계이식’ 방법 등 파종작업 단계인 경운정지에서 속음작업 까지의 각 작업단계별 작업 노동력 투입시간을 조사하였다.

농업적 형질특성 조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의해 파종 깊이별 유효 생육특성은 입모 후에 입모율, 초장, 배축길이, 건물중을 각각 3회 반복 측정하였다. 또한 수확기에 시험포 중간지점에서 간장, 경직경 등을 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소 조사는 성숙기에 각 구별로 생육이 일정한 지점에서  $3.3 \text{ m}^2(1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m})$ 을 예취한 다음 이삭길이, 주당립수, 천립중과 ha당 수량을 조사하였다. 또한 수집된 생육 및 수량 데이터는 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 분산분석을 하였고, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

## (2) 잡곡류(조, 기장, 팔)의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 적정 재식거리 설정 시험

밀렛류 잡곡인 조와 기장과 두류작물인 팔의 콤바인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 적합한 품종과 재시거리에 따른 생육특성과 수량성을 평가하기 위하여 2015년부터 2016년까지 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 수행하였다. 작물별 기장은 2품종, 조는 3품종을 각각 주구로 배치하였고 세구인 조간거리를 20, 30, 50 cm 등 3 수준으로 하였으며, 세세구인 주간거리를 각각 3, 5, 10 15cm등 3 수준으로 처리하였다. 두류작물인 팔은 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언’과 중만생종인 ‘아라리’를 각각 주구로 배치하였으며, 세구인 조간거리를 30, 40, 50, 60 cm 등 4 수준으로 하였고, 세세구인 주간거리를 각각 10, 15, 20 cm 등 3 수준으로

처리하였다. 시험구 배치법은 세세구배치법 (Split-split plot design, SSPD) 3반복으로 시험을 수행하였다. 기장의 시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원과 강원도농업기술원에서 육성한 품종으로 조생종인 ‘황금기장(Hwanggeum-gijang)’과 중만생종 ‘이백찰(Leebackchal-gijang)’을 선정하였고, 조의 시험품종은 조생종인 ‘황금조(Hwanggeum-jo)’와 단간 직립형인 조생종 ‘단아메(Donname)’ 및 중만생종 ‘삼다찰조(Samdachal-jo)’ 등 3개 품종을 선정하였다. 또한 팥의 시험품종은 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언(Hongun)’과 중만생종인 ‘아라리(Arari)’ 등 2개 품종을 선정하여 시험하였다. 시험 전 각 품종의 종자는 좋은 씨앗을 골라내기 위해 염수선 방법으로 비중을 조 1.03, 기장 1.04로 조절하여 씨앗을 넣고 가라앉은 좋은 씨앗을 선별하여 수분을 제거한 후 응달에서 말려 종자용으로 이용 하였다. 또한 팥은 체 진탕기(Retsch, As200)를 이용하여 국제 표준망체(규격 ISO mesh size)로 5.0 mm 이상의 우량종자를 선별하여 사용하였다. 작물별 시비량은 토양 검정시비량(작물별 시비처방기준, 2006)에 따라 조와 기장은 질소 90kg ha<sup>-1</sup>, 인산과 칼륨은 80, 70kg ha<sup>-1</sup>에 해당하는 량을 각각 요소, 용성인비, 염화가리로 파종 전 밑거름으로 전량 시비하였고, 팥은 질소 40 kg ha<sup>-1</sup>, 인산 60 kg ha<sup>-1</sup>, 가리 60 kg ha<sup>-1</sup>에 해당하는 량을 파종전에 전량 밑거름을 사용하였다. 파종방법은 직파파종기(WJSS-12, 웅진기계)로 두둑너비 150cm로 조성하고, 이랑너비와 포기사이 간격을 작물별 각각 시험처리에 맞게 조정하여 줄뿌림하고 동시에 파종기 부착 진압로러로 다짐하여 파종하였다(그림 2-6).



그림 2-6. 조와 기장의 콤바인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 채배방법

파종 후 제초제 처리는 표 2-3에서와 같이 조의 경우 ‘클리포세이트이소프로릴아민 · 사플루페나실 (glyphosate-isopropylamine)’ 액제와 기장은 ‘시마진(simazine)’ 액상 수화제를, 팥은 ‘에스-메톨라클로르(s-metolachlor)’ 유제를 각각 파종 후 작물이 발아하기 전에 살포하였다.

농업적 형질특성 조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의해수확기에 시험포 중간지점에서 간장, 경직경 등을 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소 조사는 성숙기에 각 구별로 생육이 일정한 지점에서 3.3 m<sup>2</sup>(1.8 m × 1.8 m)을 예취한 다음 이삭길이, 주당립수, 천립중과 ha당 수량을 조사하였다. 또한 수집된 생육 및 수량 데이터는 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 분산분석을 하였고, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

## 나. 연구개발수행 결과

### (1) 잡곡류의 재배양식별 파종 기계화 적합성 평가

밀렛류인 조와, 수수, 두류작물인 팥을 대상으로 지금까지 개발된 잡곡류의 기계화 재배기술과 기계화에 적합한 육성 품종을 공시하여 재배양식별 파종 및 기계수확 적합성을 평가한 결과 잡곡의 품목별 파종방법에 따른 파종노력 투여시간 비교를 비교 분석한 결과는 표 2-4와 같았다. 수수의 경우 인력점파 14.8, 기계점파 7.24, 육묘기계이식 6.83시간/10a로 나타났으면 인력점파 대비 기계점파 7.56, 육묘기계이식 7.97시간/10a이 절감되었다. 기장은 인력점파 대비 기계점파 8.46, 줄뿌림 11.64시간, 산파 16.07시간/10a 절감되었고, 조는 인력점파 대비 기계점파 8.25, 줄뿌림 12.20시간, 산파 14.23시간/10a 절감되었다. 또한 팥은 인력점파 대비 기계점파 5.54, 줄뿌림 6.49시간/10a 절감되었다.

표 2-4. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 파종방법별 파종작업의 노력 투여시간 비교

| 작물<br>(품종)      | 노동력 투입시간(시간/10a) |      |       |      |      |      |      |       | 단축<br>시간 |
|-----------------|------------------|------|-------|------|------|------|------|-------|----------|
|                 | 파종방법             | 시비   | 경운·정지 | 두둑조성 | 육묘   | 파종   | 제초제  | 솎음    |          |
| (남풍찰)           | 인력점파             | 0.44 | 0.25  | 1.71 | -    | 5.15 | 0.13 | 7.12  | 14.80    |
|                 | 기계점파             | 0.44 | 0.25  | -    | -    | 0.50 | 0.19 | 5.85  | 7.24     |
|                 | 기계<br>이식         | 0.44 | 0.25  | 1.18 | 3.21 | 1.56 | 0.19 | -     | 6.83     |
| 기장<br>(이백<br>찰) | 인력점파             | 0.37 | 0.25  | 1.74 | -    | 5.16 | 0.12 | 10.99 | 18.63    |
|                 | 기계점파             | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 0.84 | 0.12 | 8.58  | 10.17    |
|                 | 줄뿌림              | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 0.69 | 0.14 | 3.53  | 11.64    |
| 조<br>(삼다<br>찰)  | 산<br>파           | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 1.76 | 0.18 | -     | 2.56     |
|                 | 인력점파             | 0.37 | 0.25  | 1.74 | -    | 6.07 | 0.12 | 8.24  | 16.79    |
|                 | 기계점파             | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 0.60 | 0.12 | 7.19  | 8.54     |
| 팥<br>(아라<br>리)  | 줄뿌림              | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 0.69 | 0.14 | 3.13  | 4.59     |
|                 | 산<br>파           | 0.37 | 0.25  | -    | -    | 1.76 | 0.18 | -     | 2.56     |
|                 | 인력점파             | 0.23 | 0.25  | 1.74 | -    | 2.21 | 0.15 | 3.63  | 8.22     |
| 기계점파            | 0.23             | 0.25 | -     | -    | 0.53 | 0.15 | 1.52 | 2.68  | 5.54     |
|                 | 줄뿌림              | 0.23 | 0.25  | -    | -    | 0.69 | 0.15 | 0.41  | 1.73     |
|                 |                  |      |       |      |      |      |      |       | 6.49     |

수확기 생육특성을 조사한 결과는 표 2-5에서와 같이 수수의 경우 인력점파에 비해 육묘기계이식 재배에서 경장은 짧아지고 경직경이 굽어지는 경향을 보였으면, 조와 기장은 인력점파 대비 산파에서 10a당 주수가 많아지고, 이삭의 길이가 크게 짧아지는 경향을 보였다. 또한 팥은 조파(줄뿌림)가 인력점파 대비 분지수가 적었으나 경장은 길어지고 착협고가 높아지는 경향을 보였다(표 2-6).



그림 2-7. 수수의 파종방법별 수확기 생육 특성 비교



그림 2-8. 기장의 파종방법별 수확기 생육 특성 비교



그림 2-9. 조의 파종방법별 수확기 생육 특성 비교

표 2-5. 잡곡(조, 수수, 기장)의 수확기 생육특성 및 수량구성요소

| 작물 | 파종방법      | 경장<br>(cm)          | 경태<br>(cm)          | 이삭길이<br>(mm)       | 10a당 주수<br>(cm)     | 주당립수<br>(개/1주)       | 천립중<br>(g)         |
|----|-----------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 수수 | 인력 점파     | 146.4 <sup>a</sup>  | 22.74 <sup>ab</sup> | 26.9 <sup>a</sup>  | 25,476 <sup>a</sup> | 3,465.4 <sup>b</sup> | 25.82 <sup>a</sup> |
|    | 기계 점파     | 147.4 <sup>a</sup>  | 21.68 <sup>b</sup>  | 27.4 <sup>a</sup>  | 25,476 <sup>a</sup> | 4,137.8 <sup>a</sup> | 24.13 <sup>a</sup> |
|    | 육묘이식      | 138.5 <sup>b</sup>  | 22.96 <sup>a</sup>  | 27.2 <sup>a</sup>  | 25,476 <sup>a</sup> | 4,191.8 <sup>a</sup> | 25.85 <sup>a</sup> |
|    | LSD(0.05) | 23.2                | 1.2                 | 0.8                | 0.1                 | 252.9                | 1.1                |
| 조  | 인력 점파     | 119.1 <sup>b</sup>  | 7.63 <sup>a</sup>   | 28.0 <sup>a</sup>  | 27,063 <sup>c</sup> | 13,240 <sup>a</sup>  | 2.49 <sup>a</sup>  |
|    | 기계 점파     | 126.4 <sup>a</sup>  | 7.56 <sup>a</sup>   | 26.5 <sup>ab</sup> | 30,873 <sup>c</sup> | 10,826 <sup>a</sup>  | 2.45 <sup>a</sup>  |
|    | 줄 뿌림      | 129.3 <sup>a</sup>  | 7.09 <sup>ab</sup>  | 27.7 <sup>a</sup>  | 43,141 <sup>b</sup> | 8,189 <sup>b</sup>   | 2.38 <sup>a</sup>  |
|    | 산파        | 119.0 <sup>b</sup>  | 6.52 <sup>b</sup>   | 24.0 <sup>b</sup>  | 81,917 <sup>a</sup> | 7,249 <sup>b</sup>   | 2.39 <sup>a</sup>  |
| 기장 | LSD(0.05) | 5.9                 | 0.8                 | 2.6                | 9,668.3             | 2,465.6              | 0.2                |
|    | 인력 점파     | 131.8 <sup>ab</sup> | 7.37 <sup>a</sup>   | 32.3 <sup>a</sup>  | 47,619 <sup>b</sup> | 1,994 <sup>a</sup>   | 4.51 <sup>a</sup>  |
|    | 기계 점파     | 120.6 <sup>ab</sup> | 7.04 <sup>a</sup>   | 32.0 <sup>a</sup>  | 48,254 <sup>b</sup> | 2,176 <sup>a</sup>   | 4.43 <sup>ab</sup> |
|    | 줄 뿌림      | 138.4 <sup>a</sup>  | 7.32 <sup>a</sup>   | 34.4 <sup>a</sup>  | 57,051 <sup>b</sup> | 2,027 <sup>a</sup>   | 4.31 <sup>ab</sup> |
|    | 산파        | 116.2 <sup>b</sup>  | 6.77 <sup>b</sup>   | 31.8 <sup>b</sup>  | 82,083 <sup>a</sup> | 1,921 <sup>b</sup>   | 4.37 <sup>b</sup>  |
|    | LSD(0.05) | 18.5                | 0.9                 | 7.27               | 13,009.5            | 450.6                | 0.2                |



그림 2-10. 팽의 파종방법별 수확기 생육 특성 비교

표 2-6. 팥의 수확기 생육특성 및 수량구성요소

| 파종방법      | 경장<br>(cm)        | 경태<br>(mm)         | 분지수<br>(개/1주)     | 주당협수<br>(개/1주)    | 작협고<br>(cm)      | 본수<br>(10a)         | 주당립수<br>(개/1협)      | 백립중<br>(g)         |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 인력점파      | 43.2 <sup>b</sup> | 6.78 <sup>b</sup>  | 3.2 <sup>a</sup>  | 33.2 <sup>a</sup> | 4.6 <sup>b</sup> | 16,349 <sup>b</sup> | 154.8 <sup>ab</sup> | 16.86 <sup>a</sup> |
| 기계점파      | 46.6 <sup>b</sup> | 7.62 <sup>ab</sup> | 3.0 <sup>ab</sup> | 32.0 <sup>a</sup> | 4.8 <sup>b</sup> | 16,270 <sup>b</sup> | 169.2 <sup>a</sup>  | 16.86 <sup>a</sup> |
| 줄뿌림       | 49.7 <sup>a</sup> | 8.01 <sup>a</sup>  | 2.6 <sup>b</sup>  | 24.7 <sup>b</sup> | 6.6 <sup>a</sup> | 27,937 <sup>a</sup> | 148.4 <sup>b</sup>  | 16.92 <sup>a</sup> |
| LSD(0.05) | 6.5               | 0.8                | 0.5               | 5.7               | 0.2              | 2254.4              | 15.8                | 1.2                |

밀렛류인 조와 기장, 수수, 두류작물인 팥을 대상으로 지금까지 개발된 기계화 재배기술과 기계화에 적합한 육성 품종을 공시하여 2014년부터 2016년까지 3년간 재배양식별 수량성을 조사한 결과는 그림 2-9에서와 같았다. 수수는 ‘인력점파’, ‘기계점파’, ‘육묘기계이식’ 등 파종방법 별로 통계적 차이가 없었다. 조의 경우에는 대조구인 ‘인력점파’와 ‘기계점파’, ‘줄뿌림’ 재배에 비해 ‘산파’에서 수량성이 가장 높았고, 대조구인 ‘인력점파’ 대비 ‘기계점파’에서는 차이가 없었으며, ‘줄뿌림’ 17.6%, ‘산파’에서 9.8% 증수되었다. 기장의 경우는 대조구인 ‘인력점파’와 ‘기계점파’, ‘줄뿌림’ 재배에 비해 ‘산파’에서 수량성이 가장 높았고, 대조구인 ‘인력점파’ 대비 ‘기계점파’에서는 수량성이 약간 낮았으며, ‘줄뿌림’ 17.3%, ‘산파’에서 22.8% 증수되었다. 또한 팥은 대조구인 ‘인력점파’와 ‘기계점파’에 비해 ‘줄뿌림’ 재배에서 수량성이 가장 높았고, 대조구인 ‘인력점파’ 대비 ‘줄뿌림’ 재배에서 22.4% 증수되는 것으로 나타났다.

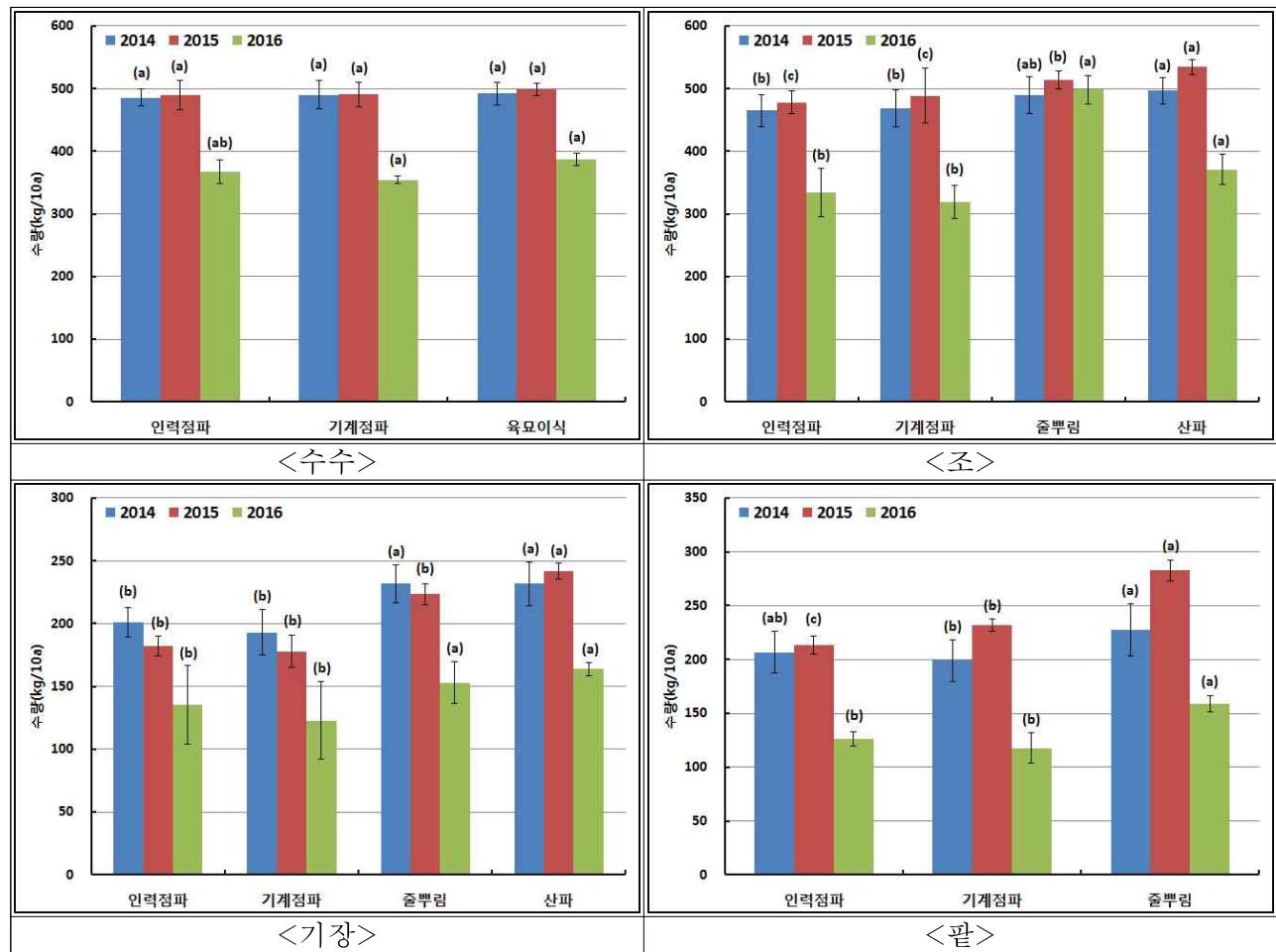


그림 2-9. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 파종방법 수량성('14~'16)

## (2) 잡곡류(조, 기장, 팥)의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 적정 재식거리 설정 시험

밀렛류 잡곡인 기장의 콤바인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 적합한 품종과 재식거리에 따른 생육특성과 수량성을 평가하기 위해 주구인 조생종인 ‘황금기장(Hwanggeum-gijang)’과 중만생종 ‘이백찰(Leebackchal-gijang)’ 등 2품종을 선정하고, 세구인 조간거리를 20, 30, 50 cm 등 3 수준, 세세구인 주간거리를 각각 3, 5, 10 15cm등 3 수준으로 각각 처리하여 시험을 수행한 결과 수확기 생육특성은 표 2-7에서와 같았다. 조생종인 ‘황금기장(Hwanggeum-gijang)’과 중만생종 ‘이백찰(Leebackchal-gijang)’ 모두 조간거리와 주간거리가 넓어질수록 간장은 길어지고, 경직경은 굵어지는 경향이 나타났으며, 반면 이삭의 길이는 짧아지고 주당립수는 적어지는 경향이 뚜렷하였다.

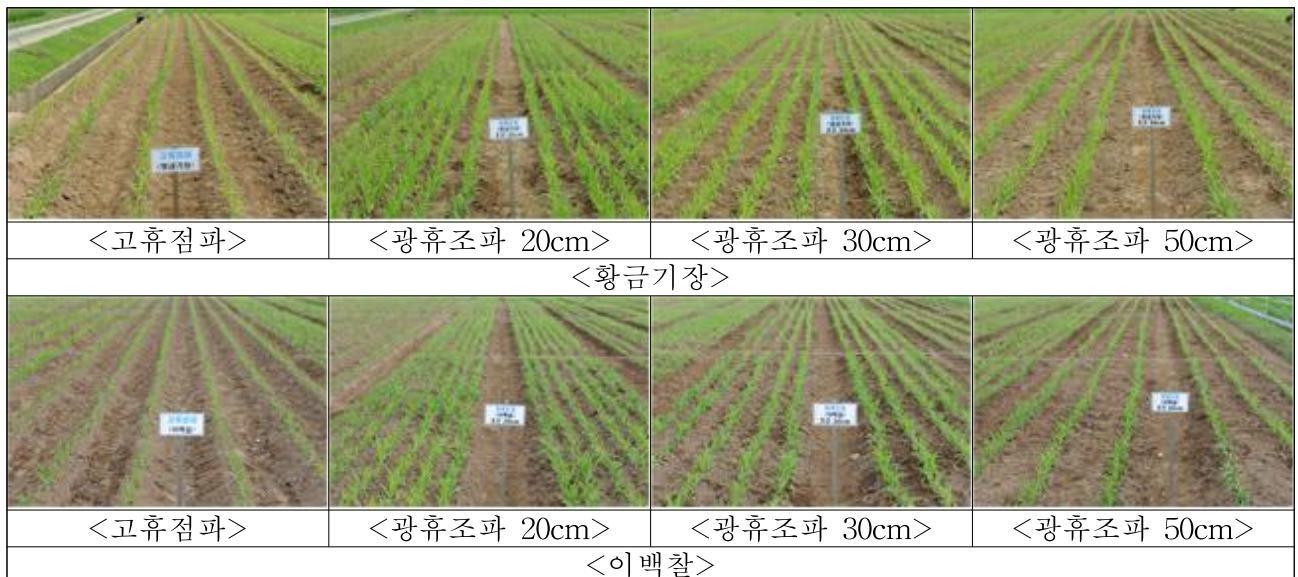


그림 2-10. 기장의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 생육특성 비교(유묘기)

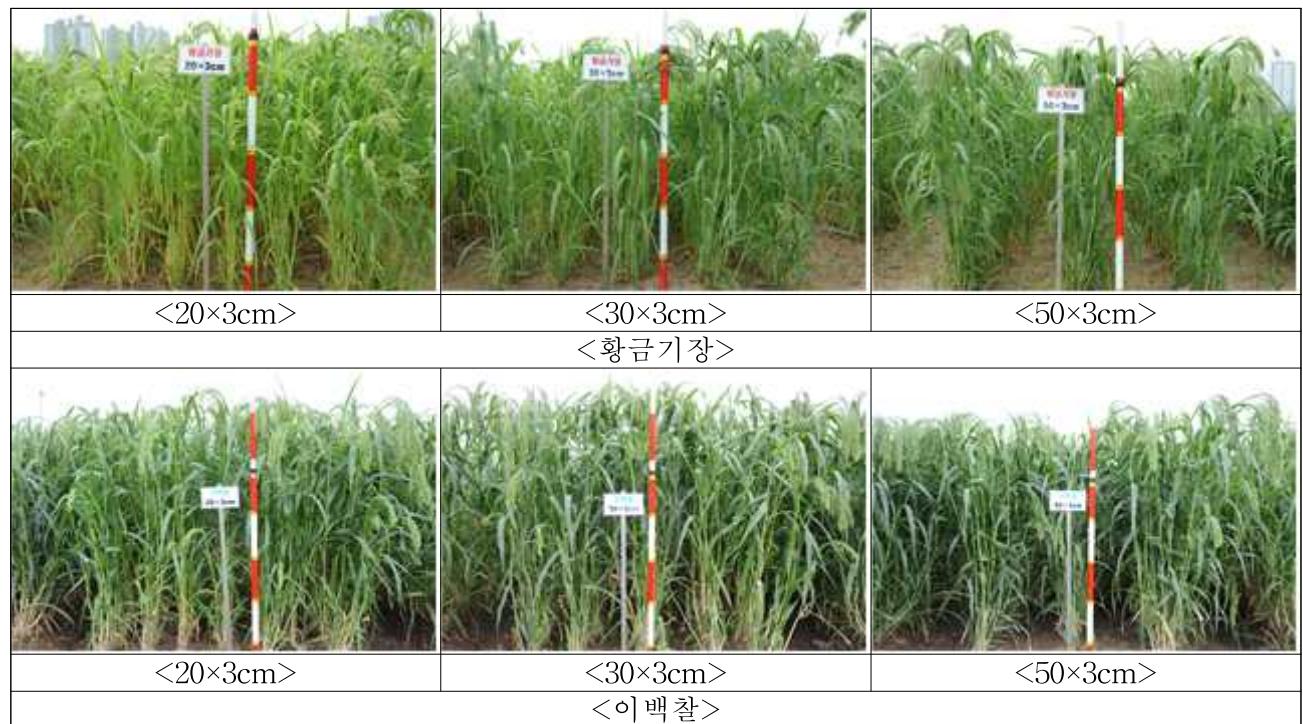


그림 2-11. 기장의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 생육특성 비교(수확기)

표 2-7. 기장의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 비교

| 품종   | 재식거리      |      | 경장                   | 경태   | 이삭길이                  | 본수                | 분열수                  | 주당립수                 | 천립중 |
|------|-----------|------|----------------------|------|-----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----|
|      | 조간        | 주간   | (cm)                 | (mm) | (cm)                  | (본/10a)           | (개/10a)              | (개/1주)               | (g) |
| 황금기장 | 20cm      | 3cm  | 5.10 <sup>h</sup>    |      | 105,930 <sup>a</sup>  | 1.1 <sup>cd</sup> | 856 <sup>g</sup>     | 5.09 <sup>d</sup>    |     |
|      |           | 5cm  | 5.48 <sup>gh</sup>   |      | 70,556 <sup>b</sup>   | 1.0 <sup>cd</sup> | 1,080 <sup>fg</sup>  | 5.27 <sup>cd</sup>   |     |
|      |           | 10cm | 5.94 <sup>defg</sup> |      | 36,111 <sup>de</sup>  | 0.9 <sup>cd</sup> | 1,526 <sup>def</sup> | 5.42 <sup>bc</sup>   |     |
|      |           | 15cm | 5.62 <sup>fg</sup>   |      | 38,889 <sup>cde</sup> | 1.5 <sup>b</sup>  | 1,664 <sup>de</sup>  | 5.53 <sup>abc</sup>  |     |
|      | 30cm      | 3cm  | 5.72 <sup>efg</sup>  |      | 76,296 <sup>b</sup>   | 1.1 <sup>c</sup>  | 1,441 <sup>ef</sup>  | 5.44 <sup>bc</sup>   |     |
|      |           | 5cm  | 6.15 <sup>bcde</sup> |      | 49,444 <sup>cde</sup> | 0.9 <sup>cd</sup> | 1,419 <sup>ef</sup>  | 5.40 <sup>bc</sup>   |     |
|      |           | 10cm | 6.32 <sup>abcd</sup> |      | 32,407 <sup>e</sup>   | 1.2 <sup>c</sup>  | 1,999 <sup>cd</sup>  | 5.77 <sup>a</sup>    |     |
|      |           | 15cm | 5.99 <sup>cdef</sup> |      | 37,407 <sup>cde</sup> | 2.0 <sup>a</sup>  | 2,203 <sup>bc</sup>  | 5.40 <sup>bc</sup>   |     |
|      | 50cm      | 3cm  | 6.32 <sup>abcd</sup> |      | 50,926 <sup>c</sup>   | 0.7 <sup>d</sup>  | 2,278 <sup>bc</sup>  | 5.45 <sup>bc</sup>   |     |
|      |           | 5cm  | 6.44 <sup>abc</sup>  |      | 40,370 <sup>cde</sup> | 0.7 <sup>d</sup>  | 2,378 <sup>bc</sup>  | 5.52 <sup>abc</sup>  |     |
|      |           | 10cm | 6.65 <sup>a</sup>    |      | 43,333 <sup>cde</sup> | 1.6 <sup>b</sup>  | 3,115 <sup>a</sup>   | 4.79 <sup>c</sup>    |     |
|      |           | 15cm | 6.58 <sup>ab</sup>   |      | 37,407 <sup>cde</sup> | 2.0 <sup>a</sup>  | 2,675 <sup>ab</sup>  | 5.66 <sup>ab</sup>   |     |
|      | LSD(0.05) |      | 0.49                 |      | 13,869.3              | 0.35              | 531.8                | 0.30                 |     |
| 이백찰  | 20cm      | 3cm  | 7.17 <sup>cd</sup>   |      | 77,593 <sup>a</sup>   | 0.8 <sup>e</sup>  | 1,626 <sup>de</sup>  | 4.50 <sup>bcd</sup>  |     |
|      |           | 5cm  | 7.83 <sup>abcd</sup> |      | 74,074 <sup>a</sup>   | 1.1 <sup>d</sup>  | 2,080 <sup>abc</sup> | 4.66 <sup>ab</sup>   |     |
|      |           | 10cm | 6.96 <sup>d</sup>    |      | 70,926 <sup>ab</sup>  | 1.8 <sup>c</sup>  | 1,929 <sup>bcd</sup> | 4.55 <sup>abcd</sup> |     |
|      |           | 15cm | 7.23 <sup>bcd</sup>  |      | 61,667 <sup>bc</sup>  | 2.4 <sup>b</sup>  | 1,910 <sup>bcd</sup> | 4.50 <sup>bcd</sup>  |     |
|      | 30cm      | 3cm  | 7.50 <sup>bcd</sup>  |      | 71,296 <sup>ab</sup>  | 1.0 <sup>de</sup> | 1,327 <sup>e</sup>   | 4.45 <sup>cd</sup>   |     |
|      |           | 5cm  | 7.74 <sup>abcd</sup> |      | 60,000 <sup>bc</sup>  | 1.1 <sup>de</sup> | 1,738 <sup>cde</sup> | 4.60 <sup>abc</sup>  |     |
|      |           | 10cm | 7.70 <sup>abcd</sup> |      | 60,556 <sup>bc</sup>  | 2.2 <sup>b</sup>  | 1,713 <sup>cde</sup> | 4.39 <sup>d</sup>    |     |
|      |           | 15cm | 7.76 <sup>abcd</sup> |      | 57,778 <sup>c</sup>   | 3.2 <sup>a</sup>  | 2,262 <sup>ab</sup>  | 4.55 <sup>abcd</sup> |     |
|      | 50cm      | 3cm  | 7.87 <sup>abc</sup>  |      | 58,148 <sup>c</sup>   | 0.8 <sup>e</sup>  | 2,191 <sup>ab</sup>  | 4.55 <sup>abcd</sup> |     |
|      |           | 5cm  | 8.09 <sup>ab</sup>   |      | 58,519 <sup>c</sup>   | 1.1 <sup>de</sup> | 2,432 <sup>a</sup>   | 4.57 <sup>abcd</sup> |     |
|      |           | 10cm | 8.53 <sup>a</sup>    |      | 60,926 <sup>bc</sup>  | 2.2 <sup>b</sup>  | 2,381 <sup>a</sup>   | 4.75 <sup>a</sup>    |     |
|      |           | 15cm | 8.05 <sup>ab</sup>   |      | 55,000 <sup>c</sup>   | 3.0 <sup>a</sup>  | 2,230 <sup>ab</sup>  | 4.49 <sup>bcd</sup>  |     |
|      | LSD(0.05) |      | 0.87                 |      | 12,268.7              | 0.30              | 431.6                | 0.21                 |     |

줄뿌림 재배 시 기장의 주요 품종 및 재식거리별 수량성을 평가한 결과는 그림 2-12와 같았다. 품종별 수량성은 조생종인 ‘황금기장’에 비해 중만생종 ‘이백찰’이 높았으며, 조간거리가 넓어질수록 수량성이 높았고, 또한 주간거리는 15cm에 비해 3cm 간격으로 밀식을 하였을 때 상대적으로 수량이 높게 나타났다.

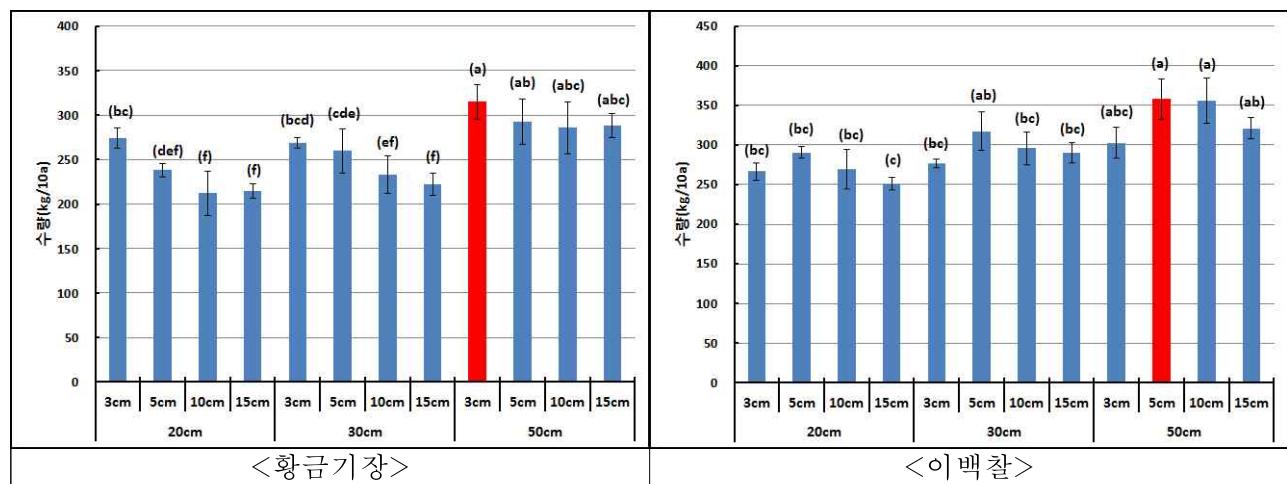


그림 2-12. 기장 줄뿌림 재배 시 품종별 재식거리에 따른 수량성

조간거리 및 주간거리에 따른 수량성을 평가한 결과 조간거리 50cm×주간거리 3cm 간격에서 수량성이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 기장의 넓은이랑 줄뿌림재배에 적합한 재식거리는 조간거리 50cm×주간거리 3cm간격으로 파종하는 것이 가장 좋은 것 판단되었다.

기장의 주요 품종 및 재식거리별 생육특성, 수량구성요소 및 수량을 분산 분석한 결과 표 2-8에서와 같았다. 기장의 품종은 주당립수를 제외한 수량구성요소 경장, 경태, 이삭길이, 10a당 주수, 분열수, 천립중, 수량에 유의하게 영향을 미쳤으며, 또한 조간거리와 주간거리는 천립중을 제외한 모든 요소에서 유의성이 있었다. 또한 조간거리와 주간거리(RS×PS)의 교호관계는 10a당 주수, 천립중과 수량에 영향을 미치는 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다.

표 2-8. 기장의 줄뿌림 재배 시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 분산분석

| Source  | Df | 경장                | 경태                | 이삭길<br>이 | 10a당 주<br>수 | 분열수      | 주당립수              | 천립중               | 수량                |
|---------|----|-------------------|-------------------|----------|-------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 품종(C)   | 1  | 721.6***          | 297.1***          | 47.3***  | 48.6***     | 113.0*** | 2.2 <sup>ns</sup> | 506.0***          | 63.5***           |
| 조간(RS)  | 2  | 21.4***           | 28.4***           | 26.4***  | 30.2***     | 11.6***  | 63.3***           | 0.8 <sup>ns</sup> | 52.4***           |
| 주간(PS)  | 3  | 31.5***           | 3.3*              | 4.6**    | 41.8***     | 225.1*** | 13.7***           | 1.8 <sup>ns</sup> | 1.7**             |
| C×RS    | 2  | 12.3***           | 0.2 <sup>ns</sup> | 11.7***  | 1.4*        | 1.1*     | 15.8***           | 4.4**             | 0.7 <sup>ns</sup> |
| C×PS    | 3  | 9.7***            | 1.0*              | 4.6**    | 19.3***     | 31.0***  | 4.6**             | 2.4*              | 5.6***            |
| RS×PS   | 6  | 0.4 <sup>ns</sup> | 0.4 <sup>ns</sup> | 1.6*     | 8.1***      | 7.6***   | 2.0*              | 3.0**             | 3.9***            |
| C×RS×PS | 6  | 2.1*              | 1.3 <sup>ns</sup> | 2.0*     | 3.7***      | 1.0*     | 0.6 <sup>ns</sup> | 9.6***            | 1.1***            |

\*,\*\*,\*\*\* Significant at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$ , and  $p \leq 0.001$ , respectively.

ns, Not significantly different at 0.05 level of probability ( $p > 0.05$ )

밀렛류 잡곡인 조의 콤바인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 적합한 품종과 재식거리에 따른 생육특성과 수량성을 평가하기 위해 주구인 조생종인 ‘황금조’와 단간 직립형인 조생종 ‘단아메(Donname)’ 및 중만생종 ‘삼다찰조(Samdachal-jo)’ 등 3개 품종을 선정하고, 세구인 조간거리를 20, 30, 50 cm 등 3 수준, 세세구인 주간거리를 각각 3, 5, 10 15cm등 3 수준으로 각각 처리하여 시험을 수행한 결과 수확기 생육특성은 표 2-9에서와 같았다. 단간 직립형인 조생종 ‘단아메’와 조생종인 조생종인 ‘황금조’ 및 중만생종 ‘삼다찰조’ 모두 조간거리와 주간거리가 넓어질수록 간장은 길어지고, 경직경은 굽어지는 경향이 나타났으며, 반면 이삭의 길이는 짧아지고 주당립수는 적어지는 경향이 뚜렷하였다.



그림 2-13. 조의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 생육특성 비교(출수기)

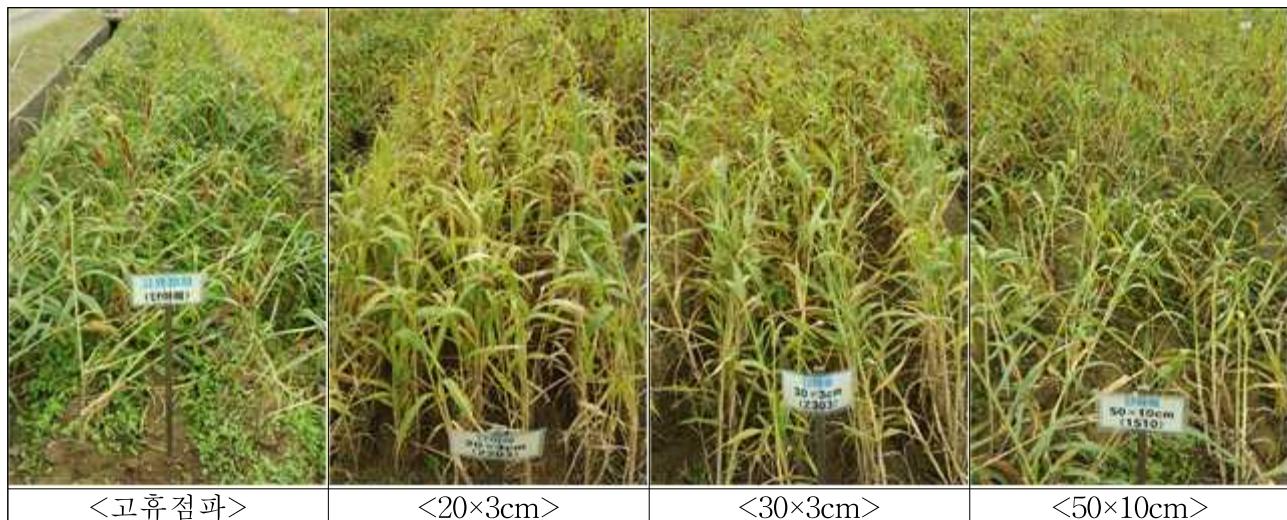


그림 2-14. 조의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 생육특성 비교(수확기)

표 2-9. 조의 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 비교

| 품종  | 재식거리      |      | 경장                   | 경태                  | 이삭길이                | 본수                    | 주당립수                 | 천립중                  |
|-----|-----------|------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|     | 조간        | 주간   | (cm)                 | (mm)                | (cm)                | (본/10a)               | (개/1주)               | (g)                  |
| 단아메 | 20cm      | 3cm  | 84.3 <sup>a-d</sup>  | 7.03 <sup>a-c</sup> | 13.5 <sup>f</sup>   | 97,725 <sup>a</sup>   | 3,422 <sup>de</sup>  | 2.726 <sup>bc</sup>  |
|     |           | 5cm  | 83.6 <sup>a-d</sup>  | 6.54 <sup>c</sup>   | 14.0 <sup>e-f</sup> | 61,931 <sup>b</sup>   | 3,638 <sup>c-e</sup> | 2.732 <sup>bc</sup>  |
|     |           | 10cm | 82.1 <sup>cd</sup>   | 6.56 <sup>c</sup>   | 15.1 <sup>c-f</sup> | 32,196 <sup>e</sup>   | 4,655 <sup>a-d</sup> | 2.775 <sup>ab</sup>  |
|     |           | 15cm | 84.3 <sup>a-d</sup>  | 7.15 <sup>a-c</sup> | 16.4 <sup>a-d</sup> | 21,958                | 4,459 <sup>b-e</sup> | 2.860 <sup>ab</sup>  |
|     | 30cm      | 3cm  | 89.0 <sup>a</sup>    | 6.50 <sup>c</sup>   | 14.7 <sup>d-f</sup> | 64,286 <sup>b</sup>   | 3,230 <sup>e</sup>   | 2.567 <sup>c</sup>   |
|     |           | 5cm  | 86.9 <sup>a-c</sup>  | 6.86 <sup>a-c</sup> | 15.2 <sup>c-f</sup> | 44,418 <sup>cd</sup>  | 3,563 <sup>c-e</sup> | 2.593 <sup>c</sup>   |
|     |           | 10cm | 86.6 <sup>a-c</sup>  | 7.27 <sup>a-c</sup> | 16.7 <sup>a-c</sup> | 31,561 <sup>e</sup>   | 4,922 <sup>ab</sup>  | 2.931 <sup>a</sup>   |
|     |           | 15cm | 84.7 <sup>a-d</sup>  | 7.56 <sup>ab</sup>  | 17.0 <sup>ab</sup>  | 17,196 <sup>f</sup>   | 5,164 <sup>ab</sup>  | 2.890 <sup>ab</sup>  |
|     | 50cm      | 3cm  | 88.4 <sup>ab</sup>   | 6.93 <sup>a-c</sup> | 15.7 <sup>b-e</sup> | 50,529 <sup>c</sup>   | 4,393 <sup>b-e</sup> | 2.797 <sup>ab</sup>  |
|     |           | 5cm  | 87.7 <sup>a-c</sup>  | 6.76 <sup>a-c</sup> | 15.7 <sup>b-e</sup> | 35,423 <sup>de</sup>  | 4,791 <sup>a-c</sup> | 2.856 <sup>ab</sup>  |
|     |           | 10cm | 83.0 <sup>b-d</sup>  | 7.50 <sup>ab</sup>  | 16.3 <sup>a-d</sup> | 21,640 <sup>f</sup>   | 5,239 <sup>ab</sup>  | 2.878 <sup>ab</sup>  |
|     |           | 15cm | 80.4 <sup>d</sup>    | 7.76 <sup>a</sup>   | 18.0 <sup>a</sup>   | 13,122 <sup>f</sup>   | 5,846 <sup>a</sup>   | 2.910 <sup>a</sup>   |
|     | LSD(0.05) |      |                      | 0.92                |                     | 9,290.4               | 1,277.0              | 0.17                 |
| 황금조 | 20cm      | 3cm  | 122.9 <sup>a</sup>   | 7.76 <sup>ab</sup>  | 18.4 <sup>b-d</sup> | 82,593 <sup>a</sup>   | 4,299 <sup>bc</sup>  | 2.558 <sup>a-c</sup> |
|     |           | 5cm  | 118.1 <sup>a-c</sup> | 7.47 <sup>ab</sup>  | 18.0 <sup>cd</sup>  | 64,180 <sup>bc</sup>  | 4,337 <sup>bc</sup>  | 2.635 <sup>a-c</sup> |
|     |           | 10cm | 116.2 <sup>b-d</sup> | 7.41 <sup>ab</sup>  | 17.7 <sup>cd</sup>  | 41,296 <sup>ef</sup>  | 4,588 <sup>a-c</sup> | 2.527 <sup>a-c</sup> |
|     |           | 15cm | 121.5 <sup>ab</sup>  | 7.81 <sup>ab</sup>  | 19.6 <sup>a-c</sup> | 32,169 <sup>f-h</sup> | 5,629 <sup>a-c</sup> | 2.646 <sup>a-c</sup> |
|     | 30cm      | 3cm  | 121.3 <sup>ab</sup>  | 7.47 <sup>ab</sup>  | 17.6 <sup>cd</sup>  | 77,910 <sup>ab</sup>  | 4,435 <sup>c</sup>   | 2.455 <sup>bc</sup>  |
|     |           | 5cm  | 114.5 <sup>cd</sup>  | 7.46 <sup>ab</sup>  | 18.0 <sup>d</sup>   | 58,201 <sup>cd</sup>  | 4,808 <sup>a-c</sup> | 2.415 <sup>c</sup>   |
|     |           | 10cm | 118.3 <sup>a-c</sup> | 7.46 <sup>ab</sup>  | 16.7                | 36,481 <sup>e-g</sup> | 5,051 <sup>a-c</sup> | 2.424 <sup>c</sup>   |
|     |           | 15cm | 118.2 <sup>a-c</sup> | 7.94 <sup>a</sup>   | 20.6 <sup>ab</sup>  | 24,524 <sup>gh</sup>  | 6,345 <sup>ab</sup>  | 2.577 <sup>a-c</sup> |
|     | 50cm      | 3cm  | 118.2 <sup>a-c</sup> | 7.35 <sup>ab</sup>  | 18.5 <sup>b-d</sup> | 49,735 <sup>de</sup>  | 4,120 <sup>a-c</sup> | 2.452 <sup>c</sup>   |
|     |           | 5cm  | 112.4 <sup>cd</sup>  | 7.20 <sup>b</sup>   | 19.7 <sup>a-c</sup> | 30,185 <sup>f-h</sup> | 4,912 <sup>a-c</sup> | 2.732 <sup>a</sup>   |
|     |           | 10cm | 117.1 <sup>a-d</sup> | 7.95 <sup>a</sup>   | 20.4 <sup>ab</sup>  | 25,899 <sup>gh</sup>  | 5,609 <sup>a-c</sup> | 2.639 <sup>a-c</sup> |
|     |           | 15cm | 110.9 <sup>d</sup>   | 7.61 <sup>ab</sup>  | 21.0 <sup>a</sup>   | 19,418 <sup>h</sup>   | 6,547 <sup>a</sup>   | 2.720 <sup>ab</sup>  |
|     | LSD(0.05) |      |                      | 0.67                |                     | 14,153.3              | 2,143.8              | 0.27                 |

&lt;단아메&gt;



&lt;황금조&gt;



&lt;삼다찰&gt;



그림 2-15. 조 줄뿌림 재배의 재식거리에 따른 품종별 이삭의 형태적 특성 비교

줄뿌림 재배 시 조의 주요 품종 및 재식거리별 수량성을 평가한 결과는 그림 2-15에서와 같았다. 품종별 수량성은 단간 직립형인 조생종 ‘단아메’에 비해 조생종인 ‘황금조’ 와 중만생종 ‘삼다찰조’에서 수량성이 높았으며, 조간거리가 넓어질수록 수량성이 높았고, 또한 주간거리는 15cm에 비해 3cm 간격으로 밀식을 하였을 때 상대적으로 수량이 높게 나타났다.

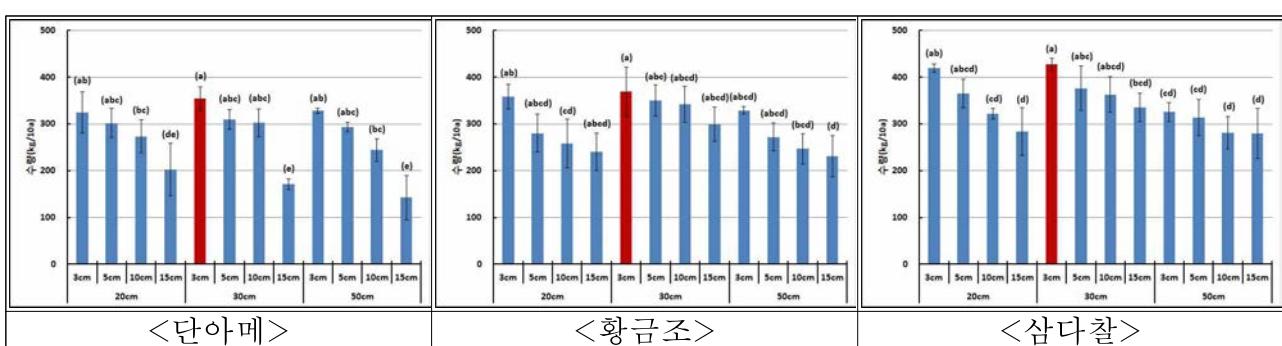


그림 2-16. 조의 줄뿌림 재배 시 품종별 재식거리에 따른 수량성

조의 넓은이랑 줄부림재배 시 조간거리 및 주간거리에 따른 수량성을 평가한 결과 조간거리가 좁은 20cm와 넓은 50cm에 비해 조간거리 30cm×주간거리 3cm 간격에서 수량성이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 조의 넓은이랑 줄뿌림재배에 적합한 재식거리는 조간거리 30cm×주간거리 3cm간격으로 파종하는 것이 가장 좋은 것 판단되었다.

조의 주요 품종 및 재식거리별 생육특성, 수량구성요소 및 수량을 분산 분석한 결과 표 2-10에서와 같았다. 조의 품종은 10a당 주수를 제외한 경장, 경태, 이삭길이, 주당립수, 천립중, 수량에 유의하게 영향을 미쳤으며, 또한 조간거리와 주간거리는 모든 요소에서 고도의 유의성이 있었다. 또한 조간거리와 주간거리(RS×PS)의 교호관계는 경장에서 고도의 유의성이 있었으며, 이삭길이, 주당립수, 수량은 유의한 영향이 나타나지 않았다.

표 2-10. 조의 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 분산분석

| Source  | Df | 경장       | 경태                | 이삭길이              | 10a당 주수  | 주당립수              | 천립중               | 수량                |
|---------|----|----------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 품종(C)   | 2  | 542.6*** | 13.8***           | 146.5***          | 3.0*     | 18.1***           | 96.5***           | 15.7***           |
| 조간(RS)  | 2  | 2.2*     | 2.6***            | 26.5***           | 58.8***  | 12.0***           | 10.5***           | 11.0***           |
| 주간(PS)  | 3  | 3.4**    | 11.5***           | 21.9***           | 170.6*** | 23.7***           | 8.3***            | 22.3***           |
| C×RS    | 4  | 6.9***   | 1.6***            | 3.2**             | 3.8*     | 1.4**             | 1.5*              | 1.0*              |
| C×PS    | 6  | 1.0*     | 1.7*              | 2.0*              | 3.6***   | 1.2*              | 1.4*              | 1.6**             |
| RS×PS   | 6  | 2.3**    | 1.3*              | 0.1 <sup>ns</sup> | 2.8**    | 0.3 <sup>ns</sup> | 1.2*              | 0.2 <sup>ns</sup> |
| C×RS×PS | 12 | 1.0*     | 0.7 <sup>ns</sup> | 0.9 <sup>ns</sup> | 2.4**    | 0.5 <sup>ns</sup> | 0.9 <sup>ns</sup> | 0.4 <sup>ns</sup> |

\*,\*\*,\*\*\* Significant at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$ , and  $p \leq 0.001$ , respectively.

ns, Not significantly different at 0.05 level of probability ( $p > 0.05$ )

두류작물인 팥의 콤바인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 적합한 품종과 재식거리에 따른 생육특성과 수량성을 평가하기 위해 주구인 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언(Hongun)’과 중만생종인 ‘아라리(Arari)’ 등 2개 품종을 선정하여 등 2개 품종을 선정하고, 세구인 조간거리를 30, 40, 50, 60 cm 등 4 수준으로 하였고, 세세구인 주간거리를 각각 10, 15, 20 cm 등 3 수준으로 각각 처리하여 시험을 수행한 결과 수확기 생육특성은 표 2-11에서와 같았다. 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언(Hongun)’과 중만생종인 ‘아라리(Arari)’ 등 2개 품종 모두 조간거리와 주간거리가 넓어질수록 간장은 짧아지고, 경직경은 굽어지며, 분지수, 주당협수, 주당립수는 증가하여 도복지수가 높아지는 경향이 나타났다. 반면 콤바인 수확에 가장 중요한 요인인 착협고는 재식거리가 좁을수록 높아지는 경향이 뚜렷하였다.

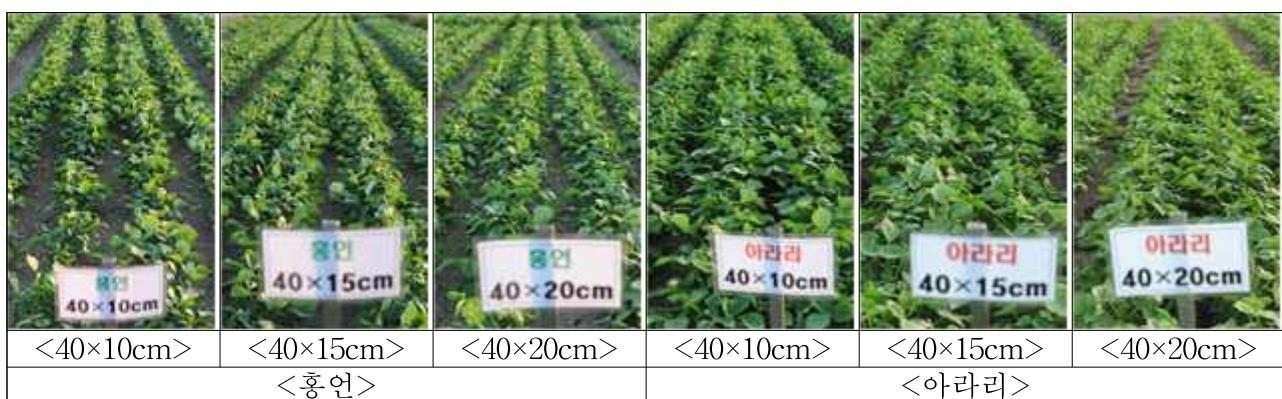


그림 2-17. 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 재식거리에 따른 중간 생육상황 비교(유묘기)

&lt;홍언&gt;



&lt;아라리&gt;



그림 2-18. 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 재식거리에 따른 중간 생육상황 비교(수확기)

표 2-11. 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 비교

| 품종  | 조간        | 주간   | 경장                   | 경태                  | 분지수                | 주당협수                | 찹협고                 | 재식본수                 | 주당립수               | 백립중                 |
|-----|-----------|------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
|     | (cm)      | (cm) | (mm)                 | (mm)                | (개/1주)             | (개/1주)              | (cm)                | (본/10a)              | (개/1주)             | (g)                 |
| 홍언  | 30        | 10   | 33.0 <sup>b</sup>    | 5.84 <sup>f</sup>   | 0.8 <sup>d</sup>   | 12.4 <sup>fg</sup>  | 5.0 <sup>a</sup>    | 57,556 <sup>a</sup>  | 73 <sup>f</sup>    | 17.03 <sup>ab</sup> |
|     |           | 15   | 36.0 <sup>ab</sup>   | 6.36 <sup>ef</sup>  | 1.6 <sup>bc</sup>  | 15.5 <sup>fg</sup>  | 4.4 <sup>ab</sup>   | 50,778 <sup>b</sup>  | 92 <sup>ef</sup>   | 17.00 <sup>a</sup>  |
|     |           | 20   | 33.6 <sup>b</sup>    | 6.56 <sup>de</sup>  | 2.3 <sup>ab</sup>  | 18.5 <sup>ef</sup>  | 3.8 <sup>abcd</sup> | 35,111 <sup>cd</sup> | 134 <sup>de</sup>  | 16.86 <sup>a</sup>  |
|     | 40        | 10   | 34.8 <sup>ab</sup>   | 5.97 <sup>f</sup>   | 1.4 <sup>cd</sup>  | 15.0 <sup>g</sup>   | 4.2 <sup>abc</sup>  | 48,000 <sup>b</sup>  | 88 <sup>f</sup>    | 17.20 <sup>a</sup>  |
|     |           | 15   | 36.5 <sup>ab</sup>   | 6.85 <sup>bcd</sup> | 2.0 <sup>abc</sup> | 18.9 <sup>ef</sup>  | 2.7 <sup>de</sup>   | 36,000 <sup>c</sup>  | 139 <sup>d</sup>   | 17.09 <sup>ab</sup> |
|     |           | 20   | 36.4 <sup>ab</sup>   | 6.76 <sup>bcd</sup> | 2.3 <sup>ab</sup>  | 21.9 <sup>cde</sup> | 3.0 <sup>de</sup>   | 27,556 <sup>ef</sup> | 187 <sup>c</sup>   | 16.40 <sup>b</sup>  |
|     | 50        | 10   | 35.3 <sup>ab</sup>   | 6.60 <sup>cde</sup> | 1.4 <sup>cd</sup>  | 20.3 <sup>def</sup> | 4.4 <sup>ab</sup>   | 29,259 <sup>de</sup> | 139 <sup>d</sup>   | 16.20 <sup>ab</sup> |
|     |           | 15   | 36.1 <sup>ab</sup>   | 7.03 <sup>bcd</sup> | 2.5 <sup>a</sup>   | 26.2 <sup>bc</sup>  | 3.0 <sup>cde</sup>  | 20,741 <sup>gh</sup> | 204 <sup>c</sup>   | 16.19 <sup>ab</sup> |
|     |           | 20   | 37.7 <sup>a</sup>    | 7.12 <sup>bc</sup>  | 2.5 <sup>a</sup>   | 25.3 <sup>bcd</sup> | 3.7 <sup>bcd</sup>  | 22,222 <sup>fg</sup> | 196 <sup>c</sup>   | 16.35 <sup>ab</sup> |
|     | 60        | 10   | 34.4 <sup>ab</sup>   | 7.17 <sup>b</sup>   | 2.3 <sup>a</sup>   | 28.1 <sup>b</sup>   | 2.9 <sup>de</sup>   | 14,815 <sup>i</sup>  | 273 <sup>a</sup>   | 15.87 <sup>a</sup>  |
|     |           | 15   | 33.8 <sup>b</sup>    | 8.08 <sup>a</sup>   | 2.6 <sup>a</sup>   | 38.8 <sup>a</sup>   | 2.5 <sup>e</sup>    | 13,889 <sup>i</sup>  | 266 <sup>ab</sup>  | 16.11 <sup>a</sup>  |
|     |           | 20   | 36.6 <sup>ab</sup>   | 7.93 <sup>a</sup>   | 2.7 <sup>a</sup>   | 34.3 <sup>a</sup>   | 2.5 <sup>e</sup>    | 15,000 <sup>ni</sup> | 224 <sup>bc</sup>  | 16.06 <sup>ab</sup> |
| 아라리 | LSD(0.05) | 3.67 | 0.56                 | 0.70                | 5.50               | 1.24                | 5908.5              | 44.30                | 1.26               |                     |
|     | 30        | 10   | 54.5 <sup>a</sup>    | 5.50 <sup>d</sup>   | 2.7 <sup>e</sup>   | 13.9 <sup>h</sup>   | 8.8 <sup>a</sup>    | 58,667 <sup>a</sup>  | 82 <sup>f</sup>    | 19.49 <sup>ab</sup> |
|     |           | 15   | 49.7 <sup>abcd</sup> | 6.23 <sup>bcd</sup> | 3.7 <sup>d</sup>   | 18.5 <sup>efg</sup> | 6.9 <sup>bc</sup>   | 38,889 <sup>c</sup>  | 121 <sup>de</sup>  | 19.96 <sup>a</sup>  |
|     |           | 20   | 47.8 <sup>bcd</sup>  | 6.28 <sup>bcd</sup> | 4.1 <sup>cd</sup>  | 20.8 <sup>de</sup>  | 5.5 <sup>de</sup>   | 32,667 <sup>d</sup>  | 138 <sup>bcd</sup> | 19.79 <sup>a</sup>  |
|     | 40        | 10   | 52.8 <sup>ab</sup>   | 5.78 <sup>ed</sup>  | 3.0 <sup>e</sup>   | 15.2 <sup>gh</sup>  | 7.3 <sup>b</sup>    | 47,111 <sup>b</sup>  | 106 <sup>ef</sup>  | 20.14 <sup>a</sup>  |
|     |           | 15   | 48.3 <sup>bcd</sup>  | 6.33 <sup>bcd</sup> | 3.9 <sup>cd</sup>  | 19.1 <sup>ef</sup>  | 5.8 <sup>cde</sup>  | 37,333 <sup>cd</sup> | 155 <sup>bc</sup>  | 19.40 <sup>ab</sup> |
|     |           | 20   | 45.2 <sup>d</sup>    | 6.64 <sup>abc</sup> | 4.6 <sup>b</sup>   | 24.2 <sup>cd</sup>  | 4.8 <sup>ef</sup>   | 24,889 <sup>e</sup>  | 216 <sup>a</sup>   | 18.43 <sup>b</sup>  |
|     | 50        | 10   | 54.0 <sup>a</sup>    | 6.81 <sup>ab</sup>  | 3.1 <sup>e</sup>   | 16.0 <sup>fgh</sup> | 8.8 <sup>a</sup>    | 36,296 <sup>cd</sup> | 127 <sup>cde</sup> | 19.34 <sup>ab</sup> |
|     |           | 15   | 51.1 <sup>abc</sup>  | 6.29 <sup>bcd</sup> | 4.4 <sup>bc</sup>  | 21.8 <sup>de</sup>  | 6.7 <sup>bcd</sup>  | 24,630 <sup>f</sup>  | 169 <sup>b</sup>   | 19.04 <sup>a</sup>  |
|     |           | 20   | 48.8 <sup>bcd</sup>  | 6.61 <sup>abc</sup> | 4.7 <sup>b</sup>   | 28.2 <sup>b</sup>   | 5.1 <sup>ef</sup>   | 17,037 <sup>f</sup>  | 233 <sup>a</sup>   | 19.30 <sup>ab</sup> |
|     | 60        | 10   | 48.3 <sup>bcd</sup>  | 6.40 <sup>bcd</sup> | 4.3 <sup>e</sup>   | 21.2 <sup>de</sup>  | 5.3 <sup>e</sup>    | 23,148 <sup>e</sup>  | 152 <sup>bcd</sup> | 19.88 <sup>a</sup>  |
|     |           | 15   | 46.8 <sup>cde</sup>  | 6.96 <sup>ab</sup>  | 5.3 <sup>a</sup>   | 27.4 <sup>bc</sup>  | 5.0 <sup>ef</sup>   | 13,704 <sup>f</sup>  | 248 <sup>a</sup>   | 19.97 <sup>ab</sup> |
|     |           | 20   | 45.2 <sup>d</sup>    | 7.35 <sup>a</sup>   | 5.3 <sup>a</sup>   | 33.7 <sup>a</sup>   | 3.9 <sup>f</sup>    | 12,407 <sup>f</sup>  | 246 <sup>a</sup>   | 19.52 <sup>ab</sup> |
|     | LSD(0.05) | 5.10 | 0.95                 | 0.50                | 3.64               | 1.32                | 5341.7              | 32.21                | 1.27               |                     |

두류작물인 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림재배 시 조간거리 및 주간거리에 따른 수량성을 평가한 결과 그림 2-19에서와 같이 조간거리가 좁은 30cm가 40cm, 50cm, 60cm에 비해 수량성이 높았으며, 주간거리는 10cm 및 15cm 간격으로 밀식재배가 넓게 재배했을 경우보다 수량성이 대체로 높았다. 이러한 결과는 밀식재배가 주당협수 및 주당립수는 적었지만, 전체적으로 10a당 재식본수가 많아져 수량이 높아지는 결과로 판단되었다. 팥의 넓은이랑 줄뿌림재배 시 조간거리 및 주간거리에 따른 수량성은 조간거리 40cm × 주간거리 15cm 처리구에서 가장 높았다. 따라서 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림재배 방법은 트랙터 부착 줄뿌림 파종기(직파기)를 이용하여 150cm의 넓은 두둑을 만들고 동시에 이랑너비 40cm, 포기사이 15cm 너비에 2알을 5cm 깊이로 줄뿌림 하고 파종하는 것이 가장 좋은 것 판단되었다.

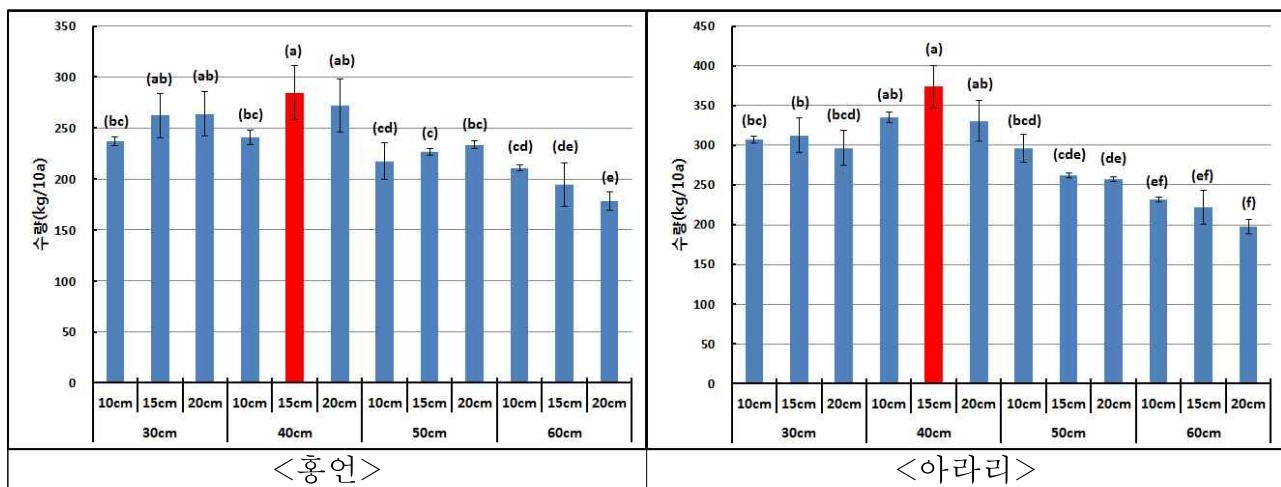


그림 2-19. 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 품종별 재식거리에 따른 수량성

직립형 팥의 주요 품종 및 재식거리별 생육특성, 수량구성요소 및 수량을 분산 분석한 결과 표 2-12에서와 같았다. 팥의 품종은 주당립수를 제외한 경장, 경태, 분지수, 주당협수, 착협고, 백립중, 수량에 유의하게 영향을 미쳤으며, 또한 조간거리와 주간거리는 모든 요소에서 고도의 유의성이 있었다. 또한 조간거리와 주간거리(RS×PS)의 교호관계는 경장에서는 유의성이 없었으나 분지수, 주당협수, 착협고, 주당립수, 백립중, 수량은 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 또한 품종 및 조간거리와 주간거리(C×RS×PS)의 교호관계는 생육의 차이에 대한 영향이 적었으나 주당립수에서 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났다.

표 2-12. 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배 시 재식거리에 따른 수확기 생육 및 수량구성요소 분산분석

| Source  | Df | 경장       | 경태      | 분지수      | 주당협수    | 착협고      | 주당립수    | 백립중      | 수량      |
|---------|----|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| 품종(C)   | 1  | 405.5*** | 15.4*** | 579.1*** | 3.8**   | 224.9*** | 0.1ns   | 397.9*** | 73.4*** |
| 조간(RS)  | 3  | 3.0**    | 17.7*** | 36.4***  | 91.2*** | 22.8***  | 99.7*** | 3.2**    | 57.8*** |
| 주간(PS)  | 2  | 2.7*     | 13.1*** | 66.4***  | 55.3*** | 36.3***  | 52.7*** | 1.6*     | 1.6*    |
| C×RS    | 3  | 2.2*     | 4.9*    | 2.3*     | 8.7***  | 0.9*     | 6.2***  | 3.6**    | 3.8**   |
| C×PS    | 2  | 9.6***   | 1.0*    | 2.2*     | 5.6**   | 9.8***   | 7.1***  | 0.3ns    | 3.1**   |
| RS×PS   | 6  | 0.4ns    | 1.3*    | 1.8*     | 1.1*    | 2.3**    | 4.5***  | 1.7*     | 2.2**   |
| C×RS×PS | 6  | 0.5ns    | 1.3*    | 0.5ns    | 1.5*    | 1.4*     | 4.4***  | 0.4ns    | 0.5ns   |

\*, \*\*, \*\*\* Significant at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$ , and  $p \leq 0.001$ , respectively.

ns, Not significantly different at 0.05 level of probability ( $p > 0.05$ )

## 2. 잡곡의 재배양식별 수확 기계화 적합성 평가

### 가. 연구개발수행 내용

#### (1) 자탈형 콤바인 이용 조, 수수, 기장의 기계 수확 적합성 평가

수수와 밀렛류인 조와 기장은 씨알의 크기가 매우 작아 기존 콤바인으로 수확하면 손실율이 크게 증가하므로 콤바인의 기능과 조작방법이 필요하다. 수수와 밀렛류인 조와 기장의 콤바인의 수확적합성 평가는 벼 수확용 자탈형(벼)콤바인(대동농업, DSM70)을 이용하여 수행하였다. 탈곡망의 격자 크기는 조의 송이 크기 9~10 mm를 고려하여 탈곡 시 조 송이가 망으로 빠지지 않는 크기를 고려하였고 기존 콤바인에 사용되는 벼용 탈곡망을 탈곡망의 망 눈 크기를 6 x 6mm의 메시망(격자철망)를 제작하여 교체 장착하고 시험하였다. 표 2-13과 그림 2-21에서와 같이 자탈형 콤바인의 선별체 진동수 4.8 Hz, 탈곡드럼 급동회전 속도는 352회/분으로 조정하고 비산 손실률을 줄이기 위해 선별체 채퍼각은 “보리수확( $40^{\circ}$ )”에 송풍 바람의 세기는 약한 위치( $2.62 \text{ m/s}$ )에 각각 조정하여 0.5m/초 작업속도로 수확하였다.

그림 2-20. 잡곡류(조, 수수, 기장, 팥)의 콤바인 기계수확 방법



표 2-13. 조, 기장 기계수확을 위한 자탈형(벼) 콤바인의 기능개선 및 조작방법

| 탈곡망 형상       | 엔진회전 속도   | 선별체 진동수 | 배진판  | 배진량 | 송풍세기    | 작업속도   | 작업폭  |
|--------------|-----------|---------|------|-----|---------|--------|------|
| 메시형<br>(6mm) | 2,000 RPM | 4.8Hz   | 보리수확 | 적계  | 2.40m/s | 0.5m/s | 1.5m |



그림 2-21. 조, 기장 기계수확을 위한 자탈형(벼) 탈곡망 및 조작방법

콤바인 수확에 따른 콤바인 작업시간의 조사는 대조구인 ‘인력점파’는 인력에 의한 수확·탈곡 작업시간을 측정하였고, ‘기계점파’, ‘육묘기계이식’, ‘산파’, ‘줄뿌림’ 재배방법에 따른 콤바인

의 작업개시부터 작업완료까지의 수확작업 시간을 각각 측정하여 10a당 노동투입시간으로 환산하였다. 또한 콤바인 수확의 효과분석을 위해 표 2-14에서와 같이 수확물의 탈립율, 예취손실률, 미탈곡손실률, 배진구손실률 및 곡립협잡비율을 각각 조사하였다.

표 2-14. 콤바인 수확 특성조사 방법

| 조사항목   | 조사기준                               | 단위 |
|--------|------------------------------------|----|
| 탈립율    | 종실 1,000개립의 탈립 비율                  | %  |
| 예취손실률  | (예취손실립의 무게/총곡립의 무게) × 100          |    |
| 미탈곡손실률 | {미탈곡립무게/ (총곡립무게-예취손실립무게)} × 100    | %  |
| 배진구손실률 | {배진구손실립무게/ (총곡립무게-예취손실곡립무게)} × 100 | %  |
| 비산손실률  | {비산손실립무게/ (총곡립중량-예취손실곡립무게)} × 100  | %  |
| 곡립협잡비  | 협잡 중량/수확물중 곡립량                     | %  |

## (2) 보통형 콤바인 이용 직립형 팔의 기계 수확 적합성 평가

지금까지 농가에서 재배되고 있는 재래종 팥은 생육기간이 길며, 협의 성숙이 불균일하고 쓰러짐에 의해 인력으로 수확 탈곡하여 노동력이 많이 들어 콤바인으로 기계 수확할 수 있는 기술 개발이 필요한 실정이었다. 최근 쓰러짐에 강하고 콤바인 기계수확에 적합한 직립형인 신품종(홍언, 아라리)이 개발되어 농가에 보급되고 있다. 팥은 콩에 비해서 꼬투리가 낮게 달려 수확 시 협이 튀기 쉬워 예취부에서의 손실률이 높고, 알곡 파쇄에 의한 손상립이 발생하기 쉬우므로 완숙기 후 2주일 이내에 종실 수분이 16~18% 되는 시기에 수확을 하였다. 팥의 콤바인의 수확적합성 평가는 보통형 콤바인(얀마, GS400)을 이용하여 수행하였다. 팥은 콤바인 수확은 ‘보통형 콤바인’으로만 수확이 가능하며 손실률과 손상립을 줄이기 위해서는 기계수확에 앞서 콤바인의 몇 가지 조작이 필요하다. 먼저, 콤바인의 리일 갈퀴 방향은 예취날 보다 뒤쪽에 두고 속도는 18rpm/분으로 조정하고, 탈곡급동 회전속도를 약 300rpm/분으로, 흔들체는 ‘최대’로, 송풍세기는 ‘중간’로 조정하고 0.6m~0.9m/초로 작업속도로 수확하였다.

표 2-15. 팥 수확 시 보통형 콤바인의 각부 조작 방법

| 리일갈퀴<br>방향 | 리일<br>회전수(rpm) | 곡물 이송<br>오거 조절 | 탈곡급동<br>회전수(rpm) | 배진량<br>조절레바 | 선별체<br>조절 | 풍구회전<br>조절 |
|------------|----------------|----------------|------------------|-------------|-----------|------------|
| 뒤 쪽        | 18             | 11T            | 300              | 7           | 표준        | 중          |

팥의 콤바인 수확에 따른 콤바인 작업시간의 조사는 대조구인 ‘인력점파’는 인력에 의한 수확·탈곡 작업시간을 측정하였고, ‘기계점파’, ‘줄뿌림’ 재배방법에 따른 콤바인의 작업개시부터 작업완료까지의 수확작업 시간을 각각 측정하여 10a당 노동투입시간으로 환산하였다. 또한 콤바인 수확의 효과분석을 위해 표 2-14에서와 같이 수확물의 예취손실률, 미탈곡손실률, 배진구손실률 및 곡립협잡비율을 각각 조사하였다.

## 나. 연구개발수행 결과

### (1) 잡곡의 재배양식별 수확 기계화 적합성 평가

잡곡류의 수수와 밀렛류 잡곡인 조와 기장은 자탈형 콤바인으로, 팥은 보통형 콤바인을 이용하여 재배양식에 따른 수확 기계화 적합성 평가하였다. 재배양식별 수확방법에 따른 노동력을 조사한 결과 수수의 경우 ‘인력파종’ 및 ‘인력수확’에 비해 ‘기계점파+콤바인 수확’에서 13.91시간, ‘육묘 기계이식+ 콤바인 수확’에서 수확 노력시간이 13.94시간이 절감되었고, 기장의 경우 ‘기계점파+콤바인 수확’ ‘줄뿌림+콤바인 수확’ ‘산파+콤바인 수확’이 ‘인력 파종 및 인력수확’에 비해 각각 26.22 시간, 26.47 시간, 26.42 시간/10a 절감할 수 있었다. 조의 경우도 ‘기계점파+콤바인 수확’ ‘줄뿌림+콤바인 수확’ ‘산파+콤바인 수확’이 ‘인력 파종 및 인력수확’에 비해 각각 27.19시간, 27.45시간, 27.41시간/10a 절감할 수 있었다. 또한 팥의 경우는 인력파종 및 수확에 비해 ‘조파(줄뿌림)+ 콤바인 수확’에서 23.06시간/10a이 절감되었다. 조와 기장과 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배는 150cm의 넓은 이랑에 줄뿌림함으로써 4조식 벼콤바인의 예취폭으로 한번 주행으로 기계수확이 가능하였고, 줄뿌림 파종 기술은 인력파종에 비해 10a당 약 42.53시간/10a시간(93.4%) 파종 시간이 절감되었다. 따라서 조, 수수, 기장 등 잡곡의 콤바인으로 수확할 경우 수확·탈곡 시간은 인력 수확·탈곡방법에 비해 10a당 21시간, 90% 이상 노력비를 절감 할 수 있었다.

표 2-16. 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 수확 방법별 노력 투여시간(시간/10a)

| 작물 | 파종방법 | 수확방법 | 노동력 투입시간(시간/10a/1인) |       |       | 단축시간  |
|----|------|------|---------------------|-------|-------|-------|
|    |      |      | 수확                  | 탈곡·정선 | 계     |       |
| 수수 | 인력점파 | 인력   | 7.99                | 6.50  | 14.49 | -     |
|    | 기계점파 | 콤바인  | 0.58                | -     | 0.58  | 13.91 |
|    | 육묘이식 | 콤바인  | 0.55                | -     | 0.55  | 13.94 |
| 기장 | 인력점파 | 인력   | 19.62               | 7.28  | 26.9  | -     |
|    | 기계점파 | 콤바인  | 0.69                | -     | 0.69  | 26.22 |
|    | 줄뿌림  | 콤바인  | 0.43                | -     | 0.43  | 26.47 |
|    | 산파   | 콤바인  | 0.48                | -     | 0.48  | 26.42 |
| 조  | 인력점파 | 인력   | 19.36               | 8.55  | 27.91 | -     |
|    | 기계점파 | 콤바인  | 0.72                | -     | 0.72  | 27.19 |
|    | 줄뿌림  | 콤바인  | 0.46                | -     | 0.46  | 27.45 |
| 팥  | 인력점파 | 인력   | 11.78               | 5.66  | 17.44 | -     |
|    | 기계점파 | 콤바인  | 1.03                | -     | 1.03  | 16.41 |
|    | 줄뿌림  | 콤바인  | 0.86                | -     | 0.86  | 16.58 |

잡곡(조, 수수, 기장)의 직립성 화본과 작물로 콤바인 수확이 유리한 장점을 갖고 있는 작물이다. 그동안 잡곡의 재배면적이 적고, 주로 소면적으로 재배되어 왔기 때문에 콤바인 수확기술이 개발되지 않았다. 콤바인 수확에 따른 수확물의 곡립조성비 및 선별 손실률을 조사한 결과는 표 2-17과 그림 2-22에서와 같았다. 탈곡망 크기별 곡립 협잡비는 조의 경우 기존 탈곡망(13mm)에서 39%인데 반해 개선한 탈곡망(6mm)에서는 6%로 낮아졌고, 기장도 19.9%에서 3.3%로 크게 낮아졌다. 비산 손실립비 및 배진구를 통한 손립비는 기존 탈곡망에 비해 개선된 탈곡망에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 탈립율은 조의 경우 기존 탈곡망(13mm)에서 53%인데

반해 개선한 탈곡망(6mm)에서는 89%로 36%이상 높아졌다. 기장은 개선한 탈곡망 개선으로 기존 탈곡망에 비해 11%로 정도 높아졌다. 이는 조의 경우 기존 탈곡망의 경우 탈곡망 크기가 큰 기존 탈곡망에서는 조 이삭의 송이가 탈립되지 않은 상태로 탈곡망을 빠져 나가 탈립 곡립의 비율은 낮아지고 미탈립 곡립과 협잡물의 비율은 증가하였다. 조, 수수, 기장 등 잡곡의 콤바인으로 수확할 경우 수확·탈곡 시간은 인력 수확·탈곡방법에 비해 10a당 21시간, 90% 이상 노력비를 절감 할 수 있다. 또한 조와 기장과 같은 소립형 잡곡을 수확할 때 간단한 탈곡망 개선으로 탈곡 수율을 높일 수 있다. 따라서 조 기장의 콤바인에 따른 곡립 조성비는 탈곡망 크기 및 선별체 채퍼각이 주요 요인이 되기 때문에 콤바인을 이용한 대량수확과 탈곡성능을 높이기 위해 탈곡망의 눈크기를 6x6mm를 제작하여 교체 장착하고 선별체 진동수 4.8 Hz, 탈곡드럼 급동회전 속도는 352회/분, 선별체 채퍼각은 “보리수확(40°)”에 송풍바람의 세기는 약한 위치(2.62 m/s)에 각각 조정하여 콤바인 수확하여야 할 것으로 판단되었다.

표 2-17. 조와 기장의 자탈형 콤바인의 탈곡망 크기 조건에 따른 탈립률

| 작물 | 탈곡망 눈금크기<br>(mm) | 곡립 협잡비<br>(%) | 비산순실립비<br>(%) | 배진구 손실립비<br>(%) | 탈립률<br>(%) |
|----|------------------|---------------|---------------|-----------------|------------|
| 조. | 기존 탈곡망(13mm)     | 39.0          | 3             | 5               | 53         |
|    | 개선 탈곡망(6mm)      | 6.0           | 2             | 3               | 89         |
| 기장 | 기존 탈곡망(13mm)     | 10.9          | 3             | 6               | 87         |
|    | 개선 탈곡망(6mm)      | 3.3           | 2             | 3               | 98         |









<콤바인 수확>
<기존 탈곡망(13mm) 이용>
<개선 탈곡망(6mm)>

그림 2-22. 조, 기장 콤바인 수확 시 탈곡망 눈금크기에 따른 알곡 품위 비교

잡곡류(조, 수수, 기장, 팥)의 콤바인 수확의 효과를 분석하기 위해 수확작업과정의 곡립 협잡비, 비산 손실립비, 배진구 손실립비 및 탈립률 등 곡립 조성비를 조사한 결과는 표 2-18에서와 같았다. 곡립의 협잡비는 수수 18%로 가장 높았으며, 조 6%, 기장 3.24%, 팥 1.3% 순으로 낮은 경향을 보였다.

표 2-18. 잡곡류(조, 수수, 기장)의 콤바인 수확에 따른 곡립 조성비 비교

| 작물 | 파종방법 | 미탈곡 예취 손실률(%) | 곡립 협잡비 (%) | 비산 손실률 (%) | 배진구 손실률 (%) | 탈립률 (%) |
|----|------|---------------|------------|------------|-------------|---------|
| 수수 | 기계점파 | 4.2           | 18.05      | 0.5        | 1.5         | 97      |
|    | 육묘이식 | 1.2           | 14.8       | 0.5        | 1.4         | 98      |
| 기장 | 기계점파 | 2.1           | 3.24       | 2.0        | 3.2         | 98      |
|    | 줄 뿌림 | 2.2           | 3.13       | 2.1        | 2.7         | 97      |
| 조  | 산 파  | 3.3           | 3.35       | 2.3        | 3.5         | 94      |
|    | 기계점파 | 1.8           | 6.23       | 2.4        | 3.2         | 89      |
| 조  | 줄 뿌림 | 1.4           | 5.87       | 2.2        | 2.8         | 87      |
|    | 산 파  | 3.2           | 6.67       | 2.2        | 3.7         | 84      |






<수수>
<조>
<기장>
<팥>

그림 2-22. 잡곡류의 콤바인 기계 수확 시 알곡 품위 비교

팥의 콤바인 수확에 있어서 수확 손실은 예취부에서의 발생 비율이 높고 예취 높이가 높을 수록 증가하게 된다. 높은이랑 재배는 포장의 요철에 의해 발생하는 피칭(Pitching, 상하 이동을 동반하는 전후 방향으로의 기울어짐)과 롤링(Rolling, 좌우 방향으로의 기울어짐)에 의해 수확부가 크게 움직이거나 또는 예취 날의 지나친 낮춤에 의해 예취 날 부분이 흙을 들어 올려서 탈곡통까지 보내기 때문에 콤바인 수확 시 오립의 발생이 증가하였다. 반면 넓은이랑 줄뿌림 재배는 보통형 콤바인의 예취폭으로 넓은 두둑을 한번에 수확이 가능하며, 높은이랑 재배에 비해 낮게 예취할 수 있어 포장의 요철에 의한 예취부 손실률을 크게 줄일 수 있었다. 직립형 팥의 재배양식별 콤바인 기계수확 성능을 평가한 결과 표 2-19에서와 같이 넓은이랑 줄뿌림 재배의 콤바인 수확 예취 가능 높이는 7cm로 높은이랑 재배의 예취높이 10cm에 비해 낮게 예취가 가능하며 예취부 미탈곡 손실률을 3% 이하로 크게 줄일 수 있었다.

표 2-19. 직립형 팥의 재배양식별 콤바인 기계수확 성능

| 재배양식      | 예취높이<br>(cm) | 손실률(%)     |           |
|-----------|--------------|------------|-----------|
|           |              | 예취부        | 배진구       |
| 높은이랑 기계점파 | 10.5±1.28    | 12.23±1.06 | 8.55±1.04 |
| 넓은이랑 줄뿌림  | 6.9±0.35     | 3.39±0.32  | 3.35±0.19 |



그림 2-22. 직립형 팥의 재배양식별 콤바인 기계수확에 따른 예취 높이

## (2) 파종방법 및 수확방법에 따른 경제성 분석

잡곡류(조, 수수, 기장, 팔)의 파종방법 및 콤바인 기계수확 기술의 경제성 분석 결과는 표 2-20에서와 같았다. 파종 및 수확방법에 따른 투입된 노력비를 산출한 결과 수수의 경우 ‘인력 점파 + 인력수확’은 319천원/10a이었고, ‘기계점파 + 콤바인수확’은 85천원/10a이 소요된 반면, ‘육묘기계이식 + 콤바인 수확’은 85천원/10a이 소요되어, ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 239천원/10a이 적게 소요되었다. 조와 기장의 경우는 ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 ‘줄뿌림 + 콤바인 수확’이 각각 453천원/10a과 462천원/10a이 절약되었다. 또한 팔의 경우도 ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 ‘줄뿌림 + 콤바인수확’이 각각 223천원/10a 적게 소요되었다. 파종방법 및 수확방법별 투입된 경영비를 산출한 결과 수수의 경우 ‘인력점파 + 인력수확’는 457천원/10a이었고, ‘기계점파 + 콤바인수확’은 223천원/10a이 소요된 반면, ‘육묘기계이식 + 콤바인 수확’은 249천원/10a이 소요되어, ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 208천원 /10a이 적게 들었다. 조와 기장의 경우는 ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 ‘줄뿌림 + 콤바인수확’이 각각 453천원/10a과 462천원/10a이 절약되었다. 또한 팔의 경우도 ‘인력점파 + 인력수확’에 비해 ‘줄뿌림 + 콤바인수확’이 각각 220천원/10a 적게 소요되었다. 또한 파종방법에 따른 경영비를 제외한 소득을 평가한 결과 ‘기계점파’, ‘육묘기계이식’, ‘줄뿌림 파종’, ‘산파’ 등 기계화 파종방법과 콤바인 수확기술을 적용하면 ‘인력파종+인력수확’보다 수수는 19%, 조는 약 43%, 기장은 75%, 팔의 경우는 38%정도 각각 소득이 높아졌다. 따라서 작물별 파종방법 및 수확방법을 평가한 결과 수수의 경우 ‘육묘기계이식’, 조와 기장의 경우는 ‘줄뿌림’과 ‘산파’, 팔의 경우는 ‘줄뿌림’ 재배에서 소득이 높아 가장 적합한 재배법이 될 수 있다고 판단되었다.

표 2-20. 잡곡류의 재배방법에 따른 경제성 분석

(천원/10a/1인)

| 작물<br>(품종)  | 파종방법 | 수확방법  | 노력비<br>(천원/10a) | 경영비<br>(천원/10a) | 조수익<br>(천원/10a) | 소득<br>(천원/10a) | 소득<br>지수 |
|-------------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------|
| 수수<br>(남풍찰) | 인력점파 | 인력수확  | 319             | 457             | 1,715           | 1,259          | 100      |
|             | 기계점파 | 콤바인수확 | 85              | 223             | 1,472           | 1,248          | 119      |
|             | 육묘이식 | 콤바인수확 | 80              | 249             | 1,496           | 1,248          | 119      |
| 조<br>(삼다찰)  | 인력점파 | 인력수확  | 486             | 674             | 2,391           | 1,717          | 100      |
|             | 기계점파 | 콤바인수확 | 101             | 289             | 2,443           | 2,154          | 125      |
|             | 줄 뿌림 | 콤바인수확 | 33              | 221             | 2,569           | 2,348          | 137      |
|             | 산파   | 콤바인수확 | 55              | 263             | 2,672           | 2,409          | 140      |
| 기장<br>(이백찰) | 인력점파 | 인력수확  | 495             | 683             | 1,093           | 409            | 100      |
|             | 기계점파 | 콤바인수확 | 118             | 306             | 1,067           | 761            | 173      |
|             | 줄 뿌림 | 콤바인수확 | 33              | 221             | 1,340           | 1,119          | 188      |
|             | 산파   | 콤바인수확 | 59              | 267             | 1,449           | 1,183          | 175      |
| 팔<br>(아라리)  | 인력점파 | 인력수확  | 279             | 411             | 1,494           | 1,082          | 100      |
|             | 기계점파 | 콤바인수확 | 40              | 173             | 1,621           | 1,448          | 134      |
|             | 줄 뿌림 | 콤바인수확 | 28              | 191             | 1,979           | 1,788          | 142      |

### (3) 잡곡의 생산비 절감 기계화 재배기술 현장 평가 및 만족도 조사

잡곡류의 생산비 절감 기계화 과종기술 및 콤바인 수확기술에 대한 현장평가 연시회를 각각 7회에 걸쳐 개최하여 투입된 기계화 재배기술에 대한 농가 만족도 조사 실시하였다(그림 2-23).



그림 2-23. 잡곡의 생산비 절감 기계화 재배기술 현장 평가 연시회 개최

투입된 기계화 과종기술 수수의 육묘 기계이식재배에 대한 기술 만족도는 88%였고, 기술수용 의향도는 88%였다. 조의 콤바인 기계수확기술 만족도는 86.4%, 기술수용 의향도 86.3%였다. 또한 팥 줄뿌림 기계과종기술의 만족도는 89%, 기술수용 의향도 96%였으며, 수수의 콤바인 기계수확기술에 대한 만족도는 만족도 76%, 기술수용 의향도 92%로 각각 조사되었다(그림 2-24).

따라서 투입기술에 대한 농가 만족도를 분석한 결과 생력재배("기계산파 + 콤바인 수확")에 대한 만족도 대체로 높았고 기술 수용의향도가 높아 경운정지, 비닐피복, 약제방제 등 다른 농작업에 비해 기계화율이 낮은 조와 기장의 생력 기계화에 대한 파급효과가 높을 것으로 보이며 개발된 생력재배 기술보급을 확대할 필요가 있을 것이라 사료되었다.

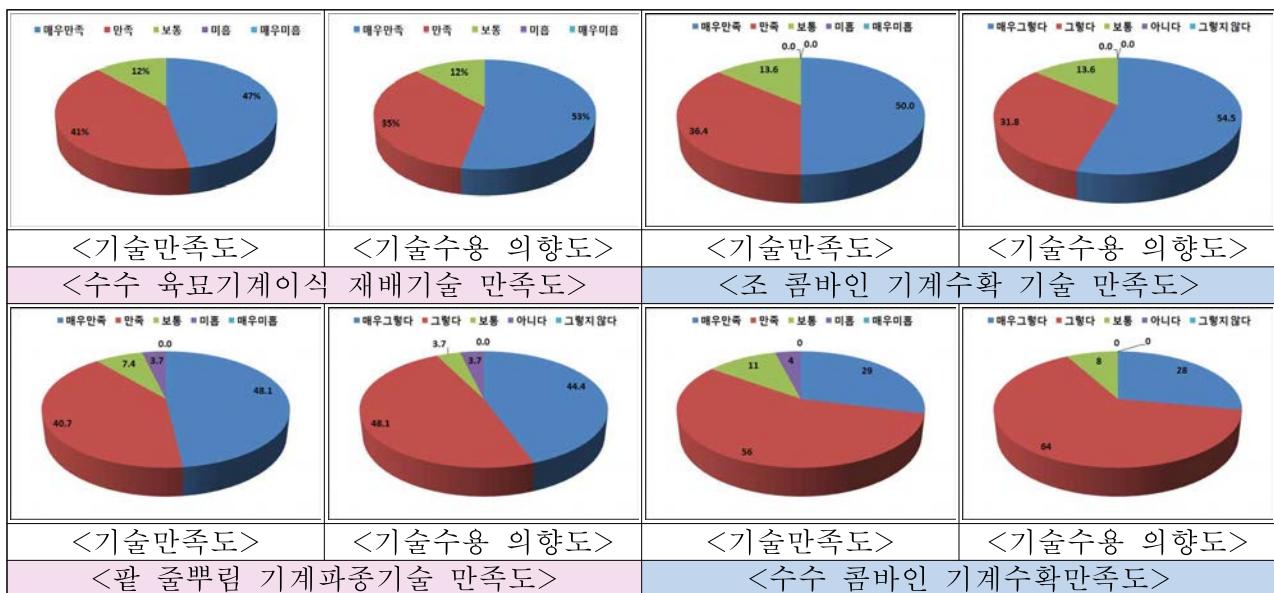


그림 2-24. 잡곡의 생산비 절감 기계화 재배기술 만족도 및 기술수용의향도 조사 결과

## 제3절 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

### 1. 조의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명

#### 가. 연구개발수행 내용

조의 기계화 재배에 적합한 고유재배의 품종 및 파종시기를 구명하기 위해 시험품종은 황금조, 삼다찰, 경관1호 등을 두었으며 파종시기는 품종별로 6월5일, 6월15일, 6월25일, 7월5일 등 4시기로 하였으며 피복자재는 흑색비닐멀칭을 하였다. 휴립광산파 규격 및 파종방법은 재식방법은 두둑길이 90cm, 고랑넓이 30cm로 하였으며 90cm 두둑위에 60×10cm 간격으로 구멍당 2~3립씩 소형점파기를 이용 파종하였다. 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=9-7-8kg/10a을 전량 기비로 사용하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다. 품종과 파종시기의 차이에 따른 출수기와 성숙기를 조사하였고, 성숙기에 줄기길이, 이삭길이, 이삭폭, 줄기두께, 주당이삭수, 주당경수, 이삭무게, 천립중, 수량 등을 조사하였다. 알곡이 90%정도 등숙하였을 때 수확, 탈곡하여 수분함량 13%로 건조하였다. 출수기는 전체의 60%이상 출수가 되었을 때의 날짜이며, 줄기길이는 지표면으로부터 이삭폭(이삭이 분지되는 지점)까지의 길이, 이삭길이는 이삭폭으로부터 이삭끝까지의 길이, 이삭폭은 이삭목을 위쪽으로, 이삭을 아래쪽으로 향하도록 하였을 때 이삭의 가장 넓은 부위의 폭, 줄기두께는 줄기 첫째마디와 둘째마디 사이의 두께, 주당이삭수와 주당경수는 주당 이삭과 줄기의 개수, 이삭무게는 이삭목에서 자른 이삭의 무게, 천립중은 무작위로 추출한 1,000립의 무게, 수량은 시험구의 수량을 10a당 kg으로 환산하였다. 통계처리로 시험군간의 수량에 대한 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)로 P<0.05 수준에서 분산분석으로 유의성을 검증 하였고 초장, 엽수, 근장 등 일반생육은 각처리 간 표준편차를 반영하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

조는 한발에 강하여 고온다조인 기상이 알맞고 비가 많이 오면 좋지 않으며 토양은 배수가 잘 되고 비옥한 사양토가 좋으나 저습지를 제외하면 거의 모든 토양에 잘 적응하고 척박한 개간지에서도 잘 적응하는 경향이다. 조 이식재배 전·후의 토양분석 방법은 작토층 깊이의 20개소에서 토양을 채취한 후 온도 20~25°C와 습도 20~60%가 유지되는 실내에서 건조 분쇄한 후 2mm 체를 통과 시킨 후 유발로 갈아서 0.5mm체를 통과 시켜 분석하였는데 이때 토양 이화학성 특성변화를 보면 시험전에 비해 시험 후에 유기물, 유효인산, EC 등이 떨어지는 경향이었다(표 3-1). 표 3-1. 조의 기계화 재배 전·후 토양 이화학적 특성변화

| 구분   | pH<br>(1:5) | 유기물<br>(g/kg) | 유효인산<br>(mg/kg) | 치환성 양이온<br>(cmol <sup>+</sup> /kg) |      |      | 양이온총량<br>(cmol <sup>+</sup> /kg) | EC<br>(dS/m) |
|------|-------------|---------------|-----------------|------------------------------------|------|------|----------------------------------|--------------|
|      |             |               |                 | K                                  | Ca   | Mg   |                                  |              |
| 재배 전 | 5.9         | 23            | 291             | 0.42                               | 7.37 | 2.01 | 14.0                             | 0.91         |
| 재배후  | 6.1         | 20            | 219             | 0.81                               | 11.7 | 3.12 | 16.3                             | 0.38         |

품종 및 파종시기별 초기 생육 및 출수 소요일수는 표 2-2에서와 같이 황금조와 삼다찰은 6월25일 까지는 90%이상을 나타 내었다. 경관1호는 6월 15일까지는 90% 이상으로 높았으나 그 이후는 88% 수준을 나타내었다. 황금조의 출수소요일수는 6월5일 53일, 6월15일 45일, 6월25일 44일, 7월5일이 44일이 소요되었다. 삼다찰의 출수소요일수는 6월5일 65일, 6월15일 60일, 6월25일 56일, 7월5일로 50일이 소요되었다. 경관1호의 출수소요일수는 6월5일 58일, 6월15일 56일, 6월25일 54일, 7월5일로 50일이 소요되었다. 파종시기

별 출수기의 품종간 차이는 6월 5일 파종시 출수소요일수 황금조 53일, 삼다찰 65일, 경관1호는 58일이 소요되었고, 6월 15일 파종에서는 황금조 45일, 삼다찰 60일, 경관1호는 56일이 소요되었다. 6월 25일 파종에서는 황금조 44일 삼다찰 56일, 경관1호 54일이 소요되었으며 7월 5일 파종에서는 황금조 44일, 삼다찰 50일, 경관1호 50일이 소요되어 파종일이 10일이 늦어질수록 출수기는 황금조가 2일정도, 삼다찰은 3일정도, 경관1호는 6~8일 정도 차이가 있는 것으로 조사되었다.

표 2-2. 품종 및 파종시기별 초기 생육 및 출수 소요일수

| 품 종  | 파종시기   | 입모수<br>(m <sup>2</sup> 당) | 입모율 | 초장<br>(cm) | 주당엽수<br>(매) | 출수기<br>(월.일) | 출수소요<br>일수(일) |
|------|--------|---------------------------|-----|------------|-------------|--------------|---------------|
| 황금조  | 6월 5일  | 32±0.58                   | 100 | 108±2.16   | 9.0±0.67    | 7.28         | 53            |
|      | 6월 15일 | 32±0.57                   | 100 | 62± 1.05   | 6.5±0.33    | 7.30         | 45            |
|      | 6월 25일 | 31±0.58                   | 93  | 29±1.70    | 4.5±0.33    | 8. 8         | 44            |
|      | 7월 5일  | 26±0.57                   | 79  | 7±1.76     | 3.1±0.30    | 8.18         | 44            |
| 삼다찰  | 6월 5일  | 31±0.58                   | 93  | 100±3.02   | 9.1±0.26    | 8. 9         | 65            |
|      | 6월 15일 | 30±1.00                   | 91  | 61±2.36    | 6.9±0.27    | 8.14         | 60            |
|      | 6월 25일 | 31±0.57                   | 93  | 19±2.11    | 4.1±0.27    | 8.20         | 56            |
|      | 7월 5일  | 25±1.15                   | 76  | 6±1.70     | 3.6±0.27    | 8.24         | 50            |
| 경관1호 | 6월 5일  | 30±1.00                   | 91  | 111±6.69   | 8.9±0.34    | 8. 2         | 58            |
|      | 6월 15일 | 31±0.58                   | 93  | 66±5.49    | 6.9±0.44    | 8.10         | 56            |
|      | 6월 25일 | 29±0.58                   | 88  | 30±2.54    | 5.6±0.46    | 8.18         | 54            |
|      | 7월 5일  | 29±1.52                   | 88  | 8±1.70     | 3.5±0.33    | 8.24         | 50            |

- Investigation : July 15

품종 및 파종시기별 수확기 생육에서 전품종이 간장과 경태는 파종시기가 늦어질수록 낮게 나타났고 황금조, 삼다찰, 경관1호 분지수는 6월25일 파종까지는 늘어나는 경향을 나타내었으나 그 이후는 떨어지는 경향을 나타내었다. 이삭길이는 6월중순까 지는 커지는 경향을 나타내었다(표 3-3).

표 3-3 품종 및 파종시기별 수확기 생육

| 품 종  | 파종시기   | 간장<br>(cm) | 경 태<br>(mm) | 분지수<br>(개/주) | 이삭길이<br>(cm) |
|------|--------|------------|-------------|--------------|--------------|
| 황금조  | 6월 5일  | 129±5.51   | 7.3±0.30    | 1.7±0.30     | 22±2.00      |
|      | 6월 15일 | 131±3.21   | 7.1±0.10    | 1.9±0.10     | 23±0.58      |
|      | 6월 25일 | 121±3.61   | 6.7±0.20    | 1.8±0.20     | 21±1.00      |
|      | 7월 5일  | 120±2.65   | 6.5±0.30    | 1.1±0.45     | 20±2.00      |
| 삼다찰  | 6월 5일  | 128±2.65   | 7.5±0.30    | 1.8±0.20     | 25±2.00      |
|      | 6월 15일 | 132±2.00   | 7.7±0.10    | 2.0±0.50     | 27±1.00      |
|      | 6월 25일 | 131±1.00   | 7.5±0.10    | 2.2±0.30     | 23±1.00      |
|      | 7월 5일  | 130±3.00   | 7.4±0.20    | 1.1±0.40     | 20±2.00      |
| 경관1호 | 6월 5일  | 131±1.00   | 8.1±0.40    | 1.3±0.20     | 23±1.00      |
|      | 6월 15일 | 119±3.00   | 8.2±0.20    | 1.8±0.20     | 25±2.00      |
|      | 6월 25일 | 115±1.73   | 7.5±0.30    | 2.4±0.10     | 24±1.00      |
|      | 7월 5일  | 91±2.65    | 6.9±0.45    | 1.0±0.20     | 22±2.00      |



&lt;June 5.~July 5.&gt;

&lt;June 5.~July 5.&gt;

&lt;June 5.~July 5.&gt;

그림 3-1. 품종 및 파종시기별 이삭광경 (9월 17일)

품종 및 파종시기별 수량성은 표 3-4에서 보는 바와 같이 4시기 평균 조사 결과 1년차와 2년차 수량차이는 있었으나 평균적으로 10a당 삼다찰 355kg > 황금조 350kg > 경관1호 317kg 순을 나타내었다. 파종시기별 수량은 6월중순 파종에서 삼다찰 375kg/10a, 황금조 372kg, 경관1호 336kg로 모두 높은 경향을 나타내었고 7월5일 파종에서 낮은 경향을 나타 내었으나 삼다찰을 제외한 두 품종은 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-4. 품종 및 파종시기별 수량성 (2014-2015년)

| 품종    | 파종<br>시기 | 이삭중(g) |     |          | 이삭당<br>종실중(g) |      |          | 이삭수<br>(이삭/주) |     |         | 수량(kg/10a) |      |      | 지수  |
|-------|----------|--------|-----|----------|---------------|------|----------|---------------|-----|---------|------------|------|------|-----|
|       |          | '14    | '15 | 평균       | '14           | '15  | Av.      | '14           | '15 | Av.     | '14        | '15  | Av.  |     |
| 황금조   | 6월 5일    | 21     | 22  | 21.5±2.2 | 10.0          | 10.5 | 10.3±1.7 | 2.0           | 2.1 | 2.1±0.4 | 335a       | 350a | 343a | 92  |
|       | 6월15일    | 23     | 24  | 23.5±2.4 | 11.0          | 10.9 | 10.9±1.2 | 2.0           | 2.2 | 2.1±0.3 | 368a       | 375a | 372a | 100 |
|       | 6월25일    | 25     | 26  | 25.5±2.2 | 10.7          | 10.9 | 10.8±0.9 | 2.0           | 2.1 | 2.1±0.3 | 357a       | 366a | 362a | 97  |
|       | 7월 5일    | 13     | 21  | 17.0±2.7 | 9.7           | 10.8 | 10.3±0.9 | 2.0           | 1.9 | 1.9±0.2 | 322a       | 323a | 323a | 87  |
|       | 평균       |        |     |          |               |      |          |               |     |         | 346A       | 354A | 350A | 94  |
| 삼다찰   | 6월 5일    | 23     | 24  | 23.5±2.8 | 10.7          | 10.9 | 10.8±0.9 | 2.0           | 2.1 | 2.1±0.4 | 357a       | 364a | 361a | 96  |
|       | 6월15일    | 27     | 28  | 27.5±4.1 | 11.1          | 11.3 | 11.2±0.8 | 2.0           | 2.1 | 2.1±0.2 | 371a       | 379a | 375a | 100 |
|       | 6월25일    | 29     | 29  | 29.0±3.1 | 10.9          | 11.1 | 11.0±0.9 | 2.0           | 2.0 | 2.0±0.2 | 362a       | 371a | 367a | 98  |
|       | 7월 5일    | 19     | 22  | 20.5±3.6 | 9.5           | 10.5 | 10.0±0.9 | 2.0           | 1.9 | 1.9±0.3 | 318b       | 315a | 317b | 85  |
|       | 평균       |        |     |          |               |      |          |               |     |         | 352A       | 357A | 355A | 95  |
| 경관 1호 | 6월 5일    | 22     | 22  | 22.0±4.2 | 9.4           | 9.6  | 9.5±1.7  | 2.0           | 2.1 | 2.1±0.1 | 314a       | 321a | 318a | 95  |
|       | 6월15일    | 18     | 24  | 21.0±5.1 | 9.9           | 10.2 | 10.1±0.8 | 2.0           | 2.0 | 2.0±0.3 | 330a       | 341a | 336a | 100 |
|       | 6월25일    | 21     | 21  | 21.0±3.8 | 9.6           | 9.9  | 9.8±0.4  | 2.0           | 2.0 | 2.0±0.4 | 319a       | 315a | 317a | 94  |
|       | 7월 5일    | 16     | 22  | 19.0±4.2 | 8.9           | 10.1 | 9.5±1.3  | 2.0           | 1.9 | 1.9±0.2 | 298a       | 301a | 300a | 89  |
|       | 평균       |        |     |          |               |      |          |               |     |         | 315A       | 319A | 317A | 94  |

품종 및 파종시기별 병해충 발생정도는 전반적으로 노린재와 왕담배나방이 낮게 발생하였으나 7월5일 만파재배에서 이삭병해, 탄저병, 노린재, 왕담배나방 등이 발생하였다(표 3-5).

표 3-5. 품종 및 파종시기별 병해충 발생정도

| 품 종  | 파종시기  | 깜부기<br>병<br>(0-9) | 이삭병해<br>(0-9) | 탄저병<br>(0-9) | 조명나방<br>(0-9) | 노린재류<br>(0-9) | 왕담배나<br>방 (0-9) |
|------|-------|-------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| 황금조  | 6월 5일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월15일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월25일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 7월 5일 | 1                 | 1             | 1            | 0             | 3             | 3               |
| 삼다찰  | 6월 5일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월15일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월25일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 7월 5일 | 1                 | 1             | 1            | 0             | 3             | 3               |
| 경관1호 | 6월 5일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월15일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 6월25일 | 0                 | 0             | 0            | 0             | 1             | 1               |
|      | 7월 5일 | 1                 | 1             | 1            | 0             | 3             | 3               |

## 2. 조의 생력 기계화를 위한 휴립광산과 재배양식 표준화

### 가. 연구개발수행 내용

조의 기계재배에 적합한 휴립광산과 파종량을 구명하기 위한 처리내용은 10a당 0.5, 0.7, 1.0, 1.5kg 등 4수준으로 하였다. 재배방법은 두둑길이 120cm에 고랑넓이 30cm로 하였다. 시험 품종은 삼다찰로 하였으며 6월10일 파종 10월30일 수확하여 총 142일간 재배하였다. 시비량은 N-P2O5-K2O=9-7-8kg/10a을 전량 기비로 사용하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다. 파종량의 차이에 따른 출수기와 출수소요 일수를 조사하였고, 성숙기에 줄기길이, 이삭길이, 이삭폭, 줄기두께, 주당이삭수, 주당경수, 이삭무게, 천립중, 수량 등을 조사하였다. 알곡이 90%정도 등숙하였을 때 수확, 탈곡하여 수분함량 13%로 건조하였다. 출수기는 각각 전체의 60%이상 출수가 되었을 때의 날짜이며, 줄기길이는 지표면으로부터 이삭목(이삭이 분지되는 지점)까지의 길이, 이삭길이는 이삭목으로부터 이삭끝까지의 길이, 이삭폭은 이삭목을 위쪽으로, 이삭을 아래쪽으로 향하도록 하였을 때 이삭의 가장 넓은 부위의 폭, 줄기두께는 줄기 첫째마디와 둘째마디 사이의 두께, 주당이삭수와 주당경수는 주당 이삭과 줄기의 개수, 이삭무게는 이삭목에서 자른 이삭의 무게, 천립중은 무작위로 추출한 1,000립의 무게, 수량은 시험구의 수량을 10a당 kg으로 환산하였다. 통계처리로 시험군간의 수량에 대한 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)로 P<0.05 수준에서 분산분석으로 유의성을 검증 하였고 초장, 엽수, 근장 등 일반생육은 각처리간 표준편차를 반영하였다.

### 나. 연구개발수행 결과

휴립광산과 파종량별 포장 묘생육은 표 3-6에서 보는 것처럼 초장은 밀파할수록 높았고 근장과 건조중은 낮아진 경향을 나타내었다.

표 3-6. 휴립광산파 파종량별 포장 묘생육

| 처리별<br>(kg/10a) | 초장<br>(cm) | 엽수<br>(매) | 근장<br>(cm) | 건조중(mg/100주) |            |       |
|-----------------|------------|-----------|------------|--------------|------------|-------|
|                 |            |           |            | 지상부<br>(T)   | 지하부<br>(R) | T/R 율 |
| 0.5             | 19±3.0     | 4.5±0.5   | 23.5±1.5   | 13,311±529   | 9,217±105  | 1.4   |
| 0.7             | 21±2.0     | 5.0±0.5   | 22.1±1.6   | 13,045±105   | 8,023±108  | 1.6   |
| 1.0             | 22±2.0     | 4.8±0.3   | 21.3±2.0   | 12,104±100   | 7,968±110  | 1.5   |
| 1.5             | 23±1.0     | 4.5±0.4   | 20.9±1.0   | 12,067±678   | 7,471±109  | 1.6   |

파종량별 입모수와 초기 생육에서  $m^2$ 당 입모수는 0.5kg/10a 61개, 0.7 90개, 1.0 141개, 1.5 219개를 나타내었고 경태는 밀파할수록 낮아졌고 주당엽수, 분지수 출수기 및 출수소요일수는 처리 간 비슷하였다(표 3-7).

표 3-7. 파종량별 입모수와 초기 생육

| 처리별<br>(kg/10a) | 입모수<br>( $m^2$ 당) | 초장<br>(cm) | 경태<br>(mm) | 주당엽수<br>(매) | 출수기<br>(월.일) | 출수일수<br>(일) |
|-----------------|-------------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| 0.5             | 61±10.0           | 95±7.0     | 6.8±1.0    | 8.2±0.2     | 8.11         | 61          |
| 0.7             | 90±13.2           | 99±8.4     | 6.7±0.6    | 7.9±0.1     | 8.10         | 62          |
| 1.0             | 141±13.2          | 105±7.8    | 6.5±0.7    | 8.2±0.3     | 8.10         | 62          |
| 1.5             | 219± 9.2          | 99±9.5     | 6.1±0.4    | 7.8±0.2     | 8.10         | 62          |

- 조사일 : 7월 15일, - 고휴점과 파종량 : 76g/10a (기준 : 삼다찰 천립중 2.3g)

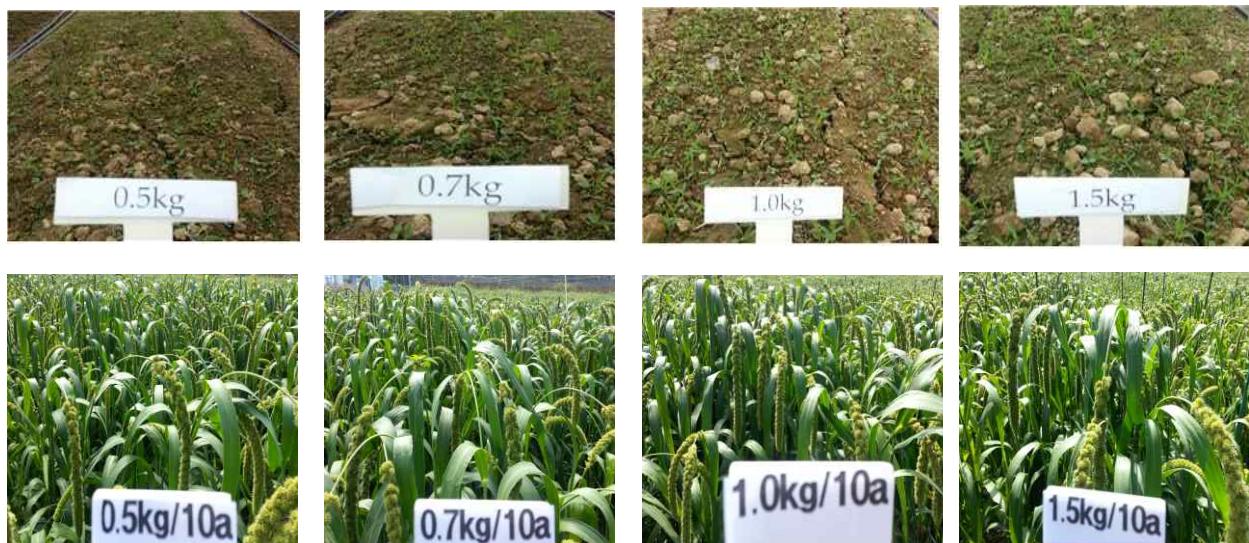


그림 2-3. 파종량별 생육광경(품종명: 삼다찰)

파종량별 수확기생육은 표 3-8에서와 같이 간장은 밀파할수록 높아지는 경향이었고, 경태, 분지수, 이삭길이는 밀파할수록 낮아지는 경향을 나타내었다. 파종량별  $m^2$ 당 수확주수는 1.0kg/10a 파종에서 35개로 가장 높았고 1.5kg는 이삭중과 이삭당 종실중이 낮아 수량이 낮은 경향을 나타내었다.

표 3-8. 파종량별 수확기생육

| 처리별<br>(kg/10a) | 도복<br>(1-9) | 간장<br>(cm) | 경태<br>(mm) | 분지수<br>(개/주) | 이삭길이<br>(cm) | $m^2$ 당<br>수확주수 | 조곡<br>천립중(g) |
|-----------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| 0.5             | 1.2±0.3     | 131±8.7    | 7.0±1.0    | 0.7±0.3      | 22±2.6       | 29±1.7          | 2.5±0.2      |
| 0.7             | 1.3±0.6     | 132±3.2    | 6.9±0.8    | 0.6±0.3      | 21±1.7       | 34±2.1          | 2.3±0.1      |
| 1.0             | 0.8±0.3     | 134±8.7    | 6.8±0.7    | 0.4±0.3      | 21±2.9       | 35±1.7          | 2.2±0.2      |
| 1.5             | 5.2±0.3     | 136±6.9    | 6.7±0.6    | 0.2±0.2      | 19±2.5       | 36±1.7          | 1.9±0.2      |

파종량별 수량성에서 주당 이삭중은 20~26g, 이삭당종실중은 9.1~11.0g으로 밀파할수록 낮아지는 경향을 나타내었고 이삭수는 평균 주당 1개를 나타내었다. 파종량별 10a당 수량성은 통계적으로 큰 유의성은 나타나지 않았으나 10a당 1.0kg 파종가 355kg으로 가장 높았고, 0.7kg 98% > 1.5kg 94% > 0.5kg 92%를 나타내었다(표 3-9).

표 3-9. 파종량별 수량성 (2014-2015년)

| 처리별<br>(10a) | 이삭중(g) |     |        | 이삭당<br>종실중(g) |      |          | 이삭수<br>(이삭/주) |      |         | 수량(kg/10a) |      |      | 지수  |
|--------------|--------|-----|--------|---------------|------|----------|---------------|------|---------|------------|------|------|-----|
|              | '14    | '15 | Av.    | '14           | '15  | Av.      | '14           | '15  | Av.     | '14        | '15  | Av.  |     |
| 0.5          | 25     | 27  | 26±1.8 | 10.4          | 11.5 | 11.0±2.2 | 1.05          | 1.02 | 1.0±0.4 | 325a       | 332a | 328a | 92  |
| 0.7          | 24     | 25  | 25±2.2 | 9.8           | 10.1 | 10.0±1.7 | 1.0           | 1.0  | 1.0±0.2 | 340a       | 347a | 343a | 98  |
| 1.0          | 22     | 23  | 23±1.5 | 9.2           | 10.0 | 9.6±2.2  | 1.02          | 1.0  | 1.0±0.2 | 359a       | 351a | 355a | 100 |
| 1.5          | 19     | 21  | 20±1.7 | 8.9           | 9.2  | 9.1±1.4  | 1.0           | 1.0  | 1.0±0.2 | 343a       | 328a | 335a | 94  |

C.V (%) ..... 6.9 5.7 5.5

파종량별 병해충 발생정도는 표 3-10에서와 같이 탄저병과 조명나방이 낮게 발생하였고 1.5kg 재배에서 발생정도가 뚜렷한 경향을 나타내었다.

표 3-10. 파종량별 병해충 발생정도

| 처리별<br>(kg/10a) | 깜부기병<br>(0-9) | 이삭병해<br>(0-9) | 탄저병<br>(0-9) | 조명나방<br>(0-9) | 노린재류<br>(0-9) | 왕담배나방<br>(0-9) |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 0.5             | 0             | 0             | 1            | 1             | 0             | 0              |
| 0.7             | 0             | 0             | 1            | 1             | 0             | 0              |
| 1.0             | 0             | 0             | 1            | 1             | 0             | 0              |
| 1.5             | 1             | 1             | 3            | 1             | 1             | 3              |

조사일 : 9월10일

### 3. 조의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험

#### 가. 연구개발 수행 내용

시험품종 및 실증장소는 삼다찰을 나주시 공산면 윤만종 농가포장에서 재배규모 1ha에서 실시하였다. 파종 및 시비량은 1kg/10a, N-P-K-퇴비=9-7-8-1000kg/10a을 시비하였다. 실증기술은 휴립광산파 재배기술, 휴립기계이식재배기술, 범용콤바인 수확 기술을 실증하였다. 파종방법은 휴립광산파, 휴립인력점파로 하였다. 시험구배치는 파종방법별로 단구제로 하였으며 조사 내용은 생육, 수량, 투입기술별 노동력 투입시간 등을 조사 분석하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

파종방법별 파종노력 투여시간은 표 3 - 11에서와 같이 10a당 휴립인력점파(17.1시간)> 휴립기계점파(10.4)> 휴립기계육묘이식멸칭(7.3)> 휴립기계육묘이식멸칭(7.0)> 휴립광산파(4.4)로 나타났다.

표 3-11. 파종방법별 파종노력 투여시간

단위 : ha

| 파종방법          | 노동력 투입시간(시간/ha) |          |          |          |     |      |      |     |      |       | 단축시간 및 소요지수 |
|---------------|-----------------|----------|----------|----------|-----|------|------|-----|------|-------|-------------|
|               | 시비              | 경운<br>정지 | 두둑<br>조성 | 상토<br>육묘 | 멸칭  | 파종   | 이식   | 제초제 | 솎음   | 계     |             |
| 휴립인력점파        | 3.9             | 2.7      | 17.5     | -        | -   | 61.2 | -    | 1.4 | 84.5 | 171.2 | -           |
| 휴립광산파         | 3.9             | 2.7      | 17.5     | -        | -   | 18.2 | -    | 2.1 | -    | 44.4  | 126.8       |
| 기계육묘이식<br>비멸칭 | 3.9             | 2.7      | 17.5     | 21.2     | -   | 3.2  | 20.1 | 1.4 | -    | 70.0  | 101.2       |
| 기계육묘이식<br>멸칭  | 3.9             | 2.7      | 17.5     | 21.2     | 3.4 | 3.2  | 20.1 | 1.4 | -    | 73.4  | 97.8        |
| 휴립기계점파        | 3.9             | 2.7      | 17.5     | -        | -   | 6.2  | -    | 1.4 | 72.5 | 104.2 | 67.0        |
|               |                 |          |          |          |     |      |      |     |      |       | 61          |

- 1분은 0.017시간



그림 3-3. 조의 기계화 재배를 위한 파종방법별 입모 및 작업광경

휴립기계 육묘이식용 개량파종기의 파종노력시간은 10a당 19분이 소요되어 손점파에 비해 파종 시간이 1/18로 단축되었으며 파종기 이용 적정면적은 20a 이상시 가능 하였다(표 3-12).

표 3-12. 기계육묘 이식용 파종기의 파종노력 소요비용과 절감정도

| 구 분 | 소요시간 및 금액 (10a당) |                |                                |               |                  |                 |          | 파종시간 단축정도     |
|-----|------------------|----------------|--------------------------------|---------------|------------------|-----------------|----------|---------------|
|     | 감가상각비<br>(A)     | 파종시간<br>(초/㎡당) | 소요시간                           | 노력비<br>(B)(원) | 상토비용<br>(C)(원)   | 소요금액<br>(A+B+C) | 금액<br>지수 |               |
| 파종기 | 50,000           | 15초            | 76개×15초 =<br>19분 (1,140초)      | 2,280         | 27,720<br>(3.6포) | 80,000          | 116      | 95%<br>(1/18) |
| 손점파 | -                | 270초           | 76개×270초 =<br>5시간41분 (20,520초) | 41,040        | 27,720<br>(3.6포) | 68,760          | 100      |               |

기계이식기를 이용한 조의 이식시간 절감 정도는 표 3-13에서와 같이 2.0시간이 소요 되어 관행 대비 90%가 절감되었다.

표 3-13. 기계이식기를 이용한 조의 이식시간 절감 정도

| 이식방법     | 10a당 소요시간       | 채소이식기 대비 | 절감정도(B/A) |
|----------|-----------------|----------|-----------|
| 양파이식기(A) | 2.0 (2시간 5분)    | 10       | 90% 절감    |
| 채소이식기(B) | 20.8 (20시간 50분) | 100      | -         |

범용콤바인 이용 조 기계수확 소요시간은 1.9시간이 소요되어 인력수확 대비 92%가 절감 되었다(표 3-14).

표 3-14. 범용콤바인 이용 조 기계수확 소요시간

| 수확방법     | 노동력 투입시간 (시간/10a) |     |      | 단축시간 | 노력비<br>절감(%) |
|----------|-------------------|-----|------|------|--------------|
|          | 수확                | 정선  | 계    |      |              |
| 범용콤바인(A) | 0.5               | 1.4 | 1.9  | 20.6 | 92           |
| 인력수확(B)  | 18.0              | 4.5 | 22.5 |      |              |

범용콤바인 : 크拉斯콤바인

파종방법별 생육은 표 3-15에서와 같이 휴립기계이식 멀칭이 입모율 95.2%, 초장 84.2cm, 경태 8.9mm로 양호하였으며 휴립광산파는 간장이 길어 도복에 약한 경향을 나타내었다.

표 3-15. 파종방법별 조 생육

| 파종방법   | 초기              |        |          |         | 후기          |    |      |
|--------|-----------------|--------|----------|---------|-------------|----|------|
|        | 주당본수            | 입모율(%) | 초장(cm)   | 경태(mm)  | 도복<br>(1~9) | 간장 | 이삭길이 |
| 인력점파   | 5.2             | 93.3   | 44.2±4.5 | 5.7±1.4 | 1           | 87 | 24   |
| 휴립광산파  | 82 <sup>J</sup> | 65.0   | 85.2±6.5 | 7.9±1.2 | 3           | 92 | 21   |
| 기계육묘이식 | 1.6             | 90.2   | 81.2±2.5 | 8.5±1.3 | 1           | 83 | 25   |
| 비멀칭    |                 |        |          |         |             |    |      |
| 기계육묘이식 | 1.9             | 95.2   | 84.2±1.5 | 8.9±0.9 | 1           | 85 | 26   |
| 멀칭     |                 |        |          |         |             |    |      |
| 휴립기계점파 | 3.4             | 87.3   | 45.2±6.5 | 5.1±1.2 | 1           | 86 | 24   |

- J : m<sup>2</sup> 당 본수

휴립기계이식 재배의 파종방법별 10a당 수량성은 휴립기계이식 멸칭재배가 365kg으로 관행 점파 대비 114%로 가장 높았고, 휴립기계이식(비멸칭) 106% > 휴립기계점파 105% > 휴립광산파 98%순으로 나타났다(표 3-16).

표 3-16. 휴립기계이식 재배의 파종방법별 수량성

| 파종방법        | 이삭중<br>(g) | 이삭당<br>총실중(g) | 이삭수 |                  | 수량<br>(kg/10a) | 지수       |              |
|-------------|------------|---------------|-----|------------------|----------------|----------|--------------|
|             |            |               | 주당  | m <sup>2</sup> 당 |                | 인력<br>점파 | 휴립기계<br>이식멸칭 |
| 인력점파        | 23.9       | 10.8          | 2.0 | 29.6             | 320            | 100      | 88           |
| 휴립광산파       | 20.5       | 8.8           | 1.0 | 36.1             | 318            | 98       | 86           |
| 휴립기계이식(비멸칭) | 24.2       | 11.3          | 1.0 | 30.0             | 339            | 106      | 93           |
| 휴립기계이식(멸칭)  | 25.4       | 11.8          | 1.0 | 31.0             | 365            | 114      | 100          |
| 휴립기계점파      | 24.1       | 11.2          | 2.0 | 30.0             | 336            | 105      | 92           |

최근 웰빙·건강식품으로 용도가 다양한 조의 잡곡육성을 위한 연구개발 및 정책지원이 활발히 추진되고 있다. 조는 생육기간이 90~130일 정도로 짧고 생육온도에 대한 변이가 커서 넓은 지역에 적응할 수 있고 기상재해에 대한 내성도 크다. 본 연구는 남부지방 조 생력재배 기술을 개발하고 적정파종시기와 파종량을 구명하여 현장적용 가능성을 평가하기 위해 수행하였으며 그 주요결과는 다음과 같다.

고휴재배의 파종시기는 3품종 모두 6월중순이 수량성이 가장 높았으며 이때 품종별 수량성은 삼다찰 375kg/10a > 황금조 372kg > 경관1호 336kg 순으로 높게 나타났다.

고휴재배의 적정 파종량은 10a당 1.0kg 파종이 355kg으로 가장 높고 0.7kg 98% > 1.5kg 94% > 0.5kg 92% 순으로 나타났다. 남부지방에서 조의 기계화재배를 위한 고휴재배의 적정 파종시기는 6월중순, 품종은 삼다찰, 파종량은 1.0kg/10a이 생력화에 유리한 것으로 판단되었다. 휴립광산파는 기계이식보다 수량성은 낮으나 파종 노력시간은 44.4시간/ha으로 38.1시간/ha이 빨랐다.

## 제4절 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

### 1. 기장의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명

#### 가. 연구개발수행 내용

본 세부과제에서는 기장의 기계화 재배에 적합한 품종과 파종시기를 구명하기 위하여 2014년부터 2015년까지 수행되었다. 본 시험이 수행된 지역은 전라북도 익산시에 소재하는 밭 시험포장( $N 35^{\circ} 56' 38''$ ,  $E 128^{\circ} 59' 37''$ , 해발 25m)이었다. 시험포장은 사양토(sandy loam)로서 pH 6.8의 중성으로 생육에 적합한 범위에 있었으며, EC는 0.42dS/m, 유기물함량은 19.9g/kg으로 적정범위보다 낮은 편이었고, 유효인산은 433.4mg/kg으로 높은 편이었다. 시험품종은 황금기장, 만홍찰, 이백찰, 황실찰 4품종이었고, 파종시기는 매해 5월 25일, 6월 10일, 6월 25일, 7월 10일, 7월 25일이었다. 재배방법은 고휴재배법으로 파종간격은 60×15cm이며, 주당 2본이었다. 시비량은 10a당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O가 각각 9-7-8kg이었다. 시험구배치는 시험품종을 주구, 파종시기를 세구로 하여 분할구배치법(Randomized Split-Plot Design, RSPD) 3반복으로 처리하였다. 품종과 파종시기의 차이에 따른 출수기와 성숙기를 조사하였고, 성숙기에 출기길이, 이삭길이, 이삭폭, 줄기두께, 주당이삭수, 주당경수, 이삭무게, 천립중, 수량 등을 조사하였다. 알곡이 60%정도 등숙하였을 때 수확, 탈곡하여 수분함량 13%로 건조하였다. 출수기와 성숙기는 각각 전체의 40%이상 출수 및 성숙이 되었을 때의 날짜이며, 출기길이는 지표면으로부터 이삭목(이삭이 분지되는 지점)까지의 길이, 이삭길이는 이삭목으로부터 이삭끝까지의 길이, 이삭폭은 이삭목을 위쪽으로, 이삭을 아래쪽으로 향하도록 하였을 때 이삭의 가장 넓은 부위의 폭, 줄기두께는 줄기 첫째마디와 둘째마디 사이의 두께, 주당이삭수와 주당경수는 주당 이삭과 줄기의 개수, 이삭무개는 이삭목에서 자른 이삭의 무게, 천립중은 무작위로 추출한 1,000립의 무게, 수량은 시험구의 수량을 10a당 kg으로 환산하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

##### 1) 시험기간 중 기상현황

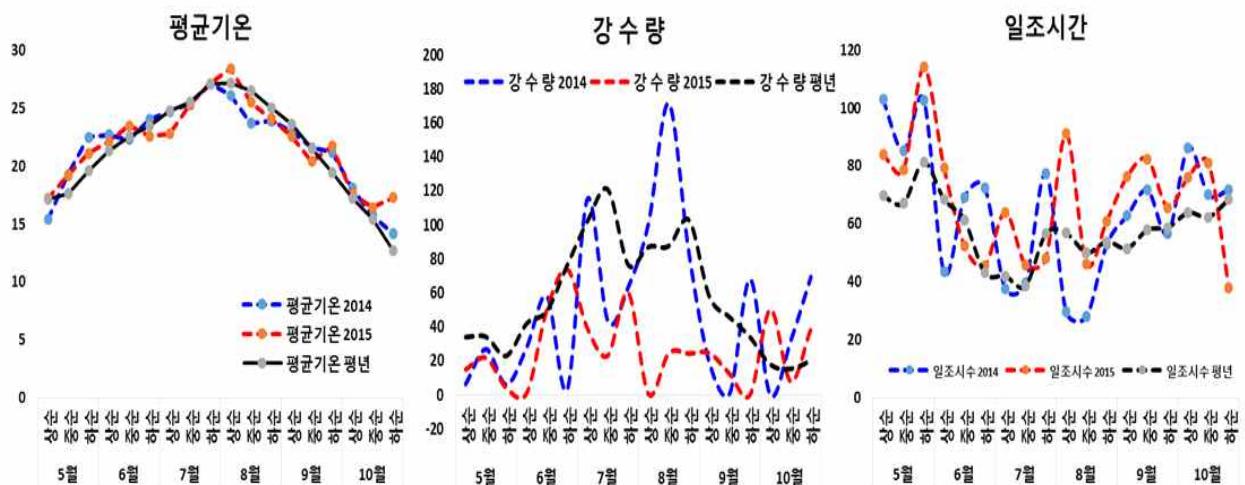


그림 4-1. 시험기간 중 기상현황(2014, 2015. 전주기상대)

본 시험을 수행한 2014년과 2015년의 5월부터 10월까지의 기상현황은 그림 4-1과 같다. 평균기온은 5월부터 6월중순까지는 평년보다 다소 높게 경과되었고, 8월부터 9월상순까지는 평년보다 다소 낮은 편이었다. 강수량은 연차간 차이가 커다. 2014년에는 7월가지는 평년보다 강수량이 적은 편이었지만 8월 강수량이 월등히 많았다. 반면, 2015년의 강수량은 평년보다 적게 경과되었다. 일조시간은 평년보다 전반적으로 높은 편이었다. 이상의 기상은 기장의 생육에 지장을 주지는 않았다.

## 2) 기장 품종 및 파종시기별 출수기 및 성숙기

표 4-1. 기장 품종 및 파종시기별 생육단계에 따른 소요일수 및 적산온도(2014~2015. 전북)

| 품종       | 파종기<br>(월/일) | 출수기<br>(월/일) | 성숙기<br>(월/일) | 소요일수<br>(일) |     | 적산온도<br>(°C) |       |           |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----|--------------|-------|-----------|
|          |              |              |              | 출수기         | 성숙기 | 파종-출수        | 출수-성숙 | 파종-성숙     |
| 황금<br>기장 | 5/25         | 7/18         | 8/28         | 55          | 96  | 1,263        | 1081  | 2,344     |
|          | 6/10         | 7/25         | 9/2          | 45          | 84  | 1,099        | 1017  | 2,116     |
|          | 6/25         | 8/5          | 9/15         | 41          | 82  | 1,085        | 996   | 2,081     |
|          | 7/10         | 8/13         | 9/24         | 34          | 76  | 937          | 961   | 1,898     |
|          | 7/25         | 8/26         | 9/30         | 33          | 67  | 876          | 768   | 1,644     |
|          | 평균           |              |              | 41          | 81  | 1,052        | 964   | 2,017±262 |
|          | 5/25         |              | 7/26         | 8/29        | 63  | 97           | 1,475 | 893       |
| 만홍<br>찰  | 6/10         | 7/31         | 9/3          | 51          | 85  | 1,265        | 874   | 2,139     |
|          | 6/25         | 8/11         | 9/15         | 47          | 82  | 1,220        | 840   | 2,061     |
|          | 7/10         | 8/17         | 9/23         | 38          | 75  | 1,043        | 834   | 1,877     |
|          | 7/25         | 8/28         | 9/30         | 35          | 67  | 924          | 720   | 1,644     |
|          | 평균           |              |              | 46          | 81  | 1,185        | 832   | 2,018±273 |
|          | 5/25         |              | 8/3          | 9/7         | 70  | 106          | 1,701 | 879       |
|          | 6/10         |              | 8/7          | 9/11        | 58  | 94           | 1,468 | 847       |
| 이백<br>찰  | 6/25         | 8/16         | 9/25         | 53          | 93  | 1,349        | 904   | 2,253     |
|          | 7/10         | 8/26         | 10/4         | 48          | 86  | 1,262        | 838   | 2,099     |
|          | 7/25         | 9/5          | 10/11        | 43          | 78  | 1,115        | 717   | 1,832     |
|          | 평균           |              |              | 54          | 91  | 1,379        | 837   | 2,216±276 |
|          | 5/25         |              | 8/7          | 9/10        | 75  | 109          | 1,817 | 826       |
|          | 6/10         |              | 8/11         | 9/14        | 63  | 97           | 1,574 | 800       |
|          | 6/25         |              | 8/19         | 9/25        | 56  | 93           | 1,450 | 803       |
| 황실<br>찰  | 7/10         | 8/27         | 10/3         | 48          | 85  | 1,285        | 796   | 2,082     |
|          | 7/25         | 9/5          | 10/10        | 43          | 78  | 1,115        | 705   | 1,820     |
|          | 평균           |              |              | 57          | 92  | 1,448        | 786   | 2,234±309 |

기장 품종별 파종시기에 따른 출수기, 성숙기, 소요일수, 적산온도는 표 4-1과 같다. 황금기장은 5월 25일에 파종하였을 때 출수와 성숙에 소요되는 일수는 각각 파종일로부터 55일, 96일이 소요되었고, 7월 25일에 파종하였을 때에는 각각 44일과 81일이 소요되어 5월 25일 파종보다 각 생육단계에 도달하는 시기가 크게 감소하였다. 또한 적산온도에서도 5월 25일 파종할 때 파종부터 성숙까지 2,344°C이었지만, 7월 25일 파종에서는 1,644°C로 700°C의 차이를 보였다. 모든 파종기별 파종부터 출수까지의 평균적산온도는 약 2,017°C이었다.

만홍찰은 5월 25일에 파종하였을 때 출수기는 7월 26일, 성숙기는 8월 29일로 각각 파종일로부터 63일과 97일이 소요되었고, 가장 늦게 파종한 7월 25일에는 출수기와 성숙기가 각각 8월

28일과 9월 30일로 소요일수는 각각 35일과 67일로 5월 25일 파종보다 크게 감소되었다. 평균적산온도는 2,018°C이었다.

이백찰은 5월 25일 파종에서 출수기와 성숙기가 각각 8월 3일과 9월 7일이었고, 출수와 성숙에 소요되는 일수는 각각 70일과 106일이었다. 반면, 7월 25일 파종에서는 출수기와 성숙기가 9월 5일과 10월 11일로 각각 43일과 79일이 소요되어 5월 25일보다 크게 단축되었다. 파종시기별 평균적산온도는 2,216°C이었다.

황실찰은 5월 25일 파종에서 출수기와 성숙기가 8월 7일과 9월 10일이었고, 7월 25일 파종에서는 각각 9월 5일과 10월 10일로 생육소요일수는 출수가 43일, 성숙은 78일이 소요되었다. 평균적산온도는 2,234°C이었다.

이상과 같이 모든 품종에서 파종시기가 늦어질수록 출수기 및 성숙기는 늦어졌지만, 파종시기로부터 출수기 및 성숙기까지의 소요일수는 짧아져 Woo *et al.*(2012)의 보고와 같은 결과를 보였다. 또한 Yoon *et al.*(2015c)이 논 토양에서 5월 31일 파종한 황금기장의 출수소요일수는 53일, 황실찰이 74일로 보고한 결과와 본 실험에서 5월 25일에 파종한 황금기장의 출수소요일수는 55일, 황실찰은 75일로 큰 차이를 보이지 않아 출수소요일수는 지역간 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보인다. 그러나 Lee *et al.*(2011)의 보고와 같이 품종과 파종시기가 같더라도 재배지역(밀양, 원주, 신안)에 따라 출수기와 수확기에 큰 차이를 보이는 경우도 있었다. 이는 연차간 또는 지역간의 기상에 따라 큰 영향을 받은 것으로 보인다.

품종별 평균적인 생육소요일수는 황실찰이 92일로 가장 길었고, 이백찰이 91일, 만홍찰이 81일, 황금기장이 81일 순이었다. Park *et al.*(1999)과 Yoon *et al.*(2008)이 기장의 수집 유전자원의 생육기간을 평균 90~110일 정도로 보고한 결과보다 본 연구의 시험품종의 생육기간이 짧게 나타났다. 본 시험에 이용한 황금기장 등의 국산 품종이 우리나라 기상과 작부체계에 적합한 조숙성 품종으로 육성된 결과로 보인다.

파종시기별 각 생육단계에 도달할 때까지의 적산온도도 감소되었다. 성숙기까지의 평균적산온도를 살펴보면 황금기장이 2,017°C, 만홍찰이 2,018°C, 이백찰이 2,216°C, 황실찰이 2,234°C로 나타나 황금기장과 만홍찰, 이백찰과 황실찰을 각각 2개 그룹으로 나눌 수 있었다. 이상의 결과는 영농현장에서 작부체계 조합을 계획하거나 매 파종시기에 따른 생육을 예측하는 기초자료로 활용할 수 있다.

### 3) 기장 품종 및 파종시기별 생육 특성

기장의 품종 및 파종시기에 따른 생육특성은 표 4-2와 같다. 황금기장은 파종시기가 늦어짐에 따라 간장이 유의하게 감소하였고 이삭길이와 이삭폭은 차이를 보이지 않았다. 반면 경태는 7월 25일 파종에서 유의하게 가늘었다. 만홍찰은 파종시기가 늦어짐에 따라 간장이 짧아졌고, 이삭길이와 이삭폭은 유의한 차이를 보이지 않고, 경태는 7월 25일 파종에서 유의하게 감소되었다. 이백찰은 파종시기가 늦어짐에 따라 간장이 대체로 감소하는 경향이었으며, 7월 25일 파종에서 가장 작았다. 이삭길이와 이삭폭은 통계적인 유의성이 없었으며, 경태는 7월 25일 파종에서 가장 가늘었다. 활실찰도 파종시기가 늦어짐에 따라 간장은 감소하는 경향이었고, 이삭길이와 이삭폭은 차이를 보이지 않았으며, 경태는 7월 25일 파종에서 가장 적었다.

이상과 같이 모든 품종에서 파종시기가 지연됨에 따라 간장과 경태가 유의하게 감소되었으나, 이삭길이와 이삭폭은 통계적인 유의성을 보이지 않았다. 파종시기를 늦추어 간장이 짧게하는 것은 기계수확을 유리하게 할 수 있으나, 7월 25일에 파종하는 경우 줄기가 가늘어지게 되

어 도복에 취약할 우려가 있으므로 너무 늦은 파종은 지양해야 할 것으로 판단된다.

표 4-2. 기장의 품종 및 파종시기별 생육 특성(2014~2015. 전북)

| 품종   | 파종시기<br>(월/일) | 간장<br>(cm)            | 이삭길이<br>(cm)          | 이삭폭<br>(cm) | 경태<br>(mm) |
|------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------|------------|
| 황금기장 | 5/25          | 150.0 a <sup>1)</sup> | 35.7 ns <sup>2)</sup> | 4.1 ns      | 8.9 a      |
|      | 6/10          | 159.7 a               | 33.4                  | 4.4         | 8.8 a      |
|      | 6/25          | 133.2 b               | 38.0                  | 4.9         | 7.8 a      |
|      | 7/10          | 131.7 b               | 35.4                  | 4.7         | 8.3 a      |
|      | 7/25          | 120.7 b               | 31.5                  | 4.5         | 6.7 b      |
| 만홍찰  | 5/25          | 179.4 a               | 33.1 ns               | 4.0 ns      | 9.7 a      |
|      | 6/10          | 183.1 a               | 31.5                  | 4.5         | 9.4 a      |
|      | 6/25          | 157.5 b               | 31.0                  | 4.8         | 8.9 a      |
|      | 7/10          | 147.5 b               | 27.1                  | 4.4         | 8.5 a      |
|      | 7/25          | 116.1 c               | 24.4                  | 4.5         | 5.8 b      |
| 이백찰  | 5/25          | 171.0 a               | 39.0 ns               | 4.2 ns      | 9.4 a      |
|      | 6/10          | 167.7 a               | 37.8                  | 4.5         | 9.3 a      |
|      | 6/25          | 163.2 a               | 37.1                  | 4.3         | 8.8 a      |
|      | 7/10          | 155.4 a               | 35.9                  | 4.1         | 8.4 a      |
|      | 7/25          | 125.0 b               | 32.2                  | 4.9         | 6.6 b      |
| 황실찰  | 5/25          | 159.3 a               | 39.5 ns               | 4.9 ns      | 8.9 a      |
|      | 6/10          | 154.6 a               | 37.4                  | 4.9         | 9.3 a      |
|      | 6/25          | 151.4 a               | 33.3                  | 4.4         | 8.7 a      |
|      | 7/10          | 141.0 a               | 31.4                  | 4.9         | 8.2 a      |
|      | 7/25          | 118.9 b               | 26.6                  | 4.9         | 6.6 b      |

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

<sup>2)</sup> ns : non significant at the 5% level by DMRT.

기장의 품종 및 파종시기에 따른 수량구성요소는 표 4-3과 같다. 황금기장의 주당경수는 차이가 없었지만, 주당이삭수는 5월 25일에 파종하였을 때 10.7개로 가장 많았다. 이삭의 무게는 6월 25일에 파종하였을 때 16.3g으로 가장 무거웠고, 천립중은 파종시기에 관계없이 차이가 없었다. 수량은 6월 25일에 파종하였을 때 10a당 232kg으로 가장 높았고, 이후로 파종시기가 늦어질수록 급격히 감소하여 7월 25일에 파종할 경우에는 10a당 122kg이었다. Jung *et al.*(2015)이 2009년과 2010년에 경남 밀양지역에서 6월 5일 파종한 수량과 본 연구의 6월 10일 파종한 수량과 비교해 보면 거의 비슷한 경향으로 나타났다.

만홍찰의 주당경수는 7월 25일 파종을 제외하고 다른 파종시기에서 통계적인 차이를 보이지 않았으며, 주당이삭수, 이삭무게에 있어서도 같은 경향이었다. 천립중은 모든 처리에서 비슷한 경향이었다. 수량에 있어서는 6월 10일에 파종할 때 238kg/10a로 가장 많았다. 만홍찰도 파종시기가 늦어짐에 따라 수량이 감소하여 7월 25일에는 98kg/10a로 가장 적었다.

이백찰은 파종시기가 7월 25일 파종하였을 때 주당이삭수가 증가하는 경향이었으나 주당경수는 큰 차이를 보이지 않았다. 이삭무게는 파종시기가 비교적 이른 5월과 6월에 파종하였을

때 무거운 편이었다. 반면 천립중은 모든 시기에서 유의성을 보이지 않았고, 수량은 5월 25일부터 7월 10일까지 유의성은 없었으나, 6월 25일에 파종하였을 때 285kg/10a로 가장 많았고, 파종시기가 늦어질수록 크게 감소하였다.

황실찰의 이삭중은 5월과 6월에 파종하였을 때 가장 무거운 것으로 나타났고, 천립중은 파종시기별로 차이가 없는 것으로 조사되었다. 수량은 6월 10일에 파종하였을 때 304kg/10a로 가장 많았다.

표 4-3. 기장의 품종 및 파종시기별 수량구성요소(2014~2015. 전북)

| 품종                | 파종시기<br>(월/일) | 주당<br>이삭수            | 주당경수<br>(개) | 이삭무게<br>(g) | 천립중<br>(g) | 수량<br>(kg/10a) |
|-------------------|---------------|----------------------|-------------|-------------|------------|----------------|
| 황금<br>기장          | 5/25          | 10.7 a <sup>1)</sup> | 4.8 a       | 12.0 ab     | 5.3 a      | 149 bc         |
|                   | 6/10          | 9.5 a                | 5.1 a       | 11.6 ab     | 5.2 a      | 177 b          |
|                   | 6/25          | 8.4 ab               | 5.7 a       | 16.3 a      | 5.5 a      | 232 a          |
|                   | 7/10          | 6.3 b                | 5.6 a       | 13.3 ab     | 5.3 a      | 181 b          |
|                   | 7/25          | 8.6 ab               | 3.6 b       | 8.9 b       | 5.2 a      | 122 c          |
| 만홍찰               | 5/25          | 6.2 b                | 5.9 a       | 13.3 a      | 5.7 a      | 179 b          |
|                   | 6/10          | 4.9 b                | 4.9 a       | 13.1 a      | 5.5 a      | 238 a          |
|                   | 6/25          | 5.1 b                | 5.1 a       | 12.6 a      | 5.1 a      | 215 ab         |
|                   | 7/10          | 4.7 b                | 4.5 a       | 10.8 a      | 5.7 a      | 142 bc         |
|                   | 7/25          | 10.7 a               | 3.2 b       | 7.1 b       | 5.1 a      | 93 c           |
| 이백찰               | 5/25          | 6.3 b                | 5.9 a       | 16.4 a      | 4.4 a      | 258 a          |
|                   | 6/10          | 5.8 b                | 5.8 a       | 15.7 a      | 4.6 a      | 270 a          |
|                   | 6/25          | 5.4 b                | 5.5 a       | 16.8 a      | 4.8 a      | 285 a          |
|                   | 7/10          | 6.0 b                | 5.8 a       | 13.4 b      | 4.8 a      | 255 a          |
|                   | 7/25          | 9.7 a                | 4.6 a       | 11.7 b      | 4.9 a      | 167 b          |
| 황실찰               | 5/25          | 7.8 b                | 7.4 a       | 16.5 a      | 6.1 a      | 281 a          |
|                   | 6/10          | 7.1 b                | 6.6 a       | 16.0 a      | 5.8 a      | 304 a          |
|                   | 6/25          | 5.4 b                | 5.4 ab      | 16.5 a      | 6.3 a      | 282 a          |
|                   | 7/10          | 6.6 b                | 6.2 a       | 12.6 ab     | 6.5 a      | 233 b          |
|                   | 7/25          | 13.7 a               | 4.3 b       | 8.4 b       | 6.1 a      | 169 c          |
| 품종(A)             |               |                      |             |             |            |                |
| 파종시기(B)           |               |                      |             |             |            |                |
| A*B               |               |                      |             |             |            |                |
| *** <sup>2)</sup> |               |                      |             |             |            |                |
| ***               |               |                      |             |             |            |                |
| *                 |               |                      |             |             |            |                |

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

<sup>2)</sup> \*, \*\*, \*\*\* : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001, respectively

이상과 같이 전북지역의 평야부에서 파종시기에 따른 수량을 기준으로 적정한 파종시기는 만홍찰과 황실찰은 6월 상순, 황금기장과 이백찰은 6월 하순으로 생각된다(Fig. 2). 중부지방(경기 안성)에서의 기장(cv. 이백찰, 만홍찰, 황실찰, 황금기장)의 최적 파종시기를 6월 하순으로 판단하였던 Yoon *et al.*(2015b)의 결과와 비슷하지만, 전북지역에서의 시험결과는 품종에 따라 최적파종시기는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. Yoon *et al.*(2015b)은 중부지방에서 만파(7월 13일)할 때 이백찰, 황실찰이 성숙에 도달하지 못하기 때문에 파종한계기를 7월 초순으로 판단했다. 그러나 본 시험에서는 7월 25일에 파종하더라도 10월 상순까지 모든 품종이 성숙에 도달하였다. 이는 중부지방과 남부지방의 지역간 기상차이에 따른 것으로 생각된다.

10a당 수량은 황금기장은 6월 25일 파종하였을 때 232kg, 만홍찰은 6월 10일 파종하였을 때

238kg, 이백찰과 황실찰은 6월 25일에 파종하였을 때 각각 285kg, 304kg으로 가장 많았다. 품종과 파종시기에 따른 수량의 차이는 각각 통계적으로 큰 차이를 나타냈으며, 교호작용에서도 유의한 차이를 보였다. 품종선택과 파종시기를 선정하는 것이 수량을 결정하는 데 중요하게 작용하므로 영농의사 결정의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

기장의 파종시기에 따른 생리장애 및 병해충 발생상황은 표 4-4와 같다. 성숙기 무렵의 엽노화 상태는 대체로 황록색에서 황갈색을 띠었고, 늦게 파종한 처리에서 연록색을 유지하고 있었다. 습해는 거의 발생하지 않았는데, 이는 이랑을 높여 기장을 시험했기 때문인 것으로 생각된다. 도복은 파종시기가 늦은 처리에서 약간 적은 경향이었으나, 전체적으로 심하게 발생되었다. 특히, 그림 4-2와 같이 강우에 의하여 도복이 심하게 발생되었다. 병해와 충해는 시험기간 중에 크게 발생하지 않았다.

표 4-4. 기장의 품종 및 파종시기별 생리장애 및 병해충 발생상황(2014~2015. 전북)

| 품종   | 파종시기<br>(월/일) | 엽노화<br>(1~9) <sup>1)</sup> | 습해<br>(1~9) <sup>2)</sup> | 도복<br>(1~9) <sup>3)</sup> | 수발아<br>(1~9) <sup>4)</sup> | 병해<br>(1~9) <sup>5)</sup> | 충해<br>(1~9) <sup>6)</sup> |
|------|---------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 황금기장 | 5/25          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/10          | 5                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/25          | 5                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/10          | 5                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/25          | 5                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
| 만홍찰  | 5/25          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/10          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/25          | 5                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/10          | 5                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/25          | 3                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
| 이백찰  | 5/25          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/10          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/25          | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/10          | 7                          | 1                         | 5                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/25          | 3                          | 1                         | 5                         | 0                          | 1                         | 1                         |
| 황실찰  | 5/25          | 7                          | 1                         | 9                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/10          | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 6/25          | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/10          | 7                          | 1                         | 5                         | 0                          | 1                         | 1                         |
|      | 7/25          | 3                          | 1                         | 5                         | 0                          | 1                         | 1                         |

<sup>1)</sup> 엽노화 : 1; 정상생육, 3; 잎 선단부가 연록색, 5; 1/3 잎이 황록색, 7; 2/3 잎이 황갈색, 9; 대부분 잎이 고사

<sup>2)</sup> 습해 : 1; 무발생, 3; 20%이하, 5; 21~40%, 7; 41~60%, 9; 60% 이상

<sup>3)</sup> 도복 : 1; 이삭줄기 경사 15%미만, 3; 16~30%, 5; 31~45%, 7; 이삭의 일부가 지면에 닿음, 9; 완전히 땅에 깔린 상태

<sup>4)</sup> 수발아 : 1; 없음, 3; 1~5%, 5; 6~25%, 7; 26~50%, 9; 50%이상

<sup>5)</sup> 병해 : 1; 발병면적률 1% 미만, 3; 1~5%, 5; 11~30%, 7; 31~50%, 9; 51% 이상

<sup>6)</sup> 충해 : 1; 발병면적률 1% 미만, 3; 1~5%, 5; 11~30%, 7; 31~50%, 9; 51% 이상



정상생육(2015. 8. 19.)

도복발생(2015. 8. 20.)

그림 4-2. 기장의 정상생육 및 도복상황(2015. 전북)

## 2. 기장의 생력 기계화를 위한 휴립광산파 재배양식 표준화

### 가. 연구개발수행 내용

기장의 생력기계화를 위한 휴립광산파 재배양식을 표준화하기 위하여 전북 익산시에 소재하는 포장(위와 같음)에서 2014년부터 2015년까지 2년간 수행되었다. 시험품종은 이백찰기장이었고, 파종방법은 휴립광산파로 10a당 0.7, 1.0, 1.5, 2.0kg을 파종하였다. 대조구로 60×15cm로 고휴점과하였다. 파종시기는 각각 6월 15일이었고, 휴립광산파는 이랑 150cm, 고랑 30cm로 구각을 작성하였고, 시비량은 10a당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O가 각각 9-7-8kg이었다. 시험구는 난괴법(Randomized Complete Block Design) 3반복이었다. 주요조사내용은 파종방법 및 파종량별 생육특성, 수량, 작업단계별 노동력 투입시간을 조사하여 노력절감 효과를 분석하였다.

### 나. 연구개발수행 결과

기장의 파종방법 및 파종량에 따른 출수기와 성숙기는 표 4-5와 같다. 휴립산파의 파종량에 따른 출수기는 파종량 2.0kg보다 0.7kg이 2일정도 늦었으나, 성숙기는 2일정도 빨랐다. 그러나 전체적으로 파종방법에 따른 출수기와 성숙기의 차이는 크지 않았다. 간장, 이삭길이, 이삭폭, 경태 등의 생육특성에 있어서도 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다(표 4-6).



점파(대조)

산파(0.7kg/10a)

산파(1.0kg/10a)

산파(1.5kg/10a)

산파(2.0kg/10a)

그림 4-3. 파종방법별 생육상황(2015. 7. 20. 전북)

표 4-5. 파종방법 및 파종량에 따른 출수기 및 성숙기(2014~2015. 전북)

| 파종방법     | 파종량<br>(kg/10a) | 출수기<br>(월/일) | 성숙기<br>(월/일) | 소요일수 |     |
|----------|-----------------|--------------|--------------|------|-----|
|          |                 |              |              | 출수기  | 성숙기 |
| 고휴점파(대조) | 60×10(cm)       | 8/13         | 9/19         | 64   | 101 |
|          | 0.7             | 8/13         | 9/17         | 64   | 99  |
|          | 1.0             | 8/12         | 9/20         | 63   | 103 |
|          | 1.5             | 8/11         | 9/19         | 63   | 102 |
|          | 2.0             | 8/11         | 9/19         | 63   | 101 |

파종방법에 다른 수량구성요소는 표 4-7과 같다. 휴립산파에서 고휴점파에 비하여 주당경수는 적었다. 이는 고휴점파는 주당 2본을 생육초기에 조절하여 이후에 6.9개까지 분蘖을 하였으나, 산파에서는 본당 분蘖수로 적게 조사되었다. 대체로 산파의 파종량이 많을수록 주당경수는 적은 경향이었다.  $m^2$ 당경수는 점파에서 높았고, 휴립산파는 대체로 적게 나타났다. 이삭무게와 천립중은 점파와 산파 간에 차이를 보이지 않았다. 수량은 종합적으로 휴립산파 파종량 1.0kg/10a에서 345kg/10a로 가장 높았다. 따라서 산파재배시 파종량은 10a당 1.0kg을 파종하는 것이 적정할 것으로 판단된다. 파종방법 및 파종량에 다른 생리장애 및 병해충 발생상황은 표 4-8과 같이 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다.

표 4-6. 파종방법 및 파종량에 따른 생육특성(2014~2015. 전북)

| 파종방법     | 파종량<br>(kg/10a) | 간장<br>(cm)          | 이삭길이<br>(cm) | 이삭폭<br>(cm) | 경태<br>(mm) |
|----------|-----------------|---------------------|--------------|-------------|------------|
| 고휴점파(대조) | 60×10(cm)       | 166 a <sup>1)</sup> | 37.2 a       | 4.4 a       | 9.3 a      |
|          | 0.7             | 170 a               | 38.8 a       | 4.2 a       | 8.8 a      |
|          | 1.0             | 173 a               | 39.0 a       | 4.1 a       | 9.1 a      |
|          | 1.5             | 167 a               | 39.1 a       | 4.2 a       | 8.6 a      |
|          | 2.0             | 168 a               | 39.4 a       | 4.3 a       | 8.3 a      |

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

표 4-7. 파종방법 및 파종량에 따른 수량구성요소(2014~2015. 전북)

| 파종방법     | 파종량<br>(kg/10a) | 주당경수<br>(개)         | $m^2$ 당경수<br>(개) | 이삭무게<br>(g) | 천립중<br>(g) | 수량<br>(kg/10a) |
|----------|-----------------|---------------------|------------------|-------------|------------|----------------|
| 고휴점파(대조) | 60×10(cm)       | 6.9 a <sup>1)</sup> | 119 a            | 14.5 a      | 4.4 a      | 300 ab         |
|          | 0.7             | 2.5 b               | 74 b             | 13.7 a      | 4.3 a      | 265 b          |
|          | 1.0             | 2.1 b               | 87 b             | 14.2 a      | 4.4 a      | 345 a          |
|          | 1.5             | 2.0 b               | 101 ab           | 13.4 a      | 4.3 a      | 313 ab         |
|          | 2.0             | 1.9 b               | 97 ab            | 13.8 a      | 4.3 a      | 277 b          |

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

표 4-8. 파종방법 및 파종량에 따른 생리장애 및 병해충 발생상황(2014~2015. 전북)

| 파종방법 | 파종량<br>(kg/10a) | 엽노화<br>(1~9) <sup>1)</sup> | 습해<br>(1~9) <sup>2)</sup> | 도복<br>(1~9) <sup>3)</sup> | 수발아<br>(1~9) <sup>4)</sup> | 병해<br>(1~9) <sup>5)</sup> | 충해<br>(1~9) <sup>6)</sup> |
|------|-----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 고휴점파 | 60*10           | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 3                         | 5                         |
|      | 0.7             | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 3                         | 5                         |
| 휴립산파 | 1.0             | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 3                         | 5                         |
|      | 1.5             | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 3                         | 3                         |
|      | 2.0             | 7                          | 1                         | 7                         | 0                          | 3                         | 3                         |

<sup>1)</sup> 엽노화 : 1; 정상생육, 3; 잎 선단부가 연록색, 5; 1/3 잎이 황록색, 7; 2/3 잎이 황갈색, 9; 대부분 잎이 고사<sup>2)</sup> 습해 : 1; 무발생, 3; 20%이하, 5; 21~40%, 7; 41~60%, 9; 60% 이상<sup>3)</sup> 도복 : 1; 이삭줄기 경사 15%미만, 3; 16~30%, 5; 31~45%, 7; 이삭의 일부가 지면에 닿음, 9; 완전히 땅에 깔린 상태<sup>4)</sup> 수발아 : 1; 없음, 3; 1~5%, 5; 6~25%, 7; 26~50%, 9; 50%이상<sup>5)</sup> 병해 : 1; 발병면적률 1% 미만, 3; 1~5%, 5; 11~30%, 7; 31~50%, 9; 51% 이상<sup>6)</sup> 충해 : 1; 발병면적률 1% 미만, 3; 1~5%, 5; 11~30%, 7; 31~50%, 9; 51% 이상

표 4-9. 작업단계별 노동력 투입시간 및 노력절감효과(단위 : 시간/10a)

| 작업단계   | 작업방법*    |      | 절감시간 |
|--------|----------|------|------|
|        | 인력점파(대조) | 기계산파 |      |
| 파종     | 6.0      | 0.5  | -5.5 |
| 복토     | 0.0      | 1.0  | +1.0 |
| 솎음     | 2.0      | 0.0  | -2.0 |
| 제초(1차) | 9.0      | 13.0 | +4.0 |
| 제초(2차) | 3.0      | 5.0  | +2.0 |
| 약제살포   | 0.5      | 0.5  | 0.0  |
| 수확     | 8.0      | 1.0  | -7.0 |
| 탈곡     | 2.0      | 0.0  | -2.0 |
| 계      | 30.5     | 21.0 | -9.5 |

\* 점파 : 인력점파 - 인력수확, 휴립산파 : 기계산파 - 기계수확

점파와 산파방법에 따른 노동력 투입시간을 비교하면 파종에서는 점파가 산파에 비하여 5.5시간이 더 소요되었으나, 복토작업은 산파작업 시 1.0시간이 추가로 소요되었다. 점파는 파종과 복토가 동시에 이루어지지만, 산파에서는 파종 후에 로터리 작업을 통하여 복토를 수행하였다. 제초작업은 2회 수행되었다. 점파시험구는 제초작업이 용이한 반면 산파시험구는 입모가 산재되어 있어 제초에 6.0시간이 추가로 소요되었다. 약제살포는 점파와 산파 모두 0.5시간이 소요되었으며, 약제살포에 차이를 보이지 않았다. 점파재배의 경우 수확과 탈곡을 인력으로 수행하였고, 산파재배의 기계수확(벼 콤바인)으로 수확과 탈곡을 동시에 수행하여 9.0시간을 절감할 수 있었다. 이상과 같이 인력점파 및 인력수확할 때보다 기계산파와 기계수확을 할 경우에 10a당 9.5시간을 절감할 수 있어 대규모 재배에서 적용이 가능할 것으로 판단된다.

### 3. 기장의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험

#### 가. 연구개발수행 내용

위에서 도출된 시험결과를 현장실증하기 위하여 2016년 6월 25에 익산시에 소재하는 밭포장에서 시험이 수행되었다. 현장실증에 투입된 기술은 휴립광산파와 콤바인 수확기술이었다. 휴립광산파는 파종량을 각각 10a당 1.0과 2.0kg이었고, 인력점파(60×15cm, 1주 2본)로 대조하였다. 휴립광산파의 작업은 포장을 균일하게 펴 주는 균평작업을 시작으로 파종, 복토를 위한 10cm 이내의 옅은 로터리 작업, 제초작업, 병해충방제, 수확으로 진행되었다. 수확방법은 자탈형 콤바인으로써 탈곡망(6mm 메시형), 엔진회전속도(2,000rpm), 선별체 진동수(4.8Hz), 배진판(보리), 배진량(적게), 송풍세기(2.4m/s), 작업속도(0.5m/s), 작업폭(1.5m) 등을 조정하였다. 시험구 배치법은 단구제로 하였으며, 주요조사내용은 파종특성(조출량, 재식률, 결주율, 파종균일도, 포장작업능률), 출아특성, 생육특성, 경제성분석(작업단계별 노동력 투입시간에 따른 노력절감 효과)을 실시하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

파종방법에 따른 파종특성은 표 4-10과 같다. 파종작업은 그림 4-4과 같이 기계산파와 인력점파를 실시하였다. 기계산파에 따른 조출량은 파종량과 관계없이 10a당 10분이 소요되었고, 인력점파는 10a당 6시간이 소요되었다. 산파는 엔진식 비료살포기를 활용하여 파종하였기 때문에 시간이 크게 단축되었다. 파종균일도는 인력점파의 경우 균일한 간격으로 파종되었던 반면, 산파는 균일성이 다소 떨어졌고, 그림 4-5와 같이 확인할 수 있다. 파종작업의 편이정도를 5척도로 판단할 때 산파는 시간이 적게 소요될 뿐만 아니라 파종작업이 편한 것으로 조사되었고, 인력점파는 수작업으로 수행함으로써 매우 불편하게 인식되었다. 산파할 때 파종균일도가 낮은 것은 기장의 곡립이 매우 작고, 파종된 상태를 육안으로 확인하기 어렵기 때문에 파종된 지역에 다시 파종하거나 파종하지 않는 경우가 발생하기 때문에 판단된다. 따라서 파종작업자의 숙련도를 향상시키거나 파종작업기(비료살포기)의 종자통에 기장 종자와 유사한 크기의 유색비료(예; 요소)를 혼합하여 살포하면 포장의 파종여부를 육안으로 판단할 수 있어 파종 균일도가 향상될 것으로 판단된다.

표 4-10. 파종방법별 파종 특성(2016. 전북)

| 파종방법 <sup>1)</sup> | 조출량<br>(량/시간/면적) | 재식률<br>(%)     | 결주율<br>(%) | 파종균일도 <sup>2)</sup><br>(1~9) | 파종작업<br>편이정도 <sup>3)</sup><br>(1~9) |
|--------------------|------------------|----------------|------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 산파                 | 1kg              | 1kg/10min./10a | -          | -                            | 7                                   |
|                    | 2kg              | 2kg/10min./10a | -          | -                            | 7                                   |
| 인력점파(대조)           | 6시간/10a          | 100            | 0.5        | 1                            | 9                                   |

<sup>1)</sup> 산파방법 : 비료살포기 활용

<sup>2)</sup> 파종균일도 : 1) 아주 균일, 3) 균일, 5) 보통, 7) 불균일, 9) 아주 불균일

<sup>3)</sup> 파종작업편이정도 : 1) 아주 편리, 3) 편리, 5) 보통, 7) 불편, 9) 아주 불편



[기계산파]

[산파]

[인력점파]

그림 4-4 기계산파 및 인력점파(2016. 전북)

파종방법에 따른 출아특성은 표 4-11과 같다. 출아일수는 인력점파가 5.5일이 소요된 반면 산파는 파종량에 관계없이 6.5일이 소요되었다. 이는 인력점파할 때에는 파종깊이가 균일한 반면, 기계산파 시에는 트랙터로 표토층을 경운하면서 복토를 하기 때문에 지면 상태에 따라 복토깊이가 불균일하기 때문에 깊이에 따라 출아일수에 차이를 보인 것으로 보인다. 출아율은 인력점파에서는 100% 출현한 반면, 산파에서는 80%정도의 출현율을 보였고, 입모율에서도 인력점파가 95%인 반면, 산파는 75%정도로 약간 낮아 입모지수는 인력점파 대비 80%수준이었다. 이상과 같이 산파는 입모율이 약간 낮은 단점이 있지만, 파종과 복토작업을 기계화하여 편리하게 파종할 수 있었다.

표 4-11. 파종방법에 따른 출아특성(2016. 전북)

| 파종방법     | 출아일수 <sup>1)</sup><br>(일) | 출아율<br>(%) | 입모율<br>(%) | 입모지수 |
|----------|---------------------------|------------|------------|------|
| 산파       | 1kg                       | 6.5±1.5    | 82.5       | 75.5 |
|          | 2kg                       | 6.9±2.0    | 85.8       | 77.3 |
| 인력점파(대조) | 5.5±1.0                   | 100        | 95.0       | 100  |

1) 파종일자 : 6. 30.



산파(2kg/10a)

산파(1kg/10a)

[점파]

그림 4-5. 산파 및 점파에 따른 포장의 입모 전경(2016. 전북)

표 4-12. 파종방법에 따른 생육 및 수량(2016. 전북)

| 파종방법     | 경장<br>(cm) | 수장<br>(cm)            | $m^2$ 당<br>경수 | 주당<br>이삭수 | 천립중<br>(g) | 수량<br>(kg/10a) | 수량<br>지수    |
|----------|------------|-----------------------|---------------|-----------|------------|----------------|-------------|
| 산파       | 1kg        | 103.1 b <sup>1)</sup> | 26.8 a        | 131 a     | 2.6 b      | 4.1 a          | 236.7 a 102 |
|          | 2kg        | 99.8 b                | 26.8 a        | 155 a     | 2.6 b      | 4.1 a          | 240.0 a 104 |
| 인력점파(대조) | 122.2 a    | 30.1 a                | 67 b          | 6.8 a     | 4.4 a      | 231.7 a        | 100         |

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

파종방법에 따라 경장은 인력점파에서 가장 컼고, 산파에서는 파종량에 따라 차이를 보이지 않았다. 수장은 산파와 인력점파에서 모두 차이를 보이지 않았고,  $m^2$ 당 경수는 인력점파가 67개인 반면, 산파는 파종량 1kg과 2kg에서 각각 131개와 155개로 높았다. 반면, 주당이삭수는 인력점파가 6.8개인 반면, 산파에서는 2.6개로 적었다. 천립중은 파종방법에 관계없이 비슷하였고, 수량에 있어서도 모든 처리에서 통계적 유의성을 보이지 않았다.

표 4-13. 기장 작업단계별 노동력 투입시간(2016. 전북)

| 작업단계   | 작업방법별 시간(시간/10a)       |                    | 인력 대비<br>소요시간(시간) |
|--------|------------------------|--------------------|-------------------|
|        | 인력점파(대조) <sup>1)</sup> | 기계산파 <sup>2)</sup> |                   |
| 파종     | 6.0                    | 0.2                | -5.8              |
| 복토     | 0.0                    | 1.0                | +1.0              |
| 솎음     | 2.0                    | 0.0                | -2.0              |
| 제초(1차) | 8.0                    | 12.5               | +4.5              |
| 제초(2차) | 2.0                    | 3.0                | +1.0              |
| 약제살포   | 0.5                    | 0.5                | 0.0               |
| 수확     | 8.0                    | 1.0                | -7.0              |
| 탈곡     | 2.0                    | 0.0                | -2.0              |
| 계      | 28.5 (100)             | 18.2.(64)          | -10.3             |

<sup>1)</sup> 인력점파 : 인력점파 및 수확

<sup>2)</sup> 산파 : 기계산파(비료살포기) 및 기계수확(콤바인)



그림 4-6. 기장 기계산파 실증포장 및 기계수확(2016. 전북)

인력(점파 및 수확)과 기계(산파 및 수확)에 따른 2가지 파종방법에 작업내용별 작업시간은 표 4-13과 같다. 인력작업의 10a당 소요시간은 파종이 6.0시간, 속음작업 2.0시간, 제초(1차와 2차) 10.0시간, 약제살포 0.5시간, 수확 8.0시간, 탈곡 2.0시간이 소요되어 총 28.5시간이 소요되었고, 기계산파에서는 파종 0.2시간, 복토 1.0시간, 제초 15.5시간, 약제살포 0.5시간, 수확 및 탈곡 1.0시간이 소요되어 총 18.2시간이 소요되었다. 제초작업은 아직 등록된 약제가 없기 때문에 인력으로 수행하였다. 점파보다 산파에서 제초작업 소요시간이 길었던 것은 기장과 잡초의 혼재 방식이 점파보다 불규칙하여 잡초제거에 어려움이 많았던 결과이다.

한편 그림 4-6에서 보는 바와 같이 기장은 도복발생이 많은 편이어서 재배할 때 도복을 경감할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다. 벼 콤바인을 이용하여 수확할 때에는 콤바인의 기종에 따라 송풍세기, 탈곡망 보완 등을 실정에 맞게 조정하여야 할 필요가 있다.

## 제5절 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

### 1. 수수의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명

#### 가. 연구개발수행 내용

본 협동과제에서는 수수의 기계화 재배에 적합한 품종과 파종시기를 구명하기 위하여 2014년부터 2015년까지 경상북도농업기술원 밭 시험포장(대구소재)에서 실시하였다. 시험품종은 소담찰수수, 남풍찰수수 2수준을 주구로, 파종시기는 매해 5월 25일, 6월 10일, 6월 25일, 7월 10일 4수준을 세구로 분할구배치법(Randomized Split-Plot Design, RSPD) 3반복으로 수행하였다. 파종방법은 이랑 너비 60cm에 포기사이 20cm에 주당 2본씩 심었다. 시비량은 10a당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O가 각각 10-7-8kg으로 하였다. 품종과 파종시기의 차이에 따른 출수기와 성숙기를 조사하였고, 성숙기에 줄기 길이 및 두께, 이삭 길이, 수확 후 수량 등을 조사하였다. 파종시기별 직파와 육묘이식에 따른 생육특성 및 수량성을 비교하였다. 수수 수확기 판정을 위한 종실의 발달과정과 수확 후 도정율에 따른 탄닌과 총폴리페놀에 대한 조사를 하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

##### (1) 시험기간 중 기상현황

본 재배시험을 수행한 대구지역의 2014년과 2015년의 수수의 생육기간 동안 평균기온은 최근 5년간(2009~2013)의 평년기상에 비해 대체로 낮았으나 7월 하순과 8월 상순의 기온은 평년에 비해 높아 일조시수도 많았다. 강수량은 파종기와 생육초기인 6월과 7월과 성숙·비대초기인 9월에 평년에 비해 적었으나, 2014년 출수·개화기인 8월과 수확기인 9월 하순에 평년에 비해 강수량이 많았다.

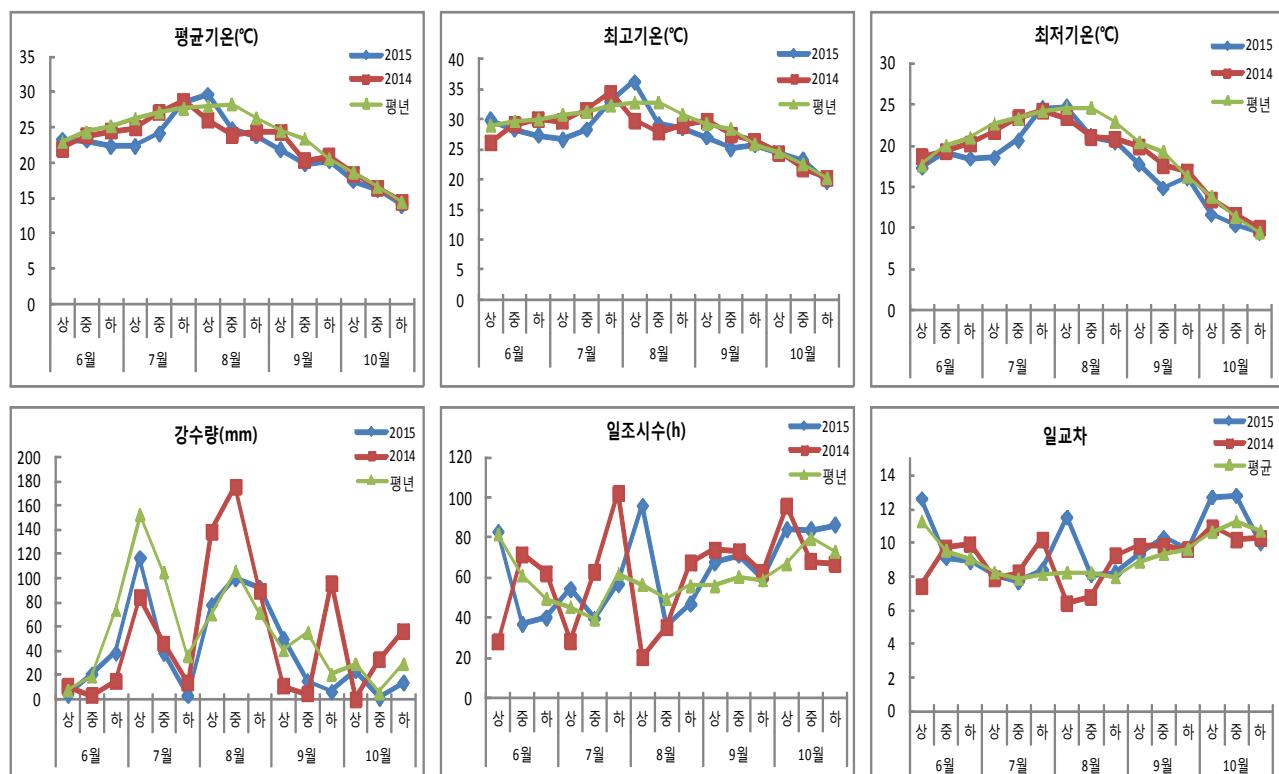


그림 5-1. 수수 생육기간의 대구지역 기상현황(2014, 2015, 대구기상지청)

표 5-1. 경북 남부지역(대구)와 경북 북부지역(안동)의 최근 7년간 첫서리 내린 날

| 첫서리일         | 2009년   | 2010년   | 2011년   | 2012년   | 2013년   | 2014년  | 2015년   | 2016년  |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| 경북남부<br>(대구) | 11월 23일 | 10월 27일 | 10월 26일 | 11월 2일  | 11월 13일 | 11월 5일 | 10월 31일 | 11월 3일 |
| 경북북부<br>(안동) | 11월 3일  | 10월 26일 | 10월 18일 | 10월 18일 | 10월 26일 | 11월 4일 | 10월 28일 | 11월 2일 |

수수의 생육정지기를 결정하는 결정적인 요소인 첫서리(표 5-1\_는 최근 8년간('09~'16)의 경북남부지역인 대구지역과 경북북부지역인 안동의 가장 빠른 날은 각각 10월 26일(2011년)과 10월 18일(2011년)이었고 가장 늦은 날은 11월 23일(2009년), 11월 4일(2014년)이었으며, 평년은 각각 11월 2일경과 10월 23일경으로 보고되고 있다(기상청, 2016). 첫서리 날짜를 기준으로 경북지역의 수수 안정 재배시기를 정하는 기준이 될 수 있다.

## (2) 수수 품종에 따른 파종시기별 생육특성 및 성숙기

수수 품종에 따른 파종시기별 생육특성을 성숙기에 조사한 결과(표 5-2), 간장은 남풍찰수수는 150~200cm, 소담찰수수는 77~90cm, 수장은 남풍찰수수는 20~26cm, 소담찰수수는 22~27cm, 경태는 남풍찰수수는 15~21cm, 소담찰수수는 15~22cm 정도였다.

표 5-2. 수수 품종에 따른 파종시기별 생육특성(2014~2015, 경북도원)

| 품 종 | 재배년도 | 파종일    | 간장<br>(cm) | 수장<br>(cm) | 경태<br>(mm) | 천립중<br>(g) |
|-----|------|--------|------------|------------|------------|------------|
| 수 수 | 2014 | 5월 25일 | 155.2      | 26.6       | 19.6       | 19.9       |
|     |      | 6월 10일 | 167.4      | 22.9       | 17.9       | 23.9       |
|     |      | 6월 25일 | 157.8      | 20.2       | 17.9       | 24.2       |
|     | 2015 | 7월 10일 | 171.8      | 20.2       | 15.2       | 21.3       |
|     |      | 5월 25일 | 149.1      | 21.9       | 21.3       | 25.5       |
|     |      | 6월 10일 | 182.5      | 26.6       | 17.0       | 30.3       |
| 소담찰 | 2014 | 6월 25일 | 188.7      | 25.6       | 18.8       | 25.7       |
|     |      | 7월 10일 | 208.3      | 12.9       | 15.6       | -          |
|     |      | 5월 25일 | 80.3       | 27.8       | 19.9       | 21.6       |
|     |      | 6월 10일 | 85.1       | 25.0       | 20.6       | 26.1       |
|     | 2015 | 6월 25일 | 78.3       | 22.5       | 18.4       | 26.5       |
|     |      | 7월 10일 | 77.6       | 23.6       | 15.5       | -          |
|     |      | 5월 25일 | 84.5       | 24.8       | 19.3       | 27.8       |
|     |      | 6월 10일 | 87.9       | 31.0       | 18.1       | 29.8       |

남풍찰수수와 소담찰수수 품종의 출수기(표 5-3)는 남풍찰수수가 개체간 균일도가 높고 출수시에서 출수기에 이르는 기간이 짧았고 출수기가 소담찰수수보다 1~5일 빨랐다.

파종시기에 따른 출수기는 5월 25일 파종한 구는 7월 하순, 6월 10일 파종한 구는 8월 초·중순, 6월 25일 파종한 구는 8월 하순, 7월 10일 파종한 구는 9월 중순경이었다.

파종시기에 따른 성숙기는 5월 25일 파종한 구는 9월 초순, 6월 10일 파종한 구는 9월 하순, 6월 25일 파종한 구는 10월 하순경으로 남풍찰수수와 소담찰수수 모두 첫서리 오기 전에 성숙되어 수확이 가능하였으나, 7월 10일 파종한 구에서는 2014년 남풍찰수수만 수확이 가능하였고 소담찰수수는 성숙이 늦어 수확이 되지 않았다(그림 5-2). 2014년의 경우 성숙이 빠르고 첫서리가 11월 5일로 늦어 수확이 가능하였으나 2015년의 경우 성숙기가 늦고 첫서리가 10월 31일로 빨라 남풍찰수수와 소담찰수수 모두 성숙되기 전에 첫서리가 내려 생육이 정지되어 수확이 되지 않았다. 출수기와 성숙기의 연차간 성숙기 차이는 파종기가 빠른 경우보다 파종기가 늦은 경우 더 많이 크게 나타났다. 경북지역의 수수의 파종은 6월 25일 전에 파종을 해야 안정적인 생산이 가능한 것으로 나타났다. 기계수확이 가능한 시기는 수분함량이 줄고 경도가 높아진 후 성숙기로부터 7~13일 이후로 나타났다.

표 5-3. 수수 품종에 따른 파종시기별 출수기 및 성숙기(2014~2015, 경북도원)

| 품 종        | 재배년도 | 파종일    | 출수시    | 출수기    | 성숙기     | 기계수확기   |
|------------|------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 남풍찰<br>수 수 | 2014 | 5월 25일 | 7월 22일 | 7월 25일 | 9월 02일  | 9월 15일  |
|            |      | 6월 10일 | 8월 06일 | 8월 08일 | 9월 25일  | 10월 3일  |
|            |      | 6월 25일 | 8월 25일 | 8월 28일 | 10월 20일 | 10월 25일 |
|            | 2015 | 7월 10일 | 9월 07일 | 9월 11일 | 10월 30일 | 11월 9일  |
| 소담찰<br>수 수 | 2014 | 5월 25일 | 7월 24일 | 7월 27일 | 9월 02일  | 9월 12일  |
|            |      | 6월 10일 | 8월 04일 | 8월 05일 | 9월 24일  | 10월 1일  |
|            |      | 6월 25일 | 8월 25일 | 8월 31일 | 10월 30일 | 11월 6일  |
|            | 2015 | 7월 10일 | 9월 07일 | 9월 14일 | -       | -       |
|            | 2014 | 5월 25일 | 7월 22일 | 7월 29일 | 9월 05일  | 9월 17일  |
|            |      | 6월 10일 | 8월 06일 | 8월 10일 | 9월 27일  | 10월 6일  |
|            |      | 6월 25일 | 8월 26일 | 8월 30일 | 10월 25일 | 11월 1일  |
|            | 2015 | 7월 10일 | 9월 11일 | 9월 15일 | -       | -       |
|            | 2014 | 5월 25일 | 7월 21일 | 7월 28일 | 9월 02일  | 9월 12일  |
|            |      | 6월 10일 | 8월 04일 | 8월 10일 | 9월 29일  | 10월 07일 |
|            |      | 6월 25일 | 8월 24일 | 9월 01일 | 10월 30일 | 11월 06일 |
|            | 2015 | 7월 10일 | 9월 07일 | 9월 14일 | -       | -       |



그림 5-2. 만파 파종기(7월 10일)에 따른 품종간 10월 말 숙기 차이(2014, 경북도원)

수수의 파종시기별 수량(그림 5-3)은 6월 10일 파종한 구에서 남풍찰수수와 소담찰수수 두 품종 모두 가장 높게 나타났다. 파종시기별 년차간 수량은 2014년의 경우 파종시기에 따라 수량 차이가 뚜렷하게 나타났으나, 2015년의 경우 파종기별 수량은 2014년에 비해 전반적으로 수량은 높았으나 파종기간 차이는 크지 않았다.

남풍찰수수의 수량이 소담찰수수의 수량에 비해 전 파종기에서 더 높게 나타났으며, 생육이 빨라 만식기인 7월 10일의 경우 첫서리가 늦게 내린 2014년의 경우 수확이 가능한 것으로 나타나 수수니 만식재배시에는 소담찰수수보다 남풍찰수수가 유리한 것으로 나타났다.

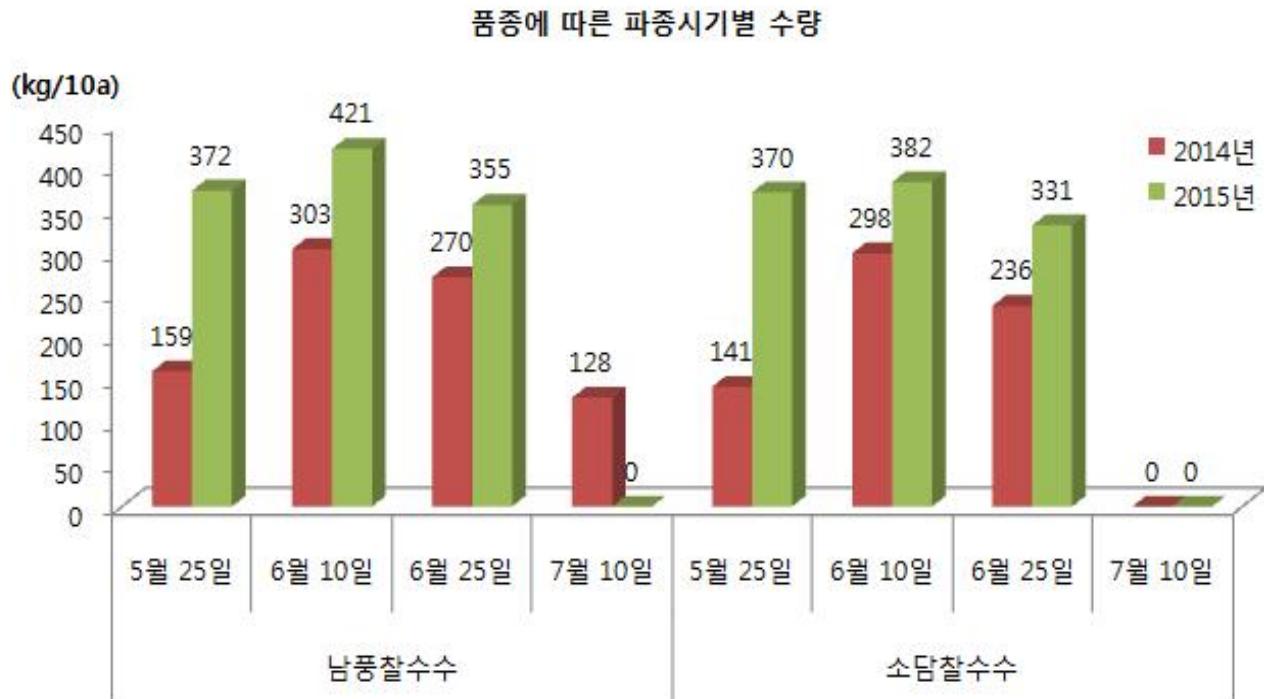


그림 5-3. 수수 품종에 따른 파종시기별 수량 (2014~2015, 경북도원)

### (3) 수수의 직파와 육묘이식에 따른 생육특성 및 성숙기

남풍찰수수와 소담찰수수의 직파와 육묘 파종일을 같이 하여 생육을 비교한 결과(그림 5-4), 직파에 비해 육묘가 육묘기간(15일)과 이식 활착에 따른 생육지연으로 파종기가 늦어질수록 직파와 육묘의 생육중기인 8월 중순의 생육차이가 크게 나타났다.



그림 5-4. 수수의 직파와 육묘이식간 포장 생육 차이(2014년 8월 13일)

남풍찰수수와 소담찰수수의 직파와 육묘이식에 따른 성숙기 무렵의 간장, 수장, 경태는 생육 중기의 차이와는 달리 비슷하였다(표 5-4).

직파와 육묘이식에 따른 수량은 6월10일 이전에 파종한 경우는 육묘이식한 구에서 높게 나타났으나 6월 25일 파종한 구에서는 직파한 경우가 높게 나타났다. 특히 7월 10일 파종한 구에서는 직파한 남풍찰수수만 수확이 가능하였다. 따라서 파종이 늦어지면 직파하거나 미리 육묘하여 정식기를 당기는 것이 수량증수에 도움이 된다.

표 5-4. 수수의 직파와 육묘이식에 따른 생육특성(2014, 경북도원)

| 품종             | 파종일   | 간장(cm)     |                 | 수장(cm)   |          | 경태(mm)   |          |
|----------------|-------|------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
|                |       | 직파         | 육묘 <sup>†</sup> | 직파       | 육묘       | 직파       | 육묘       |
| 남 풍<br>찰<br>수수 | 5월25일 | 155.2±17.0 | 156.2±24.9      | 26.6±3.3 | 27.5±4.7 | 19.6±3.3 | 16.9±2.9 |
|                | 6월10일 | 167.4±21.1 | 161.0±20.7      | 22.9±4.4 | 19.2±4.5 | 17.9±3.4 | 17.9±2.8 |
|                | 6월25일 | 157.8±24.3 | 147.6±19.4      | 20.2±4.7 | 19.9±4.0 | 17.9±5.4 | 16.5±4.2 |
| 소 담<br>찰<br>수수 | 7월10일 | 171.8±16.8 | 165.4±13.0      | 20.2±2.3 | 25.2±3.3 | 15.2±3.0 | 11.7±1.8 |
|                | 5월25일 | 80.3±10.5  | 77.6±12.5       | 27.8±3.7 | 29.0±4.2 | 19.9±3.4 | 19.1±3.4 |
|                | 6월10일 | 85.1±9.9   | 87.0±12.0       | 25.0±4.1 | 23.8±4.2 | 20.6±3.3 | 21.3±3.3 |
|                | 6월25일 | 78.3±12.2  | 82.6±11.9       | 22.5±4.3 | 25.4±4.4 | 18.4±4.7 | 18.8±3.1 |
|                | 7월10일 | 77.6±10.5  | 74.5±9.6        | 23.6±4.5 | 30.2±3.9 | 15.5±3.2 | 17.9±3.2 |

<sup>†</sup> 직파와 같은 날 트레이 파종하여 15일 육묘 후 포장 정식함



<sup>†</sup> 직파와 같은 날 트레이 파종하여 15일 육묘 후 포장 정식함

그림 5-5. 수수의 품종별 직파와 육묘이식에 따른 수량(2014, 경북도원)

남풍찰수수의 육묘이식일을 달리하여 출수기와 성숙기 및 수량을 조사한 결과(표 5-6), 출수기는 6월에 육묘이식한 경우는 출수일수가 64일로 영양생장기간이 동일하였다. 7월에 이식한 경우는 출수일수가 70~79일로 6월에 이식한 경우보다 6~15일 정도 늦어졌다. 7월 25일 만기 이식한 경우는 출수일수가 45일로 극히 단축되었다.

성숙기는 6월 10일 ~ 7월 5일까지 육묘이식일이 늦어질수록 성숙일수가 101일~128일로 길어지는 경향을 나타내었다. 7월 10일 이후 육묘이식한 경우는 성숙기에 도달하기 전에 첫서리(2015년 10월 31일)가 내려 생육이 정지되어 수확이 불가능하였다(그림 5-6).

수수의 육묘이식재배를 위한 안정생산을 위해서는 성숙기가 첫서리 전에 도달할 수 있도록 재배지역의 첫서리 기상을 조사하여 그 전에 육묘이식할 수 있도록 육묘시기를 잘 선정하여야 한다.

표 5-6. 남풍찰수수 육묘 이식 시기에 따른 출수기 및 성숙기(2015년, 경북도원)

| 트레이<br>파종일 | 육묘 <sup>†</sup><br>이식일 | 출수시<br>(월.일) | 출수기<br>(월.일) | 출수<br>일수 | 성숙기<br>(월.일) | 성숙<br>일수 | 기계수확기 <sup>†</sup><br>(월.일) | 수량<br>(kg/10a) |
|------------|------------------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|-----------------------------|----------------|
| 5월 26일     | 6월 10일                 | 7.27         | 7.29         | 64일      | 9.02         | 101일     | 9.10                        | 367            |
| 6월 5일      | 6월 20일                 | 8.06         | 8.08         | 64일      | 9.18         | 106일     | 9.27                        | 394            |
| 6월 10일     | 6월 25일                 | 8.09         | 8.13         | 64일      | 10.02        | 114일     | 10.08                       | 395            |
| 6월 20일     | 7월 05일                 | 8.27         | 8.29         | 70일      | 10.25        | 128일     | 11.02                       | 390            |
| 6월 25일     | 7월 10일                 | 9.05         | 9.12         | 79일      | 미성숙          | -        | 11.06 <sup>‡</sup>          | 213            |
| 7월 1일      | 7월 15일                 | 9.05         | 9.12         | 74일      | 미성숙          | -        | 미수확                         | 미수확            |
| 7월 5일      | 7월 20일                 | 9.09         | 9.13         | 70일      | 미성숙          | -        | 미수확                         | 미수확            |
| 7월 10일     | 7월 25일                 | 9.08         | 9.14         | 45일      | 미성숙          | -        | 미수확                         | 미수확            |

<sup>†</sup> 총설 수분함량 : 기준 20% 이하, <sup>‡</sup> 미성숙상태 건조 후 수확



그림 5-6. 남풍찰수수의 육묘 이식 시기에 따른 11월 상순 성숙 차이(2015, 경북도원)

#### (4) 수수 수확기 판정을 위한 종실의 발달 과정 및 성분분석

남풍찰수수를 이용하여 개화 후 종실의 발달 단계에 따른 종실의 경도, 수분함량, 아밀로스 함량, 탄닌, 총페놀 함량 등을 조사하였다. 경도는 경도계를 이용하여 측정하였고 아밀로스와 탄닌 함량은 발달단계별 종실을 수확·건조 후 ball mill(MM400, Retsch GmbH, Haan Germany)로 분쇄하여 분석용으로 사용하였다. 아밀로스함량 분석은 Juliano법을 변형하여 흡광분석기(SPECTRO Star Nano BMG Labtech, Germany)로 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 종실 발달 8단계별 수분함량을 조사한 결과(표 5-6, 그림 5-7), 개화 후 40일 전후에는 수분함량이 20%에 가까워졌다. 수수의 생리적인 성숙기는 식물체의 잎과 줄기는 녹색을 유지하고 있으나, 붉은 수수의 경우 겉껍질과 속껍질의 녹색이 붉은 색으로 변하고, 껍질과 연결된 부분의 씨눈 뒷면에 검은색의 점이 나타나는 시기이다(그림 5-8). 생리적인 성숙기에 도달하면 수확이 가능하다. 남풍찰수수의 경우 생리적인 성숙기는 7~8단계에 이르는 출수 후 40일 전후이다. 생리적 수확기에 수수를 수확한 경우 건조하여 탈곡하여야 한다. 콤바인 기계수확을 위해서는 기계에 의한 물리적 손상을 줄이기 위해 수분함량이 20% 이하가 되고 경도가 높아지는 개화 후 45일 경 이후에 콤바인 수확하는 것이 바람직해 보인다.

표 5-6. 남풍찰수수의 종실 발달 단계별 수분함량 및 경도

| 종실 발달 단계          | 수분함량 (%) | 경 도 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|--------------------------|
| 1 : 개화 후 7-10일 경  | -        | -                        |
| 2 : 개화 후 10-15일 경 | -        | -                        |
| 3 : 개화 후 15-20일 경 | -        | -                        |
| 4 : 개화 후 20-25일 경 | 47.7     | 0.60E+0.5                |
| 5 : 개화 후 25-30일 경 | 47.1     | 0.90E+0.5                |
| 6 : 개화 후 30-35일 경 | 30.0     | 2.01E+0.5                |
| 7 : 개화 후 35-40일 경 | 25.6     | 2.19E+0.5                |
| 8 : 개화 후 40-45일 경 | 21.2     | 2.28E+0.5                |
| 9 : 개화 후 45-50일 경 | 17.2     | 3.03E+0.5                |



그림 5-7. 남풍찰수수의 종실 발달단계별 종피 및 분말 색 변화

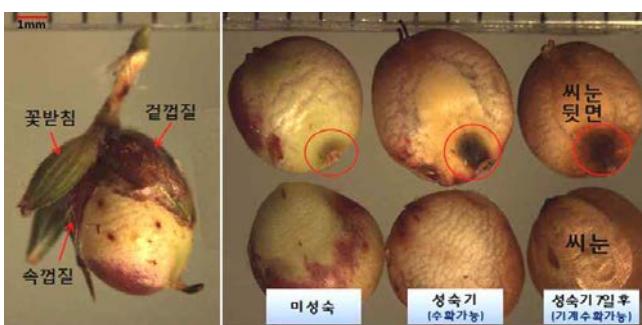


그림 5-8. 남풍찰수수의 성숙기의 씨눈 뒷면 검은색 발현

수수의 종실 내 탄닌과 총폴리페놀의 성분을 조사하기 위해 남풍찰수수를 도정하여 무게에 따른 도정율별(Fig. 1)로 종실과 겨를 나누어 각각의 추출물의 탄닌 함량과 총폴리페놀 함량을 조사하였다. 수수의 탄닌 함량의 분석은 한국산업표준법(KS H ISO 9648:2009, 이하 KS법)으로 측정하였다. 시료를 75% dimethylformamide로 추출한 상층액을 사용하여 NH<sub>3</sub>용액 및 ammonium iron(III) citrate 용액으로 발색하여 흡광분석기로 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이에 대한 대조구는 구연산철 암모늄 용액을 넣지 않은 조건으로 반응시켜 측정하였다. KS법을 이용하여 측정된 흡광도는 탄닌산(Sigma, Belgium)을 사용하여 농도별로 작성한 표준곡선에 기준하여 환산하였다. 총폴리페놀 함량 분석은 Folin-Denis 방법에 기준하여 흡광분석기 760nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 탄닌산을 이용하여 농도별로 작성한 표준곡선에 기준하여 환산하였다. 남풍찰수수의 도정율에 따른 탄닌과 총폴리페놀 함량(표 5-7)은 도정을 하지 않은 조곡에서 각각 11.54 mg/g, 14.73 mg/g이었고 65% 도정한 알곡에서는 2.06 mg/g, 5.32 mg/g으로 적었다. 한편 조곡을 도정한 겨의 탄닌과 총폴리페놀 함량은 조곡에 비해 각각 2배 이상, 1.5배 이상 높았으며, 특히 73% 도정한 겨의 탄닌과 총폴리페놀 함량은 28.71 mg/g, 27.58 mg/g으로 가장 많았다가 65% 도정한 겨에서는 26.38 mg/g, 25.39 mg/g으로 적어졌다. 종실색은 도정을 많이 해서 도정율이 낮아질수록 밝아졌으며 겨는 73%에서 가장 진하게 나타나, 수수 색소는 종자의 과피와 종피층에 존재함을 확인할 수 있었다(그림 5-9).

수수의 수확 후 용도에 따라 색택이나 탄닌의 뛰은 맛 저감, 탄닌이나 폴리페놀의 성분 등을 고려한 고기능성을 고려하여 도정율이 결정될 수 있다.

표 5-7. 남풍찰수수의 도정율에 따른 알곡과 겨의 탄닌 및 총폴리페놀 함량

| 도정율  |    | 탄닌 함량<br>(mg/g)         | 총폴리페놀 함량<br>(mg/g)      |
|------|----|-------------------------|-------------------------|
| 100% | 조곡 | 11.54±0.1 <sup>e</sup>  | 14.73±0.63 <sup>e</sup> |
|      | 알곡 | 9.67±0.25 <sup>f</sup>  | 13.62±1.32 <sup>f</sup> |
| 92%  | 겨  | 20.93±0.14 <sup>d</sup> | 20.26±0.48 <sup>d</sup> |
|      | 알곡 | 9.04±0.74 <sup>g</sup>  | 13.03±0.44 <sup>g</sup> |
| 83%  | 겨  | 23.25±0.64 <sup>c</sup> | 22.51±0.60 <sup>c</sup> |
|      | 알곡 | 4.57±0.09 <sup>h</sup>  | 8.06±0.23 <sup>h</sup>  |
| 73%  | 겨  | 28.71±0.59 <sup>a</sup> | 27.58±0.63 <sup>a</sup> |
|      | 알곡 | 2.06±0.04 <sup>i</sup>  | 5.32±0.66 <sup>i</sup>  |
| 65%  | 겨  | 26.38±1.19 <sup>b</sup> | 25.39±1.11 <sup>b</sup> |



그림 5-9. 남풍찰수수의 도정율에 따른 알곡과 겨의 분말 색

## 2. 수수의 기계화 재배에 적합한 재배양식 표준화

### 가. 연구개발 수행 내용

수수의 생력기계화를 위한 재식거리와 파종방법 표준화하기 위하여 경상북도농업기술원(대구 소재)에서 2014년부터 2015년까지 2년간 수행하였다. 시험품종은 기계화에 적합한 단간종으로 소담찰수수를 사용하여 파종방법으로는 인력점파(대조), 소형기계점파, 육묘이식 3수준, 재식거리는 60x20cm, 75x20cm 2수준으로 난괴법(Randomized Complete Block Design) 3반복을 실시하였다. 인력점파와 소형기계점파는 6월 10일 파종하였으며 육묘이식은 같은 날 6월 10일 128구 트레이에 파종하여 15일간 육묘하여 6월 25일 포장에 정식하였다. 주요조사내용은 기계수확에 적합한 파종방법 및 재식거리별 생육특성 및 수량성을 조사하였다.

### 나. 연구개발 수행 결과

소담찰수수의 재식거리에 따른 파종방법별 생육특성을 조사한 결과(표 5-8), 간장, 수장, 경태는 재식밀도나 파종방법간 차이가 없었다. 그러나 년차간의 생육차이는 간장은 2014년 평균 103.8cm, 2015년은 평균 86.1로 크게 나타났고, 수장과 경태도 2014년이 2015년보다 크고 굵었다. 이는 생육최성기인 7월~8월의 기상이 2015년 평균기온이 낮고 강수량 부족에 기인한 것으로 보인다. 반면 천립중은 2015년이 다소 높게 나타났다.

표 5-8. 소담찰수수의 재식거리에 따른 파종방법 생육특성(2014, 2015)

| 재식거리    | 재배년도 | 파종방법 | 간장<br>(cm) | 수장<br>(cm) | 경태<br>(mm) | 천립중<br>(g) |
|---------|------|------|------------|------------|------------|------------|
| 60x20cm | 2014 | 인력파종 | 103.2      | 28.7       | 20.4       | 24.4       |
|         |      | 기계점파 | 106.9      | 29.0       | 19.9       | 25.4       |
|         |      | 육묘이식 | 104.4      | 28.0       | 20.3       | 25.0       |
|         | 2015 | 인력파종 | 87.6       | 27.3       | 16.7       | 31.4       |
|         |      | 기계점파 | 92.2       | 27.5       | 16.4       | 30.0       |
|         |      | 육묘이식 | 81.8       | 26.2       | 17.6       | 29.9       |
| 75x20cm | 2014 | 인력파종 | 103.4      | 29.2       | 21.6       | 26.1       |
|         |      | 기계점파 | 100.9      | 30.3       | 20.8       | 25.7       |
|         |      | 육묘이식 | 104.1      | 28.4       | 21.2       | 26.4       |
|         | 2015 | 인력파종 | 82.7       | 28.3       | 17.3       | 30.0       |
|         |      | 기계점파 | 88.0       | 29.5       | 18.9       | 29.5       |
|         |      | 육묘이식 | 84.1       | 26.4       | 17.7       | 28.8       |

소담찰수수의 파종방법별 출수 · 성숙기와 수량을 조사한 결과(표 5-9, 그림 5-10), 출수기는 8월 상순, 성숙기는 9월 하순으로 재식거리나 파종방법에 관계없이 거의 비슷하였으며, 콤바인 기계수확이 가능한 적정 종실 수분함량(20% 이하) 되는 기계수확기는 생리적 성숙기보다 8~9일 정도 더 소요되었다.

재식거리에 따른 수량은 2014년 75x20cm에서 60x20cm보다 더 높았으나 2015년 60x20cm에서 더 높았다. 이는 기상여건에 따라 재식거리가 영향을 받는 것으로 2014년 출수 · 개화기인 8월 강수량이 많은 경우 재식밀도가 낮은 경우가 유리하였고, 2015년 성숙기인 9월에 강수량이 적은 경우 재식밀도가 높은 경우가 유리한 것으로 보인다.

표 5-9. 소담찰수수의 파종방법별 출수기와 성숙기(2014~2015, 경북도원)

| 재식거리    | 재배년도 | 파종방법 | 파종/이식일    | 출수시  | 출수기   | 성숙기   | 기계수확기† |
|---------|------|------|-----------|------|-------|-------|--------|
| 60x20cm | 2014 | 인력파종 | 6월10일     | 8월2일 | 8월6일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         |      | 기계점파 | 6월10일     | 8월2일 | 8월6일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         |      | 육묘이식 | 6월10일/25일 | 8월4일 | 8월8일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         | 2015 | 인력파종 | 6월10일     | 8월7일 | 8월9일  | 9월29일 | 10월7일  |
|         |      | 기계점파 | 6월10일     | 8월7일 | 8월10일 | 9월29일 | 10월7일  |
|         |      | 육묘이식 | 6월10일/25일 | 8월8일 | 8월14일 | 9월29일 | 10월7일  |
| 75x20cm | 2014 | 인력파종 | 6월10일     | 8월2일 | 8월6일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         |      | 기계점파 | 6월10일     | 8월2일 | 8월6일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         |      | 육묘이식 | 6월10일/25일 | 8월4일 | 8월8일  | 9월27일 | 10월6일  |
|         | 2015 | 인력파종 | 6월10일     | 8월6일 | 8월9일  | 9월29일 | 10월7일  |
|         |      | 기계점파 | 6월10일     | 8월7일 | 8월10일 | 9월29일 | 10월7일  |
|         |      | 육묘이식 | 6월10일/25일 | 8월9일 | 8월13일 | 9월29일 | 10월7일  |

† 종실 수분함량 : 기준 20% 이하

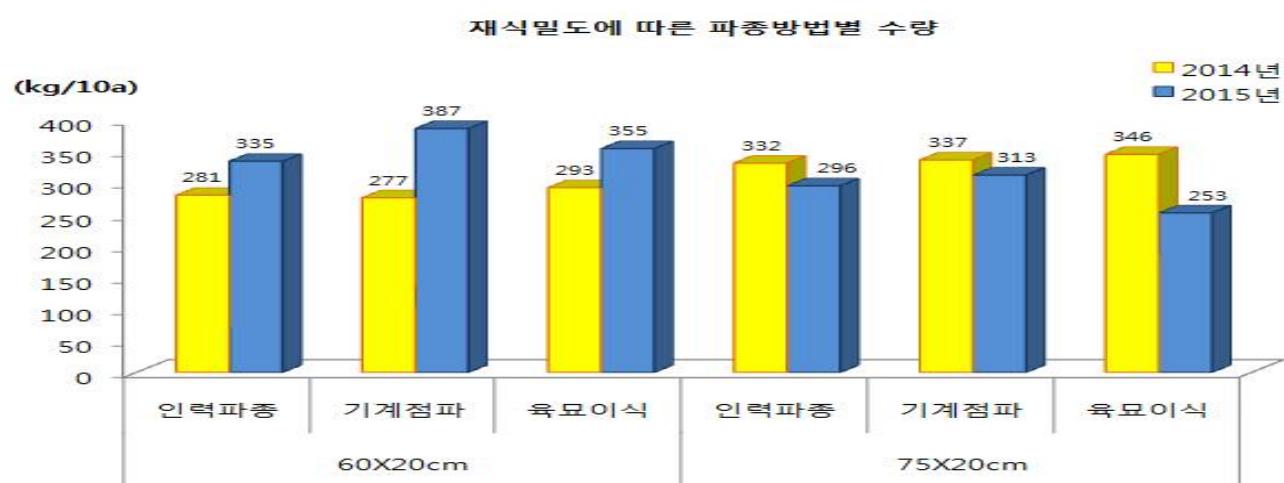


그림 5-10. 소담찰수수의 재식거리에 따른 파종방법별 수량(2014~2015, 경북도원)

### 3. 수수의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험

#### 가. 연구개발수행 내용

위에서 수행한 수수의 재배시험결과를 농가현장실증하기 위하여 2016년 경북 안동시 도산면 온혜리 소재 농가포장에서 농업실용화재단에서 생산 공급한 소담찰수수 종자를 이용하여 실시하였다.

농가현장실증에 투입된 기술은 수수의 육묘이식기술과 콤바인 수확기술이었다. 수수 육묘는 농가실증포 위치가 중산지인 지리적 여건을 고려하여 5월 27일에 128구 트레이에 파종(구당 2립)하여 노지에서 20일간 육묘하였다. 포장에 옮겨심기는 수수 유기농 재배를 위하여 유기물퇴비를 살포하고 로타리 경운하고 고휴로 60cm 간격으로 이랑작업 후 흑색비닐을 피복한 이랑에 육묘이식기계(자동관주)로 주간 20cm 간격으로 6월 16일에 실시하였다. 대조구로는 트레이 파종하는 날에 인력와 소형 점파기계를 이용하여 주간 20cm 간격으로 점파하고 6월 9일 주당 2본씩만 남기고 속음작업을 하였다(그림 5-11).

수확방법은 범용콤바인으로 탈곡망(6mm 메시형), 엔진회전속도(2,000rpm), 선별체 진동수(4.8Hz), 배진판(보리), 배진량(적계), 송풍세기(2.4m/s), 작업속도(0.5m/s), 작업폭(1.8m) 등을 조정하여 였다. 시험구 배치법은 단구제로 하였으며, 주요조사내용은 파종특성(출아율, 결주율, 이식 활착율), 생육특성, 콤바인 수확 효과분석(탈립률, 손실률, 곡립 비율), 경제성분석(작업단계별 노동력 투입시간에 따른 노력절감 효과)을 실시하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

파종방법별 출아율(표 5-10)은 90% 이상으로 모두 양호하여 결주율이 낮았다. 또한 육묘한묘의 포장정식 활착율도 99%로 매우 양호하였다.



그림 5-11. 수수 육묘 기계이식 및 인력점파 속음작업

표 5-10. 파종방법별 출아 및 이식활착율

| 파종방법     | 출아율(%) | 결주율(%) | 이식활착율(%) |
|----------|--------|--------|----------|
| 인력점파(대조) | 95     | 5      | -        |
| 소형기계점파   | 93     | 7      | -        |
| 육묘이식     | 98     | 2      | 99%      |

파종방법별 영양생장기 생육특성(표 5-11, 그림 5-12)은 6월 29일 대조구인 인력점파와 소형기계점파는 비슷하여 초장이 각각 74.2cm, 76.3cm 엽수가 10.9개, 10.5개인데 비해 육묘이식한 것은 초장이 41.3cm, 엽수가 6.7개로 이식 후 활착하는 시기라 다소 적었으나 7월 21일경에는 초장과 엽수의 영양생장이 거의 비슷하였다.

표 5-11. 파종방법별 영양생장기 생육특성(2016, 안동)

| 파종방법     | 6월 29일     |           | 7월 9일      |           | 7월 21일     |           | 7월 27일     |           |
|----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|          | 초장<br>(cm) | 엽수<br>(개) | 초장<br>(cm) | 엽수<br>(개) | 초장<br>(cm) | 엽수<br>(개) | 초장<br>(cm) | 엽수<br>(개) |
| 인력점파(대조) | 74.2       | 10.9      | 95.3       | 11.5      | 100.5      | 13.3      | 102.9      | 86.0      |
| 소형기계점파   | 76.3       | 10.5      | 97.7       | 10.9      | 101.7      | 13.0      | 103.6      | 86.1      |
| 육묘이식     | 41.3       | 6.7       | 65.3       | 8.8       | 101.1      | 12.4      | 105.3      | 12.5      |



그림 5-12. 농가현장 실증포장 생육전경(2016, 안동 농가)

파종방법별 출수기(표 5-12)는 인력점파와 소형기계점파는 7월 25일인데 비해 육묘이식한 것은 7월 31일로 6일 정도 늦었다. 성숙기는 인력파종은 9월 6일경 생리적 성숙기에 도달하였으며, 육묘이식은 9월 11일에 성숙기에 도달하였다. 기계수확기는 종실의 수분이 20%이하는 되는 시기로 인력점파는 9월 11일, 소형기계점파는 9월 12일, 육묘이식은 9월 18일경이었다. 경장은 육묘이식에서 74.8cm로 대조구인 인력점파에서 78.7cm로 비해 다소 작았으나 통계적 유의성은 없었다. 분지수는 육묘이식에서 1개로 인력점파에 비해 다소 높게 발생하였다. 줄기직경은 육묘이식에서 16cm로 대조구인 인력점파(20.6cm)와 소형기계점파(19.2cm)에 의한 직파보다 가늘었다. 수량은 숙기 강수량이 낮아 전반적으로 낮았으며, 육묘이식은 211kg/10a로 인력점파(236 kg/10a)에 비해 낮았다. 이는 출수기가 늦어지면서 개화 후 이삭비대초기인 8월 상중순 극고온과 강수량 부족 등에 기인한 것으로 추측된다(표 5-13).

표 5-12. 파종방법에 따른 생육 및 수량(2016. 안동)

| 파종방법     | 출수기<br>(월.일) | 성숙기<br>(월.일) | 기계수확기<br>(월.일) | 경장<br>(cm) | 수장<br>(cm) | 분지수<br>(개) | 줄기직경<br>(mm) | 수량<br>(kg/10a) |
|----------|--------------|--------------|----------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|
| 인력점파(대조) | 7.25         | 9.6          | 9.11           | 78.7       | 25.8       | 0          | 20.6         | 236            |
| 소형기계점파   | 7.25         | 9.6          | 9.12           | 74.9       | 26.4       | 0.2        | 19.2         | 230            |
| 육묘이식     | 7.31         | 9.11         | 9.18           | 74.8       | 24.25      | 1.0        | 16.0         | 211            |

표 5-13. 수수 생육단계별 기상(2015, 안동)

| 생육 단계  | 순별    | 평균기온(°C) |       | 최고기온(°C) |       | 최저기온(°C) |      | 일조시수(시간) |       | 강수량(mm) |       |
|--------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|----------|-------|---------|-------|
|        |       | 본년       | 평년    | 본년       | 평년    | 본년       | 평년   | 본년       | 평년    | 본년      | 평년    |
| 영양 생장기 | 6월상순  | 21.7     | 23.0  | 26.5     | 28.7  | 17.2     | 18.1 | 71.3     | 72.9  | 12.6    | 9.3   |
|        | 6월중순  | 24.6     | 23.8  | 29.9     | 28.9  | 20.1     | 19.8 | 64.2     | 56.3  | 7.3     | 14.6  |
|        | 6월하순  | 23.9     | 24.1  | 28.4     | 29.0  | 20.0     | 20.1 | 46.8     | 49.7  | 25.8    | 58.3  |
|        | 7월상순  | 25.3     | 25.4  | 30.2     | 29.8  | 21.4     | 22.0 | 40.1     | 47.1  | 141.0   | 163.6 |
|        | 평균/계  | 23.8     | 24.0  | 28.7     | 29.1  | 19.6     | 20.0 | 222.4    | 226.0 | 186.7   | 245.8 |
| 출수 개화기 | 7월중순  | 25.5     | 26.9  | 29.8     | 31.2  | 22.3     | 23.1 | 50.9     | 52.0  | 17.5    | 57.0  |
|        | 7월하순  | 28.2     | 28.7  | 34.1     | 33.6  | 24.0     | 24.8 | 82.4     | 76.9  | 148.8   | 15.2  |
|        | 8월상순  | 28.1     | 28.4  | 34.0     | 33.6  | 24.1     | 24.8 | 80.9     | 64.5  | 46.5    | 95.6  |
|        | 8월중순  | 30.0     | 27.0  | 35.8     | 31.4  | 25.2     | 23.5 | 103.9    | 49.1  | 0.1     | 94.8  |
|        | 평균/계  | 27.9     | 27.7  | 33.4     | 32.4  | 23.9     | 24.0 | 318.1    | 242.5 | 212.9   | 262.6 |
| 성숙 수확기 | 8월하순  | 24.9     | 25.0  | 30.2     | 29.5  | 20.5     | 21.7 | 78.3     | 54.0  | 34.6    | 100.7 |
|        | 9월상순  | 23.6     | 23.5  | 27.8     | 28.4  | 20.6     | 19.5 | 32.9     | 60.4  | 149.0   | 30.9  |
|        | 9월중순  | 21.4     | 22.0  | 24.9     | 27.3  | 18.4     | 18.2 | 29.7     | 61.9  | 129.5   | 49.2  |
|        | 9월하순  | 20.6     | 20.6  | 25.0     | 26.1  | 17.1     | 16.2 | 35.6     | 69.8  | 28.0    | 31.5  |
|        | 10월상순 | 19.4     | 18.3  | 23.4     | 24.4  | 16.3     | 13.2 | 44.8     | 78.6  | 77.5    | 26.0  |
|        | 10월중순 | 16.6     | 16.2  | 22.2     | 22.5  | 12.3     | 10.9 | 51.5     | 80.8  | 26.0    | 10.6  |
|        | 평균/계  | 21.08    | 20.93 | 25.58    | 26.37 | 17.5     | 16.6 | 272.8    | 405.5 | 444.6   | 248.9 |

수확방법에 따른 탈곡 효과를 조사한 결과(표 5-14, 그림 5-13), 콤바인수확은 인력수확에 비해 탈립율 97.8%, 곡립비율 95.4%로 높고 곡립협잡비은 4.6%로 낮았다.

표 5-14. 수확방법에 따른 탈곡 효과

| 수확방법      | 탈립율(%) | 배진구 손실율(%) | 곡립협잡비 | 곡립비율(%) |
|-----------|--------|------------|-------|---------|
| 인력수확/인력탈곡 | 91.2.1 | -          | 17.9  | 92.1    |
| 콤바인수확     | 97.8   | 2.1        | 4.6   | 95.4    |



그림 5-16. 콤바인 수확 및 수확종실과 배진구 배출 형태

수수 파종방법별 작업단계에 따른 노동력 투입시간을 계산한 결과(표 5-15), 인력점파 후 인력 수확 및 탈곡에 비해 소형기계점파 후 콤바인 탈곡한 경우는 10a당 21.76시간 절감되었다. 육묘 후 기계이식 및 콤바인 탈곡한 경우는 10a당 4.14시간으로 인력점파 및 인력수확에 비해 29.08시간 절감되었다.

표 5-15. 수수 작업단계별 노동력 투입시간

| 작업단계                     | 노동력 투입 시간(시간/10a/1인) |                            |                           |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
|                          | 인력점파(대조)             | 소형기계점파                     | 육묘-기계이식                   |
| 파종/트레이파종                 | 5.10                 | 0.52                       | 0.56                      |
| 육묘                       | 0.00                 | 0.00                       | 1.67                      |
| 솎음                       | 8.50                 | 10.5                       | 0.00                      |
| 기계이식                     | 0.00                 | 0.00                       | 1.47                      |
| 수확(인력/콤바인) <sup>1)</sup> | 8.70                 | 0.44                       | 0.44                      |
| 이삭건조                     | 2.00                 | 0.00                       | 0.00                      |
| 탈곡                       | 8.92                 | 0.00                       | 0.00                      |
| 줄기제거 및 파쇄                | 10.5                 | 0.00                       | 0.00                      |
| 계                        | 33.22                | 11.46( $\triangle 21.76$ ) | 4.14( $\triangle 29.08$ ) |

<sup>1)</sup> 수확방법 : 인력점파-이삭만 인력 수확, 소형기계점파 및 육묘기계이식-볍용콤바인

## 수수 육묘 기계정식 현장 연시회 실시

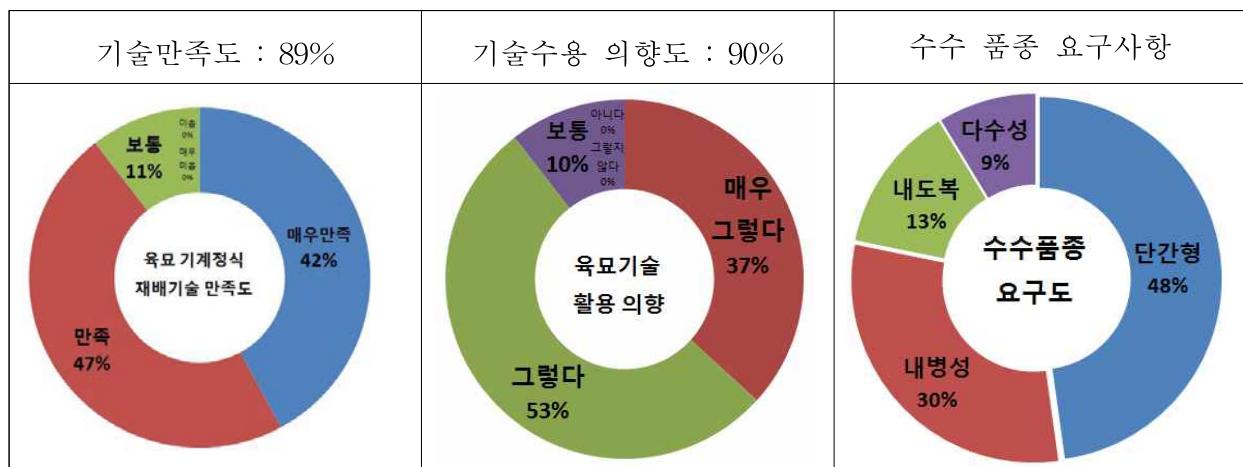
### ▣ 행사 개요

- 일 시 : 2016. 06. 17(금) 11:00~14:30
- 장 소 : 경북 안동시 도산면 온혜리 382번지 일원
- 주 관 : 경상북도농업기술원 작물육종과
- 참석인원 : 잡곡 생산 농업인, 연구 및 지도직 공무원 등 40명

### ▣ 행사 내용

- 수수 생력재배기술 연구 성과 발표
- 수수 육묘 기계정식 현장 연시
- 종합토의 : 기계육묘 기술 평가 및 개선점 토론

### ▣ 연시회 평가



- 기타사항 : 육묘기계 임대사업 지원



## 제6절 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구

### 1. 팥의 기계화 재배에 적합한 품종별 및 파종시기 구명

#### 가. 연구개발수행 내용

팥의 기계화 재배에 적합한 품종인 아라리팥과 홍언팥을 시험하여 파종시기를 구명하고자 2014년부터 2015년까지 강원도농업기술원 본원 시험포장에서 시험을 수행하였다. 아라리팥과 홍언팥은 직립형으로 도복에 강하여 강원도 지역에서 일부 농가에 보급되고 선호도도 다소 있다. 팥은 도복에도 약하지만 습해와 굼벵이 피해도 많이 발생되어 습해가 발생되는 않는 포장을 선정하고, 경운전 토양시료 채취 및 분석 그리고 토양살충제, 퇴비, 비료를 파종 15일 전에 살포하고 경운하였다. 파종 전 이랑을 70cm 간격으로 만들고 우량종자를 선별한 팥 종자를 소형 점파기를 이용하여 20cm 간격으로 6월15일, 6월25일, 7월5일, 7월15일 파종하였다.

시험구 배치는 분할구배치법(Randomized Split-Plot Design, RSPD) 3반복으로 처리하였으며, 팥의 특성조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의거 조사를 하였고, 수량조사는 시험구 중간지점에서 5.6m<sup>2</sup>(4mx1.4m)을 예취하여 수량구성요소 및 수량을 조사하였다.

표 6-1. 재배법(고휴재배 표준재배법 적용)

| 재배양식 | 파종방법         | 재식거리<br>(이랑너비×포기사이) | 시비량(kg/10a)<br>(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O) |
|------|--------------|---------------------|--|
| 고휴재배 | 기계점파(소형 점파기) | 70×20cm(주당 2본)      | 4 - 6 - 6  |

#### 나. 연구개발수행 결과

팥의 생력재배를 위한 재배양식 표준화를 위하여 기계화 적응성이 우수한 아라리팥과 홍언판을 파종하여 생육특성 및 수량성을 조사하였는데, 춘천지역의 기상 현황은 평년과 2015년을 비교해보면(그림 6-1) 춘천지역의 6월~10월 평균온도 21.63°C로 평년대비 1.08°C 상승하였으며 월별 강수량도 평년과 비슷한 경향이었고, 강수량은 393mm로 평년보다 636mm 적었다. 강수량은 393mm로 평년보다 636mm 적었으며. 특히 7월 상중순과 8월중하순부터 10월하순 까지는 강수량이 매우 적어 팥 생육에 좋지 않았다.

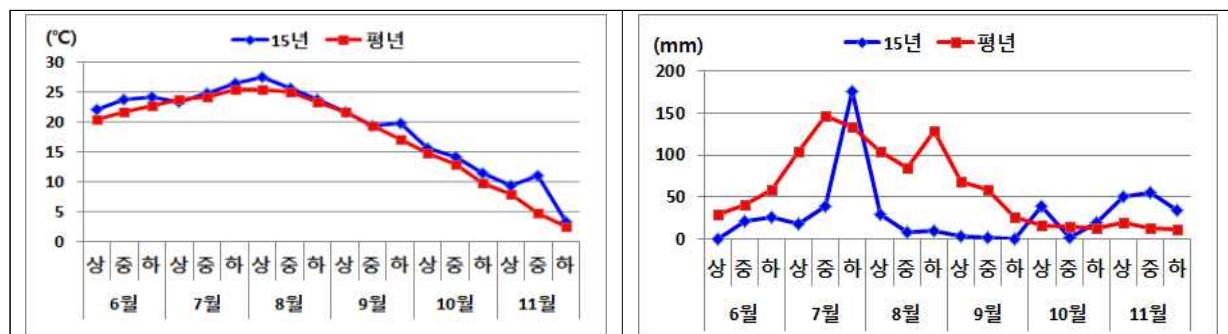


그림 6-1. 평균온도 및 강수량(춘천)

품종별 파종기에 따른 아라리 팥의 개화기를 살펴보면(표 6-2) 6.15일 파종은 8.15일, 7.15일 파종은 8.28일로 파종 간격은 30일이지만 개화기는 약 13일정도 늦어졌고. 성숙기는 6.15일 파종은 9.14일, 7.15일 파종은 10.8일로 24일 지연되었다. 경장은 파종기가 늦을수록 짧아지는 경

향이며, 이는 강(1985), 차 등(1982), 만파 할수록 짧아진다는 보고와 일치하였다. 6.15일 파종에서 경장이 46cm로 가장 컸으며 그 차이는 10cm정도이었다. 절수는 12~15개, 분지수는 1.9~3.0개로 일찍 파종한 처리에서 생육이 컸으며, 주당 협수와 협당 립수는 일정한 경향이 없었고, 백립중도 같은 경향으로 12.1~14.4g의 범위에 있었다. 생육 기간 중 갈반병, 바이러스, 흰가루병은 발생되지 않았으며, 수량은 7.6일 파종에서 최대 수량을 보였는데 207kg/10a로 파종기가 7.5일까지 증가하다가 7.15일에는 145kg/10a으로 수량 감소가 커졌다. 7.5일 파종에서는 수량성과 백립중이 다른 파종기보다 높게 나타났으며, 7.15일 파종에서는 수량과 백립중이 같이 감소하였다.

표 6-2. 파종기에 따른 아라리팥 생육 및 수량(2015년)

| 구 분   | 개화기<br>(월.일) | 성숙기<br>(월.일) | 경장<br>(cm) | 절수<br>(개) | 분지수<br>(개) | 협수<br>(개) | 협당<br>립수(개) | 도복<br>(0~9) | Virus<br>(0~9) | 갈반병<br>(0~9) | 백립중<br>(g) | 수 량<br>(kg/10a) |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|----------------|--------------|------------|-----------------|
| 6.15일 | 8.15         | 9.14         | 46         | 15        | 2.8        | 25        | 7           | 0           | 0              | 0            | 13.0       | 190             |
| 6.25일 | 8.19         | 9.21         | 45         | 14        | 3.0        | 25        | 7           | 0           | 0              | 0            | 13.3       | 196             |
| 7. 5일 | 8.25         | 10.2         | 41         | 13        | 2.6        | 28        | 7           | 0           | 0              | 0            | 14.4       | 207             |
| 7.15일 | 8.28         | 10.8         | 35         | 12        | 1.9        | 23        | 6           | 0           | 0              | 0            | 12.1       | 145             |

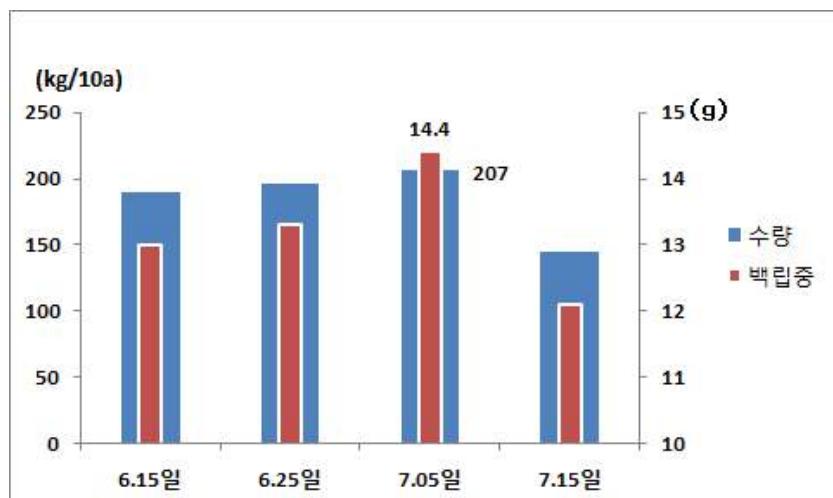


그림 6-232. 파종시기에 따른 아라리팥 수량 및 백립중

홍언팥의 생육특성을 살펴보면(표 6-3) 개화기는 파종 간격 일수 30일과 같게 지연 되었고, 아라리 팥에 비해 6.15일과 6.25일 파종은 약20일 정도 빨랐으며, 7.5일은 8일, 7.15일은 2일 정도 빨랐다. 성숙기는 차이가 25일 정도 나타났으며, 절수는 파종시기가 빠를수록, 분지수는 파종시기가 늦을수록 많아지는 경향이었으며, 6.15일 파종에서 경장과 분지수 및 수량이 현저하게 감소된 것은 파종 후 수분 부족에 의한 것으로 사료되며, 주당 협수 및 협당 립수는 일정한 경향을 보이지 않았다. 아라리팥과 마찬가지로 도복, 바이러스, 흰가루병은 발생되지 않았으며, 백립중은 파종기가 다소 늦은 것이 증가하였다. 수량은 7.5일에서 247kg/10a로 가장 높았다. 파종시기에 따른 년차간 수량성을 살펴보면(표 6-4) 아라리팥의 2년간 평균수량은 7.5일에서 247kg/10a로 2년간 순위 변동 없이 높았으며, 홍언팥은 7.15일에서 253kg/10a로 최대의 수량을 보였으나 7.5일 파종의 250kg/10a과의 차이는 미미했다.

표 6-3. 파종기에 따른 홍언팥 생육 및 수량

| 구 분   | 개화기<br>(월.일) | 성숙기<br>(월.일) | 경장<br>(cm) | 절수<br>(개) | 분지수<br>(개) | 협수<br>(개) | 협당<br>립수(개) | 도복<br>(0~9) | Virus<br>(0~9) | 갈반병<br>(0~9) | 백립증<br>(g) | 수 량<br>(kg/10a) |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|----------------|--------------|------------|-----------------|
| 6.15일 | 7.25         | 9.10         | 49         | 17        | 0.6        | 32        | 7           | 0           | 0              | 0            | 12.0       | 159             |
| 6.25일 | 7.30         | 9.18         | 57         | 17        | 1.2        | 31        | 8           | 0           | 0              | 0            | 12.8       | 220             |
| 7. 5일 | 8.18         | 9.30         | 44         | 14        | 2.8        | 33        | 7           | 0           | 0              | 0            | 14.2       | 247             |
| 7.15일 | 8.26         | 10.5         | 39         | 12        | 2.4        | 29        | 7           | 0           | 0              | 0            | 14.3       | 228             |

표 6-4. 파종시기에 따른 년차간 수량성 비교(2014-2015)

| 파종시기<br>(월.일) | 아라리팥(kg/10a) |       |      | 홍언팥(kg/10a) |       |       |
|---------------|--------------|-------|------|-------------|-------|-------|
|               | 2014년        | 2015년 | 평균   | 2014년       | 2015년 | 평균    |
| 6.15          | 245          | 190   | 217a | 221         | 159   | 190b  |
| 6.25          | 275          | 196   | 235a | 240         | 220   | 230ab |
| 7.05          | 287          | 207   | 247a | 254         | 247   | 250a  |
| 7.15          | 266          | 145   | 205a | 279         | 228   | 253a  |

\* DMRT(0.05)

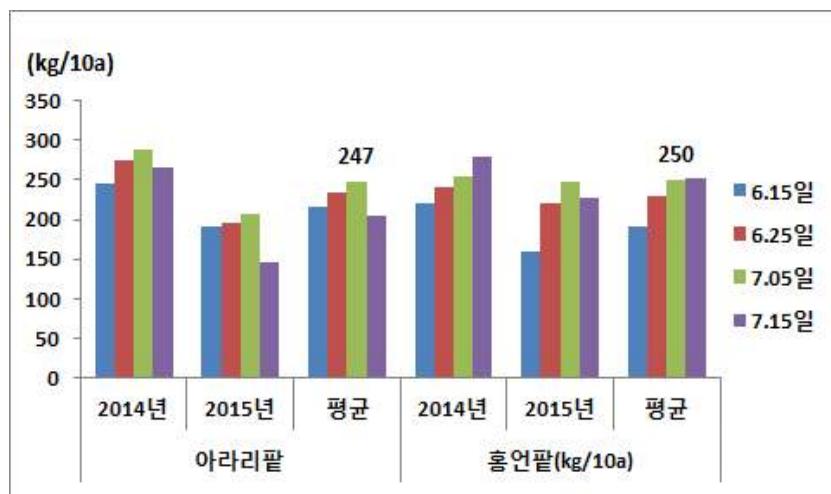


그림 6-233. 품종별 파종기에 따른 수량성

팥의 중북부지역에서의 파종기는 6월 20일이 표준 파종기이며, 조생종인 아라리팥과 홍언팥에 대한 2014년부터 2015년 2년간 시험결과로 7월 5일 파종이 수량 증수효과를 가져왔다. 두 품종 수량성을 분석하면 6월 15일과 7월 5일의 수량성은 평균 45kg/10a이 증수되었고, 6월 25일과 7월 5일과 비교하면 평균 16kg/10a이 증수되었다. 따라서 기존의 재배법인 6월 20일 파종보다 7월 5일 파종이 평균 30kg/10a이 증수되어 수익은 150천원/10a이 증가되었다.(표 6-5) 이는 현(2014)의 남부지역에서 조생종인 홍언팥의 파종적기인 7월 5일 파종과 같은 경향이었으나, 한(2015)의 횡성지역에서 아라리의 수량은 6월 19일 파종이 7월 3일 파종보다 수량이 증수되었다는 결과와는 다르게 나타났다.

표 6-5. 수익성 분석

| 손실적요소(A)             | 이익적요소(B)   |
|----------------------|--|
| - 해당사항 없음            | - 팥 증가되는 이익<br>7.5일파종시 수량 250kg/10a(작파대비 20kg/10a 증)<br>10a당 수익 : $30\text{kg} \times 5,000\text{원} = 150\text{천 원}$ |
| - 추정수익액 : 150천 원/10a |  |

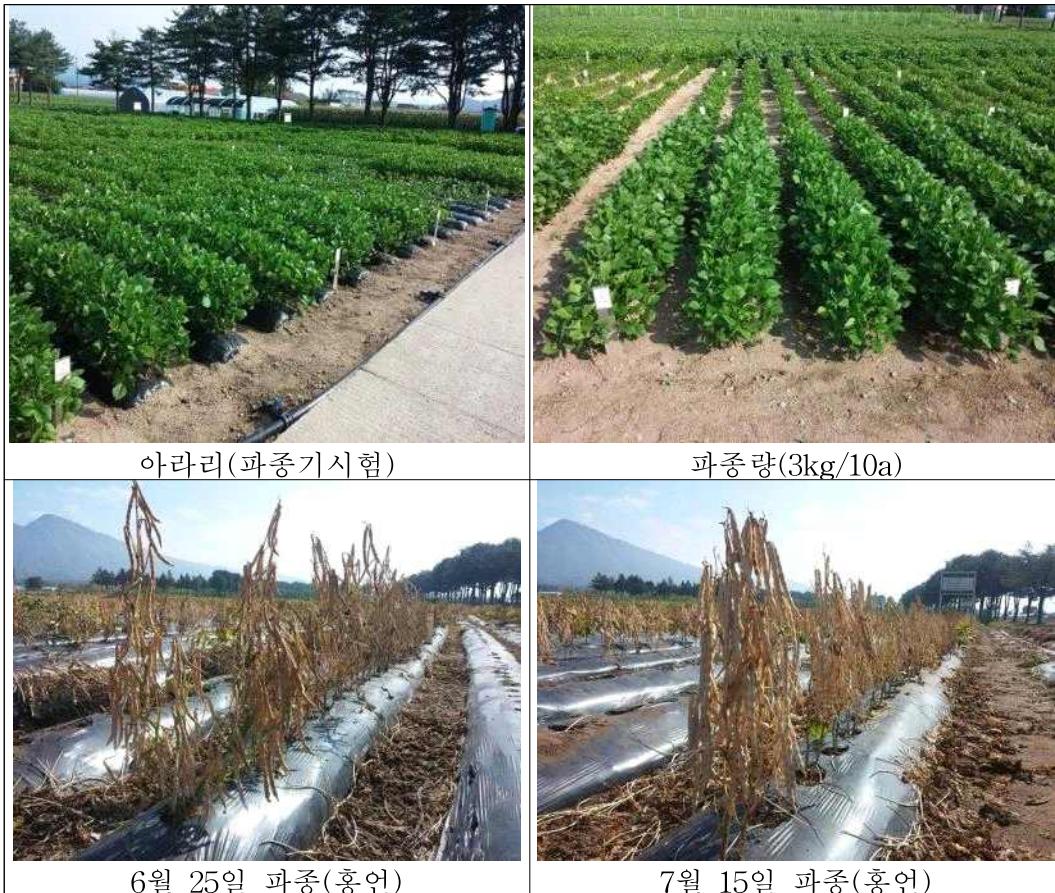


그림 6-4. 생육단계별 모습

## 2. 팥의 생력 기계화를 위한 줄뿌림 재배양식 표준화('14~'15)

### 가. 연구개발의 수행내용

팥의 기계화 재배를 위한 줄뿌림 재배 방법을 정립하고자 기계화에 적합한 품종인 아라리팥을 이용하여 2014년부터 2015년까지 강원도농업기술원 본원 시험포장에서 시험을 수행하였다. 아라리팥은 직립형으로 도복에 강하여 강원도 지역에서 일부 농가에 보급되고 있다. 팥은 도복에도 약하지만 습해와 굼벵이 피해도 많이 발생되어 습해가 발생되는 않는 포장을 선정하고, 경운전 토양시료 채취 및 분석 그리고 토양살충제, 퇴비, 비료(검정시비량)를 파종 15일전에 살포하고 경운하였다. 우량종자를 선별하여 트랙터 부착 줄뿌림 파종기를 이용하여 조간 60, 70, 80cm 간격으로 파종량은 4kg/10a로 6월20일에 파종하였다. 파종량 시험은 조간거리 70cm로 파종량은 3, 4, 5kg/10a로 파종하였으며 대조구로는 휴립 파종 70cmX20cm로 1주 2본으로 인

력점파를 하였다. 시험구 배치는 난괴법(Randomized Complete Block Design) 3반복으로 처리하였으며, 팔의 특성조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의거 조사를 하였고, 수량조사는 시험구 중간지점에서 5.6m<sup>2</sup>(4mx1.4m)을 예취하여 수량구성요소 및 수량을 조사하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

재식거리에 따른 생육특성 및 수량성을 살펴보면(표 6-6) 재식거리에 따른 개화기와 성숙기는 차이가 없었으며 이는 차 등(1982)의 결과와 같은 경향이며, 개화기 8월 17일 성숙기는 9월 16일로 나타났으며, 경장은 조간거리 60cm에서 47cm로 가장 커고 조간이 넓을수록 경장이 작아지는 경향이었다. 절수는 주당 15개, 분지수는 주당 2.2~2.6개, 협당 립수는 7개 정도로 처리간 차이가 없었다. 협수는 조간거리 80cm에서 16개로 가장 많았으며, 조간거리가 클수록 증가하는 경향이었다. 재배기간중 도복, 바이러스, 흰가루병은 발생되지 않았으며, 백립중은 일정한 경향이 없었다. 수량은 조간거리가 작을수록 증가하였는데 조간거리 60cm에서 186kg/10a로 가장 많았으며, 조간거리 70cm에서 인력점파보다 줄뿌림 재배가 수량이 다소 많았다.

파종량에 따른 생육 및 수량은(표 6-7) 개화기 8월 17일, 성숙기 9월 16일, 경장은 40~47cm로 처리간 차이가 없으며, 절수, 분지수 및 협수도 일정한 경향이 없었다. 생육기간중 도복, 바이러스, 흰가루병 발생이 없었으며, 백립중은 12.1g 정도였다. 수량은 파종량 5kg/10a 처리가 200kg/10a로 가장 많았으며, 4kg/10a처리구도 193kg/10a의 수량성을 보였다.

재식거리에 따른 년차간 수량성을 비교하면(표 6-8) 2015년의 수량성이 많이 떨어지는데 이는 생육기간중 강수량 부족에 의한 것으로 사료되고 조간거리 60cm에서 평균 최대수량 235kg/10a로 나타났는데 이는 김 등(1998)의 휴폭 70cm 줄뿌림 파종에서 가장 증수 되었다는 결과와는 다른 경향이나, 조간거리 70cm에서도 230kg/10a로 비슷한 수준이었다. 팔의 표준 재식거리는 60cmX20cm이며 팔 기계화 재배를 위해서는 조간거리 70cm가 두둑의 형성, 약제의 방제, 기계제초, 농기계의 구조 등을 검토하면 적절한 거리가 되며 수량성도 조간거리 60cm와 비슷하였다.

파종량에 따른 년차간 수량성은 2014년에 비해 2015년의 수량성이 낮은 것은 강수량 부족에 의한 수분 스트레스로 사료되며, 2014년의 파종량 4kg/10a에서 최대수량 282kg/10a로 나타났으며, 2015년에서는 파종량 5kg/10a에서 200kg/10a으로 수량이 가장 많았다. 평균 수량은 파종량 4kg/10a에서 237kg/10a으로 나타났으나 대조구 대비 4.4% 증수하였다.

표 6-6. 재식거리에 따른 생육 및 수량(2015)

| 재식거리<br>(cm) | 파종량<br>(kg/10a) | 개화기<br>(월.일) | 성숙기<br>(월.일) | 경장<br>(cm) | 절수<br>(개) | 분지수<br>(개) | 협수<br>(개) | 협당<br>립수(개) | 도복<br>(0~9) | Virus<br>(0~9) | 백립중<br>(g) | 수량<br>(kg/10a) |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|----------------|------------|----------------|
| 60           | 4               | 8.17         | 9.16         | 47         | 15        | 2.6        | 22        | 8           | 0           | 0              | 11.5       | 186            |
| 70           | 4               | 8.17         | 9.16         | 43         | 15        | 2.2        | 24        | 7           | 0           | 0              | 12.6       | 178            |
|              | 4(점파)           | 8.17         | 9.16         | 42         | 15        | 2.6        | 24        | 7           | 0           | 0              | 12.1       | 166            |
| 80           | 4               | 8.17         | 9.16         | 39         | 15        | 2.3        | 26        | 7           | 0           | 0              | 12.9       | 142            |

표 6-7. 파종량에 따른 생육 및 수량(2015)

| 파종량<br>(kg/10a) | 재식거리<br>(cm) | 개화기<br>(월.일) | 성숙기<br>(월.일) | 경장<br>(cm) | 절수<br>(개) | 분지수<br>(개) | 협수<br>(개) | 협당<br>립수(개) | 도복<br>(0~9) | Virus<br>(0~9) | 백립중<br>(g) | 수량<br>(kg/10a) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|----------------|------------|----------------|
| 3               | 70           | 8.17         | 9.16         | 40         | 15        | 2.7        | 27        | 7           | 0           | 0              | 12.3       | 171            |
| 4               | 70           | 8.17         | 9.16         | 47         | 15        | 2.1        | 22        | 7           | 0           | 0              | 12.1       | 193            |
| 5               | 70           | 8.17         | 9.16         | 42         | 14        | 2.2        | 24        | 8           | 0           | 0              | 12.3       | 200            |
| 4(점파)           | 70           | 8.17         | 9.16         | 42         | 15        | 2.6        | 24        | 7           | 0           | 0              | 12.1       | 166            |

표 6-8. 재식거리에 따른 년차간 수량성 비교(아라리풀)

| 구 분          | 2014년 | 2015년 | 평균   |
|--------------|-------|-------|------|
| 재식거리<br>(cm) | 60cm  | 284   | 235a |
|              | 70cm  | 282   | 230a |
|              | 80cm  | 262   | 202a |

\* DMRT(0.05)

표 6-9. 파종량에 따른 년차간 수량성 비교(아라리풀)

| 구 분             | 2014년 | 2015년 | 평균   |
|-----------------|-------|-------|------|
| 파종량<br>(kg/10a) | 3     | 261   | 216a |
|                 | 4     | 282   | 237a |
|                 | 5     | 267   | 233a |
|                 | 점파4   | 281   | 223a |

\* DMRT(0.05)

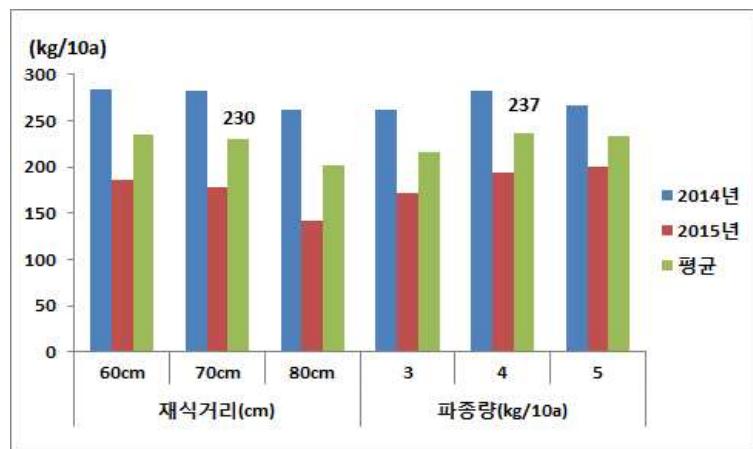


그림 6-5. 재식거리 및 파종량에 따른 팔 수량

### 3. 팥의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험

#### 가. 연구개발수행 내용

농가에서의 팥 수확은 수확기에 인력 예취를 한 다음 포장에 넣어서 건조시킨 뒤 다시 탈곡 작업을 이어간다. 팥은 탈립성이 강하여 협의 수분이 적은 상태에서 인력 탈곡시 손실이 발생되고, 꼬투리가 일시에 성숙 되는 것이 아니라 먼저 맺힌 꼬투리부터 성숙 되는데 이 꼬투리가 탈립이 일어나기 전에 수확해야 한다. 또한 팥은 착협고가 콩보다도 매우 낮고, 내도 복성이 약해 기계수확에 어려움이 따른다. 따라서 기계 수확에 적합한 품종인 아라리팥을 과종하여 콤바인 수확 실증시험을 통하여 기계화 적합성을 알아보고자 2016년 강원도농업기술원 본원 시험포장에서 시험을 수행하였다. 아라리팥은 직립형으로 도복에 강하여 강원도 지역에서 일부 농가에 보급되고 선호도도 다소 있다. 팥은 도복에도 약하지만 습해와 굼벵이 피해도 많이 발생되어 습해가 발생되는 않는 포장을 선정하고, 경운전 토양시료 채취 및 분석 그리고 토양살충제, 퇴비, 비료를 과종 15일전에 살포하고 경운하였다. 우량종자를 선별한 팥 종자를 트랙터 부착 줄뿌림 과종기를 이용하여 7월5일 과종하였다. 시험구 배치는 단구제로 하였으며, 재배면적은 1ha, 고휴점파를 대조구로 재식거리 70×20cm로 주당2본으로 과종량 4kg/10a으로 처리하였다. 팥의 수확은 범용 콤바인(얀마, YH400)을 이용하여 2줄씩 수확하고, 예취높이, 예취시 손실량, 예취 후 손실량, 협잡물 등을 조사하였으며, 적정 수확 방법을 모색하고자, 콤바인 수확속도, 급동의 회전수, 배진량, 탈곡망, 선별체 진동 정도 등을 조작하여 팥 수확에 적합한 조작방법을 조사하였다. 기타 팥의 특성조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2012)에 의거 조사를 하였고, 수량조사는 시험구 중간지점에서 21m<sup>2</sup>(15mx1.4m)을 콤바인 수확을 하여 수량구성요소 및 수량을 조사하였다.

#### 나. 연구개발수행 결과

범용 콤바인을 이용한 팥 수확에는 팥의 품종 특성, 도복정도, 착협고(하위 꼬투리의 높이), 탈립성, 식물체 및 꼬투리의 건조정도, 노면의 상태 등이 수확시 손실율 또는 수확 효율에 영향을 미친다. 시험에 사용된 아라리 팥은 직립형으로 도복에 다소 강하며, 분지수가 적은 특징을 가지고 있다. 또한 콤바인은 도복에 의해 쓰러진 팥을 일으키는 작용 정도, 부드러운 커팅, 전후·좌우 방향으로 흔들림, 적정 예취 높이 등의 정도가 예취시 손실양의 많고 적음을 결정짓는다. 과종방법에 따른 생육 및 수량을 보면(표 6-10), 줄뿌림 재배시 경장과 착협고가 고휴점파보다 높아 콤바인 수확에 유리하였고, 10a당 재식본수가 고휴점파보다 약40% 많아 수량이 약12%정도 증가하였다. 고휴점파는 분지수 주당 3.8개, 주당 협수 39.3개, 주당 립수 7.7개, 백립중 17.9g으로 줄뿌림보다 생육적 특성이 다소 우수하였으나, 재식본수의 감소가 수량 감소 요인으로 작용하였다.

표 6-10. 과종방법에 따른 생육 및 수량성(2016)

| 재배방법      | 경장<br>(cm) | 분지수<br>(개/주) | 주당협수<br>(개/주) | 립수<br>(개/협) | 착협고<br>(cm) | 백립중<br>(g) | 본수<br>(주/10a) | 수량<br>(kg/10a) |
|-----------|------------|--------------|---------------|-------------|-------------|------------|---------------|----------------|
| 고휴점파      | 49.9       | 3.8          | 39.3          | 7.7         | 10.3        | 17.9       | 18,569a       | 289            |
| 줄뿌림       | 53.0       | 3.1          | 36.3          | 7.2         | 11.7        | 16.7       | 25,905b       | 323            |
| CV(%)     | -----      | -----        | -----         | 9.12        | -----       | 10.47      | -             | 8.19           |
| LSD(0.5%) | -----      | -----        | -----         | 2.07        | -----       | 5275.8     | -             | 58.2           |



그림 6-6. 파종방법별 재식본수 및 수량성

표 6-11. 줄뿌림 재배 생육단계별 상황



콤바인 수확에 따른 특성을 살펴보면(표 6-12), 줄뿌림 재배는 도복 정도가 3으로 고휴점파 1보다 다소 높았지만, 예취높이는 7.25cm로 고휴점파 8.8cm보다 1.55cm 낮아 콤바인 수확에 유리하였으며, 착협고 11.7cm보다 낮아 콤바인 수확시 손실량을 줄일 수 있었다. 협잡물의 양은 리간 차이가 없었으며, 예취시의 손실량은 예취시 종실의 탈립과 도복에 의한 손실량으로 구분 할 수 있으며, 고휴점파에서 예취시 손실량이 다소 높은 것은 도복지수가 다소 낮지만 두둑(고휴) 아래로 도복된 팔의 개체 손실량이 다소 많을 것으로 추측되고, 줄뿌림의 손실량은 5%이하로 나타나 콤바인 수확이 가능하다는 것을 보여주고 있으며, 또한 고휴점파 재배보다 다소 유리하였다.

표 6-12. 파종방법에 따른 팔 콤바인 수확 특성비교

| 파종방법  | 도복(0-9) | 예취높이(cm) | 협잡물(%) | 손실량(%) |       |      |
|-------|---------|----------|--------|--------|-------|------|
|       |         |          |        | 예취시    | 배진시   | 계    |
| 고휴 점파 | 1       | 8.80a    | 0.68   | 2.63a  | 3.07a | 5.70 |
| 줄뿌림   | 3       | 7.25a    | 0.73   | 1.93a  | 2.68a | 4.61 |

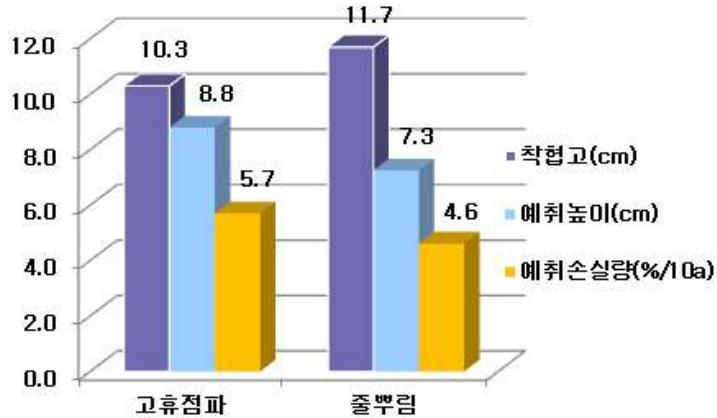


그림 6-7. 파종방법별 콤바인 수확 특성

콤바인 수확에는 콤바인 자체 성능에 따라 수확효율이 결정되어 어느 기종을 어떤 작부에 선택하여 적용하느냐 하는 문제도 중요하다. 또한 콤바인을 다루는 작업자의 숙련도, 작물종류, 포장의 상태 등의 여건도 매우 중요하게 작용한다. 본 시험에서는 얀마 YH400의 예취폭이 150cm로 밭작물의 잡곡 수확에 유리할 것으로 판단하여 시험에 적용하였으며, 포장의 상태는 평지로 자갈이 다소 있었지만 작업에 큰 영향을 미치지 않았다. 콤바인의 조작은 0.5m/s~0.9m/s의 속도로 한번에 2줄씩 수확하고, 예취높이 자동, 급동(탈곡드럼) 300~500rpm, 배진속도 중간, 구멍이 작은 탈곡망 선택, 선별체 진동 많음으로 조정하여(표 6-13) 수확할 때 수확을 적절히 할 수 있었으며, 예취높이 8cm이하, 예취시 손실량 4.6%이하 줄일 수 있었다. 급동(탈곡드럼) 300~500rpm는 차 등(1988)의 500~600rpm보다 다소 낮은 경향이지만 기계적 특성 및 수확시 식물체 도복의 정도, 식물체 및 종실의 수분함량 등에 따라 다를 수 있으며, 또한 수확 속도, 배진량, 배진속도 등의 조절이 필요하며, 종실의 물리적 파손 등에 유의 하면서 수확 작업이 이루어졌다.

표 6-13. 끌 적정 수확을 위한 콤바인 기능 설정



표 6-14. 파종 방법별 콤바인 수확 모습



콤바인 수확을 위한 종자의 선택, 파종량, 파종방법, 재식거리 등을 적용하여 기존의 인력파종 및 인력수확에 의존하던 팥 재배를 양식을 기계파종 및 콤바인 수확이 가능하고 또한 수량 증대와 노동력절감이 가능한 재배양식을 제시하였다. 파종방법에 따른 노동력(표 6-15)은 인10a당 인력파종은 2.2시간으로 기계파종시 약 75% 노동력이 절감되었으며(김 등 1982), 인력 예취 11.8시간, 인력탈곡 5.7시간으로 약 20시간이 소요되었으나 기계파종 0.6시간, 기계탈곡 1.0시간으로 약 1.6시간이 소요되어 인력파종 대비 기계파종(수확)시 약 18시간의 노동력이 절감되었다. 또한 줄뿌림과 고휴점파 대비 종실 수량증대에 따른 수익성을 분석해 보면 손실적요소로 종실량의 증가분 2kg/10a의 9천원과 이익적요소 수량증가 34kg/10a의 153천원을 고려할 때 추정 수익액은 144천원/10a이 증가되었다.

표 6-15. 파종 방법별 노동시간 비교 (시간/10a)

| 구 분  | 파 종  | 예취    | 탈 곡  | 계     | 단축시간  |
|------|------|-------|------|-------|-------|
| 인력파종 | 2.21 | 11.78 | 5.66 | 19.65 | -     |
| 고휴점파 | 0.61 | -     | 0.95 | 1.56  | 18.09 |
| 줄뿌림  | 0.61 | -     | 0.95 | 1.56  | 18.09 |

표 6-16. 수익성 분석

| 손실적요소(A)   | 이익적요소(B)  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종자소요량 : 2kg/10a           <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고휴점파 : 2.2kg/10a</li> <li>· 줄뿌림 : 4.2kg/10a</li> </ul> </li> <li>- 2kg × 4,500원=9,000원 추가</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 증가되는 이익           <ul style="list-style-type: none"> <li>고휴점파 대비 34kg/10a 수량 증가</li> <li>10a당 수익 : 34kg × 4,500원 = 153천원 증가</li> </ul> </li> </ul> |

- 추정수익액(B-A) : 144천 원/10a 증가

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

### 제1절 : 목표대비 달성도

| 당초 목표                                      | 가중치 (%) | 개발 내용   | 달성도 (%) |
|--|---------|---|---------|
| <b>□ 제1세부과제: 잡곡(조, 수수, 기장, 팥) 농가 실태 조사</b> |         |   |         |
| 1) 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 재배현황 분석               | 20      | 1) 잡곡 품목별 재배면적 현황<br>- 수수 2,578, 팥 1,856, 기장 2,030, 조 894ha<br>- 경사별 면적: 평야지(30.9%), 경사지(69.1%)<br>- 규모: 0.5㏊ 이하 (86.4%), 1㏊ 이하(9.6%), 1㏊ 이상(4.1%)  | 100     |
| 1) 잡곡(조, 수수, 기장, 팥) 재배 농가 실태 조사            | 50      | 1) 잡곡의 농가 재배양식 실태조사<br>- 파종: 인력 53, 기계 28%, 산파 18, 이식 22%<br>- 기계수확비율: 기장 57, 수수 20, 조 27, 팥 7%<br>2) 작업 단계별 노동시간 및 기계화율 분석<br>- 시간: 파종 13.3, 제초 11.3, 수확 62.2시간/10a<br>- 기계화율: 경운정지 100, 파종 67, 수확 56%   | 100     |
| 2) 잡곡(조, 수수, 기장, 팥)의 기계화 적합 재배양식 설정        | 30      | 1) 기장의 입지조건별 기계화 적합 재배양식 설정<br>- 평야지, 곡간지: 높은이랑재배, 구릉지: 평이랑재배<br>- 평야지: 평이랑 대비 10.7kg/10a 증수(104%↑)<br>- 곡간지: 평이랑 대비 41.6kg/10a 증수(23%↑)<br>- 구릉지: 높은이랑 대비 41.6kg/10a 증수(23%↑)  | 100     |
| <b>□ 제2세부과제: 잡곡의 재배양식별 생력 기계화 적합성 평가</b>   |         |   |         |
| 1) 잡곡의 재배양식별 파종 기계화 적합성 평가                 | 50      | 1) 파종방법별 생산성 평가(인력 점파 대비)<br>- 수수: 기계 점파 0.5, 육묘이식 1.5% 증수<br>- 조: 기계 점파 1.5, 줄뿌림 6.4, 산파 9.3% 증수<br>- 기장: 기계점파 - 3.2, 줄뿌림 18.8, 산파 23.5% 증수<br>- 팥: 기계 점파 2.5, 줄뿌림 21.4% 증수<br>2) 콤바인 수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배기술<br>- 조: 두둑너비 150, 조간 30, 주간 3cm 간격<br>- 기장: 두둑너비 150, 조간 50, 주간 3~5cm 간격<br>- 팥: 파종 66.6%, 수확 88.8% 노력 절감<br>- 노력 절감: 수량 17%, 파종 66.6%, 수확 88.8% | 100     |
| 2) 잡곡의 재배양식별 수확 기계화 적합성 평가                 | 50      | 1) 콤바인 수확 노동력 절감 효과(인력수확 대비)<br>- 수수(육묘이식) 21.9시간, 조, 기장(산파) 39.6시간<br>- 팥(줄뿌림) 23시간/10a<br>2) 콤바인 수확성능 평가<br>- 탈립률: 탈곡망(13mm) 53% → 개선탈곡망(6mm) 89%   | 100     |
| <b>□ 제1협동과제: 조의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구</b> |         |   |         |
| 1) 조의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명             |         | 1) 적정품종 선발 및 파종시기 설정<br>- 삼다찰 372kg/10a, 파종시기 6월 중순   |         |
| 2) 조의 생력 기계화를 위한 휴립광산과 재배양식 표준화            |         | 2) 적정 파종량 설정: 1kg/10a, 삼다찰<br>- 수량 355kg/10a, 파종시기 6월 중순  |         |
| 3) 조의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험                  |         | 3) 조기계화 재배기술: 91% ↓, 491시간/ha → 43<br>- 기계파종 노력시간: 3시간/ha (관행 57시간)<br>- 기계이식 노력시간: 21시간/ha (관행 209시간)<br>- 기계수확 노력시간: 19시간/ha (관행 225시간)   |         |

| 당초 목표                                      | 가중치 (%) | 개발 내용   | 달성도(%) |
|--|---------|---|--------|
| <b>□제2협동과제: 기장의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구</b> |         |   |        |
| 1)기장의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명             | 40      | 1) 품종선발 : 이백찰기장(수량성 우수, 내도복)<br>- 수량 : 이백찰>황실찰>만홍찰>황금기장<br>2) 파종적기 : 6월상순~6월하순(7월파종 수량급감)<br>- 황금기장 : 6하, 황실찰·만홍찰·이백찰 : 6상~6하               | 100    |
| 2)기장의 생력 기계화를 위한 휴립광산파 재배양식 표준화            | 30      | 1) 산파시 적정 파종량 : 1.0kg/10a<br>- 파종량 0.7kg/10a 대비 30% 증수  | 100    |
| 3)기장의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험                  | 30      | 1) 기계화 재배 효과 : 인력대비 9.5시간/10a 절감<br>- 인력파종 및 인력수확 대비 30%노력 절감   | 100    |
| <b>□제3협동과제: 수수의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구</b> |         |   |        |
| 1)수수의 기계화 재배에 적합한 품종 및 파종시기 구명             | 40      | 1) 수수 생력 기계화를 위한 적정 파종시기 설정<br>-6월 10일 파종시 수량 증수<br>-7월 10일 이후 파종시 성숙전 서리로 수확불가<br>-육묘 기계이식 한계기 : 7월 5일 이전                                  | 100    |
| 2)수수의 기계화 재배에 적합한 재배양식 구명                  | 40      | 1) 수수의 파종방법 및 재식거리<br>-파종방법 간 출수기와 수량의 유의적차이 없음.<br>-재식거리에 따른 년차간 변이가 심했으며  | 100    |
| 3)수수의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험                  | 20      | 1) 수수의 기계화에 따른 노력절감 효과<br>-파종·이식단계: 인력점파(13.60), 소형기계점파 (10.52), 육묘기계이식(3.7시간/10a)<br>-수확·탈곡·수확후 줄기파쇄 단계 : 인력수확탈곡(30.12), 콤바인수확(0.44시간/10a) | 100    |
| <b>□제4협동과제: 팥의 생력 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구</b>  |         |   |        |
| 1)팥의 기계화 재배에 적합한 품종별 및 파종시기 구명             | 35      | 1)아라리 및 홍언팥의 파종시기는 7월 5일에서 최대 수량을 보임.   | 100    |
| 2)팥의 생력 기계화를 위한 세조파 재배양식 표준화               | 35      | 1)조간거리 70cm, 파종량 4kg/10a가 유리함.  | 100    |
| 3)팥의 생력 기계화 재배기술 현장실증 시험                   | 30      | 1)줄뿌림 재배가 콤바인 수확시 고휴점파보다 약 12% 증수하였음.   | 100    |
|  | 100%    |   |        |

## 제2절 : 정량적 성과

| 연도<br>성과지표명  |      | 당초목표<br>(전체) | 실적    | 달성도<br>(%) | 가중치<br>(%) | 점수    |
|--------------|------|--------------|-------|------------|------------|-------|
| 논문게재         | SCI  |              |       |            |            |       |
|              | 비SCI | 5            | 4     | 80         | 0.1        | 8.0   |
| 학술발표         | 국제   | 10           | 19    | 190        | 0.2        | 38.0  |
|              | 국내   | 2            | 5     | 250        | 0.1        | 25.0  |
| 정책자료 기관제출    |      | 2            | 2     | 100        | 0.2        | 20.0  |
| 영농기술·정보 기관제출 |      | 10           | 13    | 130        | 0.2        | 26.0  |
| 홍보성과(점수)     |      | 60           | 255.7 | 426.2      | 0.2        | 85.2  |
| 계            |      | 89           | 298.7 | 1176.2     | 1.0        | 202.2 |

## 제 5 장 연구 결과의 활용 계획

### □ 사업화

- 2015년 잡곡류 주산단지 조성 사업(기술지원국) 연계 현장설증을 통한 기술보급
- 잡곡 생력재배 신기술 시범사업을 통한 기술보급('16~'17)
- 직립형 팥 생력재배기술 신기술 시범사업 반영('17~'19)
- 조, 기장의 줄뿌림재배기술 신기술 시범사업 반영('18~'20)

### □ 논문게재(추진계획)

- 직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도 차이에 따른 생육 및 수량특성('17)
- Labor-saving cultivation technology for proso millet(*Panicum miliaceum L.*) and foxtail millet(*Setaria italica L.*)('17, SCI)
- Effect of transplanting on yield and growth of sorghum (*sorghum bicolor L. Moench*)('17, SCI)
- 수수 및 밀렛류 잡곡의 파종방법 차이에 따른 생육 및 수량반응('17)
- 팥 줄뿌림 재배시 재식거리 차이에 따른 생육 및 수량반응('17)
- 남부지방 조 기계화재배에 적합한 고휴재배의 품종별 파종시기와 파종량('16, SCI)
- 수수의 품종별 파종시기에 따른 생육특성('17, 비SCI)

### □ 자료발간

- 조·기장, 수수 표준재배 매뉴얼(농업기술길잡이) 발간('14, '15 발간 완료)
- 논 이용 콩·수수·조·기장 생산기술
- 농촌진흥공무원교육 교재발간(잡곡생산)

## 제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

### 문헌정보

- Transplanting sorghum and millet as a means of increasing food security in semi-arid, low income countries(Centre for Arid Zone Studies (CAZS), 2002)
- A review of fertilizer use research on sorghum in India(ICRISAT, 1984)
- ICRISAT Strategic Plan to 2020(ICRISAT, 2010)
- Mini Core Collections for Efficient Utilization of Plant Genetic Resources in Crop Improvement Programs(ICRISAT, 2009) 등
- Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health, Phytochemistry, 2004

### 학위논문

- Effect of planting date on growth, development, and yield of grain sorghum hybrids(Kansas State University, 2012)
- Efficient utilization of water and nitrogen resources for grain sorghum under rainfed conditions(the University of Nebraska, 2008) 등

## 제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

| 보안 등급 분류 | 보안                                      | 일반 |
|----------|---|----|
|          | ○                                       |    |
| 결정 자유    | 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음 |    |

## 제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

- 해당사항 없음

## 제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

### 가. 연구실 안전조치 이행계획

- 「산업안전보건법」에 따른 연구개발 사업 수행 시 실험포장 안전관리 대책 수립
- 참여연구원의 실험포장 작업 시 안정사용 기준 준수 교육
  - 농기계작업 시 안정 규정 준수
  - 농약살포 시 (마스크, 보안경, 방제복 등) 보호장비 착용
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따른 실험실 안전관리 대책 구축
  - 안전관리규정 게시, 비치 및 연구 활동 종사자의 교육 추진
  - 연구실 위험요소별 맞춤형 조치계획 및 절차 숙지
  - 화학실험의 안전사고 사전예방 및 안전관리 평시 점검
  - 실험실 유독가스 누출 및 폐액 및 폐기물 안전사고 사전 예방대책

### 나. LMO 연구시설 및 수입신고 현황: 해당사항 없음

## 제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

| 번호 | 구분<br>(논문<br>/특허<br>/기타) | 논문명/특허명/기타                       | 소속<br>기관명 | 역할   | 논문게재지/<br>특허등록국가 | Impact<br>Factor | 논문게재일<br>/특허등록일 | 사사여부<br>(단독사사<br>또는<br>중복사사) | 특기사항<br>(SCI여부/<br>인용횟수 등) |
|----|--------------------------|----------------------------------|-----------|------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| 1  | 논문                       | 기장의 PE 멸칭과 재식밀도가 생육 및 수량에 미치는 영향 | 국립식량과학원   | 주 저자 | 한국작물학회지          | 0.4098           | 2015.06.30      | 단독사사                         |                            |
| 2  | 논문                       | 조고휴점파 시재식 본수에 따른 생육 및 수량특성       | 국립식량과학원   | 주 저자 | 한국작물학회지          | 0.4098           | 2016.06.30      | 단독사사                         |                            |
| 3  | 논문                       | 전북지역에서 기장의 파종시기가 생육 및 수량에 미치는 영향 | 전라북도농업기술원 | 주 저자 | 한국작물학회지          | 0.4098           | 2016.mm.dd      | 단독사사                         |                            |
| 4  | 논문                       | 수수의 탄닌 함량이 소화효소에 미치는 영향          | 경상북도농업기술원 | 주 저자 | 한국식품저장유통학회지      | 1.112            | 2016.10.30      | 단독사사                         |                            |

## 제 11 장 기타사항

### □ 참여연구원 변경

| 연차            | 항목              | 당초계획                            | 변경사항                       | 근거문서                        |
|---------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1년차<br>(2014) | ○ 주관책임자 변경      | 현종내                             | 윤종탁                        | 잡곡과-427<br>(2014.05.13.)    |
|               | ○ 제1세부과제 책임자 변경 | 현종내                             | 윤종탁                        | 잡곡과-427<br>(2014.05.13.)    |
|               | ○ 제2협동과제 책임자 변경 | 김효진                             | 최규환                        | 농식품개발과-2368<br>(2014.05.15) |
|               | ○ 제2협동과제 연구원 추가 |                                 | 신현주, 김명자, 박영희,<br>박다옥, 박순자 |                             |
|               | ○ 제2협동과제 연구원 추가 |                                 | 김상녀, 양금자, 양순자,<br>채순덕, 윤성현 |                             |
|               | ○ 제2협동과제 연구비 변경 | 인건비, 재료비                        | 증액                         | 농식품개발과-5095<br>(2014.10.22) |
| 2년차<br>(2015) | ○ 제4협동과제 연구원 추가 |                                 | 조영래, 김혜경                   | 작물연구과-3776                  |
|               | ○ 주관책임자 변경      | 윤종탁                             | 정기열                        | 기획조정과-306<br>(2015.01.22)   |
|               | ○ 제1세부과제 책임자 변경 | 윤종탁                             | 정기열                        | 기획조정과-306<br>(2015.01.22)   |
|               | ○ 제1협동과제 연구원 변경 | 박홍규, 김명숙, 김동관,<br>이숙재, 임세화, 오효례 | 김길자, 김종심, 염필주              |                             |
|               | ○ 제2협동과제 연구원 변경 | 김희준                             | 서상영, 이기권                   |                             |
|               | ○ 제3협동과제 연구원 변경 | 한윤열, 오정수                        | 김세종, 곽영민                   |                             |
|               | ○ 제4협동과제 연구원 추가 | 김주옥                             | 김혜경                        | 작물연구과-2576                  |

| 연차            | 항목              | 당초계획                  | 변경사항                              | 근거문서       |
|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|------------|
| 3년차<br>(2016) | ○ 제1세부과제 연구원 변경 | 이재생, 조수민,<br>송석보      | 전현정, 이상훈                          |            |
|               | ○ 제2세부과제 연구원 변경 | 이재생, 조수민,<br>송석보      | 전현정, 이상훈                          |            |
|               | ○ 제1협동과제 연구원 변경 | 최진경, 김길자,<br>신해룡, 염필수 | 김동관, 이숙재,<br>안호섭, 이종석,<br>윤만종 정영자 |            |
|               | ○ 제2협동과제 연구원 변경 | 최재국                   | 정병용                               |            |
|               | ○ 제3협동과제 연구원 변경 | 김민주, 곽영민              | 고희선, 오태영                          |            |
|               | ○ 제4협동과제연구원 추가  | 송윤호, 제해자              | 조영래, 박금순                          | 작물연구과-2576 |

## 제 12 장 참고문헌

- Abou-Zeid, H., M., H.A. Abd-El-Aal, A.A. Darwish, and W.M.EI -Shazly. 1995. Transplanting techniques and seedlings age influence on agronomic performance of Giza 75 cotton cultivar. *Ann. Agr. Sci. (Egypt)* 40(2): 609–619.
- Abuzar M.R., G.U. Sadozai, M.S. Baloch, A.A. Baloch, I.H. Shah, T. Javaid, and N. Hussain. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *J Anim & Plant Sci.* 21(4): 692–695.
- Agbaje, G.O. and J.A. Olofintoye. 2002. Effect of transplanting on yield and growth of grain sorghum (*Sorghumbicolor*L.Moench). *Tropicultura*.Vol20(4):217–220.
- Agdag, M., L. Nelson, D. Baltensperger, D. Lyon and S. Kachman. 2001. Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. *Comun. Soil Sci. Plant Analysis.* 32(13&14): 2021–2032.
- Aggarwal, P.K., Bandyopadhyay, S.K., Pathak, H., Kalra, N., Chander, S., Kumar, S.S., 2000. Analyses of yield trends of the rice-wheat system in north-western India. *Outlook Agr.* 29, 259–268.
- Allam, A.Y., G.R. El-Nagar, M.M. Abdalla and N. Ibrahim. 2002. Response of some grain sorghum cultivation to planting density and nitrogen fertilization. *Assiut Journal of Agricultural Science.* 33(2): 133–149.
- Anureet, K. and V.P. Singh. 2006. Effect of planting method, muching and weed control on groeth and yield of hybrid pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Res. on Crops.* 7(1):70–72.
- Ayoubi, Sh., Mohammad Zamani, S., Khormali, F., 2007. Spatial variability of some soil properties for site specific farming in northern Iran. *Int. J. Plant Prod.* 1, 225–236.
- Back, N.H., W.Y. Choi, J.C. Ko, H.K. Park, J.K. Nam, K.G. Park, S.S. Kim, B.K. Kim, C.K. Kim. 2006. Optimum Seeding Rate in Different to Soil Salinity for Broadcasting on the Rice Flooded Paddy Surface at South-western Reclaimed Saline Land of Korea. *Korean Society Of Crop Science.* ] Vol.42(S): 47–51.
- Balasubramanian A., Theetharappan T.S., Prasad, M.N. and Thangavelu O., 1982, Studies on nursery management of transplanted Sorghum. *Sorghum improvement Conference of North America*, University of Arizona. *Sorghum Newsletter* 25, 46.
- Balishtert, Gupta, V.K. and R. Singh. 1991. Impact of Mechanization on Employment and Farm Productivity. *Productivity*, 32 (3): 484–489.
- Baltensperger, D.D. 2002. Foxtail and prosomillet. In: J.Janick (ed), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. p: 182–190.
- Baltensperger, D.D. 2002. Progress with Proso, Pearl and Other Millets. Trends in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA.
- Bang J.K. S.S Nam, S.H. Ahn, S.J. Suh, 2009, Current Research on sweet sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench) to bio-ethanol in China, *Korean J. Intl. Agri.* 21(3):183–188

- Bannayan M., Crout NMJ, Hoogenboom G. 2003. Application of the CERES-Wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom. *Agron. J.* 95: 114–125.
- Bennett, W.F., B.B. Tucker and A.B. Maunder. 1990. Modern grainsorghum production. Iowa state Univ. Press, Ames.
- Berenguer M.J., and J.M. Faci. 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *Eur J Agron* 15: 43–55.
- Briggs, L.J. and H.L. Shantz. 1913. The water requirement of plants: Investigation in the Great plains. USDA-BPI Bull.285. Bureau plant industry, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Greb, B.W. 1979. Reducing drought effects croplands in the the westcentral Great Plains. USDA Info. Bull. 420. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- Chaney, W.R. and W.R. Byrnes. 1993. Effect of seedling age and taproot length on performance of oak. *N. J. Appl. For.* 10(4): 175–178.
- Chang D. I and Kim S. R. 1989. Kim & Kim 2015. Selection of optimal machinery systems by the sizes of the mechanized farmng group. *Res. Rept. R.D.A (Agri. Institutional Cooperation)*. pp. 287–297.
- Chang, K. 1968. Archeology of ancient China. *Science*. 162:519–526.
- Cho J. Y. 2010. Upland Crop Cultivation. Revised 4th edition. Hyangmunsa. pp. 245–250.
- Cho M. S., Choi Y. S. Choi, J. H. Kim, and N. K. Hea. 1999. Nutritional composition of Sorghum cultivars from Korea. *Inst. Of Agr. Sci. Kangwon Nat. Univ.* 10:1–9.
- Choe M.E., Kim J.I., Jung T.W., Kwak D.Y., Kim K.Y., Ko J.Y., Woo K.S., Song S.B., Jung K.Y., Oh I.S., 2016, Waxy sorghum (*Sorghum bicolor* L.) variety ‘Nampungchal’ with lodging resistant and high yield, *Korean J. Breed. Sci.* 48(2):192–197
- Choi B. H. 1992. Traditional Pearl Millet Foods in Africa and Asia. *Korean J. Brees.* 24:376–385.
- Choi I.S., S.O. Chung, H.J. Junl, Y. Choi, D.K. Choi1, T.G. Kang, C.S. Hyun, C.K. Lee, 2014, Adaptability test of the existing seeder in Foxtail millet & Sorghum, *CNU J. of Agricultural Science*, 41(4):259–264
- Cook, R.J., H.B. Ownley, H. Zhang and V. Dan. 2000. Influence of paired-row spacing and fertilizer placement on yield and root diseases of direct-seeded wheat. *Crop Science* 40(4):1079 – 1087.
- Curtis D.L., 1965, Sorghum in West Africa. *Field Crops Abstract*, 18(3): 145 - 5151.
- De Datta, S.K., Gomez, K.A., Herdt, R.W., Barker, R., 1978. A Handbook on theMethodology for an Integrated Experiment-Survey on Rice Yield Constraints. TheInternational Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Dendy, D.A. 1995. Sorghum and millets: Production and importance. p. 11–26. In; D.A.V. Denby (ed) *Sorghum and millets: Chmistry and Technology*. Am. Assoc. Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN.

- Diao X. 2011. Current status of foxtail millet production in China and future development directions. In: Diao X, ed. Foxtail millet production in China and the industrial technology system. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 20 - 30(inChinese)
- Dixit M.L. and Shrotriya G.C., 1986, Sorghum: The Chad 3basin Challenge. African Farming Nov/ Dec. Pp: 57 - 161.
- Dullforce, W.M. 1954. The transplanting and regeneration of vegetable seedlings raised under glass. Univ. Nottingham.
- Duncan WG. 1985. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. Agron J. 24:1141-1145.
- Edwards, R. and S. Charter. 1986. Traditional Farming Systems and Farming Systems Respaniclech. p. 69–94. In: Dryland Farming in Africa. Mcmillan Press Ltd. London Basingstoke, CTA, The Netherlands.
- Gautam, R.C., S.K. Kaushik. 1988. Maximization of yield of rainfed pearl millet, Indian J. Agri. Sci. 58: 223–224.
- Gerik, T.J., and C.L. Neely. 1987. Plant density effects on main culm and tiller development of grain sorghum. Crop Science, vol. 27, pp. 1225 - 1230.
- Gono, L.T. 1986. Response of pearl millet to nitrogen in different agro-ecological zones of zimbabwe. Proceeding of third regional workshop on sorghum and millet for Southern Africa, Lusaka, Zambia, 6–10 Oct.
- Greb, B.W. 1979. Reducing drought effects croplands in the the westcentral Great Plains. USDA Info. Bull. 420. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- Greenfield, P.L. and B.J. Paterson. 1994. Production of uniform tobacco seedlings in trays. V. Influence of cell size and seedling age on uniformity of plants in the field in comparison with seed-bed transplants. Appl. Plant Sci. 8(1): 6-9.
- Grimes, D.W. and J.T. Musick. 1960. Effect of plant spacing, fertility, and irrigation management on grain sorghum production. Agron. J. 52:647-650.
- Gumanine, L., P. Varga, and C. Olaru. 1984. Yield, earliness and quality of millet variety as a second crop. Analel Institutului de cercetari Pentru cereali S. Plante Technic Fundulea, 51: 105–113.
- Ha Y. D. and S. P. Lee. 2001. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8 : 182–192.
- Ha Y. D., S. B. Lee, 2001. Protein characteristics of pearl millet, Sorghum, and Common millet. Korean J. Food Preserv. 8:189–192.
- Hulse J. H., Laing E. M, Pearson O. E. 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. Academic press. pp. 152–155, 187–193.
- Hwang I. G., J. S. Kim, S. M. Yoo, J. Y. Kim, and J. W. Yang. 2011. The quality characteristics of saccharified minor cereal gruel prepared with different grain kojis. Korean J. Food Cookery Sci. 27(6) : 661–669.
- Hwang I.T., J.R. Wu, K.K. Hatzios, 1998, Effect of safener fluxnim on crop injury of

- chloroacetanilides and enzyme activity of glutathione S-transferase in grain sorghum seedlings, J Korean of Pesticide Sci. 2(1):97–103.
- Hwang, D.Y., S.T. Park, J.H. Kim, S.J. Yang, S.M. Kim. 2002. , Seeding process and effects of water wet furrow broadcasting seeding. The journal of the Korean Society of International Agriculture. Vol.14(4): 275–283.
- Jeon S.H., H.S. Chun., Y.S. Cho., and K.Y. Jun. 2014. Effects of Planting Density and Mulching Method on Growth and Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Korean J. Int. Agric. 26(4): 491–495.
- Jeon S.H., Y.S. Cho, and K.Y. Jung, 2014, Responses of Growth and Yield by Plants Number in High Ridge Hill Seeding on Sorghum(*Sorghum bicolor* (L.) Moench), Korean J. Crop Sci., 59(3): 307~311
- Jeong K. Y. 2012. Development of the invironment-friendly cultivation techniques for enhancing productivity of cereal crops. R.D.A. Examination and research report. pp. 29–46.
- Jeong K. Y. 2014. Study on mechanical cultivation and standardization for foxtail and sorghum. R.D.A. Examination and research report. pp. 638–668.
- Jeong. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activites of cereals and legumes in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39 : 1399–1404.
- Johnson, W.C., E.D. Williams, J.T. Touchton, J.T. Eason and M.E. Ruf. 1984. Planting dates and plant population affect grain sorghum production. Highlights Agric. Res. Al., Ag. Exp. Sta. 31:8.
- Jones, O.R. and G.L. Johnson. 1991. Row width and plant density effects on Taxas high plains sorghum. J. Prod. Agric. 4:613–321.
- Jung E. S., D. H. Shin, S. W. Chae, Y. S. Kim, and Y. M. Park. 2010. Status of mixed gain diet by people with diabetes in Jeollabuk-do and sensory evaluation of different composition of mixed grains. J. Korean Soc. Food Sic. Nutr. 39 : 1049–1055.
- Jung K. Y., J. Y. Ko, J. S. Lee, M. S. Jeong, I. S. Oh, and K. S. Woo. 2014. Effects of the drainage methods on phenolic compounds and radical scavenging activity of foxtail millet and proso millet. Korean J. Crop Sci. 59(3) : 282–292.
- Jung K. Y., S. M. Jo, H. W. Kang, Y. S. Cho, D. K. Yoon, and S. H. Jeon. 2015. Effects of polyethylene film mulching and planting densities on growth and yield of proso millet (*Panicum miliaceum* L.). Korean J. Crop Sci. 60(2) : 212–216.
- Jung K.Y., E.S. Yun, C.Y. Park, Y.D. Choi, J.B. Hwang, and I.S. Oh. 2013. Response of millet and sorghum on water stress by cultivation methods in paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 10, 127–128.
- Jung M. S. J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, T. W. Jung, Y. H. Yoon, I. S. Oh, K. S. Woo. 2014. Physicochemical characteristics of Sikhye(Korean traditional rice beverage) using foxtail millet, proso millet, and sorghum. Journal of the Korean society of food science and nutrition. 43(11) : 1785–1790.
- Kaushik M.K. and M.S. Shaktawat. 2005. Effect of row spacing, nitrogen and control on

- growth, yield and nutrient uptake of sorghum(*sorghum bicolor* L.). Indian Journal of Agronomy. 50(2): 140–142.
- Kaushik, S.K. and R.C. Gautam, 1994. Response of rainfed pearl (*Pennisetum glaucum* L.) to water harvesting, moisture conservation and plant population in light soils. Indian J. agri. Sci. 64:858–860.
- Keys, E., McConnell, W.J., 2005. Global change and the intensification of agriculture in the tropics. Global Environ. Chang. 15, 320–337.
- Khairwal, I.S., C. Ram, and A.K. Chabra. 1990. Millet. Seed Production and Technology. Daryaganj, New Dehli.
- Khosla, R., N. Persaud, N.L. Powell and D.E. Brann. 1995. Water use sorghum on amarginal soil in eastern Virginia. p : 433. In 1995 Agronomy abstracts. ASA. Madison. WI.
- Kim J.Y., S.J. Lee, T.J. Ha, K.D. Park, B.W. Lee, S.G. Kim, Y.C. Kim, I.S. Choi, S.T. Kim, 2013, Development of Proteomics-based Biomarkers for 4 Korean Cultivars of Sorghum Seeds (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), Korean J Environ Agric 32(1):48–54
- Kim S.K., G.H. Jung, J.H. Park, C.G. Kim, S.G. Heu, 2015, Optimum planting date and density on short-stem type ‘Sodamchal’sorghum variety in paddy field cultivation, Korean J. Int. Agric.), 27(4): 511–515
- Kim Y. S. and D. K. Kim. 2015. Adequate pot size and the number of plants per pot for the transplanting culture of foxtail millet in the southern province of Korea. Korea. J. Crop Sci., 60(1) : 23~28.
- Kim Y. S. and D. K. Kim. 2015. Cultural practice development of minor cereals foxtail millet. Test research result report. Jeollanamdo Agricultural of Korea. : 348~370.
- Kim, S.K. T.W. Jung, Y.Y. Lee, Du.Y. Song, H.S. Yu, C.W. Lee, Y.G. Kim, J.E. Lee, C. G.Kwak, S.K.Jong. 2010. Effect of Nursery Stage and Plug Cell Sizeon Growth and Yield of Waxy Corn. Kor. J. Crop Sci.. Vol55(1): 24–30.
- Koech, E.K and R. Whitebread. 2000. Disease incidence and severity on beans in alleys between Leucaena hedge rows in Kenya. Agro Forestry Systems 45(1):85–108.
- Labe, D.A., P.N. Eghareuba, J.Y. Yayock, S.O. Okiror. 1987. Effect of planting methods on the performance of “Dauro” millet. Maydica 32:287–299. Agton., Inst. Agric. Res., Samaru, Nigeria.
- Lafarge, T.A., and G.L. Hammer. 2002a. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning, and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities. Field Crops Research, vol. 77, no. 2–3, pp. 137 – 151.
- Lafarge, T.A., and G.L. Hammer. 2002b. Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities:modelling dynamics of tiller fertility. Annals of Botany, vol. 90, no. 1, pp. 99 - 110.
- Langsigan, F.P., Pandey, S., Bouman, B.A.M., 1996. Combining crop modeling with economic risk analysis for the evaluation of crop management strategies, Field Crops

- Res. 51, 133–145.
- Lee H. K., I. G. Hwang, H. Y. Kim, K. S. Woo, S. H. Lee, S. H. Woo, J. Lee, and H. S., Lee J. S., S. B. Song, J. Y. Ko, J. R. Kang, B. G. Oh, M. C. Seo, D. Y. Kwak, M. H. Nam, and K. S. Woo. 2011. Effects of the cultivated areas on antioxidant compounds and activities of proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Korean J. Crop Sci.* 56(4) : 315–321.
- Lobell, D.B., Ortiz-Monasterio, J.I., Asner, G.P., Naylor, R.L., Falcon, W.P., 2005. Combining field surveys, remote sensing, and regression trees to understand yield variations in an irrigated wheat landscape. *Agron. J.* 97, 241–249.
- Loomis, W.E. 1925. Studies in the transplanting of vegetable plants. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Mem. 87.
- M'Khaitir, Y.O., and R.L. Vanderlip. 1992. Grain sorghum and pearl millet response to date and rate of planting. *Agronomy Journal*, vol. 84, pp. 579 - 582.
- MAFRA. 2015. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. p.70.
- Maliwal, G.L. R.R. Patel, V.V. Sonali, G.V. Sasani. 1989. Effect of nitrogen, phosphorous and zinc on the yield and water use by pearl millet under rainfed condition. *Ind. j. Agril; Res.*, 23:15–21.
- Mapfumo, S., C. Chiduza, E.M. Young, F.S. Murungu and P. Nyamudeza. 2007. Effect of cultivar, seedling age and leaf clipping on establishment, growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) transplants. *S. Afr. J. Plant Soil* 2007, 24(4):202–208.
- Maranthee, J. P. 1991. Transplant techniques put maize on the fast track. *Ceres FAO Rev.* 132(23):8–9.
- McKee, J.M.T. 1981. Physiological aspects of transplanting vegetables and other crops: I Factors which influence reestablishment. *Hort. Abstr.* 51(5):265–272.
- Muhammad B. A., H. Khizar, Z. Qamar, and I. Muhammad. 2000. Contribution of Some Millet Production Factors Towards Yield and Economic Return under the Agro-climatic Conditions of D.I.khan. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 3(7): 1131–1133.
- Myers, R.J.K. and M.A. Foale. 1981. Row spacing and population density in grain sorghum – A simple analysis. *Field Crops Research.* 4: 147–154.
- Narges Z., M. Shakiba, M.V. Mommad, and D.M. Adel. 2014. Response of sorghum to nitrogen fertilizer at different plant densities. *Intl J Farm & Alli Sci.* Vol3(1): 71–74.
- National Research Council. 1996. Lost Crops of Africa. Volume 1: Grains. National Academy Press, Washington, D. C.
- National Institute of Crop Science., Department of Functional Crop. 2010. Symposium of activation minor cereals industry. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- NCAER, 1980. Implication of Tractorisation for Farm Employment, Productivity and Income. National Council of Applied Economic Research, New Delhi.
- NIAS. 2011. Food composition table, 8th Revision. National Institute of Agricultural

- Sciences. p.22.
- Oh, S.J., Y.B. Park. 2000. Effect of broadcast seeding and ridge and furrow seeding on growth, contents of  $\beta$ -carotene and Sugars. *Subrop Agric. Jheju Nat. Univ.* 17:17–41.
- Oswald A., J.K. Ransom, j. Kroschel and J. Sauerborn Source. 2001. Transplanting maize and sorghum reduces *Striga hermonthica* damage. *Weed Science*, 49: 346–353.
- Pandy, S.K., S.K. Kaushik and R.C. Gautam. 1998. Response of rainfed pearl (Pennisetum glaucum L.) to plant density and moisture conservation. *Indian J. agri. Sci.* 58:517–520.
- Park H. S., M. S. Ko, J. T. Kim, K. W. Oh, S. B. Pae. 1999. Agronomical characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J. Breed.* 31(4) : 428–433.
- Peacock, J.M. 1982. Response and Tolerance of Sorghum to temperature stress. In: *Sorghum in the eighties, Proceedings of the international symposium on Sorghum* ICRISAT, 2–7 Nov. 1981. Patancheru, A.P. India. ICRISAT.
- Pena-Lomeli, A., F. Ramirez-Perez, and R.A. Cruz-Garza. 1991. Transplanting age for husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) in Chapingo, Mexico. *Revista-Chapingo* 15:57–60, 73–74.
- Pingali, P.L., Hossain, M., Gerpacio, R.V., 1997. *Asian Rice Bowls: The Returning Crisis* New York: CAB International, UK. *J. Agr. Appl. Econ.* 29, 439–441.
- Pinthus, M.J. and J. Rosenblum. 1961. Germination and seedling emergence of sorghum at low temperatures. *Crop Science*. 1: 293–296.
- Reddy, B.B., B.C. Gosh. and M.D. Reddy. 1987. Effect of transplanting date and seedling age on stand establishment and grain yield of rice in rainfed lowland (intermediate deep-water) conditions. *Exp. Agric.* 23:201–206.
- Rehm, S. 1989. Hirszen. Pages 79–86 in S. Rehm, ed. *Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen*. Stuttgart, Germany: Eugen Ulmer Ver-lag.
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A.O., 2007. Analysis of farm performance in Europe under different climate and management conditions to improve understanding of adaptive capacity. *Clim. Chang.* 84, 403–422.
- Ryu A. R. 2013. Study on the Agriculture of the Bronze Age through Carbonized Grains Analysis. Chonnam National University Graduate School. Master's thesis. p.110.
- Scheffer, K. 1988. Neue Möglichkeiten der Fruchtfolgegestaltung und Biomasseproduktion durch das Pflanzverfahren bei Vermeidung von Bodenerosion, Nitrateintrag und Giilleüberdungung. VDLUFA-Schriftenreihe 28, Kongrel3band 1988, Teil II. pp. 431–422.
- Sentelhas P.C., Pedro M.J. Jnr and J.C. Felicio. 1993. Effect of different conditions of irrigation and crop densities on microclimate and occurrence of spot blotch and powdery mildew. *Bragantia* 51(1):45–52.
- Seong E.S., H.Y. Kil, G.H. Lee, J.H. Yoo, C.J. Kim, J.H. Choi, N.J. Kim, H.Y. Kim, C.H. Kim, C.Y. Yu, 2015, Agronomic characterization of sorghum bicolor collected from the South Korea and United States, *Korean J. Int. Agric.* 27(3): 291~297
- Sherief, M.N., M.S.M. Selim, and A.S. Kamel. 1995. Studies on some factors affecting

- seed and fiber properties of transplanted cotton. Ann. Agr. Sci. (Egyptian) 33(2):647–657.
- Sheshadri, T., A.P. Nagaraju, C.B. Kurdikeri, T.G. Shivappa, B.K. Lingegowda, and M.A. Sinclachar. 1988. Response of Rainfed ragi cultvars to nitrogen. Current Science, Univ, of Agri; Sci, Bangalore. 17:90–92.
- Shinggu, C.P. and M. Gani. 2012. Effects of planting methods, sowing dates and spacing on weed and the productivity of finger millet (*Eleusine corocana* L. Gaertn) in the northern guinea savanna of nigeria. Groval Journal Bio-science & Biotechnology. VOL.1(2): 160–162.
- Sieben, W.H. 1964. Relation of drainage conditions and crop yields on young light clay soils in the yssellake polders. Van Zee tot Land, No. 40.
- Singh, S., S.K. Kaushik and R.C. Gautam. 1997. Effect of tillage and moisture conservation practices on productivity, water use and wateruse efficiency of pearl (*Pennisetum glaucum* L.) on light soils under dryland condition. Indian J. agri. Sci. 67:232–236.
- Son S. H., H. J. Lee, K. Park, T. Y. Ha, and J. S. Seo. 2013. Nutritional evaluation to the risk of metabolic syndrome according to the consumption of cooked rice and cooked rice with multi-grains in Korean adults: Based on 2007–2008 Korean national health and nutrition examination survey. Korean J. Community Nutr. 18 : 77–87.
- Son S. M. 2001. Rice bases meal for prevention of obesity and chronic disease. Korean J. Community Nutr. 6 : 862–867.
- Son. S.H. 1969. Effects of Row Width and Plant Spacing Within Row on Yield and its components in Sweet Sorghum (*Sorghum vulgare* Pers). Kor. J. Crop Sci. 12(1):105–115.
- Song, Y.J., E.J, Song, J.S. Ra. 1997. Growth and Dry Matter Production of Direct Seeding on Flooded Paddy Surface and Machine Transplanting Rice. Korean Journal of Crop Science. Vol.42(4): 459–465.
- Staggenborg, S.A., D.L. Fjell, D.L. Devlin. 1999. Grain sorghum response to row spacings and seeding rates in Kansas. Journal of Production Agriculture, vol. 12, no. 3, pp. 390 – 395.
- Sung M. H. and D. H. Kwon. 2011. Survey on the distribution of minor cereals. Policy Research Report. Korea Rural Economic Institute. p. 145.
- Tancogne, J. 1991. Possibility of prolonging the storage period on tobacco plants produced in miniblocks. Ann. Du Tobac. (French) 23(2): 89–93.
- Tharp, B.E. and J.T. Kells. 2001. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*cheonopodium album*) growth. weed Technol. 15:413–418.
- Timsina, J., Conner, D.J., 2001. Productivity and management of rice-wheat cropping systems: issues and challenges. Field Crops Res. 69, 93–132.
- Timsina,J.,Pathak,H.,Humphrey,E.,Godwin,D.,Singh,B.,Shukla,A.K.,Singh,U.,2004.Evaluationof,an

- dyieldgapanalysisinriceusingCERESricever.4.0inNorthwestIndia.Proceedingsof4thInternational CropScienceCongress.Brisbane,Australia,26Sep–1Oct2004.www.cropscience.org.au.
- Tinh, N. H., P. X. Hao, L. Harrington, and M. Read. 1993. Winter M in the Red River Delta of Northern Vietnam: Problems and Prospects. Bangkok, Thailand: National Maize Research Institute (Vietnam) and CIMMYT. 49 p.
- Vavrina, C.S. and M. Orzolek. 1993. Tomato transplant age: A review. Horticultural Technology 3(3): 313–316.
- Wang, J.Y. 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. Ecology 41, 785–790.
- Wiedenfeld, B. and J. Matocha. 2010. Planting date, row configuration and plant population effect on growth and yield of dryland sorghum in subtropical South Texas. Archives of Agronomy and Soil Science. 56(1):39–47.
- Woo K. S., J. S. Lee, J. Y. Ko, S. B. Song, H. I. Seo, M. C. Seo, B. G. Oh, D. Y. Kwak, M. H. Nam, I. S. Oh, and H. S. Jeong. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41(3) : 302–309.
- Woo K. S., S. B. Song, J. S. Lee, J. Y. Ko, J. R. Kang, B. G. Oh, M. H. Nam, I. S. Ryu, and M. C. Seo, 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine made from proso millet(*Panicum miliaceum* L.) at different addition rates with two kinds of Nuruk. Korean J. Crop Sci. 55(2) : 119–125.
- Yoon D. K., S. K. Oh, B. J. Lee, H. S. Chun, K. Y. Jung, H. W. Kang, S. H. Jeon, and Y. S. Cho. 2015a. Effects of ridge width on growth and yield of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in paddy-upland rotation field. Korean J. Crop Sci. 60(2) 217–223.
- Yoon S. T., E. K. Jea, Y. J. Kim, I. H. Jeong, T. K. Han, T. Y. Kim, Y. S. Cho, and H. W. Kang. 2015b. Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet and sorghum according to sowing date in middle area in Korea. Korean J. Crop Sci. 60(2) : 197–211.
- Yoon S. T., M. C. Lee, J. S. Kim, Q. Y. Zhang, X. Z. Yu, Y. B. Kim, T. H. Kim, J. C. Nam, M. H. Nam, Y. H. Lee, J. B. Hwang, S. I. Shim, and S. M. Kim. 2010. Growth and yield characteristics of foxtail millet, common millet cereal crops on marginal agricultural lands. Korean J. Crop Sci. 55(4) : 350–356.
- Yoon S. T., Y. J. Kim, I. H. Jeong, T. K. Han, J. B. Yu, M. H. Ye, Y. S. Cho, and H. W. Kang. 2015c. Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet, sorghum and rice in paddy-upland rotation. Korean J. Crop Sci. 60(3) : 300–307.
- Yoon S. T., Z. Y. Xu, S. M. Kim, and C. Y. Kim. 2008. Agronomic characteristics of common millet germplasm. Korean J. Crop Sci. 53(4) : 394–400.
- Yoon S.T., E.K. Jae., Y.J. Kim., I.H. Jeong., T.K. Han., T.Y. Kim., Y.S. Cho., and H.W. Kang. 2015. Growth and Yield Characteristics of Foxtail Millet, Proso Millet and Sorghum According to Sowing Date in Middle Area in Korea. Korean J. Crop Sci., 60(2):197–211.

Yoon S.T., Y.J. Kim, I.H. Jeong, T.K. Han, J.B. Yu, M.H. Ye, Y.S. Cho, H.W. Kang, 2015, Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet, sorghum and rice in paddy-upland rotation, Korean J. Crop Sci.,60(3):300–307.

Young, E. and A. Mottran. 2002. Transplanting of sorghum and pearl millet as a means of increasing food security in semiarid, low income country, Zimbabwe and Ghana, Research report.

Yousif, L.A. 2003. Performance evaluation, of different seeding machines for rainfed sorghum. Agricultural Engineering Annual Report. Agricultural Research Corporation, Wed Medani, Sudan.

Zamir M.S.I., A.H. Ahmad, H.M.R. Javeed, and T. Latif. 2011. Growth and yield behaviour of two maize hybrids (*Zea mays* L.) towards different plant spacing. Cercetari Agronomice in Moldova. 14(2): 33–40.

Zarafi, A.B. and A.M. Emechebe. 2006. Effect of intra row spacing on the incidence and severity of pearl millet downy mildew and grain yield. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 39(1): 9 - 14.

강정호, 1985, 파종기 이동이 소두의 생육 및 수량에 미치는 영향, 경상대논문집

국립식량과학원, 2015, 농업기술보급 기본서(팥)

국립식량과학원. 2012. 2012 빛작물 품종해설. 161p-175p

국립식량과학원. 2013. 잡곡 신품종과 재배기술. 123p

김대호, 최경주, 최원렬, 1985, Benomyl 살포시기가 콩, 녹도, 팥 품질 및 수량에 미치는 영향, 전라남도농업기술원 시험연구보고서, 168p-169p

김상수. 2006. 봄작물 후작 잡곡류 재배기술 개발. 강원도농업기술원 시험연구보고서.

김수경, 손범영, 김대호, 강동주, 한경수, 1998, 팥 줄뿌림파종 재배법 구명시험, 경남농업기술원 시험연구보고서, 87p-93p

김수동, 차영훈, 1984, 팥 3요소 시비적량시험, 충청북도농업기술원 시험연구보고서, 221p-214p

김순곤, 진성주, 박춘봉, 노승표, 1981, 팥 시비량대 재식밀도시험, 전라북도농업기술원, 시험연구보고서, 232p-237p

노치웅, 허충효, 김정태, 박경배, 1985, 팥 신품종의 파종기대 재식밀도가 앙육 및 수량에 미치는 영향, 경남농업기술원 시험연구보고서, 249p-252p

농림수산식품부, 2012, 농림수산식품 통계연보, 작물생산통계 등

문윤호, 백승우, 이영모, 1991, 팥 제초제 선발시험, 농촌진흥청 시험연구보고서 133p-137p

송석보, 이재생, 강종래, 서명철, 고지연, 2010, 남부지역 팥재배시 품종별 파종적기, 국립식량과학원, 영농 활용자료

윤종탁. 2001. 잡곡류 재배주산지 생산유형 및 유통실태 조사. 강원도농업기술원 시험연구보고.

임상현, 2013, 친환경 잡곡(조, 기장, 수수, 팥, 녹두) 소득화 종합수익모델, 강원도농업기술원 시험연구보고서, 94p-111p

장윤우, 2015, 직립형 팥의 높은이랑 점뿌림 재배시 적정 재식거리, 국립식량과학원, 영농활용자료

정승근. 1998. 경상대학교 개교 50주년 기념심포지움. 잡곡 및 사료생산 수급전망과 대책. 충북 대. p:266-287.

차영훈, 노창우, 1982, 팥 파종기 대 재식밀도 시험, 충청북도농촌진흥원 시험연구보고서,

245p-255p

- 차영훈, 차선우, 1988, 팔 수확시기 및 탈곡방법이 종자의 발아에 미치는 영향, 충청북도농업기술원, 시험연구보고서, 229p-239p
- 한원영, 2015, 팔 농가 생산성 실태 및 저수요인 분석, 국립식량과학원 시험연구보고서, 1132p-1133p
- 현종내, 2014, 남부지역 잡곡 파종 한계기 및 작부체계 연구, 국립식량과학원 시험연구보고서, 1132p-1133p.

## 주         의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「농업공동연구사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「농업공동연구사업」의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

\* 예산사업명은 과제 종료년도에 지원한 세부사업을 기재함