

과제구분	지역특화	수행시기		전반기	
증장기 Code	A	RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
잡곡류 안정생산기술개발 연구		잡곡 FC0402	'07~'09	작물경영연구과	변학수
1) 잡곡류 유전자원 특성검정		"	'07~'09	"	변학수
2) 잡곡류 친환경생력재배 기술개발		"	'07~'09		이세종
3) 잡곡류 생리활성기능 및 식물학적 성분분석		"	'07~'09		최재근
색인용어	잡곡류, 유전자원, 생력재배, 특성검정, 성분분석, 생리활성				

ABSTRACT

This study was conducted to specialize minor crops to Gangwon province. Varieties with early maturing, resistant to lodging, and high yield properties was developed by examining characteristics of the genetic resources of millet, sorghum, and Italian millet. The number of resources was 450 for each crop. New varieties, Daepungsusu, Daepungjo, and Alchansusu, were developed through yield trial and local adaptability test. Plastic mulching accelerated the earing by 3~5 days depending on type of crop and increased yield of sorghum and italian millet by 10~14%. Significant yield reduction was observed at sowing on July 15th and little harvest for sowing after July 25th in the twice-cultivation practice. Poor growth of buckwheat was shown due to delay of harvesting when buckwheat was grown after harvesting of millet, sorghum, and Italian millet. Growth characteristics including plant height and root length improved with increasing pot size and the highest yield was obtained by rearing seeding in plug with 128 holes.

Four sorghum varieties with high ACE inhibition activity were selected. Most of protein in sorghum hydrolyte was eluted in 20~56 fractions through isolation using Sephadex G-25 column. The highest ACE inhibitory activity was shown in fraction 42 with similar yield out of total protein to fraction 24. Greater ACE inhibitory activity was observed in extracts with SBEB than extracting 70% ethanol. Proper duration for reaction of protease N "AMANO" G was 4 hours and better result was obtained without heat treatment to sorghum water hydroloyte.

1. 연구목표

잡곡은 종류가 매우 다양하며, 건강별미 식품으로 또는 공업용 원료, 사료작물로 재배 이용되고 있다. 잡곡의 분류에 관하여 쌀을 제외한 모든 것을 잡곡으로 분류하기도 하고, 일부는 쌀과 두류, 맥류, 유지작물을 제외한 것을 잡곡으로 분류하기도 한다. FAO 화본과 식량작물 통계자료에 따르면 옥수수, 보리, 수수, 조, 귀리, 호밀을 잡곡에 포함시키고 있다. 전 세계적으로 밀+벼 재배면적과 비슷한 면적에 잡곡이 재배되고 있다. 우리조상들은 예로부터 잡곡을 오곡에 포함시켜 매우 중요시하여 왔으며 정월대보름 오곡밥은 찹쌀, 찰수수, 팥, 차조, 기장, 밤, 콩, 맷쌀을 한데 섞어 소금 간을 해서 밥을 지어먹었다. 잡곡 쌀은 성인병 예방과 치료는 물론이고 영양가치도 높아서 희귀 고가 상품으로 팔리고 있다. 허준의 동의보감에는 오곡지장이라 하여 오곡은 장을 튼튼하게 한다고 기록되어있다.

한편 잡곡은 친환경재배가 가능한 작물이기도 하다. 거의 대부분 잡곡은 농약이 필요 없거나 최소한의 방제로 영농이 가능하기 때문에 지속가능한 친환경농업육성책으로 중요성이 커지고 있어 농림수산식품부에서는 지속 가능한 친환경 농업생산성을 육성하기 위하여 제1단계로 1999년부터 환경규제 지역 내 친환경농업 희망 농가를 중심으로 친환경농업직불제를 실시하고 있다. 2000년대부터는 2단계로 전국 단위확대 실시하고 현행 품질인증제도와 구분되는 환경농산물 표시제 도입으로 유통 차별화 소비기반을 구축하고 있다.

잡곡의 특수성분은 건강기능성 식품으로의 가치가 점차로 높아지고 있다. 조, 기장, 피의 단백질은 동맥경화를 예방하거나 경감시켜 줄 뿐만 아니라 건강보전기능이 있어 앞으로 잡곡연구는 품종별 기능성 차이에 관한 연구가 심도 있게 추진되어야하고 소비자가 원하는 품질 좋은 잡곡식품을 개발하려면 시대별로 소비자가 원하는 수준의 잡곡 생산을 하여야한다. 우리나라에서 잡곡의 역사는 식량이 부족하던 시절에는 식량자급의 일환인 구황작물로 이용되어 왔으나 경제수준이 향상되면서 기호, 맛, 멋을 추구하는 시대로 접어들었고 기능성을 중요시하게 되었다.

식문화의 발달은 주년화, 국제화, 외식화, 고급화, 차별화, 경량화, 핵가족화, 가공 식품화 등으로 소비자 욕구가 다양화되고 있다.

잡곡의 소비확대를 위한 홍보 전략에서 잡곡쌀의 건강식품으로서의 값어치를 부각시켜 가치관 확립에 중점을 두고 전통 향토식문화를 소개하는 등 기능성 분야의 중요성이 점차 커지고 있다. 이러한 모든 것들은 품종을 통일하고 균질잡곡을 양산하기위해 정곡의 선택균일도, 수분, 메성, 찰성, 피해립 등에 대한 통일화 등의 품종육성이 뒷받침되어야한다.

수수는 널리 경작되고 있는 주요 곡물중의 하나로 약 3000년 전부터 이용되어왔으며 *Sorghum guinea*, *Sorghum kafir*, *Sorghum durra*, *Sorghum bicolor*, *Sorghum caudatum*의 5종이 경작되고 있다(H. Doggett,1988, J.M.J De Wet 등,1971). 수수는 전분 71%, 단백질 10%, 지방 3%로 이루어져 있으며 최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 그 수요가 증가하고 있다(B.A. Mounder 등,1993). 특히 식물의 종자 중 곡물은 가장 중요한 단백질 저장원중 하나이며 식물의 저장 단백질인 prolamin은 여러 가지 생리활성 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Anantharaman, K, & Finot, P. A. 1993). 옥수수의 저장단백질인 α -zein을

chymotrypsin, trypsin, pepsin 등의 소화효소 처리하여 생성된 단백질가수분해물질을 토끼에 투여한 결과 혈압강하 효과가 확인되었다(Ondetti, M.A., Rubin, B., & Chushman, D. W., 1982, Myoshi, S., 등. 1991). 수수의 저장단백질인 kafirin은 alcohol soluble protein으로 α -zein과 매우 유사한 구조를 가지며, 그 가수분해산물이 Angiotensin I converting enzyme (ACE, depeptidyl carboxyl peptidase, EC 3.4.15.1)의 활성을 저해하는 것으로 보고되어있다 (Vasudeva 등, 2007). ACE는 혈압을 조절하는 renin angiotensin system(RAS)내에서 angiotensin I에 작용해 C말단의 두개의 amino acid 즉 His-Leu을 잘라 octapeptide인 angiotensin II로 변환시킨다. Angiotensin II는 혈압상승인자로 체내혈액량의 증가와 혈관수축을 유도하여 혈압상승을 유도할 뿐만 아니라 혈압강하 인자인 bradykinin을 분해함으로써 혈압상승을 일으키는 효소이다(Jackson, E.K. 등, 1997, Messreli, F. H., 등, 1996). 따라서 ACE 저해제는 고혈압치료에 있어서 매우 효과적인 방법으로 여겨지고 있으며 또한 부가적으로 몇몇 ACE저해제는 당 및 지질대사에 있어서도 여러 가지 이로운 효과를 주는 것으로 알려져 있다. 최근 captopril, enalapril, lasinopril 등의 ACE 저해제들이 고혈압치료제로서 처방되고 있다. 그러나 이러한 합성 ACE저해제들은 혈압강하작용이외에 기침, 알레르기반응, 미각저하, 피부발진 등의 부작용을 수반하는 것으로 알려져 있다(Ariyoshi, Y, 1993, H. Mazehar & A. Chandrashekar, 1994).

따라서 본 연구는 이에 맞는 잡곡의 품종육성과 잡곡의 신품종육성과 친환경생산기술, 잡곡의 기능성물질을 탐색하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 유전자원수집 및 특성검정

- 1) 국내외 수집종 450종(조, 수수, 기장 각 150종 특성검정)
- 2) 우량계통 생산력검정 : 시험재료 45종(조, 수수, 기장 각 5종)
- 3) 우량계통 지역적응성 검정 : 시험장소 : 춘천, 영월, 삼척

나. 잡곡류 친환경생력재배기술개발

- 1) 잡곡류 피복 재배기술 개발
 - 가) 시험재료 : 3품종(황금조, 황금찰수수, 황금기장)
 - 나) 시험방법 : 흑색비닐멀칭 등 3처리
- 2) 봄작물 후작 잡곡류재배기술개발
 - 가) 시험작목 : 전작물 : 봄감자, 봄배추
후작물 : 조, 수수, 기장
 - 나) 시험방법 : 후작목 파종기 3회
- 3) 잡곡류 2기작 재배기술개발
 - 가) 시험작목 : 조, 수수, 기장 + 메밀
 - 나) 시험방법 : 앞 작물 수확후 메밀 파종

4) 잡곡류 도복경감 연구

가) 시험품종 : 황금조, 황금기장

나) 시험방법 : 직파, 골직파 후 복주기, 육묘이식

다. 잡곡류 생리활성기능 및 식물학적 성분분석

1) kafirin의 대량 추출조건 구명

2) kafirin의 효소처리 최적조건구명

3) kafirin 유래활성 peptide 성분의 대량 생산조건의 구명

3. 결과 및 고찰

가. 잡곡류 특성검정

1) 유전자원 특성검정

표 1-1. 조 유전자원의 출수일수 분포

출수일수	70일 이하	71~80일	81~90	91~100일	100일 이상
분포(%)	13	27	33	20	7

표 1-2. 수수 유전자원의 출수일수분포

출수일수	80일 이하	81~90일	91~100일	100일 이상
분포(%)	19	57	22	2

표 1-3. 기장유전자원의 출수일수분포

출수일수	70일 이하	71~80	81~90	100일 이상
분포(%)	15	40	41	4

잡곡류 조, 수수, 기장의 유전자원 특성검정결과 출수일수 분포는 표 1-1, 2, 3과 같다. 조에서는 71~90일 사이에 60%가 분포하였고, 수수는 81~90일에 57%, 기장은 71~90일 사이에 81%가 분포하여 대부분의 유전자원이 출수일수가 빠른 유전자원이었다. 작물의 출수에 관하여 최 등(1983)은 수도출수기의 조만성은 품종의 영양생장성 특히 가소 영양생장성에 의하여 영향을 받으며, 영양생장기간은 조식할수록 길어지며, 만식할수록 짧아지는데, 저온은 일장의 단축과 품종의 조만에 관계없이 영양생장기간을 지연시키고 고온을 이를 지연시킨다고 하였고, Nagata 등(1960)은 일반적으로 저온이고 무상기간이 짧고 일장이 긴 고위도 지대에서는 조생종이 재배되고, 고온이며 무상기간이 짧고 일장이 짧은 저위도 지대에서는 만생종이 재배된다는 결과와 일치하는 것으로 대부분의 유전자원이 고위도이고 비교적 추운 강원도 지역에서 수집된 유전자원이었던 것으로 사료된다.

표 1-4. 조 유전자원의 간장분포

간장(cm)	150cm이하	151~200cm	201cm 이상
분포(%)	22	67	11

표 1-5. 수수 유전자원의 간장분포

간장(cm)	100cm이하	101~200cm	201~300	301~400	401cm 이상
분포(%)	3	26	30	35	3

표 1-6. 기장 유전자원의 간장분포

간장(cm)	160cm 이하	161~180cm	181~200cm	201이상
분포(%)	22	40	29	9

조, 기장 수수의 간장 분포는 표 1-4, 5, 6과 같다. 조에서는 151~200cm에 67%가 분포하였고, 수수는 201~400cm에 65%가 분포하였고 기장은 161~180cm에 40%가 분포하여 단간종의 분포가 적었다. 이는 조, 기장의 경우 비교적 흡비력이 강하여 산간지역에서도 재배가 가능하고 예로부터 시비량이 적은 소비재배에 적응 한 품종이 아닌가 생각되며, 수수는 예로부터 종실용 이외의 건축 재료로도 많이 이용된 결과 비교적 간장이 긴 것이 재배되어온 결과로 사료된다.

표 1-7. 조 유전자원의 수장분포

수 장(cm)	20cm 이하	21~25cm	25cm 이상
분 포(%)	22	67	11

표 1-8. 수수 유전자원의 수장분포

수 장(cm)	20cm 이하	21~30cm	31~40cm	41cm이상
분 포	16	47	31	6

표 1-9. 기장 유전자원의 수장분포

수 장(cm)	30cm 이하	31~40cm	41~50cm	51cm 이상
분 포	4	38	48	10

조, 수수, 기장 유전자원의 수장 분포는 표1-7, 8, 9와 같다. 조에서는 21~25cm에 67%가 분포하였고, 수수는 21~30cm에 47%가 분포하였고, 기장은 41~50cm에 48%가 분포하였다. 이는 예로부터 이들 잡곡이 예로부터 이삭을 선별하였다가 이듬해 심는 발수법에 의해 선별된 결과 비교적 이삭이 큰 쪽으로 선별되어진 결과로 사료된다.

2) 잡곡류 신품종 육성

(가) 대풍조

2000	2001	2002~2003	2003~2004	2005	2006	2007
	01	01	01	GWF161	161	161
계통수집	;			GWF166	151	118
	;			GWF167	152	158
	;			GWF171	-	-
	70	180	180	황금조	황금조	황금조
주요결과	특성조사	순계분리	생산력검정	지역적응시험		

그림 2-1. “대풍조” 육성도

<육성경위>

대풍조는 강원산간지역에 적응하는 신품종을 육성하기 위하여 2000년 전국에서 수집한 조재래종에 70점에 대하여 2001년 특성검정을 실시한 결과 수형이 우수하고 다수성인 인제재래 계통을 순계분리하여 육성한 품종이다. 2002~2003년 2년간 생산력검정 결과 농업적 형질이 우수한 강원1-2-4 계통을 GWF161로 계통명을 부여하고 2005~2007년까지 3년간 강원지역 5개소에서 지역적응 시험을 실시한 결과 표준품종인 황금조보다 다수성임이 입증되어 2007년 강원도농업기술원 직무육성심의회에서 신품종으로 선정되어 “대풍조”로 명명되었다.

<주요특성>

1. 고유특성

“대풍조”의 주요특성은 표2-1에서 보는 바와 같이 잎은 황금조에 비하여 길이가 길고, 너비는 좁은 세협형인 특징이 있고 분얼성은 약하다. 탈립성이 약하여 농업적 형질이 우수하고, 종피색을 황금종와 달리 황녹색을 띄우고 있다.

표 2-1. 품종의 특성

계통명	잎		줄기		분얼성	착립정도	탈립성	까락유무	종피색	육색
	색	길이 (cm)	너비 (cm)	강도						
강원161호	녹	49.0	3.0	강	약	강	난	유	황녹	황색
황금조 (대비)	녹	45.0	3.2	강	약	강	난	유	황	황색

표 2-2. 가변특성

계통명	출수기 (월.일)	간장 (cm)	경대 (mm)	이삭장 (cm)	이삭중 (g/개체)	천립중 (g)
강원161호	7. 25	130	8.0	26.0	37	2.4
황금조 (대비)	7. 20	130	8.0	21.0	35	2.5

2. 일반특성

표2-2에서 보는 바와 같이 황금조에 비하여 출수기는 5일정도 늦고, 간장은 비슷하며 이삭장은 5cm 정도 길고, 이삭중은 다소 무겁고 천립중은 2.4g으로 황금조보다 다소 가벼운 품종이다.

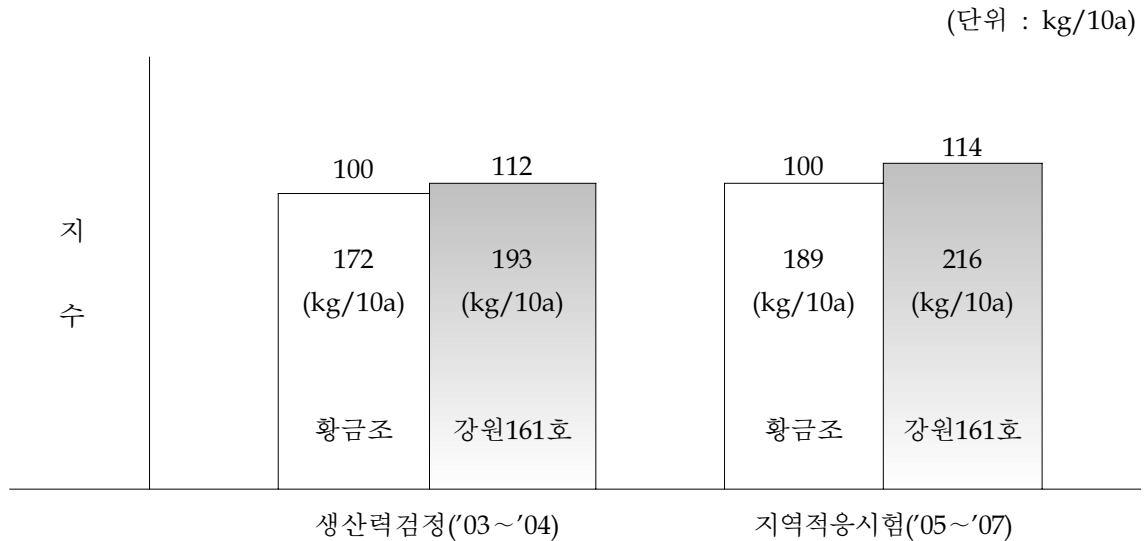


그림 2-2. 대풍조 수량성

표 2-3. 지역적응시험(2005~2007)

적용지대	시험지수	대비품종 평균수량	추천계통(강원161호) 수량(kg/10a)					
			2005	2006	2007	평균	지수	범위
강원도 전역	5	189	366	170	172	216	114	90~193

시험장소	강원161호(A)				대비 A/B	황금조(B)			
	2005	2006	2007	평균		2005	2006	2007	평균
춘천	383	327	182	297	111	315	312	174	267
정선	394	102	-	248	117	326	98	-	212
홍천	321	82	-	202	122	279	53	-	166
영월	-	-	172	172	112	-	-	154	154
삼척	-	-	162	162	112	-	-	145	145
평균	366	170	172	216	114	307	153	158	189

3. 수량성

대풍조의 수량성은 표2-3과 같다. 춘천 등 3개소에서 지역적응시험을 수행한 결과 황금조에 비하여 평균 14% 증수되었고, 수량지수의 분포범위는 90~193%에 분포하였다.

표 2-4. 품질특성

품종	회분 (%)	조지방 (%)	조단백질 (%)	탄수화물 (%)	열량 (Kcal/100g)	인 칼슘 철		
					(mg/100g).....		
강원161호	2.6	4.3	10.4	73.0	372.3	294.4	27.0	5.5
황금조	2.4	3.4	9.5	74.2	365.4	286.9	19.2	2.5

표 2-5. 병해충 저항성

품종명	병해(1-9)			충해(1-9)	
	조도열병	잎마름병	조균데병	조명나방	진딧물류
강원161호	3	1	1	3	1
황금조	3	1	1	3	1

4. 품질특성 및 병해충 저항성

대풍조의 품질특성은 표2-4와 같다. 황금조에 비하여 회분은 2.6%로 0.2%높았고, 조지방, 조단백 함량 역시 높았다. 탄수화물 함량은 낮았고, 100g당 열량은 7Kcal 정도 높았다. 무기염류에서 칼슘함량은 27mg으로 황금조보다 12mg 정도 높았고, 철은 5.5mg으로 3mg 정도 함량이 높았다. 병해충 저항성은 표2-5에서 보는 바와 같이 황금조와 비슷하였다.



조 「강원161호」



조 「강원161호」 이삭

(나) 대풍수수

2000	2001	2002~2003	2003~2004	2005	2006	2007
	01	01	01	GWSG98	98	98
계통수집	;			GWSG156	151	140
	;			GWSG157	152	150
	;			GWSG161	162	-
	70	180	180	황금찰수수	황금찰수수	황금찰수수
주요결과 특성조사		순계분리	생산력검정	지역적응시험		

그림 2-3. “대풍수수” 육성도

<육성경위>

대풍수수는 단간, 내도복, 다수성 품종을 육성하기 위하여 2000년 전국에서 수집한 수수재래종 70점에 대하여 특성조사를 한 결과 수량성이 우수한 정선재래종을 순계 분리하여 육성한 품종이다. 2003~2004년 2년간 생산력을 검정한 결과 수량성이 우수한 강원 2-12-2를 "GWSG-98"로 계통명을 부여하고 2005~2007년까지 3년 동안 강원지역 5개소에서 지역적응시험을 수행한 결과 표준품종인 황금찰수수에 비하여 다수성이 입증되어 2007년 12월 강원도농업기술원 직물육성심의회에서 신품종으로 선정되어 “대풍수수”로 명명되었다.

표 2-6. 품종의 특성

계통명	색	잎		줄기		착립 정도	탈립성	까락 유무	종피색	육색
		길이 (cm)	너비 (cm)	강도	분얼성					
강원98호	녹	82.0	8.2	강	약	강	난	유	갈	백색
황금찰수수 (대비)	녹	75.0	7.2	강	약	강	난	유	갈	백색

<주요특성>

1. 고유특성

대풍수수의 품종특성은 표2-6과 같다. 잎색은 녹색이며 잎의 길이와 너비가 황금찰수수에 비하여 크고 넓다. 분얼성은 약하고 착립성은 강하고 탈립이 장되지 않아 농업적 형질이 우수하다. 까락은 없으며 종피색은 갈색이며 육색은 백색을 띄우고 있다.

표 2-7. 가변특성

계통명	출수기 (월.일)	간장 (cm)	경태 (mm)	이삭장 (cm)	이삭중 (g/개체)	천립중 (g)
강원98호	7. 29	190	23	27.0	68	19.6
황금찰수수 (대비)	7. 22	170	19	25.0	67	20.8

2. 일반특성

대풍수수의 일반특성은 표2-7과 같다. 출수기는 황금찰수수에 비하여 7일정도 늦고 간장은 20cm 정도 길고 줄기 굵기는 2mm 굵어 도복에 강한 특징을 가지고 있다. 이삭장은 27cm 로 황금찰수수에 비하여 2cm 길고 이삭중은 비슷하나 천립중은 19.6g으로 대비품종보다 1g 정도 적다.

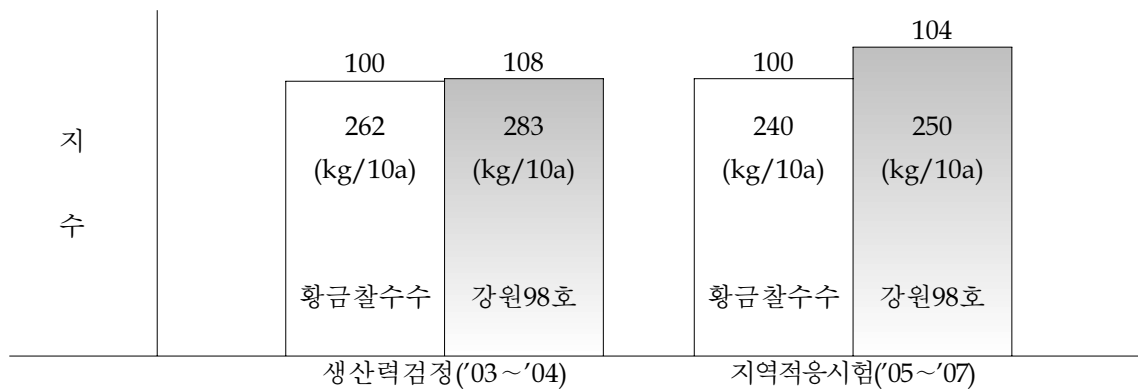


그림 2-4. 대풍수수 수량성

표 2-8. 지역적응시험(2005~2007)

적응지대	시험지수	대비품종 평균수량	추천계통(강원98호) 수량(kg/10a)					지수	범위
			2005	2006	2007	평균			
강원도 전역	5	240	431	215	182	250	104	73~172	

시험 장소	강원98호(A)				대비 A/B	황금찰수수(B)			
	2005	2006	2007	평균		2005	2006	2007	평균
춘천	425	334	202	320	111	341	301	221	288
정선	437	151	-	294	118	376	124	-	250
홍천	422	161	-	292	113	389	127	-	258
영월	-	-	162	162	84	-	-	192	192
삼척	-	-	182	182	86	-	-	212	212
평균	431	215	182	250	104	369	184	208	240

3. 수량성

강원지역 5개소에서 수행한 지역적응시험 결과 수량성은 표2-8과 같다. 표준품종인 황금찰수수에 비하여 5개소 평균 4% 증수 되었는데 춘천, 정선, 홍천에서는 11~18% 증수되었으나 영월, 삼척에서는 14~16% 정도 수량이 낮았다.

표 2-9. 품질특성

품종	회분 (%)	조지방 (%)	조단백질 (%)	탄수화물 (%)	열량 (Kcal/100g)	인 칼슘 철		
					(mg/100g).....		
강원98호	2.1	4.6	10.3	74.4	380.2	410.7	19.2	2.1
황금찰수수	2.0	5.0	10.6	73.9	383.0	388.2	17.4	2.4

4. 품질특성 및 병해충 저항성

회분함량은 2.1%로 황금찰수수와 비슷하였고 조지방, 조단백질 함량은 낮았다. 탄수화물과 100g당 열량은 비슷하였다. 무기염류인 인의 함량은 410mg/100g, 칼슘은 19.2mg/100g 으로 매우 높았으나 철의 함량은 낮았다. 병해충 저항성은 황금찰수수와 비슷하여 줄무늬 세균병, 탄저병, 감부기병에 매우 강하였고, 조명나방에도 비교적 강한 특성을 가지고 있다.

표 2-10. 병충해 저항성

품종명	병 해(1-9)			충 해(1-9)	
	줄무늬세균병	탄저병	깜부기병	조명나방	진딧물류
강원98호	1	1	1	3	1
황금찰수수	1	1	1	3	1



수수 「강원98호」



수수 「강원98호」 이삭

(다) 알찬수수

표 2-11. 육성계통도

2000	2002	2003~2004	2005~2006	2007	2008	2009
	01	01	01	GWSG150	150	150
계통수집	;			GWSG98	151	151
	;			GWSG140	152	162
	;			GWSG153	159	163
	70	180	180	황금찰수수	황금찰수수	황금찰수수
주요결과	특성조사	순계분리	생산력검정		지역적응시험	

<육성경위>

알찬수수는 단간, 내도복, 찰수수를 육성하기 위하여 2002년 전국에서 수집한 수수재래종 70종에 대하여 특성검정을 실시한 결과 다수성이고 농업적 형질이 우수한 삼척재래종을 순계분리하여 육성한 품종이다. 2003~2004 2개년간 생산력검정을 한 결과 다수성이고 농업적 형질이 우수한 강원2-3-12을 "GWSG150"로 계통명을 부여하고 2007~2009 3개년간 강원지역 3개소에서 지역적응 시험을 수행한 결과 표준품종인 황금찰수수보다 내재해, 다수성이 인정

되어 2009년 12월 강원도농업기술원 직무육성품종심의회에서 신품종으로 지정하고 "알찬수수"로 명명되었다.

표 2-12. 고유특성

계통명	잎		줄기 강도	분얼성	착립 정도	탈립성	까락 유무	종피색	입질	육색	
	색	길이 (cm)									너비 (cm)
강원150호	녹	69.0	7.6	강	약	강	난	유	갈	찰	백색
황금찰수수	녹	67.0	7.1	강	약	강	난	유	갈	찰	백색

<주요특성>

1. 고유특성

알찬수수의 고유특성은 표2-12와 같다. 잎색은 녹색이고 잎의 길이와 너비는 황금찰수수보다 다소 크다. 줄기 강도는 매우 강하고 분얼성은 약하다. 착립정도는 매우 강하고 탈립이 잘 안되는 특징이 있다. 까락이 있고 종피색은 갈색이며 입질은 찰성이며 육색은 백색이다.

2. 일반특성

알찬수수의 일반특성은 표2-13과 같다. 출수기는 황금찰수수보다 7일정도 늦고, 간장이 다소 크고, 줄기 굵기는 황금찰수수보다 2mm 굵다. 이삭장, 이삭중은 비슷하고 천립중은 14.8g으로 대비품종보다 작다.

표 2-13. 가변특성

계통명	출수기 (월.일)	간장 (cm)	경태 (mm)	이삭장 (cm)	이삭중 (g/개체)	천립중 (g)
강원150호	7. 29	170	22	22	68	14.8
황금찰수수 (대비)	7. 22	161	20	22	68	15.6

○ 수량성

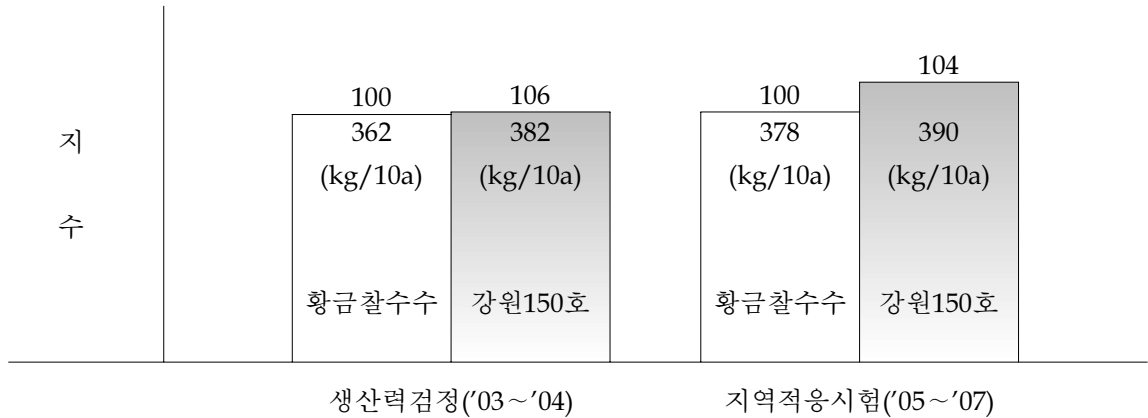


표 2-14. 지역적응시험(2007~2009)

적용지대	시험지수	대비품종 평균수량	추천계통(강원150호) 수량(kg/10a)					범위
			2007	2008	2009	평균	지수	
강원도 전역	3	378	386	348	435	390	103	92~115

시험장소	강원150호(A)				대비 A/B	황금찰수수(B)			
	2007	2008	2009	평균		2007	2008	2009	평균
춘천	331	245	425	334	102	315	251	411	326
영월	431	400	464	432	103	402	408	454	421
삼척	396	398	415	403	104	372	369	422	388
평균	386	348	435	390	103	363	343	429	378

3. 수량성 및 병해충저항성

알찬수수의 수량성은 표2-14와 같이 황금찰수수 대비 3개 지역 평균 3%정도 증수되었다. 병해충 저항성도 황금찰수수와 거의 동일한 정도로 강하였다.

표 2-15 병충해 저항성

품종명	병해(1-9)			충해(1-9)	
	줄무늬세균병	탄저병	감부기병	조명나방	진딧물류
강원150호	1	1	1	3	1
황금찰수수	1	1	1	3	1

나. 잡곡류 친환경 생력재배기술개발

1) 잡곡류 피복재배기술 개발

표 3-1. 피복 재료별 생육 및 수량

처 리	품 종	출수기 (월.일)	도복 (0~9)	병해충 (0~9)	초장 (cm)	경태 (cm)	분얼수 (개/주)	수장 (cm)	수량 (kg/10a)
무처리	황 금 조	7.17	3	1	150	1.2	1.2	22	172
	황금찰수수	7.23	3	1	186	1.8	0	25	248
	황금기장	7.16	5	1	162	0.9	2.1	38	142
흑색 비닐	황 금 조	7.13	5	1	154	1.0	2.0	24	190
	황금찰수수	7.19	5	1	194	2.0	0	27	276
	황금기장	7.13	5	1	153	0.8	2.6	37	153
배색 비닐	황 금 조	7.12	5	1	152	1.2	2.4	24	186
	황금찰수수	7.15	5	1	198	2.0	0	27	282
	황금기장	7.13	7	1	160	1.0	2.4	37	130

표 3-2. 피복재료에 따른 잡초 발생량(g/m²)

처 리 별	파종후 20일	파종후 30일	파종후 45일
무 처 리	7.3	24.7	42.6
흑색비닐	5.2	16.2	20.5
배색비닐	4.8	17.2	24.2

잡곡류의 피복 재료별 생육과 잡초발생량은 표 3-1, 2와 같다. 무처리에 비하여 출수기는 흑색비닐에서 조, 수수는 4일, 기장은 3일 빨랐고, 배색비닐에서는 조는 5일, 수수는 8일, 기장은 3일 빨랐다. 도복은 비닐 피복구에서 더 잘되었다. 초장도 역시 피복구에서 더 컸으며, 수장도 피복구에서 컸다. 그러나 수량은 조, 수수에서는 무처리에 비하여 피복구에서 높았으나, 기장은 오히려 피복구에서 적었다.

잡초의 발생량은 무처리에 비하여 피복구에서 현저히 낮았다. 멀칭재료와 작물생육에 관하여 김 등(2004)은 잇들개 반촉성 재배시 흑색유공 polyethylene 멀칭재배가 무멀칭 재배에 비해 지온이 높고, 출현이 빠른 반면 성숙이 늦고, 경장이 크며, 엽 수량뿐만 아니라 종실수량도 많았다고 하였으며, 박 등(1987)은 단옥수수재배에서 평균지온은 나지에 비하여 백색비닐 피복구에서 2.9℃, 소형 비닐 터널구에서 4.2℃에서 높아 수량이 높아졌다고 하였으며, 강 등(2003)은 감자에서 총서수량은 무멀칭구에 비하여 투명 및 흑색PE 멀칭에 의하여 16.8% 증수되었고, 평균서중도 증가하였다고 하였으며, 노 등(2004)은 인삼에서 왕겨+비닐

멸칭에서는 잡초발생량이 91.6% 억제되었고, 벚지+차광망 멸칭에서는 59.7% 생장이 억제되었다고 하여 멸칭 재료간 잡초 발생량의 차이를 인정하여 본 시험의 결과와 같은 경향이였다.

2) 봄작물 후작 잡곡류 재배기술개발

표 3-3. 감자 생육 및 수량(kg/10a)

총서중	상서중	중서중	소서중	설서중
3,002	2,100	474	176	253

표 3-4. 봄배추 생육 및 수량

수량(kg/10a)	구고(cm)	구폭(cm)	엽수(매)	구중(kg)
2,040	30.6	20.7	59.7	2.4

표 3-5. 후작물 생육 및 수량

파종기	품종	출수기 (월.일)	도복 (0~9)	병해충 (0~9)	초장 (cm)	경태 (cm)	분얼수 (개/주)	수장 (cm)	수량 (kg/10a)
1차 (7.5)	황금조	8.13	1	1	120	0.7	1.6	18.2	121
	황금찰수수	8.15	1	1	182	1.8	0	21.0	180
	황금기장	8.7	1	1	106	0.7	1.2	32.0	116
2차 (7.16)	황금조	8.21	1	1	95	0.5	1.2	12.7	24
	황금찰수수	-	1	1	135	1.4	0	-	-
	황금기장	8.18	1	1	64	0.7	1.1	8.0	26
3차 (7.28)	황금조	-	1	1	35	-	0	-	-
	황금찰수수	-	1	1	52	-	0	-	-
	황금기장	-	1	1	32	-	0	-	-

봄 작물과 후작물인 잡곡류의 생육 및 수량은 표 3-3, 4, 5와 같다. 봄 작물인 배추와 감자의 생육 및 수량은 평균수량을 유지하였으나 후작물인 잡곡류의 수량은 파종시기에 관계없이 저조하였으며 특히 수수에서는 7월 중순 이후에는 거의 수확할 수가 없었다. 이런 결과는 박(1981)이 홍화에서 파종기가 지연됨에 따라 초장, 분지수, 꼬투리와 1,000립중이 감소하고 수량도 감소한다는 결과, 김 등(1992)이 건담직파 벼에서 파종기가 지연될수록 간장 및 수장이 단축되고 등숙율이 저하된다는 결과, 조 등(2003)이 조의 파종기가 지연될수록 초장은 짧아지고 엽장, 엽폭, 줄기 직경이 감소한다는 결과와 일치하였다.

3) 잡곡류 2기작 재배기술 개발

표 3-6. 전·후작물의 생육 및 수량

품 종	출수기 (월.일)	수확기 (월.일)	도복 (0~9)	병해충 (0~9)	초장 (cm)	경태 (cm)	분얼수 (개/주)	수장 (cm)	수량 (kg/10a)
황금조	7.18	8.31	3	1	151	1.0	2.3	25	154
황금찰수수	7.23	9.2	1	1	197	0.9	2.6	26	236
황금기장	7.17	8.27	3	1	165	1.0	2.8	27	142
메밀(후작)	9.28	10.15	1	1	25	0.4	-	-	20

잡곡류인 조, 수수, 기장과 후작인 메밀의 작부체계 시험에서 후작물인 메밀의 수량은 매우 부진하였다.

4) 잡곡류 육묘 재배기술 개발

표 3-7. 처리별 묘소길

작 물	처 리	초장(cm)	근장(cm)
조	plug tray 128공	15.0	9.4
	" 200공	15.2	9.4
	" 288공	15.0	9.2
	육묘상자	16.0	7.2
수수	plug tray 128공	25.6	9.5
	" 200공	25.0	9.0
	" 288공	25.0	6.7
	육묘상자	26.0	6.4
기장	plug tray 128공	14.7	10.2
	" 200공	14.2	10.0
	" 288공	14.2	9.4
	육묘상자	15.2	7.3

표 3-8. 처리별 생육

작 물	처리별	출수기 (월.일)	도 복 (1~9)	병해충 (1~9)	간 장 (cm)	경 태 (cm)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	엽 수 (개/주)
조	128공	7.26	3	1	119	0.6	50	3.5	11.5
	200공	7.26	3	1	122	0.7	46	3.2	11.2
	288공	7.26	3	1	113	0.6	47	3.4	11.1
	육묘상자	7.26	3	1	123	0.6	48	3.5	12.2
	직파	8. 4	3	1	104	0.4	37	1.8	11.1
수수	128공	7.26	1	1	182	1.5	65	8.2	10.5
	200공	7.26	1	1	178	1.6	62	7.8	10.5
	288공	7.26	1	1	191	1.6	61	7.6	10.7
	육묘상자	7.26	1	1	171	1.6	63	7.2	9.5
	직파	7.31	1	1	166	1.6	62	7.5	10.1
기장	128공	7.28	3	1	148	0.9	47	2.7	8.1
	200공	7.28	3	1	156	0.7	42	2.6	8.5
	288공	7.28	3	1	143	0.7	44	2.8	7.6
	육묘상자	7.28	3	1	139	0.7	41	2.9	8.1
	직파	8. 2	3	1	131	0.7	41	2.7	8.2

표 3-9. 처리별 수량구성요소 및 수량

작 물	처리별	수 장 (cm)	수 폭 (cm)	수 중 (g)	1,000립중 (g)	수 량 (kg/10a)
조	128공	23.4	23.0	21.0	2.72	162
	200공	23.0	22.4	19.0	2.72	160
	288공	23.6	22.1	18.2	2.74	148
	육묘상자	22.0	22.6	19.0	2.70	146
	직 파	23.2	22.9	18.1	2.70	130
수수	128공	21.4	28.4	43.6	15.60	240
	200공	21.5	27.3	44.8	15.64	212
	288공	20.9	27.2	44.1	15.0	220
	육묘상자	22.0	24.6	42.7	14.8	200
	직 파	21.8	27.3	45.0	15.0	198
기장	128공	30.6	-	14.1	4.72	132
	200공	30.8	-	13.6	4.70	126
	288공	31.0	-	13.7	4.70	126
	육묘상자	30.0	-	13.1	4.68	110
	직 파	31.6	-	9. 5	4.70	104

잡곡류의 육묘 처리별 생육 및 수량은 표3-7, 8, 9와 같다. 묘소질에서 초장은 플러그 육묘에서는 셀 크기에 따른 차이는 없었으나 플러그 육묘에서는 컸고, 근장은 반대의 경향이 있었다. 이식 후 생육에서 조는 엽수가 육묘상자에서 가장 많았으나 수수는 반대였으며, 기장은 큰 차이가 없었다. 수량은 조에서는 셀 크기가 클수록 증수되는 경향이었으나 수수, 기장에서는 셀 크기와 관계없었다. 이런 경향은 용 등(2004)이 여름시금치에서 셀 크기에 따른 엽장의 변화는 셀 크기가 클수록 지상부와 지하부의 생육이 좋다는 결과와, 조 등(2003)이 거베라의 묘에서 셀 크기가 커짐에 따라 묘의 생장이 우수하다는 결과와 일치하였다.

표 3-10. 이식재배에 의한 노동력 절감효과

작업내용	횟 수	노동력 투입(명)		비고 (증감)
		직파	이식	
육 묘	1	-	1	1
파 종(정식)	1	3	4	1
제조작업	1	8	-	△8
	2	6	6	0
	3	4	4	0
숙음작업	1	4	-	△4
계		25	15	△10

5) 잡곡류 도복경감시험

표 3-11. 잡곡류 처리별 도복경감 효과

작물	처리	출수기 (월,일)	도복 (0~9)	간장 (cm)	경태 (mm)	엽장 (cm)	엽수 (cm)	수장 (cm)	수중 (g)	수량 (kg/10a)
조	직 파	7.28	1	104	7.2	36	8.5	23.9	13	181
	직파+복주기	7.28	1	121	6.3	38	7.5	16.2	11	173
	육묘이식	7.26	1	102	7.7	37	8.3	17.8	11	158
기장	직 파	7.30	1	102	7.0	40	8.8	31	7	195
	직파+복주기	7.30	1	124	7.0	38	7.4	28	9	171
	육묘이식	7.29	1	94	6.0	33	7.8	29	10	174

다. 잡곡류 생리활성기능 및 식물학적 성분분석

1) ACE 저해활성측정 조건

ACE 활성 측정은 ACE 0.2unit/ml, 기질은 최종농도 4mM, 37℃, 반응시간 60분에서 효율적으로 반응속도를 측정 할 수 있었다. 이 조건에서 ACE저해제로서 시판되는 의약품인 Captopril을 사용하여 반응 속도를 측정한 결과 captopril의 농도에 따라 저해율이 일정하게 증가함을 확인 하였다.

2) 추출용매 선발

표 4-1. 추출용매별 ACE 저해활성.

추출용매	저해율(%)
SBEB	35.9
	38.1
	33.7
70% EtOH	16.0
	15.1
	14.8

표 4-2. 추출용매별 단백질함량.

추출용매	Sample NO	mg/g
SBEB	SG-16	18.8
	SG-31	20.7
	SG-28	8.9
	SG-29	9.8
70%EtOH	SG-16	3.2
	SG-31	3.9
	SG-28	0.7
	Sg-29	0.7

시료중의 단백질을 70%EtOH와 SBEB를 이용해 각각 추출한 결과 SBEB로 추출하였을 때 높은 ACE저해활성을 보임은 확인 할 수 있었다(표4-1). 또한 추출용매에 따른 단백질정량 결과 역시 SBEB에서 70%EtOH에 비하여 6배정도 높음을 확인 할 수 있었다(표4-2). 따라서 저해활성을 측정하기위해 추출용매로 SBEB를 선택하였다.

3) 단백질 분해 효소처리에 따른 ACE 저해활성

SBEB와 70% EtOH를 이용하여 추출한 수수 단백질이 체내에 흡수되었을 때 ACE 저해활성을 확인하기위하여 pepsin과 pancreatin을 처리한 후 ACE 저해활성을 측정하였다. 그 결과 pepsin과 pancreatin처리 시 ACE 저해활성이 증가함을 확인 하였다(표4-3). 또한 수수 단백질의 효소처리 후 모든 단백질이 분해됨을 SDS-PAGE상에서 확인 하였으며, 약6.6Kda의 band는 pancreatin 임을 확인하였다(그림4-1).

표 4-3. 효소처리 유무에 따른 ACE 저해활성.

Sample no.	None enzymatic treatment		Enzymatic treatment	
	70% EtOH추출	SBEB추출	70% EtOH추출	SBEB추출
SG-15	0.1	1.0	9.6	12.0
SG-22	0.0	1.6	12.3	20.7
SG-26	0.0	2.0	10.9	21.9
SG-48	0.0	1.5	9.8	14.8

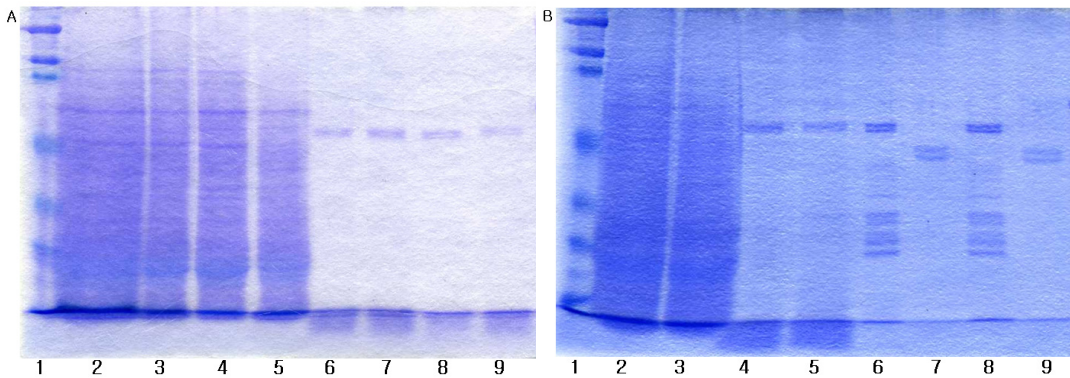


그림 4-1. 단백질 분해 효소처리에 따른 수수 단백질 pattern 변화.

(A)탈지한 수수추출물의 효소처리 후 단백질 pattern 변화 1,marker; 2, SG-16; 3, SG-31; 4, SG-28; 5, SG-29; 6, SG-16 효소처리; 7, SG-31 효소처리; 8, SG-28 효소처리 9, SG-29 효소처리. (B) 1, marker; 2, SG-31; 3, SG-29; 4, SG-31 효소처리; 5,SG-29 효소처리; 6, pancreatin; 7, pepsin; 8, pancreatin; 9, pepsin

4) Kafirin의 선택적 추출조건 확립

수수의 저장단백질인 kafirin의 선택적 추출조건을 확인하기 위하여 SBEB, water, 0.5% NaCl, 60% EtOH, 70% EtOH, 55% Isopropanol, t-BuOH, 100% EtOH, 100% Isopropanol을 이용하여 추출한 결과 70% EtOH을 이용 시 kafirin의 추출효율이 가장 높음을 확인하였다 (그림4-2).

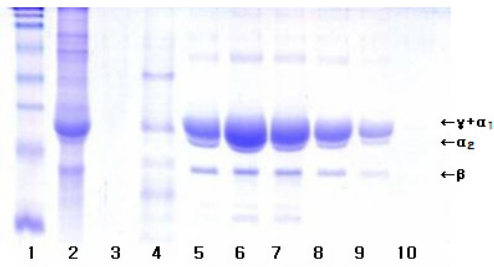


그림 4-2. 용매별 kafirin추출 pattern.

Lane 1, marker; Lane 2, SBEB; Lane 3, water; Lane 4, 0.5%NaCl ; Lane 5, 60% EtOH
Lane 6, 70% EtOH Lane 7, 55% Isopropanol Lane 8, t-BuOH Lane 9, 100% EtOH Lane
10, 100% Isopropanol

5) 수수, 조 및 기장 계통별 ACE 저해활성

수수 및 조, 기장의 ACE 저해활성을 확인한 결과 아래와 같은 저해활성을 확인하였다.
(표4-4, 5, 6)

표 4-4. 수수 ACE 저해활성 측정결과.

Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)
SG-1	11.7 ± 0.6	SG-18	7.7 ± 0.2	SG-35	0.2 ± 0.1
SG-2	4.2 ± 0.0	SG-19	5.1 ± 0.8	SG-36	9.0 ± 0.3
SG-3	6.2 ± 0.3	SG-20	9.6 ± 0.2	SG-37	7.4 ± 0.5
SG-4	10.9 ± 0.4	SG-21	9.3 ± 0.6	SG-38	14.6 ± 0.6
SG-5	10.4 ± 0.3	SG-22	31.4 ± 0.6	SG-39	10.7 ± 0.2
SG-6	9.3 ± 0.3	SG-23	8.6 ± 0.0	SG-40	7.8 ± 0.0
SG-7	2.7 ± 0.7	SG-24	15.4 ± 0.0	SG-41	13.9 ± 0.6
SG-8	13.8 ± 0.3	SG-25	10.1 ± 0.5	SG-42	18.6 ± 0.5
SG-10	11.8 ± 0.6	SG-26	37.1 ± 1.0	SG-43	9.1 ± 0.9
SG-11	11.5 ± 0.3	SG-27	7.7 ± 0.6	SG-44	16.8 ± 0.7
SG-12	11.7 ± 0.5	SG-28	18.7 ± 0.3	SG-45	2.4 ± 0.0
SG-13	9.9 ± 0.3	SG-29	10.2 ± 0.2	SG-46	0.5 ± 0.0
SG-14	12.5 ± 0.1	SG-31	6.6 ± 0.3	SG-47	10.7 ± 0.2
SG-15	24.2 ± 0.9	SG-32	0.8 ± 0.6	SG-48	27.2 ± 0.6
SG-17	18.7 ± 0.3	SG-34	12.8 ± 0.7	SG-49	15.4 ± 0.0

± standard deviations.

탈지한 수수의 SBEB추출물의 ACE저해활성측정결과 100mg당 저해율은 0~5000 20계통,
5000~10000 21계통, 12000이상인 4계통임을 확인 하였다.

표 4-5. 기장 ACE저해활성 측정결과.

Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)
FM-1	29.8 ± 0.2	FM-16	19.2 ± 0.0	FM-34	10.5 ± 0.0
FM-2	14.1 ± 0.5	FM-17	24.7 ± 0.2	FM-36	21.7 ± 0.6
FM-3	18.3 ± 0.6	FM-18	15.1 ± 0.0	FM-37	23.8 ± 0.3
FM-4	34.0 ± 0.0	FM-19	29.4 ± 0.6	FM-38	25.5 ± 0.3
FM-5	15.4 ± 0.6	FM-20	22.3 ± 0.1	FM-39	27.6 ± 0.1
FM-6	29.5 ± 0.2	FM-21	15.6 ± 0.3	FM-40	24.3 ± 0.2
FM-7	14.6 ± 0.1	FM-22	16.4 ± 0.6	FM-41	21.0 ± 0.3
FM-8	24.3 ± 0.6	FM-23	16.1 ± 0.4	FM-42	23.6 ± 0.3
FM-9	24.6 ± 0.1	FM-24	22.6 ± 0.3	FM-43	20.0 ± 0.5
FM-10	25.9 ± 0.6	FM-25	2.1 ± 0.3	FM-44	27.1 ± 0.3
FM-11	15.2 ± 0.3	FM-26	21.8 ± 0.0	FM-45	29.1 ± 1.0
FM-12	15.2 ± 0.2	FM-27	18.2 ± 0.5	FM-46	29.5 ± 1.1
FM-13	26.1 ± 0.4	FM-28	12.5 ± 0.6	FM-47	19.1 ± 0.3
FM-14	20.9 ± 0.6	FM-29	24.2 ± 0.7	FM-48	15.2 ± 0.5
FM-15	24.3 ± 0.4	FM-30	23.6 ± 0.8	FM-49	31.9 ± 0.0

± standard deviations.

탈지한 기장의 SBEB추출물의 ACE저해활성측정결과 100mg당 저해율은 0~8000 1계통, 8000~16000 10계통, 16000~24000 16계통, 24000~32000 17계통, 32000~40000 1계통 입을 확인 하였다.

표4-6. 조 ACE저해활성 측정결과.

Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)	Sample	저해율(%)
CM-1	30.6 ± 0.2	CM-18	11.1 ± 0.2	CM-35	6.0 ± 0.3
CM-2	17.2 ± 0.3	CM-19	7.8 ± 0.3	CM-36	11.6 ± 0.5
CM-3	19.1 ± 0.0	CM-20	16.2 ± 0.6	CM-37	12.6 ± 0.6
CM-4	11.5 ± 0.2	CM-21	14.9 ± 0.6	CM-38	11.0 ± 0.5
CM-5	19.9 ± 0.3	CM-22	16.9 ± 0.5	CM-39	24.2 ± 0.3
CM-6	14.2 ± 0.0	CM-23	17.2 ± 0.3	CM-40	25.9 ± 0.9
CM-7	19.9 ± 0.7	CM-24	18.9 ± 0.0	CM-41	39.8 ± 0.5
CM-8	15.7 ± 0.6	CM-25	23.6 ± 0.8	CM-42	23.6 ± 0.6
CM-9	17.2 ± 0.8	CM-26	4.4 ± 0.3	CM-43	13.6 ± 0.0
CM-10	9.2 ± 0.1	CM-27	23.0 ± 0.7	CM-44	15.3 ± 0.2
CM-11	6.1 ± 0.5	CM-28	15.9 ± 0.6	CM-45	24.2 ± 0.6
CM-12	14.6 ± 0.6	CM-29	14.2 ± 0.5	CM-46	8.6 ± 0.5
CM-13	14.9 ± 0.1	CM-30	19.6 ± 0.2	CM-47	20.6 ± 0.0
CM-14	10.0 ± 0.9	CM-31	22.9 ± 0.3	CM-48	21.6 ± 0.4
CM-15	14.2 ± 0.5	CM-32	10.6 ± 0.1	CM-49	26.9 ± 0.0
CM-16	19.2 ± 0.3	CM-33	8.3 ± 0.3		
CM-17	9.1 ± 0.2	CM-34	18.6 ± 0.3		

± standard deviations.

조의 SBEB추출물의 ACE저해활성측정결과 100mg당 저해율은 0~8000 4계통, 8000~16000 21계통, 16000~24000 18계통, 24000~32000 5계통, 32000~40000 1계통임을 확인 하였다.

6) ACE 저해활성과 kafirin의 연관성

수수 45계통 중 ACE 저해활성이 높은 4계통과 낮은 4계통을 선발하여, SBEB를 이용하여 추출 후 단백질 pattern을 확인하였다. 그 결과 높은 ACE 저해활성이 확인된 SG-15, 22, 26, 48의 단백질 함량이 높음을 확인하였으며, 특히 kafirin의 함량이 높음을 확인하였다(fig. 3).

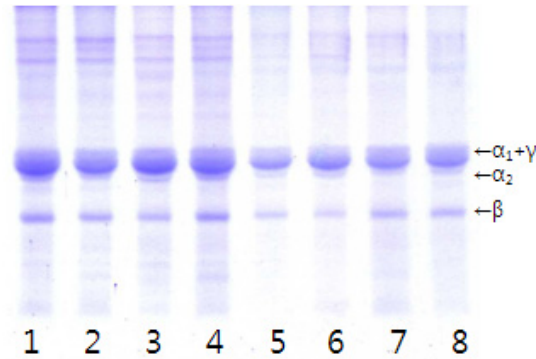


그림 4-3. ACE 저해활성별 단백질 pattern.

Lane 1, SG-15; Lane 2, SG-22; Lane 3, SG-26; Lane 4, SG-48; Lane 5, SG-32; Lane 6, SG-35; Lane 7, SG-45; Lane 8, SG-07.

7) 일반 성분 분석

ACE 저해 활성이 높은 수수, 조, 기장 계통을 선발하여 조단백질, 지질, 탄수화물, 회분 등을 분석하였다. 각각의 성분에서 특이한 점은 없었다.

8) 높은 ACE 저해활성이 확인된 수수종자의 재확인

2007년 수확한 수수 8계통의 ACE 저해활성을 측정하였다. 그 결과 2006년 선발된 계통 중 높은 ACE저해활성이 확인된 4계통(SG-15, 22, 26, 48) 과 낮은 ACE 저해활성이 확인된 4계통 (SG-07, 32, 35, 45)에서 2006년과 동일한 pattern의 ACE 저해활성을 확인 하였다.

표 4-7. 2007년 수확한 수수 SBEB추출물의 ACE 저해활성 측정결과.

Line	inhibition rate (%)	Line	inhibition rate (%)
SG-15	18.2±1.5	SG-7	1.8±1.1
SG-22	19.8±2.0	SG-32	0.2±0.3
SG-26	25.6±0.2	SG-35	3.0±0.9
SG-48	16.9±1.4	SG-49	1.2±0.3

± standard deviations.

9) 수수단백질 분해물의 sephadex G-25 column chromatography

수수기원의 ACE 저해제의 분리를 위하여 Sephadex G-25 column을 이용하여 수수의 가수분해물을 분리한 결과 20-56번에서 대부분의 단백질이 용출됨을 확인 하였다. 특히 24, 42, 50번 분획물에서 높은 농도의 단백질을 확인 하였다. 이후 20-56번 분획물에 대한 ACE 저해활성을 확인한 결과 단백질정량 결과와 동일한 pattern을 확인 하였으며, 특히 42번 분획물에서 가장 높은 ACE저해활성을 확인 하였다(그림 4-4).

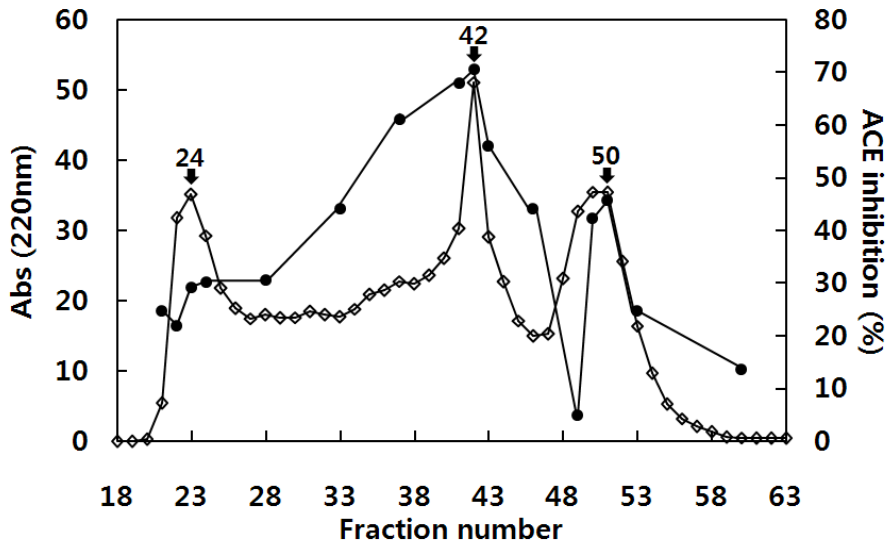


그림 4-4. 수수단백질 분해물의 Sephadex G-25 column chromatography 분획별 단백질함량 및 ACE 저해활성.

(●) ACE inhibition(%); (◇), Protein concentration.

10) 수수의 효소처리산물의 IC₅₀값 및 수율

Sephadex G-25 column을 이용하여 분리된 24, 42, 50번 분획물의 IC₅₀값을 확인한 결과 42번 분획물에서 19.5ug/ml의 가장 낮은 농도에서 IC₅₀을 가짐을 확인하였으며, 50번 분획

물에서 36.4mg/ml, 24번 분획물에서 88.8 μ g/ml의 농도에서 IC₅₀값을 가짐을 확인 하였다. 또한 전체 단백질량에 대한 수율을 확인한 결과 2.6%와 2.3%로 24번과 42번 분획물의 거의 비슷한 수율을 보였으나 ACE 저해활성 면에서 42번 분획물이 가장 뛰어난 것을 확인하였다.(표 4-8).

표 4-8. Sphadex G-25 column 분획별 IC₅₀값 및 수율.

Fraction	IC ₅₀ (μ g/ml) ^a	Yield ^b (%)
24	88.8	2.6
42	19.5	2.3
50	36.4	1.3

^a Concentration of an inhibitor required to inhibit 50% of ACE activity.

^b Percentage of protein in relation to the total protein loaded on the column.

11) 분획별 저해양상

24, 42, 50번 분획물의 저해양상을 확인한 결과, 24번과 50번 분획물은 불경쟁적(uncompetitive) 저해제임을 확인 하였으며(그림 4-7), 각각 0.283 μ g, 0.022 μ g의 K_i값을 가짐을 확인 하였다. 반면 42번 분획물은 비경쟁적(non-competitive) 저해제로 확인 되었으며 0.097 μ g의 K_i값을 가지는 것으로 확인 되었다(표 4-9)

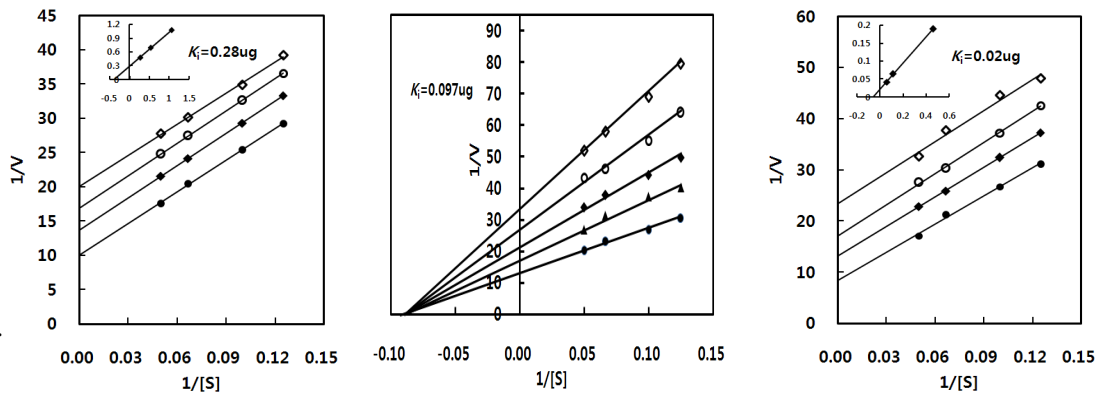


그림 4-7. Lineweaver-Burk plot of ACE inhibition by fraction 50.

Inhibitor: \diamond , 0.55 μ g/ml; \circ , 0.275 μ g/ml; \blacklozenge , 0.01375 μ g/ml; \bullet , 0 μ g/ml.

표 4-9. Sephadex G-25 column 분획별 kinetic parameter.

Parameter	Fraction no.		
	24	42	50
$1/V_{max}(\mu\text{M}/\text{min})$	10.0	13.6	9.5
K_m/V_{max}	153.7	13.3	172.6
$V_{max}(\mu\text{M}/\text{min})$	0.1	0.7	0.1
$K_m(\mu\text{g}/\text{ml})$	15.2	9.7	18.0
$1/K_m(\mu\text{g}/\text{ml})$	0.06	0.10	0.05
$K_i(\mu\text{g})$	0.28	0.09	0.02

12) SBEB와 기타용매의 단백질 추출효율 비교

추출용매별 수수단백질의 추출효율을 확인하기 위하여 다양한 용매로 추출 하였다. 이후 SDS-PAGE를 이용하여 수수단백질의 추출 pattern을 확인한 결과 다음과 같은 결과를 확인 하였다. 수수단백질의 추출 pattern을 확인한 결과 기존에 사용한 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol 1% SDS(SBEB)에거 수수단백질이 가장 잘 추출됨을 확인 하였으며, 다음으로 70% EtOH pH10, 70% EtOH 순으로 추출효율이 높음을 확인하였다(그림4-8).

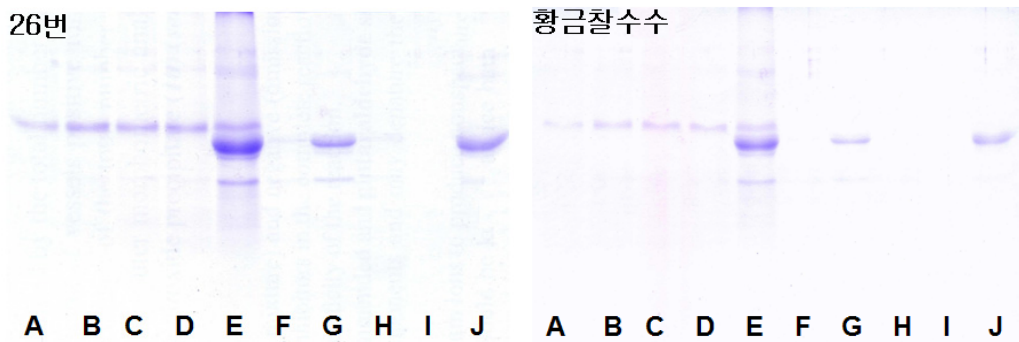


그림 4-8. 추출용매별 수수단백질 추출 pattern.

- A 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol , 1% Na₂SO₄
- B 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol ,1% Tween #80
- C 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol ,1% Tween #40
- D 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol ,1% Tween #20
- E 0.0125M Na-Borate, 2% mercaptoethanol ,1% SDS
- F 100% EtOH
- G 70% EtOH
- H 70% EtOH, 1% Tween #80
- I 70% EtOH, 2% mercaptoethanol
- J 70% EtOH , pH 10

13) 추출용매별 ACE 저해활성

앞서 단백질 추출효율이 높게 확인된 SBEB, 70% EtOH pH10, 70% EtOH 추출물의 ACE 저해활성을 확인한 결과 아래와 같은 결과를 확인 하였다. 저해활성측정결과 추출효율이 가장 좋은 SBEB추출물이 가장 높은 ACE저해활성을 확인 하였으며, 70% EtOH 추출물은 SBEB 추출물의 약 70%정도의 저해활성을 가짐을 확인하였다(그림4-9). 그러나 SDS 및 2-mercaptoethanol은 식품에 사용할 수 없는 물질로 수수기원의 ACE 저해제의 대량생산을 위한 추출용매로써 적합하지 않을 것으로 생각된다. 다음으로 70% EtOH pH10이 추출효율이 높음을 확인하였으나 70% EtOH를 이용 시 생산 공정에 제약이 따르므로 위의 두 용매는 수수기원의 ACE저해제의 대량생산에 있어 적합하지 않을 것으로 판단된다. 따라서 사용에 제약이 없는 물 추출물을 이용하여 수수 기원의 ACE저해제의 생산방법을 탐색하였다.

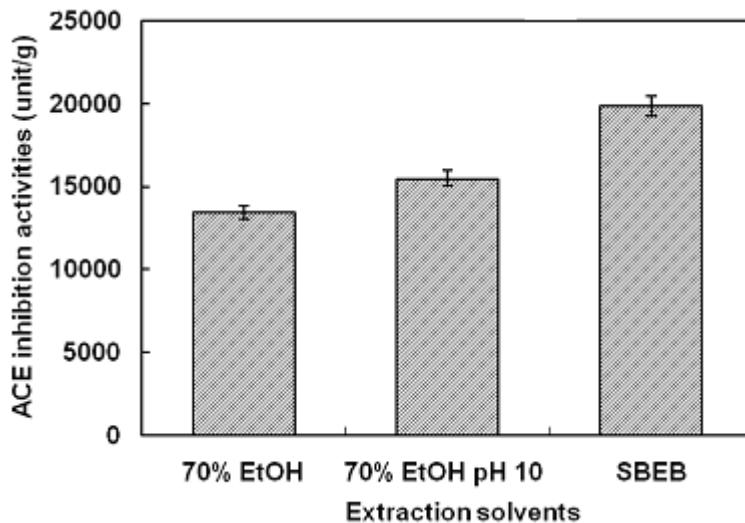


그림 4-9. Protease 처리에 따른 수수 물 추출물의 ACE 저해활성변화

수수에 10배량을 물을 가하여 마쇄한 후 4℃에 overnight 방치시켜 전분을 제거한 후 Protamex, Protease NP, Protease N "AMANO" G, Peptidase R, Protease M을 각각 처리하여 ACE 저해활성을 확인 하였다. 측정결과 Protease N "AMANO" G처리 시 ACE 저해활성이 protease를 처리하지 않은 경우에 비하여 2배정도 상승하는 것으로 확인 하였다(그림4- 10).

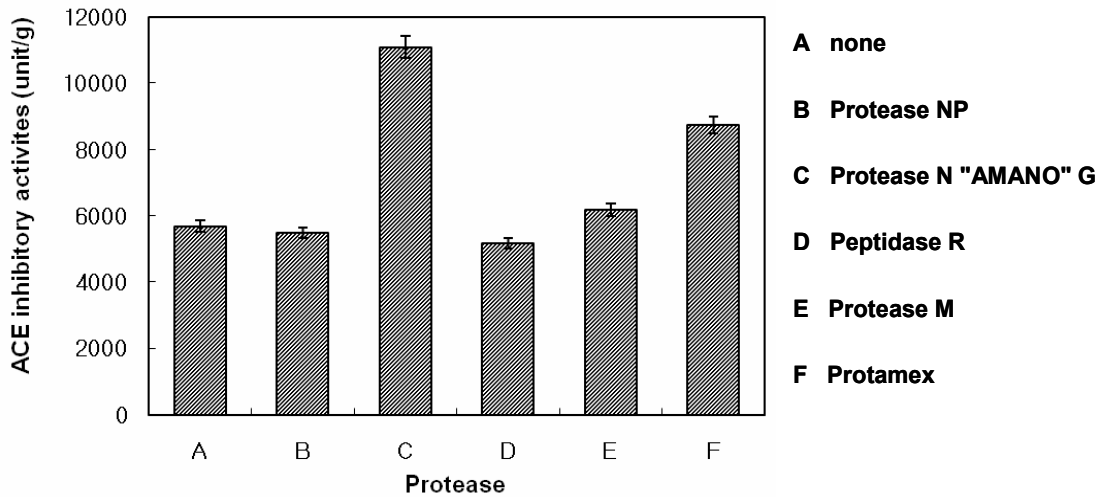


그림 4-10. Protease 종류에 따른 ACE 저해활성 변화.

15) Protease N "AMANO" G처리 조건에 따른 ACE 저해활성의 변화

Protease N "AMANO" G의 최적 반응시간 및 수수 물 추출물의 열처리 유무에 따른 ACE 저해활성을 확인하기 위하여 각각 다른 농도의 protease처리 후 한 시간 간격으로 반응액을 취하여 ACE 저해활성을 확인 하였다. 수수 물 추출물의 열처리는 100℃에서 20분간 추출액을 열처리 하였다. 확인결과 열처리군은 3시간에서 가장 높은 저해활성을 확인 되었으며 protease처리양이 많아짐에 따라 저해활성이 증가함을 확인 하였고, 3시간 이후 저해율이 감소하는 경향을 확인 하였다(그림 4-11). 비열처리군은 2시간에서 4시간 사이에서 최대 활성을 나타내었으며 전반적으로 열처리군에 비하여 저해활성이 높음을 확인하였다(그림 4-12). 따라서 이후 protease처리시 sample은 비열처리하고 반응시간은 4시간이 적합한 것으로 확인 하였다.

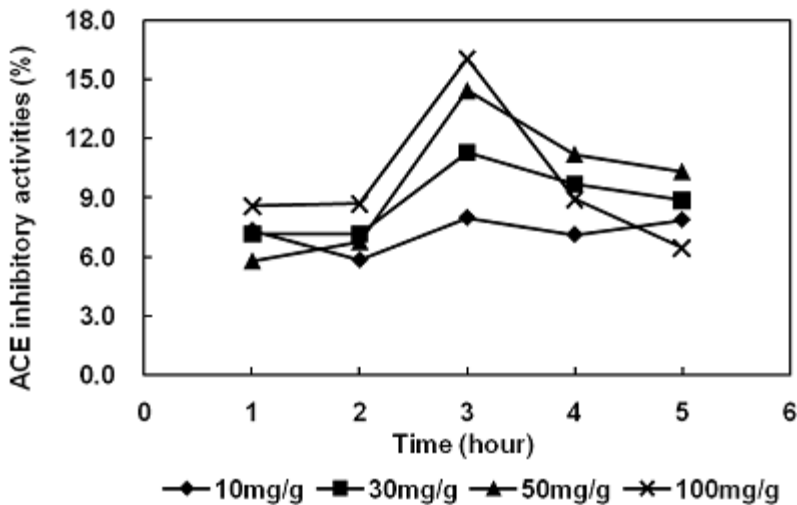


그림 4-11. 열처리한 수수 추출물의 Protease N "AMANO" G처리시간에 따른 ACE 저해활성의 변화.

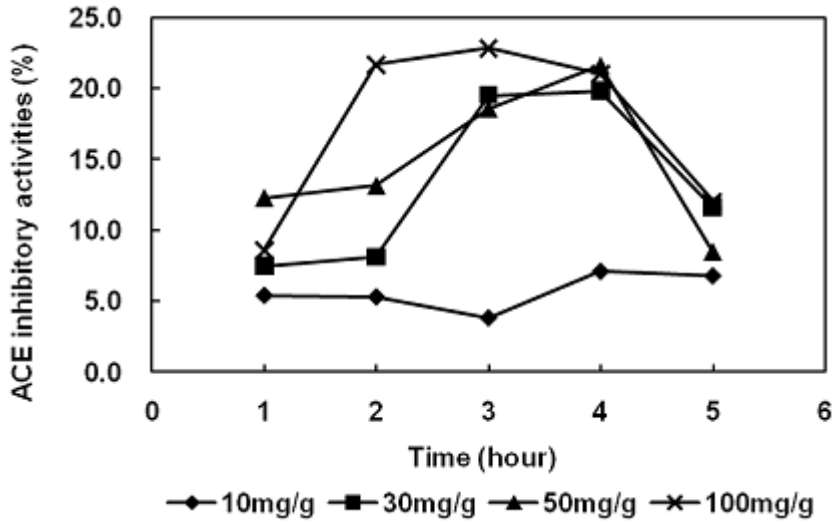


그림 4-12. 비열처리한 수수 추출물의 Protease N "AMANO" G 처리시간에 따른 ACE 저해활성의 변화.

16) 최적 protease(Protease N "AMANO" G) 처리량 확인

최적 protease 처리량을 확인하기 위하여 10mg/g, 30mg/g, 50mg/g, 100mg/g의 농도로 열처리군과 비열처리군을 처리하여 ACE 저해활성을 확인 하였다. 확인결과 30mg/g까지 protease 양의 증가에 따라 ACE 저해활성이 급격히 증가하며 이후 그 증가폭이 급격히 감소하여 50mg/g과 100mg/g의 저해활성 차이가 많지 않은 것으로 확인되었다(그림4-13). 따라서 protease 처리량은 건조수수분말 1g당 30mg이 적당한 것으로 확인되었다.

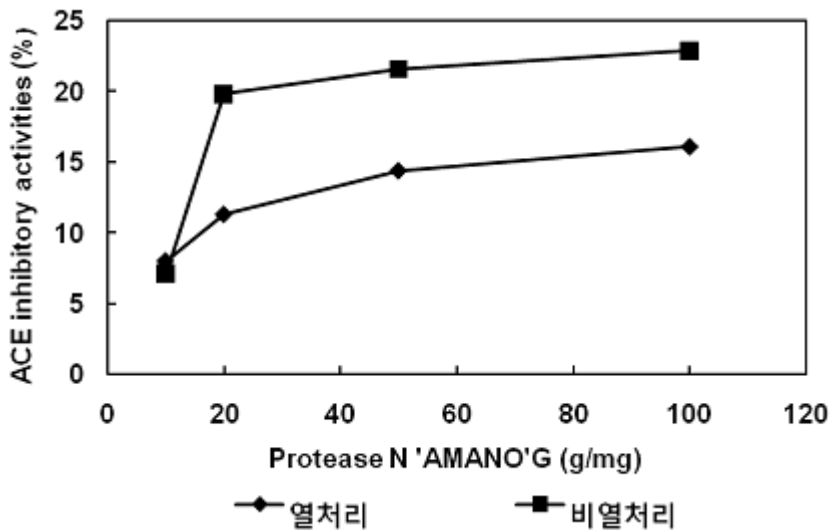


그림 4-13. Protease N "AMANO" G 처리량에 따른 ACE 저해활성의 변화.

17) 수수 물 추출물의 동결건조 및 ACE 저해활성

수수 물 추출물을 4시간동안 Protease N "AMANO" G처리 후 동결 건조하여 ACE 저해활성을 측정하였다. 10ml의 반응액을 동결 건조한 결과 0.51g의 분말을 얻었다. 이후 1mg의 분말을 1ml에 녹여 ACE 저해활성을 측정하였다. 그 결과 동결건조분말의 IC₅₀값은 181.4ug/ml로 확인되었으며(그림 4-14), 수수 1g당 0.051g의 ACE 저해제가 생산됨을 확인하였다.

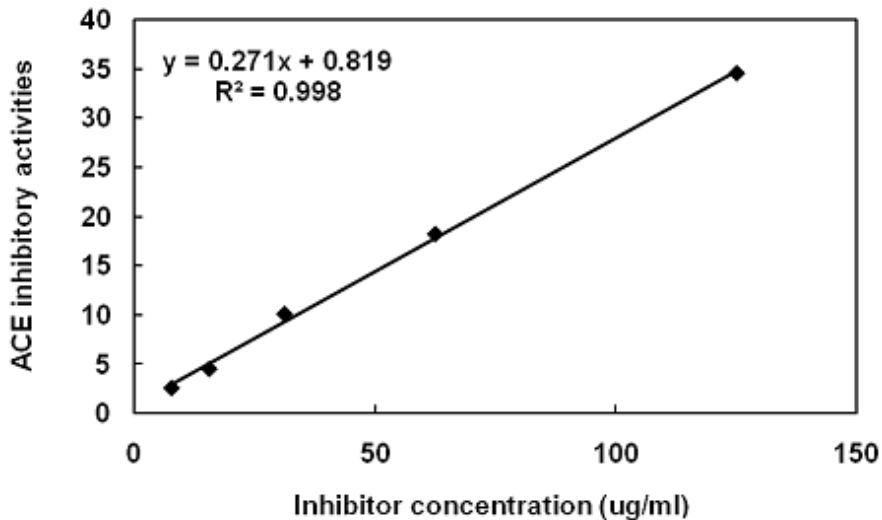


그림 4-14. 동결건조분말의 ACE 저해활성.

4. 적 요

<잡곡류 유전자원 특성검정>

1) 출수일수의 분포

잡곡류의 유전자원 특성검정결과 조, 수수 유전자원의 출수일수는 70일 이하에서부터 100일 이상까지 폭넓게 분포하였으며 대부분의 유전자원은 81~90일 사이에 많이 분포하였다

2) 유전자원의 초장분포

유전자원의 초장분포에서 조는 151~200cm, 수수는 301~400cm, 기장은 161~180cm에 가장 높게 분포하였다.

3) 유전자원의 수장 분포

유전자원의 수장 분포에서 조는 21~25cm, 수수는 21~30cm, 기장은 41~50cm에 가장 높게 분포하였다.

4) 잡곡류 유전자원 특성검정 결과 신품종 대풍조, 대풍수수를 육성하였다

<잡곡류 친환경 생력재배기술 개발>

- 1) 잡곡류 피복재배시 무처리에 비하여 조, 수수, 기장 공히 비닐피복에 의하여 출수기는 조에서 3~5일, 수수에서는 5~8일, 기장에서는 3일정도 빨랐다. 수량면에서 조는 무처리에 비하여 흑색비닐멀칭이 10%증수되었고, 수수는 배색비닐이 14%, 기장은 피복에 의한 증수효과가 없었다.
- 2) 봄작물인 감자의 수량은 상서중 2,100kg/10a, 배추는 2,040kg/10a 수량을 보였고, 후작물은 1차 파종(7.5일)에서는 조, 수수, 기장 모두 적기 재배와 비슷한 수량을 보였으나, 2차 파종 이후는 급격한 수량 감소를 보였고, 3차 파종 이후는 전혀 수확할 수 없었다.
- 3) 조, 수수, 기장 수확 후 메밀 파종시 수확기 지연으로 메밀 생육은 매우 저조하였다.
- 4) 처리별 초장 및 근장은 모든 작물에서 tray128공, 200공은 큰 차이가 없었으나, 288공과 육묘상자 육묘에서는 현저히 적었다
- 5) 처리별 생육은 포트 크기가 작아짐에 따라 생육이 다소 적어졌으며, 특히 수수와 기장에서 그 차이가 현저하였다.
- 6) 처리별 수량 역시 포트 크기가 큰 128공에서 가장 우수하였다.

<잡곡류 생리활성기능 및 식물학적 성분분석>

- 1) 2007년 선발된 계통 중 높은 ACE저해활성이 확인된 4계통(SG-15, 22, 26,48) 과 낮은 ACE 저해활성이 확인된 4계통 (SG-07, 32, 35, 45)에서 2007년과 동일한 ACE 저해활성을 확인 하였다.
- 2) Sephadex G-25 column을 이용하여 수수의 가수분해물을 분리한 결과 20-56번에서 대부분의 단백질이 용출됨을 확인 하였다. 특히 24, 42, 50번 분획물에서 높은 농도의 단백질을 확인 하였다. 이후 20-56번 분획물에 대한 ACE저해활성을 확인한 결과 단백질정량 결과와 같은 경향을 확인 하였으며 특히 42번 분획물에서 가장 높은 ACE저해활성을 확인 하였다.
- 3) 전체 단백질량에 대한 수율을 확인한 결과 24번과 42번 분획물의 거의 비슷한 수율을 보였으나 ACE저해활성 면에서 42번 분획물이 가장 뛰어난 것을 확인하였다.
- 4) ACE 저해활성측정 조건
ACE 활성 측정은 ACE 0.2unit/ml, 기질은 최종농도 4mM, 37℃, 반응시간 30~60분에서 효율적으로 반응속도를 측정 할 수 있었다. 이 조건에서 ACE저해제로서 시판되는 의약품인 Captopril을 사용하여 반응 속도를 측정한 결과 captopril의 농도에 따라 저해율이 일정하게 증가함을 확인 하였다.
- 5) 추출용매 선발
시료중의 단백질을 70%EtOH와 SBEB를 이용해 각각 추출한 결과 SBEB로 추출하였을

때 높은 ACE저해활성을 보임은 확인 할 수 있었다. 또한 추출용매에 따른 단백질정량 결과 역시 SBEB에서 70%EtOH에 비하여 6배정도 높음을 확인 할 수 있었다. 따라서 저해활성을 측정하기위해 추출용매로 SBEB를 선택하였다.

6) Kafirin의 선택적 추출

BuOH, 100%EtOH, 70%EtOH로 각각 kafirin을 선택적으로 추출하기 위한 조건을 규명 하였다. 그림 1A에서 보듯이 70%EtOH에서 kafirin이 선택적으로 추출됨을 알 수 있다. 그림 1B는 추출용매에 따른 단백질 추출 pattern의 변화를 보여준다.

7) 단백질 분해 효소처리에 따른 ACE 저해활성

수수 단백질 추출물의 pepsin과 pancreatin 처리에 의한 단백질의 분해시 ACE 저해 활성이 높게 나타나 추출된 단백질의 ACE 저해 활성을 나타내기 위해서는 단백질 분해 효소의 처리가 필수적임을 알 수 있었다. 수수 단백질 추출물의 효소처리 후에는 대부분의 단백질이 분해됨을 확인 하였고, 약 6.6Kda의 band는 pancreatin임을 확인하였다.

8) 수수, 조 및 기장 계통별 ACE 저해활성

수수 42계통 SBEB추출물의 ACE저해활성 측정 결과 100mg당 저해율은 0~10% 20계통, 10~20% 21계통, 20%이상이 4계통임을 확인하였다. 조 45계통SBEB 추출물의 ACE저해활성 측정결과 100mg당 저해율은 0~10%가 1계통, 10~ 20%가 16계통, 20~30%가 25계통, 30%이상이 1계통임을 확인 하였다. 기장 49계통 SBEB추출물의 ACE저해활성 측정 결과 100mg당 저해율은 0~10%가 8계통, 10~20%가 30계통, 20~30%가 10계통, 30%이상이 1계통임을 확인 하였다.

9) 일반 성분 분석

ACE 저해 활성이 높은 수수, 조, 기장 계통을 선발하여 조단백질, 지질, 탄수화물, 회분 등을 분석하였다. 각각의 성분에서 특이한 점은 없었다.

10) Protease N "AMANO" G처리 시 ACE 저해활성이 protease를 처리하지 않은 경우에 비하여 2배정도 상승하는 것으로 확인 하였다.

11) Protease N "AMANO" G의 최적 반응시간 및 수수 물 추출물의 열처리 유무는 sample을 비열처리하고 반응시간은 4시간이 적합한 것으로 확인 하였다.

12) 최적 protease(Protease N "AMANO" G)처리량은 건조수수분말 1g당 30mg이 적당한 것으로 확인되었다.

5. 인용문헌

Anantharaman, K., & Finot, P. A. (1993). Nutritional aspect of food proteins in relation to technology. *Food Reviews International*, 9, 629-655.

Ariyoshi, Y. (1993). Angiotensin converting enzyme inhibitors derived from protein. *Trends in Food Science and Technology*, 4, 139-144

- B.A. Moulder, Importance of sorghum on a global scale, in: G. Ejeta, E.T. Mertz, L. Rooney, R. Scaffert, J. Yohe(Eds.), Proc. Int. Conf. on Sorghum nutritional Quality, Purdue University, West Lafayette, In, USA, 1997, pp. 16-20.
- 최경구, 장영남, 이성춘. 1983. 수도의 출수생태에 관한 연구 제1보. 주요 수도품종의 일장반응. 한작지28(2):151-163
- De Rose, R. T., Ma, D. P., Kwon, I. S., Hasnain, S. E., Klassy, R. C., & Hall, T. C. (1988). Characterization of the kafirin gene family (encoding a major seed storage prolamin) from sorghum reveals extensive homology with zein (the major seed storage protein) from Maize. *Plant Molecular Biology*, 12, 245-356.
- Dziuba, J., Minkiewicz Puszka, K., & Dabrowski, S. (1995) Plant seed storage proteins as potential precursors of bioactive peptides. *Polish Journal of Food and Nutritional Science*, 4, 97-106.
- Guiragossian, V., Chibber, B. A. K., Van Scoyoc, Scoyoc, s., Jambunathan, R., Mertz. E. T., & Axtell, J. D. (1978). Characteristics of protein from normal, high lysine & high tannin sorghums. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 26, 219-223.
- H. Doggett, Sorghum, second ed., John Wiley and sons, New York, 1988, p.
- H. Mazhar & A. Chandrashekar. (1994). Quantification and Distribution of Kafirins in the Kernels of Sorghum Cultivars Varying in Endosperm Hardness. *Journal of Cereal Science*, 21, 155-162.
- H. Mazhar & A. Chandrashekar. (1995). Quantification and distribution of kafirins in the kernels of sorghum cultivars varying in endosperm hardness. *Journal of Cereal Science*, 21, 155-162.
- Jackson, E. K. and Garrison, J. C. Renal and angiotensin. Goodman & Gilman Chapter 31. p733~758
- J.M.J De Wet, J.R. Harlan, The origin and domestication of *Sorghum bicolor*, *Econ. Bot.* 25(1) (1971) 128-135.
- 조문수, 예병쾌, 박윤영, 전하준. 2003. 플러그셀 크기 및 용토가 거어베라의 묘생장에 미치는 영향. *한국환경농학회지* 22(1):60~64
- 조남기, 고동환. 2003. 제주조의 파종기에 따른 수량성 및 사료가치변화. *한작지* 23(4) : 265~270.
- 강봉균, 강영길, 강시용. 2003. 폴리에틸렌필름 멀칭 및 종묘종류가 가을감자의 생육과 수량에 미치는 영향. *한작지*48(3):147~151
- 김동관, 정찬식, 천상옥, 국용인, 김명석, 방극필. 2004. 잎들깨 멀칭재배 및 파종기에 따른 생육특성. *한작지*49(3):184~187
- 김상경, 이승필, 이외현, 이광석, 최부술. 1992. 벼 건답직파에서 파종기 이동에 따른 생육 및 수량. *한작지* 37(5) : 442~448.
- Maruyayama, s., Mitachi, H., Awaya, J., Kurono, M., Tomizuka, N., & Suzuki, H.(1987) Angiotensin converting enzyme inhibitory activity of the C-terminal hexapeptide

of α_1 -casein. *Agricultural and Biological Chemistry*, 51, 2557-2561

Mazhar, H., Chandrashekar, A., & Shetty, H.S. (1993) Isolation and immunochemical characterization of the alcohol-extractable proteins(kafirins) of sorghum bicolor (L.) Moench. *Journal of Cereal Science*, 17, 83-93.

Messreli, F. H., Weber, M. A. and Brunner, H. R. (1996) *Arch Intern Med* 156-1957.

Mullally, M. M., Meisel, H., & FitzGerald, R. J. (1996) Synthetic peptides corresponding to α -lactalbumin and β -lactoglobulin sequences with angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity. *Biological Chemistry. Hopper-seyler*, 377, 259-260

Myoshi, S., Ishikawa, H., Kaneko, T., Fukui, F., Tanaka, H., & Maruyama, S. (1991). Structures and activity of Angiotensin-converting-enzyme inhibitors in α -zein hydrolysate. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55, 1313-1318.

Nakata T. 1960. Studies on the differentiation of soybean in japan and world *Memories Hyo해 Univ. Agr.* 3(2):Ser.4:63-103

노석원, 변종영. 2004. 인삼재배에서 멀칭 및 제초제에 의한 잡초방제. *한잡초지* 24(1): 14~20.

Ondetti, M. A., Rubin, B., & Chushman, D. W.(1982). Enzyme of the rennin angiotensin system and their inhibitors. *Annual Review of Biochemistry*, 51, 283-308.

박종선. 1981. 파종기 이동 및 질소비료수준 차이가 홍화의 생육, 수량에 미치는 영향. *한작지* 26(1):96~102.

박승의, 박근용, 최영길, 정승근. 1987. 비닐멀칭 및 턴넬재배가 조기출하용 단옥수수 생육 및 수량에 미치는 영향. *농시논문집* 29(1):245~250.

Rhyu, M, R., Nam, Y. J., & Lee, h. Y. (1996). Screening of angiotensin converting enzyme inhibitors in cereal and legumes. *Foods Biotechnology*, 5, 334-337.

Vasudeva, K., Sajeeda, N., Arun C., P.S. Rajini., (2007) Chymotryptic hydrolysate of α -kafirin, the storage protein of sorghum (*Sorghum bicolor*) exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activity. *Journal of Food chemistry*, 100, 306-311.

용영록, 정문교, 김병섭, 홍세진, 전창후, 박세원. 2004. 플러그 셀 크기가 여름시금치 묘 생육에 미치는 영향. *원예학회지* 22(4):422~425.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2007(1년차)	품종출원	○ 수수강원 98호(대풍수수), 조 강원161호(대풍조)
	영농활용	○ 비닐피복에 의한 잡곡류 증수효과
2008(2년차)	영농활용	○ 잡곡류 이식재배에 의한 노동력 절감효과
2009(3년차)	품종출원	○ 수수 강원150호(알찬수수)

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'07	'08	'09
책 임 자	작물경영연구과	농업연구사	변학수	제1세부 및 총괄책임	○	○	○
공동연구자	"	"	이세종	제2세부과제 책임	○	○	○
"	"	"	최재근	제3세부과제 책임	○	○	○
"	"	"	조수현	분석업무 지원		○	○
"	"	농업연구관	사종구	분석업무 지원	○	○	○