



간척지 작물 재배 기술



간척지 작물 재배 기술

대표집필부서

국립식량과학원 간척지농업연구팀 063-238-5310

집필진

제1장 서언

이병규 국립식량과학원 간척지농업연구팀

정강호 농촌진흥청 융복합혁신전략팀

이상복 전 국립식량과학원

제2장 간척지 논토양에서 작물 안전재배 기술

오양열 국립식량과학원 간척지농업연구팀

정남진 전북대학교 작물생명과학과

제3장 간척지 밭토양에서 작물 안전재배 기술

이수환 국립식량과학원 간척지농업연구팀

옥희경 국립식량과학원 간척지농업연구팀

제4장 간척지 밭토양에서 원예작물 안전재배 기술

조현숙 국립식량과학원 간척지농업연구팀

강윤임 국립원예특작과학원 화훼과

이덕배 전북대학교 농축생태환경연구

강찬호 전북농업기술원 작물식품과

배희수 국립식량과학원 기획조정과

제5장 간척지 밭토양에서 사료작물 안전재배 기술

류진희 국립식량과학원 작물재배생리과

이학성 국립식량과학원 간척지농업연구팀

이광승 국립식량과학원 간척지농업연구팀

이상훈 국립축산과학원 초지사료과

제6장 간척지 기타작물 안전재배 기술

조현숙 국립식량과학원 간척지농업연구팀

오양열 국립식량과학원 간척지농업연구팀

김광수 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소

강찬호 전북농업기술원 작물식품과

정재혁 국립식량과학원 기획조정과

제7장 간척지 첨단·규모화 기술

정강호 농촌진흥청 융복합혁신전략팀

감수

이병규 국립식량과학원 간척지농업연구팀

강방훈 국립식량과학원 간척지농업연구팀

이경보 농촌진흥청 농촌지원국

이인복 국립원예특작과학원 원예특작환경과

이승용 국립식량과학원 기술지원과

노진호 국립농업과학원 기술지원과

농업기술길잡이 227

간척지 작물 재배 기술

펴낸날	2022년 12월 16일 초판 1쇄 발행
발행처	농촌진흥청 기술보급과 063-238-0994
대표집필부서	국립식량과학원 간척지농업연구팀
편집기획	농촌진흥청 기술보급과 조은희, 한종석, 변재완 국립식량과학원 기술지원과 이승용, 전아름
ISBN	978-89-480-7591-5 94520 978-89-480-1772-4(세트)
편집디자인	내일날씨 02-334-1215

※ 이 책은 농촌진흥청의 저작물로 공공누리유형의 조건에 따라 이용할 수 있으며,
농업과학도서관(<http://lib.rda.go.kr>)에서 원문보기 및 PDF 파일을 내려받을 수 있습니다.

간척지 작물 재배 기술

농업기술길잡이 227



CONTENTS

06 간척지 사진

제1장 서 언

- 11 1. 지역별 간척지구 현황
- 14 2. 국내 간척지 지구별 농업환경 특성
- 19 3. 우리나라 주요 간척지 농업연구 현황

제2장 간척지 논토양에서 작물 안전재배 기술

- 26 1. 간척지 논토양의 특성 및 관리 기술
- 31 2. 작목별 안전재배 관리 기술

제3장 간척지 밭토양에서 작물 안전재배 기술

- 62 1. 간척지 밭토양에서 식량작물 재배관리 방법
- 64 2. 작목별 안전재배 관리 기술

제4장 간척지 발토양에서 원예작물 안전재배 기술

- 110 1. 간척지 발토양에서 재배 가능한 원예작물
- 113 2. 작목별 안전재배 관리 기술

제5장 간척지 발토양에서 사료작물 안전재배 기술

- 154 1. 간척지 사료작물 재배 방법
- 155 2. 작목별 안전재배 관리 기술

제6장 간척지 기타작물 안전재배 기술

- 182 1. 간척지 염생식물 안전재배 기술
- 195 2. 간척지 에너지작물 안전재배 기술
- 212 3. 간척지 풋거름작물 안전재배 기술

제7장 간척지 첨단·규모화 기술

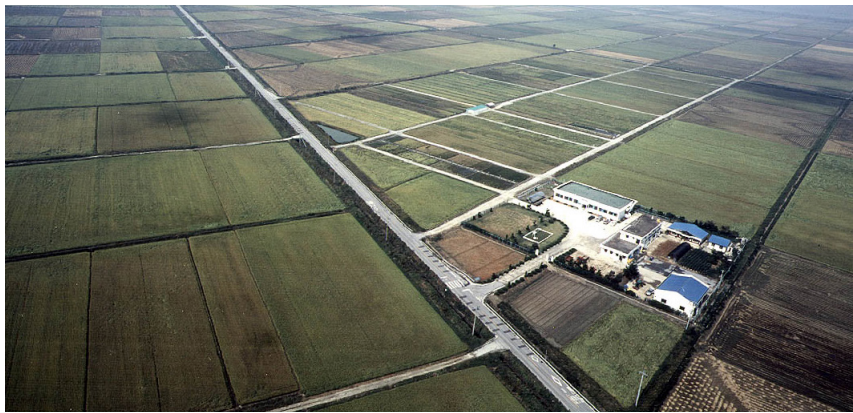
- 225 1. 국가관리 간척지의 활용
- 228 2. 대면적 간척농지 기계화 기술
- 231 3. 간척지 대단위 온실단지 적용 기술

제8장 기타 (참고 및 부록)

- 236 1. 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보
- 241 2. 간척지 영농기술 관련 자료



간척지 벼 재배단지



간척지 대규모 발작물 재배



간척지 사료작물 일관 기계화



새만금 간척지 미래 조감도



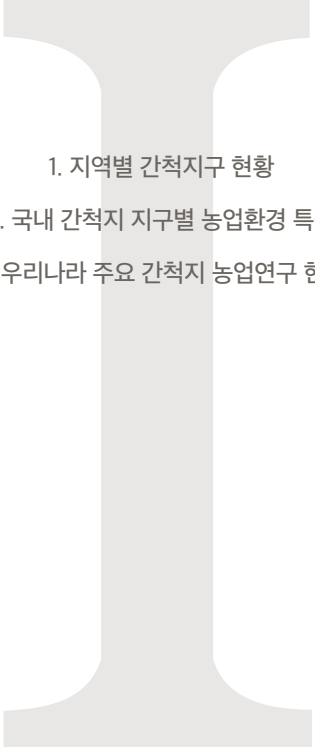
출처 : 한국농어촌공사 새만금홍보관

농촌진흥청 국립식량과학원 새만금 광활시험지 포장 전경





제1장 서 언

- 
1. 지역별 간척지구 현황
 2. 국내 간척지 지구별 농업환경 특성
 3. 우리나라 주요 간척지 농업연구 현황

간척지는 강이나 바다, 호수였던 지역에 독을 쌓고 물을 빼내는 과정을 통해 새롭게 탄생한 땅이다. 간척지는 간석지를 이용한 해면간척, 호수나 저습지를 이용한 호소간척, 강을 이용한 하구간척으로 구분한다. 우리나라 간척지는 고려 고종 22년(1235년)에 몽고의 침입을 피하여 강화로 천도한 후 해상방어를 목적으로 연안제방을 구축한 것이 최초이다. 농경을 위한 간척은 고려 고종 35년(1248년) 몽고병란 때 식량 조달을 위해 청천강 하구에 제방을 축조한 것이며, 조선시대에 들어서는 군량미 조달을 위해 강화도, 황해도, 평안남도 등에 간척지 조성이 매우 활발하게 진행되었다.

근대의 간척사업이 군량미 확보와 미곡 증산 중심이었다면, 현대에는 수자원 및 국토종합개발이 주목적이다. 우리나라 간척사업의 변천사를 보면 1950년대에는 일제강점기의 간척사업 형태를 모방한 쌀 생산 증대 위주였으며, 1960년대는 간척기술 기초 강화 시대로 유엔 특별기금을 통해 영산강, 서남해안 등 적지 조사를 착수하였고, 강화간척 시범사업 등 해외연수로 선진기술을 도입하여 간척이론을 정립하였다. 1970년대는 간척기술의 성숙기로 남양, 아산, 삼교천 방조제를 완성하고 이후 1980년대에 국제적 규모의 독자적 완성기술을 갖춰 영산강, 대호간척지, 금강하구둑을 축조했다. 1990년대는 간척기술의 선진화 시대로 시화, 새만금, 영산강Ⅲ지구 등 대규모의 다목적 간척사업을 착공했다.

막대한 자본과 장기간의 토목공사를 통하여 국토를 넓히는 간척사업은 그 용도에 한계가 없고 농경지, 임해 공업단지 및 도시용지 등 토지 수요에 맞게 이용이 가능하며 간척으로 조성된 담수호는 수자원 확보와 용수의 효율적 이용이 가능하다. 아울러 방조제, 배수(갑)문 및 담수호 주변 등은 관광지가 조성되고, 방조제를 이용한 새로운 도로는 교통편의도 제공된다. 또한 상습 침수지역의 홍수피해를 막아주고 염해 방지 및 배수 개선을 통해 생산량을 높이고 가뭄을 극복하게 하는 등 환경개선에도 도움이 된다.

1

지역별 간척지구 현황

지금까지 우리나라에 조성된 시도별 간척지구는 전체 91개 지구(186,548ha)(담수호 포함)로 인천광역시의 흥왕 등 3개 지구(691ha)에서는 주로 벼를 재배해왔으며, 경기도 김포 등 5개 지구(19,985ha)에서 벼, 보리, 호밀과 원예 작물을 재배하고 아울러 공단도 조성되었다. 또한 충청남도 삽교천 등 18개 지구(45,464ha)에서 벼·보리 재배 및 양어장 외에 다양한 용도로 개발 중이며, 전라북도 새만금 등 8개 지구(44,877ha)에서 벼·보리·유채 재배 및 양어장 외에 다른 용도로도 사용하기 위해 연구 중이다. 전라남도 구수 등 37개 지구(57,629ha)에서는 벼·보리·밀·대파·무화과·유채·택사를, 경상남도 갈사 등 14개 지구(2,265ha)에서는 주로 벼를 재배한다. 부산광역시, 김해 등 2개 지구(15,600ha)에서 벼와 토마토를 재배하며 제주도 종달 지구(37ha)에서는 월동무, 감자와 당근을 재배한다.

<표 1-1> 지역별 간척지구 현황

지역	간척지명	지구 수
인천광역시	흥왕, 사기, 여차	3개 지구
경기도	김포, 시화, 화옹, 남양, 아산	5개 지구
충청남도	삽교천, 석문, 대호, 이원, 소근, 의항, 서산, 창기, 진대, 독개, 중장, 향개, 고남, 어머니, 보령, 남포, 부사, 홍성	18개 지구
전라북도	새만금, 계화도, 석포, 줄포, 진서, 하대, 고창, 상하	8개 지구
전라남도	구수, 백수, 염산, 향화, 월천, 복길, 톱머리, 운남, 해제, 내양, 죽도, 내호, 하태, 영산강Ⅱ, 영산강Ⅲ-1, 영산강Ⅲ-2, 서심천, 용암, 고천암, 군내, 수유, 소포, 보전, 마사, 완도, 고금, 약산, 사내, 신전, 만덕, 덕촌, 삼산, 송림, 고흥, 오마, 구암, 해창, 만강산, 죽암, 선학	40개 지구
경상남도	갈사, 다송, 개곡, 송원, 내구, 다평, 산전, 신촌, 거산, 죽전, 외간, 남동, 산촌, 대사	14개 지구
부산광역시	부산, 김해	2개 지구
제주도	종달	1개 지구

1965년부터 2020년까지 135,000ha의 간척지 조성을 목표로 2015년 말까지 95,000ha(70%)를 준공하였고, 새만금 등 5개 지구 40,000ha를 공사 중에 있다. 준공된 간척지 82,000ha는 농업인에게 매각하였고, 13,000ha는 미처분 상태로 일시경작 2,000ha, 임대가 11,000ha이며, 공사 중인 간척지 17,000ha는 농업적 활용으로, 23,000ha는 산업용지(새만금) 및 기업도시(영산강) 등 비농업적 활용을 계획하고 있다.

<표 1-2> 우리나라 간척지 조성 면적

구 분	대상면적(ha)	준 공(ha)			공 사 중(ha)	
		소계	처 분	미처분	농업	비농업
계	135,000 (204개 지구)	95,000 (196개 지구)	82,000	13,000	17,000 (5개 지구)	23,000 (3개 지구)
정부시행	95,000 (202개 지구)	55,000 (194개 지구)	42,000	13,000	17,000 (5개 지구)	23,000 (3개 지구)
민간시행	40,000 (2개 지구)	40,000 (2개 지구)	40,000	-	-	-

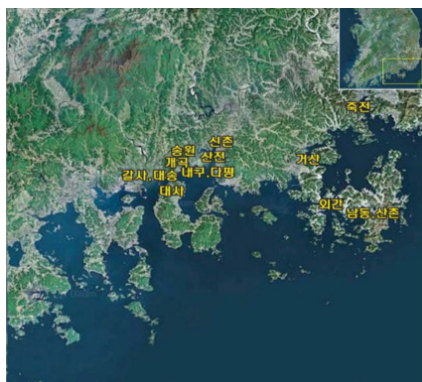
<표 1-3> 국가 관리 간척지 11개 지구 조성 현황

지구명	합계 [A+D]	전체농업용지 [A=B+C]	농업용		비농업용 (공사중)[D]
			준공후(B)	공사중(C)	
계	53,165	30,529	13,384	17,145	22,636
화옹	4,482	4,482	-	4,482	-
시화	3,636	3,636	745	2,891	-
석문	1,896	1,896	1,896	-	-
이원	837	837	837	-	-
남포	825	825	825	-	-
삼산	283	283	283	-	-
고흥	1,903	1,903	1,903	-	-
군내	464	464	464	-	-
보전	213	213	213	-	-
영산강Ⅲ-1	10,326	3,357	3,357	-	2,442
영산강Ⅲ-2		4,063	2,874	1,202	464
새만금	28,300	8,570	-	8,570	19,730

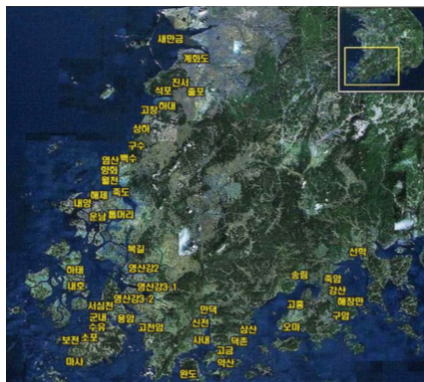
* 출처 : 농림축산식품부, 간척지 농업 종합계획, 2019



인천광역시, 경기도, 충청남도 간척지



경상남도 간척지



전라북도, 전라남도 간척지



부산광역시 간척지



제주도 간척지

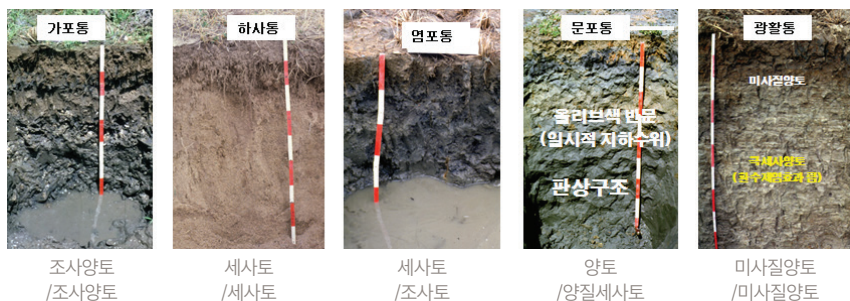
<그림 1-1> 우리나라 지역별 간척지구

2

국내 간척지 지구별 농업환경 특성

가. 간척지 토양의 일반적 특성

우리나라 간척지는 지역적으로 볼 때 경기·전남지역은 세립질 토양(미사질양토~미사질식양토), 전북은 조립질 토양(세사양토~사양토) 그리고 충남지역은 조립질과 세립질 토양이 혼재하여 분포한다. 서해안의 간척지는 미사질양토, 미사질식양토가 약 80%로 가장 비율이 높다. 이들 간척지는 대부분 무구조 토양이며, 일부 판상형으로 구조 발달이 미약하다. 모두 지하수위가 높아 배수가 불량하고 건조 시 염분이 작토층으로 상승하는 재염화가 반복되어 일어난다. 세립질 토양의 간척지는 연약지반을 형성하여 담수상태에서 대형 농기계의 사용이 어려운 토양(여수통, 포리통, 포승통 등)이 있는 반면, 조립질 간척지는 토층의 경반화로 수년간 이양작업이 곤란한 경우도 있다(문포통, 염포통, 광활통 등).



<그림 1-2> 간척지 토양의 토양통 구조

간척지 토양의 토성별 면적을 보면 조립질 토양(사토, 양질사토, 사양토)이 43.2%, 미사질계 토양(미사토, 미사질양토)이 47.3%, 식질계 토양(미사질식양토, 미사질식토)

이 9.5%로 우리나라 간척지 토양은 대부분 모래와 미사가 많고 점토는 매우 적은 특성이 있다.

<표 1-4> 간척지 토양의 토성별 분포 면적

토성	지역별 면적(ha)							비율 (%)
	경기	충남	전북	전남(Ⅰ)	전남(Ⅱ)	경남	계	
사토(S)	1,189	4,845	920	7,005	1,743	692	16,394	6.2
양질사토(LS)	3,038	4,163	45,050	5,904	25	50	57,420	21.7
사양토(SL)	4,730	3,066	29,450	1,751	955	677	40,629	15.3
미사토(Si)	467	-	-	-	-	-	467	0.2
미사질양토(SiL)	23,416	7,786	30,380	11,538	44,535	7,507	124,862	47.1
미사질식양토(SiCL)	-	250	-	2,122	12,415	7,191	21,978	8.3
미사질식토(SiC)	-	-	-	-	3,055	-	3,055	1.2
계	32,840	20,110	105,800	27,510	62,728	16,117	264,805	100

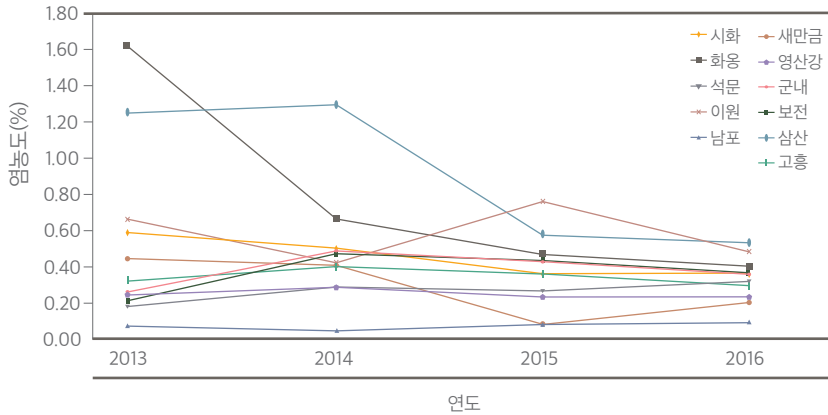
* 출처 : 한국농어촌공사, 서남해안 간척지 자원조사 종합보고서, 1990

국가에서 관리하고 있는 11개 간척지구에서 82지점을 대표지점으로 선정하여 정점조사를 진행한 결과, 화학적 특성은 대부분의 간척지구에서 EC, pH, 치환성 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ 함량이 높고 유기물 및 치환성 Ca^{2+} 함량은 낮았다. 따라서 투수성 개선과 토양 비옥도 증진을 위해 석고, 유기물, 인산질 비료 등의 시용이 필요하다.

<표 1-5> 간척지 11개 지구의 토양 화학적 특성

지구	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. cations(cmol _c /kg)				Av. SiO_2 (mg/kg)
					K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
시화	7.4	5.70	7	31	0.84	3.6	4.2	4.6	227
화옹	8.2	6.25	8	26	1.14	3.8	4.6	5.6	357
석문	7.4	4.83	11	46	0.82	4.6	3.2	3.4	124
이원	7.9	7.48	7	17	0.88	4.4	4.4	5.9	212
남포	6.2	1.41	12	30	0.65	2.5	3.2	1.8	134
새만금	7.6	2.91	2	32	0.56	0.9	2.0	2.6	109
영산강	7.2	3.55	17	18	1.10	5.6	4.9	3.2	353
군내	7.3	5.38	17	22	1.12	8.0	5.4	2.9	311
보전	8.1	5.84	11	30	0.67	5.8	3.1	3.2	144
삼산	8.4	8.28	14	63	0.79	10.1	3.9	4.4	205
고흥	8.2	4.52	14	39	1.11	7.4	5.0	3.1	342

2013년도부터 2016년도까지 간척지구별 토양 염농도 변동 양상은 대체로 연차에 따라 지속적으로 감소하였는데 특히 화옹, 삼산, 새만금 간척지가 타 지구에 비하여 크게 감소하는 경향을 나타냈다.



<그림 1-3> 국가관리 간척지 11개 지구의 연차별 토양 염농도 변동

나. 간척지 지구별 농업환경 특성

(가) 시화지구

경기 안산시 대부동, 화성시 송산면, 서신면 일원에 위치하며 평균기온 11.5℃, 평균강수량 1,309mm로 인근에 포도가 많이 재배되고 있다. 화성시 지역은 주로 채소류를 많이 재배한다. 축산 인근 지역의 산업화와 도시화로 초지가 지속적으로 감소한다. 토성은 미사질 양토로 토양의 염분농도가 타 지구에 비하여 높아 제염기간이 상대적으로 길고 용도별 제염 물빠짐 처리가 요구된다.

(나) 화옹지구

경기도 화성시 남양·우정·서신·장안·마도 일원에 위치하며 평균기온 11.4℃, 평균강수량 1,200mm로 이 지역은 임대로 운영되고 있다. 현재 벼를 재배하고 있지만 나쁜 물 빠짐과 높은 염농도로 수량은 낮은 편이다.

(다) 석문지구

충남 당진시 석문면 삼화리, 통정리 일원에 위치하며 평균기온 11.7℃, 평균강수량은 1,232mm이다. 입지적 여건으로 해당 지자체에 축산 비중이 높아, 경쟁력이 높은 간척지이다. 대부분 논으로 이용하고 있지만 2010년부터 당진낙농축협에서 사료작물을 400ha 정도 재배하기 시작했다. 간척지 토양은 모래땅이지만 구배가 적어서 물빠짐이 불량하고 염도가 높은 반면, 일부 지역은 침수에 안전하다.

(라) 이원지구

충남 태안군 이원면 포지리, 원북면 방갈리 일원에 위치하며 평균기온 11.7℃, 평균강수량 1,232mm로 주변에 화훼산업과 관광산업이 발달하였다. 토성은 미사와 모래가 많고 지하수위가 높아서 재염화가 우려되는 토양이다. 대부분 벼농사만 짓고 있으며, 농업용수가 충분하지 않아서 미경작지와 벼가 고사되는 지역이 많다. 토양의 염농도가 높아 제염을 위한 기초 투자 비용이 많이 소요되는 단점이 있으며, 인근 화력발전소 폐열을 이용하여 원예농업을 계획하였으나 온도가 낮아 무산되었다.

(마) 남포지구

충남 보령시 양항리, 삼현리 일원에 위치하며 평균기온은 12℃, 평균강수량 1,237mm이다. 전체적으로 지하수위가 낮고 토성은 사질이며 자갈도 나온다. 토성을 개량하기 위하여 산적토로 객토를 하여 일부 지역에서는 토성급변층이 나오기도 한다. 인근은 벼 재배 위주이며 일부 한우사육 기반시설은 열악하다. 물빠짐은 다른 지역보다 양호한 편이고, 염도는 타 간척지에 비해 낮은 반면, 침수위험지역의 비율이 높다.

(바) 새만금지구

전북 군산시, 김제시, 부안군 일원에 위치하며 평균기온은 12.3℃, 평균강수량은 1,219mm이다. 방조제 건설은 1991년에 착수하여 2010년에 완료하였다. 수출원예단지, 종자단지, 친환경축산단지, 관광농업단지, 복합곡물단지 등을 계획하고 농지조성 진행 중에 있다. 타 간척지 보다 사질함량이 높아, 토양제염이 상대적으로 유리하다.

(사) 영산강Ⅲ-1, Ⅲ-2지구

전남 영암, 해남, 강진군 일원에 위치하며 평균기온 13.3℃, 평균강수량

1,305mm로 배추·양파 등의 채소와 단감·참다래 등의 과실이 재배되고 있으며, 축산은 많지 않으나 한우의 비중이 높은 편이다. 토성은 미사질양토, 미사질식양토로 염도가 높아 논벼, 시설재배를 제외한 작물 재배는 불리하며 대체적으로 지반이 낮아 침수위험이 큰 지역이다.

(아) 군내지구

전남 진도군 진도읍과 군내읍 일원에 위치하며 평균기온 13.3℃, 평균강수량 1,305mm이다. 인근은 미백중심의 농업구조이고, 축산업의 사육규모 및 농가는 감소 추세에 있다. 미사질양토와 미사질식양토로 이루어져 있어 물빠짐이 불량하고 염도가 높으며 침수위험이 크다.

(자) 보전지구

전남 진도군 지산면 일원에 위치하며 평균기온 13.3℃, 평균강수량 1,305mm이다. 입지 여건으로 인근은 미백중심의 농업구조이며, 축산업의 사육규모 및 농가는 감소 추세에 있다. 토성은 사양토와 미사질양토로 지하수위가 높아 물빠짐은 불량하고, 염도는 높으며, 침수안전 지역이 적다.

(차) 삼산지구

전남 장흥군 관산읍 삼산리에 위치하며, 평균기온 12.8℃, 평균강수량 1,458mm이다. 지하수위가 높아서 염피해가 발생하고 일부 토양에서 패각이 나온다. 대부분 벼를 재배하고 있으며, 보리, 감자 및 이탈리아인 라이그라스를 재배하기도 한다. 물빠짐은 불량하고, 염도는 높으며, 침수위험이 크다.

(카) 고흥지구

전남 고흥군 고흥읍 호동리, 도덕면 용동리에 위치하며, 평균기온 13.5℃, 평균강수량 1,452mm로 관광과 연계한 복합 한우사육단지를 조성하고 있다. 온난기후로 유자·참다래 등 난지농업이 발달하였다. 간척지 인근 지역에 오이, 토마토, 파프리카 등 시설재배를 하고 있으며 지자체에서 조사료 생산기지로의 활용을 적극 검토하고 있다. 간척지 토양은 물빠짐이 불량하고 염도는 높으며 침수위험도 높은 편이다.

3

우리나라 주요 간척지 농업연구 현황

가. 간척지 농업연구 주요 과제

우리나라의 간척지 농업기술연구는 1970년대~2000년대 초반까지는 벼 재배를 위해 염류저감·토양 개량·물관리·양분관리 기술 등에 대한 연구를 수행하였으며, 2000년대 중반부터 2010년 말까지는 간척농지에 조사료·발작물 생산 연구 강화 그리고 2020년 이후에는 새만금 등 규모화 농업을 위한 첨단·디지털 연구를 확대하였다. 간척지의 농어업적 이용 및 관리에 관한 법률과 연계하여 간척지 농업인의 영농편의 제공 의무에 따른 품종 선발 및 재배 기술을 연구하여 옥수수, 봄감자 등 작물 품종, 적정 토양 염농도, 시비법 및 영농 유의사항을 제시하였다. 또한 우량농지 보전을 위해 농경지 전용으로 경지면적의 지속적 감소에 대비한 간척농지를 확보하여 간척지의 농업적 이용이 가능한 농지로서의 기반조성 연구를 수행하였다. 기존 수도작 외에 타 작물 재배 확대 정책 추진에 따라 간척지 이용가치 향상 연구를 통하여 벼 위주의 영농 기술 개발에서 발작물 등 타 작물 도입을 위한 제염, 토양 개량, 관개·배수, 다양한 작물 재배 등 선제적 대응 기술을 개발했다. 쌀의 과잉생산 대치를 위해 수입 의존 조사료 국내자급률 제고를 위한 조사료 재배 연구가 이루어졌다. FTA 등 개방화 대비 수입 농산물에 대한 경쟁력 강화를 위해 대규모 간척지를 기계화를 통한 규모화 활용, 시설원에 스마트팜 통합 솔루션 도입 등 농업 경쟁력 강화 기술도 수행하였다. 간척지에서 새로운 부가 가치를 창출할 수 있는 농업 융복합단지 조성 이후 자원을 융복합화, 관광상품화하여 6차 산업에 연계할 계획이다. 이를 위해 부가가치 창출이 가능한 작물 연구 및 작물의 이용가치를 향상시킬 연구가 진행되었다. 탄소 저장고, 비산먼지 저감 등 공익적 기능 강화를 위해서 자연과 융화하는 대규모 습지 등 생태계 조성 확대 및 자연식생 및 환경녹화 등을 개발하는 연구 또한 이루어졌다.

나. 간척지 염류 관리 기술

토양의 염도가 높은 경우, 삼투압이 높아져 작물이 필요한 수분을 흡수할 수 없으며 나트륨 등의 특정 성분이 작물의 생육을 저해시킨다.

간척지가 육지화되면서 증발량이 늘어남에 따라 토양 내의 염농도가 높아지기 때문에 염분제거 작업을 최우선으로 실시해야 한다. 특히 Na^+ 이온은 점토의 미세구조를 파괴하여 흙알 구조로 만들고, Cl^- 이온은 흙의 미세구조 내에 있는 공극에 자리 잡아 통기성을 불량하게 만드는 특성이 있다. 따라서 토양 중의 염분농도를 0.3% 이하로 낮추어야 정상적인 작물 성장을 기대할 수 있기 때문에 적정농도 이하로 낮추는 기술이 요구된다. 토양의 염분을 손쉽게 제거하는 방법에는 인공적으로 물을 공급하여 씻어내는 것으로 담수하거나 계속적으로 물을 흘려 지표면의 염분을 녹인 후 흘려보내는 것이 있고, 씻어내는 것이 어려울 경우에는 배수로나 지하배수시설(암거)을 설치해 강제로 배수시키거나, 토양에 석고를 사용하여 흡착시킴으로써 제거하는 방법이 있다. 또한 벧짚을 사용하면 입단화가 촉진되어 용적밀도 및 토양경도가 낮아지고 투수성이 양호해진다. 부식화 과정에서 생성된 HCO_3^- 이 Na^+ 염을 확산, 용출하여 확산제염을 촉진한다.

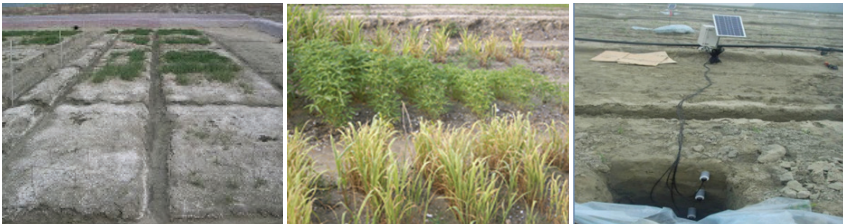
이와 같은 방법을 적용하지 않을 경우, 자연방치하에서 염분제거에 소요되는 기간은 표토는 40년, 심토는 90년이 소요된다.

<표 1-6> 염류 제거를 위한 주요 기술

구 분	제염방법	내 용
지표 관수	상시담수	농업용수가 풍부한 지역에서 광범위하게 이용
	간헐담수	낮은 배수속도와 지하수위가 높은 경우 적합
	스프링클러 관수	용탈수가 부족하고 지형이 불균일한 사질토에 적합
	고랑관수	지하수위가 높을 때 확산된 물로 멀리까지 표면배수
지하 배수	암거배수	암거배수, 관다발 배수, 왕겨배수, 파쇄목 배수, 반투성 유공관 배수를 통해 지하수위를 낮추어 수직배수 촉진
생물학적 제염		염생식물 등 파종 후 지상부를 수확으로 염류를 제거
석고 제염		칼슘을 공급하여 토양입자에 흡착된 나트륨을 제거 $\text{토양입자-Na}^+ + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{토양입자-Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

한편, 간척지는 농경지보다 배수가 불량하고 비옥도가 낮아 작물의 생육에 부적합하므로 2단계로 토양 개량이 필요하다. 지역별로 염분농도, 배수성을 측정하여 개선이 필요한 곳은 염분제거 단계에 준하는 관리 방법을 시행해야 한다. 배수시설, 석고 살포, 객토, 벚짚이나 퇴비 등 유기물 시용과 깊이갈이를 통해 토양의 성질을 개선해야 한다. 또한 녹비작물 재배, 퇴비 및 비료 공급 등을 통해 부족한 성분을 충분히 공급해야 하며 특히 질소가 부족하지 않도록 유의해야 한다. 토양특성에서 설명한 바와 같이 간척지는 농경지에 비해 유기물, 질소, 유효인산, 유효규산, 석회성분이 부족하다.

염분제거 작업을 한 번 진행했더라도 계속적으로 배수 관리를 하지 않으면 염분이 다시 쌓이는 현상이 발생하므로 이에 대한 대책이 요구된다. 즉, 계속적으로 물을 공급하지 않으면 지하에서 염 성분이 지상부로 이동하는 재염화 현상이 발생하게 된다. 이러한 현상은 흙 입자가 작을수록 일어날 확률이 높으며, 기온이 높거나 한발의 경우에도 증발량의 증가로 재염화 발생이 촉진된다. 이러한 현상을 줄이기 위해 토양 표면을 벚짚·비닐 등으로 피복하면, 수분의 증발산을 억제하는 효과가 있다(농촌진흥청, 2009). 또한 토양 표면을 경운한다든가 배수관이나 차단제 등을 일정 깊이로 매설하는 등 종합적 토양관리도 계속되어야 재염화 방지가 가능하다.



재염화(再鹽化) 현상

염류 집적으로 인한 피해

염농도 실시간 측정

<그림 1-4> 재염화 현상 및 식물체 염류집적 피해 현상

어느 정도 토양 개량이 이루어진 후에는 실제로 작물을 심어 점차 농업에 적합한 땅으로 바꾸는 숙전화(熟田化) 작업을 실시해야 한다. 먼저 염에 강한 사료작물, 보리, 호밀 등의 작물을 심고 정상적인 관리 방법으로 키워 수확하면서 점차 토양의 성질을 농경지에 가깝도록 변화를 유도한다. 이는 토양의 물리화학적 성이 농업에 적합하도록 바뀌고 토양 중의 미생물들도 점차 일반 농지와 비슷해지도록 유도하는 과정이다.

토양 염도가 낮아질수록 재배할 수 있는 작물의 종류가 다양해진다. 토양 염도가

높을 때는 녹비 작물, 사료 작물, 바이오 에너지 작물을 심어 토양에 있는 염류를 제거함으로써 토양 유기물 함량을 높여 비옥도를 높일 수 있다. 보리, 밀, 호밀, 유채 등은 대부분 겨울작물로 벼의 후작물로 심는다면 염분제거와 동시에 지력 증진의 효과를 얻을 수 있다. 간척지 토양은 내염성 작물 재배가 가능하다고 알려진 토양 염도 범위임에도 높은 염분과 불량한 통기성, 양분 부족으로 인해 생육이 불량한 경우가 많으므로 재배 작물을 선택하기 전에 간척지에 적합한 작물인지 확인이 필요하다.

1985년 국제연합식량농업기구(FAO)에 따르면 내염성 작물은 6~10dS/m, 약간 내염성 작물은 3~6dS/m에서 정상 생육한다고 되어 있으나, 이는 토양 염도 외에 제한 요인이 없는 관수농업을 기준으로 한 것이다. 유기물이 거의 없고 칼슘과 인산이 부족한 우리나라 간척지에서는 작물 재배를 위해 토양 염도를 4dS/m 미만으로 낮추어야 한다.

<표 1-7> 주요 작물의 내염성

내염성 정도	재배 가능 작물
내염성 6~10dS/m	보리, 목화, 사탕무, 백합과, 버뮤다그래스, 알타이 갯보리, 아스파라거스, 대추야자
약간 내염성 3~6dS/m	갯보리, 비트, 호박, 무화과, 대추, 올리브, 파파야, 파인애플, 석류, 귀리, 호밀, 잇꽃, 수수, 트리티케일, 밀, 톨 페스큐, 기장, 유채, 이탈리아 라이그라스, 수단그라스
약간 민감성 1.3~3dS/m	피마자, 옥수수, 아마, 조, 땅콩, 벼, 사탕수수, 해바라기, 클로버, 자운영, 세스바니아, 브로콜리, 양배추, 오이, 가지, 케일, 콜라비, 상추, 멜론, 후추, 감자, 호박, 무, 시금치, 고구마, 토마토, 순무, 수박, 포도
민감성 1.2dS/m 이하	콩, 참깨, 당근, 양파, 아몬드, 사과, 살구, 아보카도, 블랙베리, 앵두, 체리, 레몬, 망고, 오렌지, 패션후르츠, 복숭아, 배, 감, 자두, 딸기

출처 : FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations), Crop salt tolerance data, 1985

<표 1-8> 제염단계에 따른 재배 가능 작물

제염단계	재배 가능 작물
▷1단계 8dS/m 이상	갈대, 나문재, 해홍나물, 통통마디, 칠면초, 갯개미자리, 이탈리아 라이그라스, 톨휘트그라스, 버뮤다그라스
▷2단계 4~8dS/m	호밀, 보리, 유채, 자운영, 밀, 헤어리베치, 세스바니아, 사탕수수, 해바라기, 솔트그라스, 벼
▷3단계 1.6~4dS/m	시금치, 옥수수, 콩, 땅콩, 케일, 아스파라거스, 근대, 토마토, 오이, 참외
▷4단계 1.5dS/m 이하	마늘, 양파, 감자, 고구마, 피망, 배추, 상추, 호박, 가지, 셀러리, 완두, 양배추, 메밀, 백합, 국화, 카네이션, 장미, 거베라, 수국

출처 : 한국농어촌연구원, 간척농지 다각적 활용방안 연구, 2006

<표 1-9> 우리나라 간척지에서 토양 염도별 재배 가능 작물

재배가능 염도	재배 가능 작물
4dS/m 초과	통통마디, 갯개미자리, 갯질경이, 해홍나물, 수송나물, 나문재, 가는갯능쟁이, 갯개미취, 갯강아지풀, 자귀풀, 사데풀, 산조풀
4dS/m 이하	벼, 유채, 아스파라거스, 마늘, 무, 방풍, 브로콜리, 톨립, 감초, 참마, 포도, 트리티케일, 버뮤다그라스, 케나프
3dS/m 이하	옥수수, 밀, 보리, 수수, 기장, 귀리, 배추, 비트, 양상추, 케일, 양파, 피마자, 호밀, IRG, 톨 페스큐, 피, 수단그라스, 페레니얼라이그라스, 오차드그라스, 크리핑레드페스큐, 알팔파, 화이트클로버, 캔터키블루그라스, 세스바니아
1.5dS/m 이하	콩, 감자, 참깨, 들깨, 땅콩, 녹두, 고구마, 팥, 강낭콩, 율무, 조, 뽕판지, 쑥갓, 청감, 적근대, 청경채, 적겨자, 열무, 부추, 개뽕쑥, 치커리, 사철쑥, 양배추, 양상추, 시금치, 당근, 해바라기

약제는 작물 방제 전에 농촌진흥청 농약안전정보시스템(asis.rda.go.kr) 등에서 농약 최신등록사항과 안전사용기준을 반드시 확인·준수하고, 방제 시 농약 비산에 각별히 유의하여 안전하게 살포한다.



제2장

간척지 논토양에서 작물 안전재배 기술

1. 간척지 논토양의 특성 및 관리 기술

2. 작목별 안전재배 관리 기술

1

간척지 농토양의 특성 및 관리 기술

가. 간척지 농토양의 특성

우리나라의 서남해안의 갯벌은 하천에 의하여 해안 평탄지에 퇴적된 하성토¹와 해수에 의해 운반되어 해안을 따라 퇴적된 해성토²에 의하여 형성되었다. 따라서 이러한 갯벌을 간척하여 만든 서남해안의 간척지는 해성토와 하성토가 혼합되어 생성된 하해혼성평탄지 토양이 대부분이다. 반면, 동해안은 해수의 영향을 많이 받은 해성토가 많고 일부 지역은 호수에 의해 퇴적된 호성토³가 분포한다. 우리나라 서남해안에 분포하는 간척지 토양인 하해혼성평탄지 토양의 토성은 미사질토(silty)가 전체의 70.4%로 가장 많으며, 양질토가 24.2%, 사질토가 3.4%, 그리고 식질토가 2%를 차지하고 있다. 하해혼성 평탄지의 세립질 토양은 80% 이상이 논으로 이용되고 있지만, 조립질 토양은 20% 이상이 논 이외의 목적으로 이용되고 있고, 사질 토양의 경우에는 논으로 이용하는 비율이 50%에 불과하다 (표 2-1).

<표 2-1> 서남해안 하해혼성평탄지의 토성별 분포와 논 이용 비율

토성	비율(%)	논면적(ha)	논 이용율(%)
사질토	3.4	4,688	50.8
조립 양질토	6.9	14,912	79.7
조립 미사질토	36.7	79,073	79.0
세립 양질토	17.3	42,399	89.7

1. 하천에 의하여 운반된 모래, 자갈 따위가 퇴적하여 생긴 토양

2. 풍화된 바위의 작은 덩어리가 바닷물에 의하여 운반되고 걸러지고 쌓여 이루어진 토양

3. 호수의 퇴적물로 이루어진 토양

토성	비율(%)	논면적(ha)	논 이용율(%)
세립 미사질토	33.7	80,277	87.5
세립 식질토	2.0	5,277	95.2
계/평균	100.0	226	83.1

출처: 정영상과 류철현, 간척지 토양의 특성과 관리, 2005

간척지 토양의 토성별 면적은 조립질 토양(사토, 양질사토, 사양토)이 43.2%, 미사질계 토양(미사토, 미사질양토)이 47.3%, 식질계 토양(미사질식양토, 미사질식토)이 9.5%로 우리나라 간척지 토양은 대부분 모래와 미사가 많은 반면 점토 함량은 매우 적은 특성을 보인다. 그러나 전남과 경남 지역에는 점토가 많은 식질계 토양이 일부 분포되어 있다. 지역별로 간척지 토양(표 2-2)을 살펴보면, 경기·전남지역은 세립질 토양(미사질양토~미사질식양토), 전북은 조립질 토양(세사양토~사양토) 그리고 충남지역은 조립질과 세립질 토양이 혼재하여 분포한다. 간척지 토양은 대부분 지하수위가 높아 토양 배수가 불량하고 건조 시 염분이 작토층으로 상승하는 재염화가 반복되고 있다.

<표 2-2> 간척지 토양의 토성별 지역 분포

토성	지역별 면적(ha)						비율(%)
	경기	충남	전북	전남	경남	계	
사토	1,189	4,845	920	8,748	692	16,394	6.2
양질사토	3,038	4,163	45,050	5,119	50	57,420	21.7
사양토	4,730	3,066	29,450	2,706	677	40,629	15.3
미사토	467	-	-	-	-	467	0.2
미사질양토	23,416	7,786	30,380	56,073	7,507	124,862	47.1
미사질식양토	-	250	-	14,537	7,191	21,978	8.3
미사질식토	-	-	-	-	-	3,055	1.2
계	32,840	20,110	105,800	90,238	16,117	264,805	100

출처 : 한국농어촌공사, 서남해안 간척지 자원조사 종합보고서, 1990

간척지 토양이 일반토양과 구분되는 대표적 이화학적 특성은 염도 및 치환성 나트륨 함량이 높고 유기물 함량은 낮은 것이다. 간척지에 조성된 논토양은 작물 생육기에 담수상태를 유지하기 때문에 담수에 의한 토양 이화학적 변화가 계속 일어나게 된다. 간척지 논은 경우 경작 연수가 경과할수록 유기물 함량 증가, 치환성 나트륨 감소 등의 숙답화 과정이 진행된다. 한편, 토양의 이화학적 특성은 토성에 따라 매우 상이하여 조립질 토양은 염농도, pH, 치환성 칼리, 고토, 나트륨 함량이 높은 반면 유기물 함량, 유효인산과 규산, 석회 함량, 양이온치환용량(CEC, Cation Exchange Capacity)이 매우 낮다. 세립질 토양은 염농도, pH, 규산, 치환성칼리, 나트륨, 석회, 고토, 양이온치환용량이 높고 유기물, 유효인산, 철 함량이 낮다. 또한 세립질 토양에서 토양구조가 발달되지 않은 신간척지는 수직배수가 불량하고 연약지반을 형성하여 담수상태에서 대형 농기계의 사용이 어려운 토양이 있는가 하면(여수, 포리, 포승통 등), 조립질 토양은 토층의 경반화로 수년간 이양작업이 곤란하거나 불가능한 경우도 있다(문포, 염포, 광활통 등). 논토양은 유형별로 보통답·사질답·미숙답·습답·염해답·특이산성답 등으로 구분되는데, 보통 논은 양질토양이며, 사질답은 모래함량이 많은 사양질·미사사양질·사질 토양, 습답은 점토함량이 많은 식질·식양질 토양, 염해답은 하해혼성평탄지의 낮은 곳에 분포하는 염농도가 높은 토양이다. 특이산성답은 주로 하해혼성평탄지에 분포하고 물이 잘 빠지지 않으며 유산염의 집적된 심토층이 있어 지력이 매우 낮은 토양이다. 우리나라 간척지 토양은 보통답이 106,124ha로 전체 간척지 논의 40% 정도이며, 사질답은 78,902ha로 29%를 차지하고 있다. 염해답에 해당되는 논은 26%(70,137ha)이며, 습답이 4%(10,772ha), 그리고 특이산성답이 1%(3,066ha) 정도이다. 간척지 논토양의 이화학적 특성을 서산·개화 지구에서 2000년과 2004년에 조사한 결과(표 2-3)로 보면, 2000년에 조사한 전기전도도(EC, Electrical Conductivity)는 토양 종류별로 평균 3.4~7.9dS/m 범위였다. 그로부터 4년 후, 2004년에 조사된 EC는 염포통에서 3.8dS/m, 문포통에서 1.4dS/m, 광활통에서 2.1dS/m, 포승통에서 2.9dS/m, 그리고 포두통에서 6.9dS/m로, 문포통, 광활통, 포승통에서 제염이 빠르게 진행되었다. 간척지 논의 pH는 평균 6.4~8.3 범위로 일반 논보다 높으나, pH 8.5 이상인 알칼리토 범주에는 들어가지는 않는다. 유기물 함량은 4.7g/kg에서 9.6g/kg의 범위로 일반토양에 비하여 낮으며, 유효인산 함량도 12~55mg/kg 범위로 있어 매우 낮은 편이다. 양이온치환용량은 평균 6.4에서 10.6cmolc/kg으로 비교적 낮다. 치환성 양이온의 함량은 높으며, 특히 치환성 Na^+ 이 CEC의 43.7%를 차지하고 있다.

<표 2-3> 간척지 토양의 이화학적 특성

토양통	EC(dS/m)		pH	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)
	2000년	2004년				
염포통	5.8	3.8	7.1	4.7	21	82.5
문포통	3.4	1.4	6.5	5.8	26.0	115.0
광활통	3.9	2.1	6.4	9.9	37.0	55.0
포승통	4.7	2.9	7.3	9.6	26.5	146.5
포두통	7.9	6.9	7.8	9.5	16.8	169.5

토양통	치환성양이온(cmol/kg)				CEC (cmol/kg)	조사지구
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
염포통	1.2	3.7	4.9	3.7	6.4	보전, 계화
문포통	0.9	3.4	3.8	2.4	6.0	화남포, 서산, 계화
광활통	0.6	3.8	3.7	2.6	7.7	만덕, 서산, 계화
포승통	1.2	7.0	5.1	4.5	10.4	만덕, 서산, 소포, 해찬만
포두통	1.1	7.1	4.9	4.7	10.6	완도, 보전, 강산, 오마 등

출처 : 정영상과 류철현, 간척지 토양의 특성과 관리, 2005

나. 간척지 농토양의 관리

간척지는 염농도가 높더라도 관개용수가 확보되면 계속적으로 담수하면서 제염할 수 있으므로 우리나라 간척지는 주로 논으로 이용되어 왔다. 간척지 농토양 관리의 핵심은 제염과 시비 관리, 그리고 경반층 토양의 관리라고 할 수 있다.

간척지 논은 제염은 관개수를 자주 환수하여 실시하는데, 이때 토양의 비료 성분이 많이 용출되기 때문에 간척지 논은 일반 논보다 시비량이 많다. 간척지 논은 표준시비량은 질소 200kg/ha, 인산 51kg/ha, 칼리 57kg/ha이나 염농도가 낮아지고 환수 횟수가 줄어들면 시비량도 줄여주어야 한다.

간척지는 높은 염농도 이외에도 토양의 심층에서 형성되는 경반층이 문제이다. 작

토층 하부에 20~30cm 두께의 경반층이 존재하면 벼의 근권 환경을 불량하게 하여 벼의 생육과 수량, 미질 저하 등의 원인이 된다. 간척지 농토양의 경반층은 미사질양토 또는 미사질식양토로 이루어진 논에서 철과 마그네슘 등의 무기물이 점토·미사와 함께 하층으로 이동하여 집적된 후 대형 농기계 사용로 인한 지속적인 토양 압박에 의해 주로 생성된다. 우리나라 해안 및 내륙 평탄지에 분포된 하해혼성충적논은 미사 함량이 많고, 토심 20~30cm 깊이에 경반층이 있어서 작물 생육에 매우 불리하여 퇴화염토라고 부른다. 퇴화염토는 전국 논 면적의 25% 정도인 293,000ha에 이르며, 대부분이 호남 지방의 평야지 논에 분포하고 있다. 이들 토양은 간척 연대가 오래되어 경반층이 단단하게 형성되어 있어, 투수성·용적 밀도·공극률·경도 등 토양의 물리적 성질이 매우 불량한 상태이다.

경반층이 있는 토양을 개량하려면 심경 및 심토 파쇄와 함께 유기물의 투입이 필요하다. 경반층의 토양 개량은 일반적으로 벼 수확 시 콤바인으로 벼짚을 절단하여 논에 투입하고 심경이나 심토 파쇄를 3년 주기로 시행한다. 벼 재배 시 심경 및 심토 파쇄와 벼짚을 사용하면 토양 경도가 낮아지고 공극률이 증가하며, 질소 이용 효율도 약 16~18% 높아진다. 토성이 세사양토~사양토인 논은 논 조성 초기부터 토양 표면에 경반층을 형성하기 때문에 이앙작업이 불가능하므로 산적토 또는 점토 함량이 높은 갯벌의 토양을 객토한다. 객토 후에는 논의 지력을 높이기 위하여 유기물을 15,000kg/ha 정도를 사용하고, 비료 3요소를 20~30% 증비하며, 규산질 비료는 토양검정에 의해 130ppm 이상이 되도록 사용한다. 일반적으로 간척답은 유효토심이 20cm 미만으로 얇기 때문에 제염 후에도 벼의 근권을 깊게 확보하기 위해서는 지속적인 토양 개량이 필요하다.

2

작목별 안전재배 관리 기술

가. 벼

(가) 벼의 생육시기별 염해 증상

벼는 생육 시기에 따라 염해에 견디는 정도가 다르다. 벼의 일생 중 내염성이 가장 약한 시기는 유묘기이며, 이후 생육이 진행되면서 내염성도 점차 증가된다. 염해가 생산량에 큰 영향을 미치는 시기는 수량형성과정인 분얼기와 수잉기이며, 특히 감수분열기에 피해가 크다.

염해지에 벼를 파종하면 종자가 발아하지 못하거나 뿌리만 나고 발아하지 않을 뿐만 아니라, 시간이 조금 지나면 흙 속에서 곰팡이가 피고 썩어서 검게 변한다. 종자가 발아한 후 염해를 받으면 끝부분이 말라서 노랗게 변색되고, 유엽 전체가 옅은 황록색을 띠다가 서서히 녹색으로 변한다. 염해가 심할 때에는 초엽에 흑갈색 반점이 생기고 그 후 식물체가 탈수되면서 고사한다. 벼의 유묘가 염해를 받으면 근계 발육이 현저하게 억제되며, 새 뿌리가 적게 발생하고 뿌리색이 황갈색에서 점차 흑색으로 변하며 썩는다. 벼의 지상부 염해 증상은 바닥 부분의 잎 끝이 먼저 말라 누렇게 변하고 위축되다가 잎의 밖에서부터 안으로, 아래에서 위로 서서히 황화되며, 결국 식물체의 선단 부위까지 말라 죽는다. 벼가 염해에 가장 민감한 시기가 바로 이앙기이다. 토양 염분에 의하여 새 뿌리가 나지 못하고 활착이 지연될 수 있으며, 심할 때는 포기 전체가 말라 고사되기 쉽다. 이앙기의 염해 피해는 묘가 작고 어릴수록 피해도 더 커지는 것으로 알려져 있다. 벼의 분얼기 염해 증상을 보면, 분얼이 감소하고 식물체가 왜소해지며 연약해진다. 또한, 잎이 제대로 성장하지 못하거나 성장이 매우 지체된다. 벼의 수잉기에는 이삭의 분화와 발육에 장애가 생겨 이삭 수가 감소하며, 심한 경우 이삭의 영화가 마르고 출수·개화기가 늦어진다. 이에 따라 이삭당 입수, 입실률, 그리고 천립중이 모두 감소

한다. 벼의 등숙기에 염해를 심하게 받으면 뿌리가 죽은 채로 등숙하게 되므로 불임립과 미등숙립이 증가해 생산량을 감소시킨다. 이때의 염해가 벼의 생산량에 가장 크게 영향을 미친다.

토양 염분에 의한 간접적인 피해는 토양에 존재하는 과량의 치환성 나트륨이온이 토양 구조를 파괴하고, 토양을 딱딱하게 굳게 하고 투수성과 통기성을 저하시켜 발생하는 피해이다. pH가 비교적 높은 토양에서 칼슘, 마그네슘, 인, 철 등의 일부 필수 원소가 토양에 쉽게 고정되어 결핍을 야기하는 동시에, 토양 미생물의 활동도 억제하여 양분의 유효화에 영향을 준다. 한편, 토양 염분에 의한 직접적인 피해로는 파종된 종자 유근에서의 수분 및 양분 흡수 저해, 생리적인 탈수 현상에 의한 벼의 출아 실패, 짝이 땅 위로 나온 후 시들어 고사하는 것 등이 있다. 간척지 논에 염소이온과 나트륨이온의 함량이 많으면 칼슘, 인, 철, 망간 흡수를 저해하여 식물 체내의 무기양분 균형을 파괴한다. 그리고 식물이 염소이온이나 나트륨이온을 과량 흡수하면 엽록소 합성에 직접적으로 영향을 미쳐 광합성 작용을 약하게 만드는 동시에, 잎 가장자리가 시들고 생리적 화상을 입게 된다. 탄산나트륨 또는 탄산수소나트륨이 포함된 일부 알칼리성 물질은 pH가 비교적 높기 때문에 근권의 각종 효소류를 파괴할 수 있을 뿐만 아니라, 어린 뿌리를 심하게 부패시켜 식물체를 고사시킨다.

(나) 벼의 생육 시기별 내염성 한계농도

벼 종자 발아에 미치는 염농도의 영향은 품종에 따라 약간의 차이를 보일 수 있지만, 일반적으로 0.5% 염농도까지는 정상적인 발아가 가능하다. 그러나 염농도가 0.6% 이상이 되면 발아속도와 발아세가 급격히 감소하기 시작하여 염농도 0.7%, 1.0%, 1.5%에서 발아율은 각각 50%, 20%, 10%로 감소하고, 2.5% 이상의 염농도에서는 벼 종자의 발아가 불가능하다.

벼의 육묘과정에서 한계 염농도를 성묘율 70%를 기준으로 보면, 물못자리의 경우 태백벼 0.16%, 동진벼 0.20%이고, 보온절충 못자리로 육묘할 경우 태백벼는 0.20%, 동진벼는 0.30%가 육묘 가능한 한계 염농도로 보고되었다⁴.

벼가 본답에서 자랄 수 있는 토양 한계 염농도는 0.3% 이하로 알려져 있다. 염농도가 높으면 도체 내 염분함량이 증가하면서 근수가 줄고 뿌리 신장이 억제되며, 근모의

4. 출처: 농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소, 간척지 농토양 관리기술, 2007

형성도 감소한다. 이로 인해 활착 지연과 근권 축소 및 각종 무기성분의 흡수 저해가 야기된다. 또한 지상부생육도 크게 영향을 받는데 분얼수, 수수, 수장 및 수중이 감소되는 반면에 고사엽률이 증가하여 결과적으로 수량이 감소한다. 한편, 벼 생육단계에 따라 염농도에 대한 반응은 분얼기>활착기>유수형성기>출수기의 순으로 염해가 심하며 활착기와 분얼기에 염해를 받았을 때 수량이 크게 떨어지는 것은 수량 구성요소 중 수수의 확보가 부족하기 때문이다.

활착기는 벼가 이양으로 인한 상처의 영향을 받아 생리 활동이 회복되는 과정이기 때문에 내염성이 약하다. 이 시기의 토양 염분 함량의 최대 허용 한도는 0.2% 정도이다. 염농도가 이 한계치를 초과하면 벼가 순조롭게 자라지 못하고, 염분이 0.27% 이상으로 증가하면 근계가 빠르게 흑갈색으로 변하고 썩어 포기 전체가 말라서 시들고 고사한다. 활착기가 지난 뒤 분얼기에는 뿌리의 발달과 지상부 생육이 왕성하기 때문에 비교적 높은 염농도에서도 정상생육이 가능하다. 분얼기의 한계 염농도는 0.242%이며, 내염성이 점차 높아져 염분이 0.348% 이상으로 증가하면 생장이 억제되고 불량해지며, 분얼 수가 대폭 감소한다.

출수기에는 내염 한계농도가 0.292%까지 증가할 수 있는데, 염분이 0.3% 이상 올라가면 생장이 억제되고 0.452%에 도달하면 생장이 심하게 억제되어 식물체가 고사한다. 성숙기에는 0.310% 이하에서는 정상적으로 등숙되나 0.535% 이상에서는 등숙에 저해를 받는다(표 2-4).

<표 2-4> 벼의 생육 단계별 내염성 한계농도

생육 단계	생육 현황	토양 염류 정도	
		NaCl(%)	염분 함량(%)
발아~유묘기	생육 정상	<0.070	<0.145
	점차 고사	>0.125	>0.240
유묘기~활착기	생육 정상	<0.088	<0.212
	점차 고사	>0.147	>0.273
활착기~분얼기	생육 정상	<0.117	<0.242
	점차 고사	>0.208	>0.348
분얼기~출수기	생육 정상	<0.127	<0.292
	점차 고사	>0.370	>0.452
출수기~성숙기	생육 정상	<0.156	<0.310
	점차 고사	>0.423	>0.525

출처 : 류자오프 등, 중국의 간척지 농업기술, 1998

벼의 생육단계의 내염성 한계농도는 다양한 요소들에 의하여 변이를 보일 수 있다. 즉, 염분량과 염분의 구성성분, 피해 지속 시간 외에도 품종, 토성, 비옥도, 식물체의 생육상황, 관개 배수 조치 및 재배관리 수준 등에 따라 다양하다. 벼의 재배기간 중에는 환수를 자주하여 토양의 염분함량을 줄임으로써 염해를 방지하는 동시에 재배 기술을 개선하고 내염성 향상에 주의를 기울여야 한다.

(다) 벼 재배를 위한 간척지 논·밭의 일반적인 관리

(1) 간척지 논·밭의 관개 및 배수 시스템 확보

논지의 관개 및 배수 시스템은 벼를 재배하기 위한 간척지 토양관리의 핵심 요소이므로, 관개 수로와 배수 시스템이 확보되어야 한다. 벼는 염류토양에서 어느 정도 재배가 가능하지만, 그 생산성은 배수 시스템의 구비 정도에 따라 다르다. 배수가 잘 되는 조건에서는 경작층에 있는 과다한 가용성 염류를 신속하게 제거해 식물이 염해를 입지 않도록 할 수 있을 뿐만 아니라, 토양 개량 작업을 가속화할 수 있다. 반대로, 배수로가 없는 조건에서는 벼의 발육이 불량한 동시에 지하수 수위가 상승하여 인근 토양의 염류화를 가중시킨다. 그렇기 때문에 알칼리성 토양에서 벼농사의 생산성을 증대하여 경제적 효과를 최대한 발휘하려면 먼저 배수관개 시스템을 완벽히 갖춘 경지 인프라가 구축되어야 한다. 염류성 알칼리 농도가 높을수록 배수 시스템의 수준이 더 높아야 하며, 벼를 심을 때에는 충분한 담수 자원을 확보해야 한다.

(2) 논·밭갈이 및 환수에 의한 제염

간척 연한이 오래되지 않은 토양은 염농도가 높으므로 이러한 토양을 논으로 이용하려면 벼 재배가 가능하도록 염농도를 0.3% 이하로 낮추어야 한다. 제염을 위해서는 경운을 추경과 춘경으로 2회를 실시하고 환수를 많이 할수록 효과가 높다. 농업용수가 풍부하면 이앙 전에도 경운을 하여 2~3회 환수를 실시해 주는 것이 좋다. 환수를 자주 할 수 없을 때는 경운을 얹게 하여 환수하는 것이 경운층을 제염하는 데 효과적이다. 이앙 후 환수간격은 토양의 염분농도에 따라 다르게 조절되되 활착기에는 2일 간격으로 실시해야 안전하다.

(3) 암거배수에 의한 제염

간척지 제염 방법으로 암거배수를 설치하면 표층에 분포하는 염성분이 하층으로

이동한 후 배수관을 통하여 제거되므로 작토층의 염분상승을 막고 조기 제염이 가능하다. 간척지(문포통)에서 플라스틱 암거배수관을 설치하였을 때의 제염효과(표 2-5)를 보면, 벼 생육 한계 염분농도인 0.3%에 달하는 기간은 무암거에서 3년, 8m 간격 암거에서 2년, 5m 간격 암거에서 1년이 소요되어, 암거간격이 좁을수록 제염기간이 단축되었다. 암거배수관 설치에 의한 벼 수량 증대효과는 시공 후 1년차에 34~51%의 수량 증수로 가장 컸으며, 그 후 증수량은 점차 감소되어 5년 후에는 14~15% 정도이나, 벼의 절대 수량은 해가 거듭될수록 높아진다.

<표 2-5> 플라스틱 암거배수관 설치에 의한 제염효과

연차별	염분농도(%)			수량지수(kg/10a)		
	무암거	암거거리		무암거	암거거리	
		8m	5m		8m	5m
시공전	1.08	1.08	1.08	-	-	-
1년 후	0.45	0.33	0.19	100(232)	134	151
2년 후	0.38	0.29	0.17	100(324)	121	129
3년 후	0.24	0.13	0.09	100(354)	117	118
4년 후	0.24	0.13	0.08	100(381)	114	116
5년 후	0.21	0.10	0.08	100(402)	114	115

출처 : 김상수 등, 계화도 간척지에서 암거배수가 토양의 염분농도와 벼의 생육 및 수량에 미치는 영향, 1997

(4) 유기물 시용 및 기타 토양 관리

간척지 논은 염분농도가 높고 유기물이 적으므로 벼짚이나 퇴비 등을 시용하고 심경을 하면 지력이 높아지고 제염효과도 크다. 토양 유기물은 25~30g/kg 정도가 적당하므로 유기물 함량이 2.5% 이하의 논에는 벼짚이나 퇴비를 400~500kg/10a 시용 후 18cm 이상 가을에 깊이 갈이를 하는 것이 좋으며, 녹비작물이나 축산분뇨 같은 유기물은 질소 총량을 고려하여 투입량을 조절한다. 간척지 토양은 치환성 석회함량이 적고 pH가 높아서 아연의 유효도가 낮아지므로 아연결핍으로 벼 생육이 저해되어 수량이 감소되기 쉽다. 아연결핍이 우려되는 논에는 봄갈이할 때 석고 300~400kg/10a과 황산아연 2.5kg/10a을 시용한다.

(5) 벼 재배 연차에 따른 토양 염농도 변화

간척지 논토양은 벼를 재배하는 동안 계속 물을 대어 유지하기 때문에 담수에 의

한 토양 이화학적 변화가 지속적으로 발생한다. 즉, 간척지 논은 경작 연수가 경과할수록 토양 염농도가 감소하고 유기물함량이 증가하는 등 숙답화가 진행된다. 간척지의 4개 토양에서 벼 재배 연차에 따른 토양 염농도 변화는 <표 2-6>에서 보는 바와 같다. 벼의 생육이 가능한 토양 염농도인 0.3% 이하에 도달하려면 문포통에서 6년, 광활통과 염포통에서 7년 정도가 소요되었고, 하사통은 사실계 퇴적으로 모래가 많아 쉽게 제염되므로 개답 초기부터 0.3% 이하의 염농도에 도달할 수 있었다. 개답 10년차에 토양 염농도는 문포통이 0.19%, 광활통이 0.15%, 염포통이 0.23%, 그리고 하사통은 0.02%로 측정되었다.

<표 2-6> 간척지 4개 토양에서 벼 재배 연차별 토양 염농도

(단위 : %)

연도(재배 연차)	문포통	광활통	염포통	하사통
1978(2년)	0.65	0.57	0.69	0.15
1979(3년)	0.45	0.59	0.51	0.13
1980(4년)	0.40	0.40	0.43	0.16
1981(5년)	0.32	0.42	0.36	0.12
1982(6년)	0.29	0.39	0.35	0.09
1983(7년)	0.24	0.30	0.29	0.05
1984(8년)	0.25	0.25	0.28	0.04
1985(9년)	0.21	0.21	0.25	0.04
1986(10년)	0.19	0.15	0.23	0.02

출처 : 농촌진흥청, 간척지 작물 생산기술, 1986

(라) 간척지 벼 재배 기술

(1) 간척지에 적합한 벼 품종

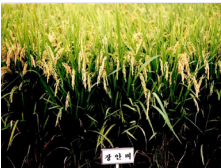
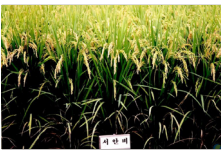
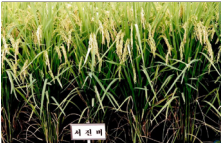
간척지에 적합한 벼 품종으로는 간척벼 등 중생종 10개 품종과 계화벼 등 중만생종 6개 품종(표 2-7)이며, 이들 품종의 특성은 <표 2-8>과 같다.

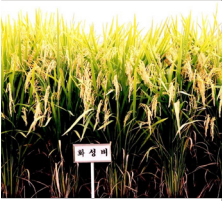
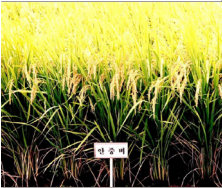
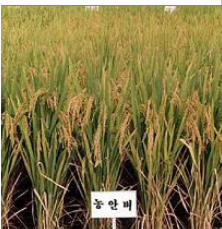
<표 2-7> 간척지에 적합한 벼 품종

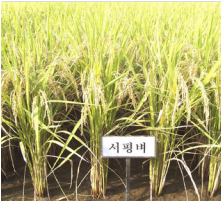
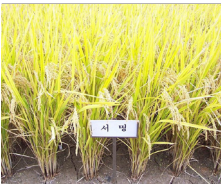
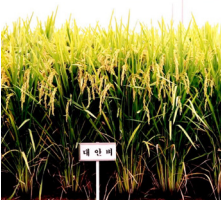
중생종(10품종)	중만생종(6품종)
간척벼, 새계화, 해찬물결, 장안, 서안 서진, 석정, 화성, 안중, 농안	계화벼, 서간, 서평, 청호, 서명, 대안

출처 : 농촌진흥청, 간척지 적응 벼 품종 및 특성, 2013

<표 2-8> 간척지에 적합한 벼 품종 특성

벼 품종명	특성
 간척벼	- 남서해안 간척지 및 호남평야와 남부중간지에 적응성이 높은 중생종 품종이다. - 수량은 보통재배에서 496kg/10a, 이모작재배에서 472kg/10a이며, 간척지에서 농가실증시험을 실시한 결과 542kg/10a의 수량성을 보였다.
 새계화벼	- 서해안 및 호남평야 1, 2모작답에 알맞은 중생종 품종이다. - 질소비료를 너무 많이 주면 미질 및 등숙 저하가 우려되므로 적정균형시비하여야 한다. - 수확기에 비가 많이 오면 수발아가 우려되므로 적기에 수확해야 한다.
 해찬물결벼	- 중서부 및 남서해안지대와 호남평야지(경기, 충남, 전남북, 경남) 재배에 알맞은 중생종 품종이다. - 미질 특성은 쌀알이 등글고 심복백이 없이 많으며, 단백질 함량은 낮아 밥맛이 우수하다. - 생육 특성은 단간이며 줄기가 강하여 잘 쓰러지지는 않으나 질소비료를 너무 많이 주면 등숙 및 숙색 불량에 따른 미질 저하가 우려되므로 적정량을 균형 시비해야 한다.
 장안벼	- 중서부 해안 간척지 및 중부평야지와 중부내륙 평야지에 알맞은 중생종 품종이다. - 질소 과비 시에는 쌀 품질 및 식미 저하의 우려가 있으므로 적정량을 균형 시비해야 한다. - 도복 및 염해에 강한 간척지에 적응성이 높은 품종이나 염농도가 0.5% 이상인 염해답에는 재배를 피해야 한다.
 서안벼	- 중부평야 및 중서부해안지에 적합한 중생종 품종이다. - 질소질 비료의 과용 시 미질 및 등숙 저하, 숙색 불량 및 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형시비가 필요하다. - 수확기에 비가 많으면 수발아가 우려되므로 적기에 수확해야 한다.
 서진벼	- 중부평야 및 중서부 해안 평야지에 알맞은 중생종 품종이다. - 질소비료 과용 시 도복이나 문고병이 발생할 우려가 있고 쌀 품질 및 식미 저하의 염려가 있으므로 적정량을 균형 시비해야 하며, 간척지라도 염농도가 0.5% 이상인 염해답에는 재배를 지양하는 것이 바람직하다.

벼 품종명	특성
 석정벼	- 중부평야 및 중서부해안지에 알맞은 중생종 품종이다. - 도열병을 비롯한 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병 및 해충에는 비교적 약하나 생육 중후기에 위조현상이 없으며 성숙기 하엽노화가 늦고 내수발아성은 강하고 내냉성은 중간 정도의 저항성을 가진다. - 만식적응성이 낮으므로 만식재배는 피해야 한다.
 화성벼	- 재배적지는 중부평야지대, 남부중간지대, 중서부 및 동남부 해안지대이며 특히 남부지방의 만식 및 2모작재배에 적응성이 높은 중생종 품종이다. - 줄무늬잎마름병에는 강하나, 도열병·흰잎마름병 및 주요 해충에는 강하지 못하므로 적기방제에 힘써야 하며, 벼기가 중정도로서 지나친 다비조건에서는 도복의 우려가 있으므로 질소질비료의 과용은 피해야 한다.
 안중벼	- 중부평야와 중서부해안지에 적응성이 높은 중생종 품종이다. 도열병 상습발생지에서는 기본방제가 필요하다. - 성숙후기의 수발아성과 위조에도 강하며 잎의 노화도 늦은 편이고, 키가 작고 줄기가 단단하여 도복에 강하다.
 농안벼	- 중부평야 및 호남 북부평야지대 건답직파 또는 담수 직파재배에 알맞다. - 재배상의 유의점은 저온발아성이 떨어지므로 입모를 충분히 확보할 수 있도록 파종량을 일반품종의 표준보다 20~30%정도 늘리고 적기 파종해야 한다. - 분얼개도가 좁아 줄기가 밀집해있기 때문에 밀식재배 시 문고병이 발생하지 않도록 적기 방제에 힘쓰고 질소를 과용하지 않도록 유의한다.
 계화벼	- 남서해안지역 간척지 및 해안평야지이다. - 간척지 적응성은 동진벼·낙동벼·대청벼보다 비교적 높은 편이나, 0.5% 이상의 염농도 포장에서는 재배를 피하는 것이 좋으며 중만생종 품종이므로 극만식재배는 피하는 것이 좋다. - 남서해안 평야지 및 간척지 적응성 품종이므로 간척지 외의 내륙지방에서는 재배하지 않는 것이 좋다.

벼 품종명	특성
 서간벼	- 적응지역은 남서해안 및 호남평야에 알맞은 품종이다. - 키가 작고 쓰러짐에 강하지만 질소비료 과다 사용 시 등숙 및 속색 불량에 따른 미질 저하가 우려되므로 적정량을 균형 시비하여야 한다.
 서평벼	- 남서해안, 호남평야 및 중서부 해안지 및 동남부 냉조풍지에 알맞은 중만생종 품종이다. - 키가 작고 쓰러짐에 강하지만 질소비료 과다 사용 시 등숙 및 속색 불량에 따른 미질 저하가 우려되므로 적정량을 균형 시비해야 하며, 도열병과 흰잎마름병 K1~K3균계에 강하나 변이균에 약하다.
 청호벼	- 중서부·남서해안 및 호남평야지에 알맞은 중만생종 품종으로 미질은 심복백이 없고, 맑고 투명하며 백미완전립율이 높은 밥맛이 좋은 품종이다. - 질소비료를 많이 주면 등숙, 속색 불량 및 단백질 함량 증가에 따른 미질 저하가 우려되므로 적정량을 시비하여야 한다.
 서명벼	- 남부 및 중서부해안지에 적응성이 높은 중만생종 품종으로 쌀 외관과 밥맛이 양호하고 줄무늬잎마름병과 깨씨무늬병에 저항성이 강하다. - 질소비료를 표준시비량 이상으로 사용할 경우 미질 및 등숙 저하, 속색 불량 및 병해충 발생이 우려되므로 적정량 균형 시비가 필요하다.
 대안벼	- 중부평야지 1모작 재배에 알맞은 중만생종 품종이다. - 성숙기에 하엽노화가 늦고 도복에 강하며 수발아에 내성이 있으나 냉해성이 약하므로 냉해피해가 우려되는 지역에서는 재배를 피해야 한다.

(2) 염수선 및 종자소독

종자는 가능하면 보급종을 사용하되, 자가 채종 종자의 경우 다른 품종이나 이종 종자가 섞이지 않고 병해충의 감염이 없으며 등숙상태가 좋은 발아율이 96% 이상인 우량 종자를 준비한다. 벼 종자의 선종작업은 비중 1.13인 소금물을 이용하여 염수선으로 충실한 종자만을 고르고 염수선한 종자는 물로 2~3번 씻어 종자의 소금기를 제거한다. 염수선한 종자는 종자 전염병(도열병, 키다리병, 깨씨무늬병, 벼이삭선충 등) 예방을 위하여 종자소독을 실시한다. 종자소독은 벼에 등록된 종자소독 약제를 농약 안전사용기준에 따라 침종 전에 처리한다. 종자의 침지 과정에서 일반적으로 종자가 싹이 트는데, 싹이 트지 않았다면 싹이 틀 때까지 침지한 후 벼에 등록된 종자처리 액상수화제를 농약 안전사용기준에 따라 처리한다.

(3) 상토준비

상토는 논흙(식양토)과 완숙퇴비를 5mm 체(sieve)로 쳐서 논흙과 퇴비분말을 2:1의 비율로 혼합하고 파종 전 벼에 「파종 전 상토혼화처리」로 사용방법이 등록된 약제를 농약 안전사용기준에 따라 처리한다. 육묘에 가장 알맞은 상토의 pH는 4.5~5.5이므로 제조된 상토의 pH를 측정한 후 유황가루나 농황산을 이용하여 pH를 조절한다. 상토의 산도가 4 이하 또는 6 이상이 되면 양분흡수 저해 및 뿌리와 입근병의 발생 등으로 모의 생육이 불량하다. 시판상토는 비료성분함량이 다양하므로 반드시 비료 함유량 확인하고, 중량상토·중경량상토·경량상토 등 상토 중량에 따라 재료와 관리 방법이 다르므로 사전에 충분히 검토 후 사용한다.

(4) 파종

벼 종자의 파종량은 육묘방법과 종자크기(천립중)에 따라 다르게 결정한다. 중묘 육묘의 경우 파종량은 상자당 110~130g 정도이며, 어린모는 상자당 200~220g 정도이다. 파종량을 파종 상자당 종자수로 환산하면 중묘는 상자당 5,000립, 어린모는 상자당 10,000립 정도이다.

파종량이 적량보다 많으면 키다리병·모잘록병 등 병해 발생이 증가하고 모가 연약해지며, 특히 이앙시기가 늦어질 때 모소질(모의 건강 상태)이 나빠지므로 알맞은 양을 파종하여야 한다. 종자 파종은 자동파종기를 대부분 이용하나, 손으로 파종할 경우 종자를 육묘상자에 고르게 뿌린 후 종자가 안 보일 정도로만 얇게 복토한다. 파종 후에는

파종상자의 상토에 수분이 스며들 수 있도록 충분히 관수해야 한다.

(5) 육묘

종자가 파종된 육묘상자는 출아와 녹화과정을 거쳐 염해가 우려되지 않는 곳에서 못자리를 설치하여 육묘한다. 중묘는 묘판을 못자리에 치상하고 부직포로 덮은 뒤 30~35일간 육묘하며, 어린모는 비닐하우스나 온실에서 8~10일간 육묘한다. 청호벼 품종으로 어린모, 치묘, 중묘, 풋트묘 등 4개 종류의 묘를 육묘하여 신간척지 토양에서 재배한 시험결과(표 2-9)를 보면, 어린모와 치묘를 이앙했을 경우 쌀수량이 550kg/10a로 중묘와 풋트묘를 이앙했을 때보다 수량이 유의하게 높게 나타났다.

<표 2-9> 간척지에서 벼 육묘방법별 쌀 수량 비교

모종류 (육묘기간)	수 수 (개/주)	수당립수 (개/수)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀 수량 (kg/10a)	수량 지수
어린모(12일)	15.4	89	82	21.8	550a	100
치 묘(19일)	15.9	89	81	21.9	546a	99
중 묘(28일)	14.6	88	80	22.0	517b	94
풋트묘(33일)	15.0	91	81	22.0	525ab	95

(6) 이앙

간척지에서 월동기간 중 표토에 집적된 염분이 제염되기 전에 너무 일찍 이앙하거나 고온기에 너무 늦게 이앙하면 이앙묘가 염해를 받아 말라 죽거나 생육이 부진하고 출수가 지연되기 쉬우므로 반드시 제염하고, 보통 논보다 일찍 이앙하는 것이 유리하다. 또한 간척지에서 논 바닥의 평탄작업이 잘 안 되면 토양이 노출되어 제초제 처리효과가 떨어질 뿐만 아니라 노출된 부분은 염해를 받기 쉽다. 간척 후 작물을 재배하지 않은 신간척지 토양은 염농도가 높고 단립구조이기 때문에 쪼개질 이후 토양이 급격히 굳어 기계이앙 시 뜬모와 결주가 많이 발생하므로 물로터리와 동시에 이앙하는 것이 좋다. 한편, 신간척지 논은 유기물 함량이 적고 염도가 높기 때문에 벼의 재식밀도는 일반 논보다 약간 밀식(27~33주/㎡, 포기당 5~6본)하는 것이 좋다. 간척지 지역별 최적 이앙기는 <표 2-10>에서 보는 바와 같이, 중만생종의 경우 중부 해안지는 5월 13일이며, 호남 해안지는 6월 4일이었다.

<표 2-10> 간척지 지역별 이앙 적기 및 최적 이앙기

지 역	이앙 적기(월.일)			최적 이앙시기(월.일)		
	조생종	중생종	중만생종	조생종	중생종	중만생종
중부해안지	6.2.~6.8.	5.20.~5.26.	5.10.~5.17.	6.5.	5.23.	5.13.
호남해안지 (계화,해남)	6.15.~6.21.	6.8.~6.17.	6.1.~6.7.	6.18.	6.12.	6.4.

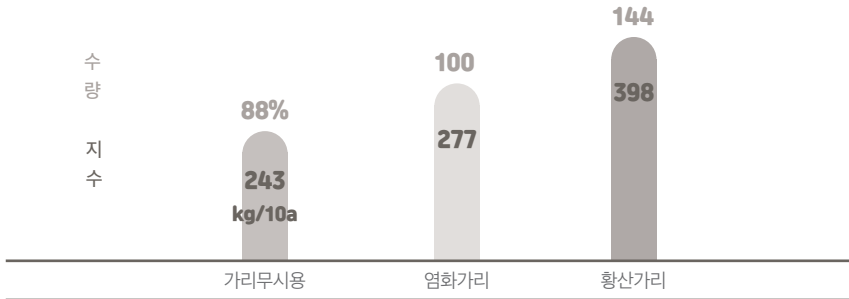
(7) 시비

간척지 토양은 비료분의 유실이 많고 식물체 흡수량이 적기 때문에 일반 논에 비하여 2배 정도 증시하는 것이 좋다. 간척지의 염분농도가 0.1%~0.3%인 논에서의 질소(N)-인산(P)-칼륨(K) 시비량은 20-5.1-4.7kg/10a가 알맞으며, 염분농도가 0.1% 이하인 토양에서는 18-5.1-5.7kg/10a 정도가 알맞다. 비료의 분시는 염농도 0.1% 이하의 토양에서는 보통답과 동일하게 질소비료를 기비, 분얼비, 수비를 각각 50%, 20%, 30%의 비율로 나누어 주는 것이 적당하고, 염농도가 높은 0.1~0.3%의 토양은 분얼비를 분얼초기와 최고분얼기로 나누어 추비 횟수를 4회 이상으로 늘리는 것이 환수에 의한 비료 유실을 줄일 수 있다(표 2-11). 간척지 토양에 석고+벚짚 또는 제올라이트+벚짚 등의 토양 개량제를 투입하였을 때는 토양의 보비력이 증대되므로 보통답의 시비량보다 감비하는 것이 좋다.

간척지에 사용하는 비료는 가급적 황산기를 함유하는 생리적 산성비료가 좋다. 따라서 질소는 유안(황산암모늄), 인산은 과인산석회(과석), 칼리는 황산가리를 사용한다. 간척지 논에서 황산가리를 시용하면, 염화가리에 비하여 44%의 증수효과가 있는데 이는 작토층의 염분 농도 상승 및 벼의 나트륨흡수를 억제하고 칼리, 인산 및 아연의 흡수 저해를 감소시켜주기 때문이다.

<표 2-11> 간척지 벼 재배 시 시비량과 분시비율

구 분	시비량(성분량 Kg/10a)		분시비율(%)				
	간척초기 (염농도 0.1-0.3%)	간척후기 (염농도 0.1%이하)	기비	분얼비		수비	실비
				분얼초기	최고분얼기		
질소	20	18	30	20	20	20	10
인산	5.1	5.1	100	-	-	-	-
칼리	4.7	5.7	70	-	-	30	-



〈그림 2-1〉 간척지 논에서 황산가리 시용효과

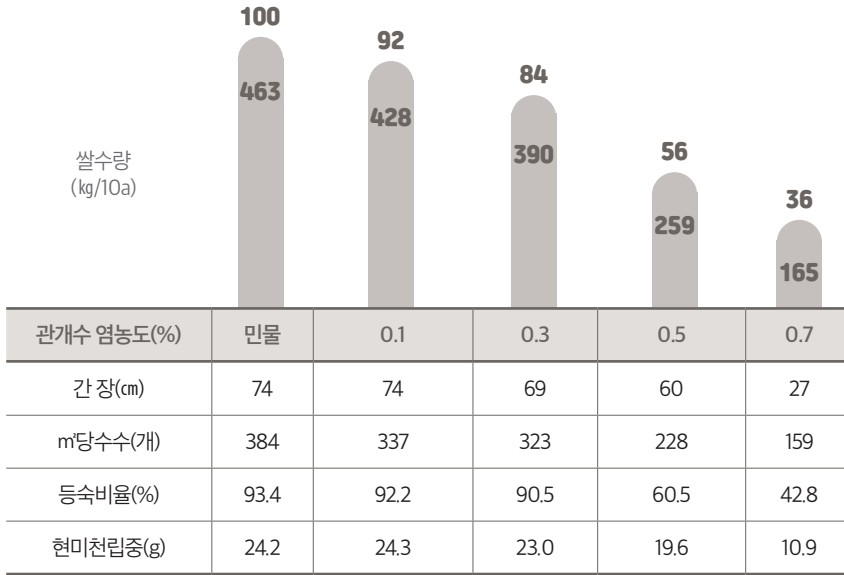
출처 : 농촌진흥청, 2014, 간척지 작물 생산기술

(8) 물관리

간척지 토양은 월동기간 동안 심토층의 염분이 상승하여 표토에 집적되므로 관개 가능한 지역에서는 벼 이앙 로타리 후 환수를 하는 것이 제염효과가 크다. 토양 염농도가 0.1%(2.0dS/m) 이하로 낮은 토양에서도 이앙 전 로타리 후 환수제염을 하고, 이앙 후에 벼 뿌리가 활착할 때까지 논바닥이 마르지 않도록 담수를 관리해야 하며, 토양 염농도 0.1~0.3%(2.0~4.5dS/m)의 논토양에서는 이앙 및 파종 전 로타리 후 3~4회 정도 환수하고, 벼 이앙 후에는 담수를 관리하되 적정 염농도 수준까지 3~5일 간격으로 환수해야 하나, 환수 횟수는 염분농도에 따라 조절한다. 일반 논외의 경우 벼 출수 40일 전에 5~10일간 중간물떼기를 실시하는 것이 무효분얼을 억제하고 뿌리의 생장과 활력을 높일 수 있으나 염농도가 높은 토양에서는 중간물떼기 기간 동안 염해를 입을 수 있으므로 논에 물이 마르지 않도록 해야 한다.

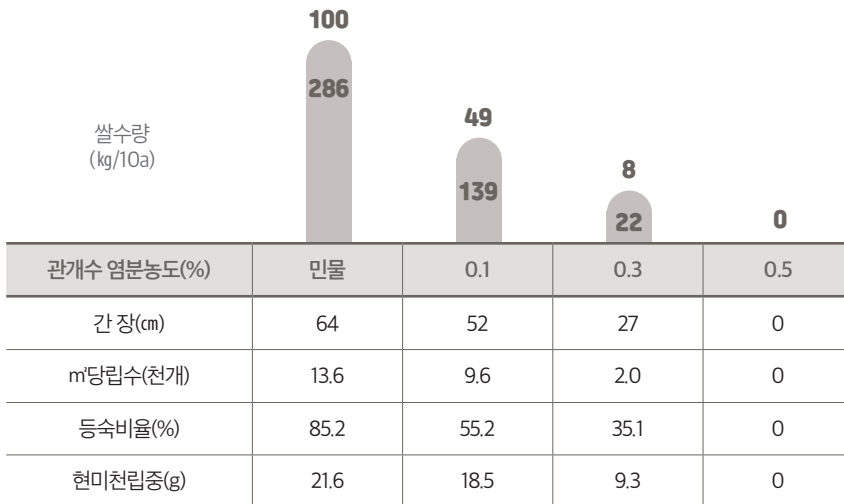
한편, 간척지 논에서 관개수가 부족할 경우에 조류지 등 인근의 비교적 염농도가 높은 물을 관개하는 경우가 있는데, 관개수의 염농도도 벼 생육과 수량에 크게 영향을 미친다. 벼의 분얼기에 염분이 높은 물을 관개하였을 때의 벼 생육과 수량에 미치는 영향은 〈그림 2-2〉와 같다. 간척지 논토양의 염농도가 0.1%일 때 민물로 관개하면 쌀 수량은 4,630kg/ha였으나 관개수의 염분농도가 높을수록 쌀 수량이 감소되었다. 관개수 염농도가 0.1%일 때 민물 관개에 비하여 92%, 0.3%일 때 84%의 수량을 보였으며, 특히 관개수의 염농도 0.5% 이상일 때 쌀 수량은 크게 감소되었다.

한편, 논토양의 염농도가 0.3~0.4% 정도로 높은 경우에는 민물을 관개해도 283kg/10a의 낮은 수량을 보이며 관개수의 염농도가 0.1%만 되어도 수량은 민물관개 수량의 49%로 감소하였고, 0.3% 이상인 경우 벼가 고사되어 거의 수확이 불가능하였다.



<그림 2-2> 염농도 0.1% 토양에서 분얼기의 관개수 염농도에 따른 벼 생육 및 수량

출처 : 농촌진흥청, 2014, 간척지 작물 생산기술



<그림 2-3> 염농도 0.3~0.4% 토양에서 분얼기의 관개수 염농도에 따른 벼 생육 및 수량

출처 : 농촌진흥청, 2014, 간척지 작물 생산기술

(9) 잡초방제

우리나라 논에 발생하는 잡초의 종류는 118종이며, 이 중 논에 많이 발생하여 벼 재배에 영향을 주는 잡초는 20~30종 정도이다.

간척지를 비롯한 염해지의 주요 우점 잡초는 일년생인 나문재, 해홍나물, 통통마디, 취명아주와 다년생인 새섬매자기, 지채, 애기부들, 쯤부들, 갯잔디 등이다. 간척지 토양이 계속적으로 제염되면서 벼 재배가 가능하게 되면 잡초의 발생도 달라져 새섬매자기가 우점화한다. 새섬매자기는 우리나라의 남서해안 간척지 전역에 분포하는데 발생시기도 빠르고, 초기생장과 증식속도도 다른 잡초나 벼에 비해 월등히 빨라 간척지의 벼 재배에 막대한 피해를 주고 있는 잡초이다. 새섬매자기 외에도 간척지 논의 제염이 진행되면서 올방개, 물달개비, 바닷새 등이 발생한다.

<표 2-12> 우리나라 논에 발생하는 주요 잡초

구분	생활사	잡초명
화본과	일년생	강피, 물피, 돌피, 독새풀
	다년생	나도겨풀, 물참새피
방동사니과	일년생	알방동사니, 참방동사니
	일·다년생	올챙이고랭이
	다년생	매자기, 새섬매자기, 너도방동사니, 올방개 쇠털골, 물고랭이
광엽	일년생	물달개비, 물옥잠, 마디꽃, 발톱외풀, 사마귀풀, 여뀌바늘, 여뀌, 한련초
	다년생	가래, 올미, 벼풀

논 제초제는 사용 시기에 따라 이앙 전부터 이앙 후 5일경까지 사용하는 초기 제초제, 이앙 후 10~12일경에 사용하는 초중기 제초제, 이앙 후 15일경에 사용하는 중기제초제, 그리고 이앙 후 25일 이후에 사용하는 후기 제초제로 구분된다. 초기 제초제는 잡초 발생 전에 토양에 처리하여 잡초발생을 억제 또는 방지하는 토양처리제 또는 발아전 처리제이며, 초중기 및 중기 제초제는 잡초 발생 전에 토양에 처리하여 잡초의 발생을 방제하고 이미 발생한 잡초도 살초하는 토양 및 경엽처리제이다. 그리고 후기 제초제는 잡초의 생육기에 경엽에 직접 살포하여 살초시키거나 토양에 살포하더라도 물에 녹아

있는 유효성분이 줄기와 잎에 흡수되게 하여 말라 죽게 하는 경엽처리제이다.

논에 제초제를 처리할 때는 토양이나 재배여건을 고려하여 제초제의 종류를 선택해야 하고, 잡초발생 상황을 파악하여 방제체계를 결정해야 한다. 잡초발생이 일반적인 논에서는 이앙 후 10일경 초중기 혼합제초제를 사용하여 일년생과 다년생 잡초를 동시에 방제할 수 있다. 그러나 논에 일년생 잡초들이 많이 발생하는 경우에는 일년생 잡초를 방제할 수 있는 초기 제초제를 이앙 전에 살포하고 이앙 후 10~15일에 초중기 혼합제초제를 다시 처리한다. 초기나 중기 제초제를 처리하였음에도 불구하고 잡초가 발생하면 발생하는 잡초의 초종에 따라 후기 제초제를 선택하여 재처리한다.

제초제 저항성 잡초가 발생한 논은 가능한 제초제 체계처리를 실시한다. 벼에 등록된 제초제 저항성 잡초 전문약제를 이앙 전에 처리한 다음 이앙 후 12~15일에 브로모부타이드 혼합제를 처리한다. 특히 충남 및 호남 지역에서 제초제 저항성 피가 최근 발생하고 있는데, 저항성 피·물달개비·올챙이고랭이가 복합적으로 발생하고 있는 논은 가능한 초기 제초제인 브로모부타이드·옥사디아존 유제를 이앙 전에 처리한 다음 이앙 후 12~15일에 브로모부타이드 및 메페나셋 혼합제를 처리한다.

(10) 병해충관리

간척지 논은 해안가에 주로 위치하고 있어 일반논지에 비하여 병해충에 더 노출되어 있기 때문에 병해충 방제에 예찰과 방제에 더욱 관심을 기울여야 한다. 간척지 논에서 벼에 발생하는 병해충 방제는 일반 논에서의 방제 기준에 준하여 처리한다. 병해충 기본방제는 2회를 처리하는데, 방제시기는 이앙 전 육묘상처리와 7월 하순에서 8월 상순사이의 고온다습 시기이다. 그 외에는 포장 예찰을 통하여 병해충이 발견되면 보완방제를 실시한다.

우리나라에서 발생하는 벼의 주요 병해는 도열병을 비롯한 진균성이 32종, 흰잎마름병 등 세균성 병해가 4종, 줄무늬잎마름병 등 바이러스 병해가 3종으로 총 39종이다. 최근, 세균성병과 바이러스병의 발생이 증가하고 있으며, 진균성 병해는 감소하는 경향을 보이고 있다. 한편, 우리나라에서 발생하는 벼의 해충은 약 140종이 알려져 있다. 그 중에 경제적 손실을 유발시키는 종은 약 40종이며, 재배 지역이나 재배 연차에 따라 발생량이 다르기 때문에 한 해 동안 방제가 필요한 해충은 20여 종이다.

<표 2-13> 벼 병해충 방제 시기

구분	시 기	병 해 충
기본방제	이앙 전(육묘상처리)	잎도열병, 흰잎마름병, 벼물바구미, 애멸구
보완방제	6월 상순~7월 중순	잎도열병, 벼물바구미, 이화명나방
기본방제	7월 하순~8월 상순	이삭도열병, 잎집무늬마름병, 세균성벼알마름병, 벼멸구(흑명나방)
보완방제	8월 중순~8월 하순	이삭도열병, 이화명나방, 벼멸구

(11) 수확시기

신간척지에서는 완전낙수시기를 최대한 늦게 하는 것이 염해를 경감하고 등숙률을 향상시킬 수 있다. 간척지에서 일반적인 완전낙수시기는 출수 후 40~50일경이 적당하다.

<표 2-14> 간척지 벼 기계이앙 재배 시 완전낙수시기별 수량구성요소 및 수량

완전낙수 (출수후 일)	수 수 (개/주)	수당립수 (개/수)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀 수량 (kg/10a)	수량 지수
25	15.8	86	75	20.5	495b	100
30	16.2	86	75	20.7	518ab	105
35	16.8	89	76	20.7	510ab	103
40	16.2	87	79	21.3	531a	107
45	16.9	90	77	21.0	530a	107
50	16.8	88	79	21.4	537a	108
평균	16.5	88	77	20.9	520	-

출처 : 농촌진흥청, 쌀 품질 고급화기술, 2019

벼의 수확적기는 호남지역의 경우 조생종은 출수 후 52일, 중생종은 55일, 만생종은 60일 내외이며, 적산온도로 보면 $1,150 \pm 50^{\circ}\text{C}$ 정도이다(표 2-14). 벼의 수확시기가 적기보다 빠르면 청치, 미숙립, 금간쌀 등의 불완전립이 증가하며, 늦으면 기형립이나 피해립이 증가한다.

<표 2-15> 벼 품종의 숙기와 지역에 따른 수확적기

지 역	출수 후 일수(적산온도)		
	조생종	중생종	중만생종
충부지역	50(1,133)	53(1,102)	57(1,088)
호남지역	52(1,213)	55(1,204)	60(1,227)
영남지역	50(1,120)	54(1,171)	58(1,211)

나. 사료용 벼

(가) 사료용 벼의 특성

사료용 벼는 잎과 줄기, 알곡 등 식물체 전체를 수확하여 가축의 사료로 이용하는 벼를 말하며, 총체 벼라고도 한다. 사료용 벼는 일반 벼보다 식물체의 키가 크고 엽과 줄기의 양이 많아 건물 수량이 2톤/10a 정도에 달하는 벼이다. 사료용 벼의 재배 장점은 논을 그대로 유지하면서 양질의 조사료를 생산할 수 있고, 일반 벼의 재배 방법과 거의 유사하기 때문에 일반 벼의 재배 시스템을 그대로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 유사시에 언제든지 일반 벼로의 전환이 가능하다는 것이다.



목양벼



영유벼

<그림 2-4> 간척지에서 재배중인 사료용 벼 생육 모습

(나) 간척지 적응 사료용 벼

사료용 벼 품종은 최근에 육성된 조농, 녹양, 영우, 조우, 미우 등을 포함하여 다양한 특성을 지닌 다수의 품종이 육성되었으나 간척지 재배를 목적으로 한 전용 품종은 아직 개발되지 않았다. 따라서, 간척지에서 사료용 벼 재배를 위해서는 기존의 품종 중

간척지에 적응성이 높은 품종을 이용하는 것이 좋으므로 그동안의 사료용 벼 품종에 대한 간척지 적응성에 대한 연구 내용을 다음과 같이 소개한다.

우선, 신간척지 재배에 적합한 사료용 벼 품종의 탐색 연구(호농연, 2012~2014)에서는 새만금(부안, 사양토)의 염농도 0.3% 내외의 포장을 이용하여 사료용 벼 품종의 간척지 재배 시 생육 특성, 총체수량 및 사료가치 등이 검토되었다(표 2-15). 시험 품종인 묵우, 녹양, 목양, 중모 1029호(수원 544호), 수원 522호, 익산 581호, 다산(대비)을 5월 30일에 평당 90주씩 기계이앙을 하였고, ha당 시비량은 $N-P_2O_5-K_2O=200-51-57kg$ 이었다. 시험결과 건물수량은 묵우벼가 18.41톤/ha로 가장 많았으며, 수원 544호가 15.94톤/ha, 수원 552호가 14.92톤/ha, 녹양벼가 14.86톤/ha, 목양벼가 14.49톤/ha, 그리고 익산581호가 12.55톤/ha이었다. 사료용 벼의 사료가치를 보면, 조단백질(CP)의 함량은 품종에 따라 6.7~8.7%의 변이를 보였고 목양벼가 가장 높게 나타났으며, 가소화 양분총량(TDN)은 품종에 따라 70.3~62.7%의 범위에 있어 사료용 벼가 간척지에서 생산되어도 양호한 사료가치를 보였다.

<표 2-16> 사료용 벼 품종의 간척지 재배 시 생육 및 수량

품종	출수기(월.일)	간장(cm)	수수(개/주)	도복(0-9)	생체수량(톤/ha)	건물수량(톤/ha)
녹양	8.17.	78	12	0	42.5	14.86
묵우	9.5.	90	11	0	51.6	18.41
목양	8.20.	91	10	0	45.3	14.49
수원544	8.31.	98	11	0	46.3	15.95
수원552	8.25.	94	13	0	44.4	14.92
익산581	7.29.	84	9	0	39.2	12.55
다산	8.6.	72	14	0	37.4	11.94

<표 2-17> 사료용 벼 품종의 간척지 재배 시 사료가치

(단위 : %)

품종	조단백 (CP)	산소세제 불용성섬유 (ADF)	중성세제 불용성섬유 (NDF)	가소화 양분총량 (TDN)
녹양	6.9	23.6	34.5	70.3
묵우	6.8	27.5	31.2	67.2
목양	8.7	25.4	40.2	68.8
수원544	8.0	33.2	55.5	62.7
수원552	6.7	24.5	39.5	69.5

한편, 초기 염농도가 0.3%인 전남 무안의 배수불량 간척지 논에서 사료벼 품종의 선발 시험이 수행되었다(국립식량과학원, 2019-2020). 시험 품종은 목양·목우·미우·조우·영우 등의 5개 품종이었고, 염수(0.3%)에서의 발아율과 초기 생육, 그리고 간척지 포장에서 생육 특성과 수량성이 분석되었다. 시험이 수행된 무안 간척지 논은 배수가 불량하고 만조 시에 염수가 역류하는 등 재배환경이 매우 열악하여 옥수수나 기장 등의 밭작물을 재배하면 염해와 습해로 인하여 고사하거나 생육이 매우 저조하여 하계 사료작물로 담수상태로 재배가능한 사료벼의 재배만이 가능하였다. 사료용 벼의 0.3% 염수에서의 종자발아율은 목양이 87.3%로 가장 낮았고, 목우·미우·조우·영우 품종은 95% 이상의 발아율을 보였다. 초기 염농도가 0.3%인 무안 간척지 논에서의 생육은 초기 생육이 좋았던 목우벼가 수확기까지 출수가 되지 않아 건물수량은 1,308kg/10a으로 가장 낮았고, 목양은 1,572kg/10a, 미우는 1,312kg/10a, 조우는 1,502kg/10a, 영우는 1,806kg/10a이었다.

<표 2-18> 간척지 논에서 사료용 벼의 생육 및 수량

구 분	목우벼	목양벼	미우벼	조우벼	영우벼
발아율(%) (NaCl 0.3%)	98.7 a	87.3 b	99.3 a	100.0 a	100.0 a
출수기(월.일)	미출수	10. 7	10. 7	10. 7	10. 7
초장(cm)	104.3	113.3	110.6	112.1	112.3
분얼수(개/주)	32.9	28.8	16.9	25.8	29.5
간장(cm)	-	71.7	62.5	67.9	70.5
수장(cm)	-	20.3	23.4	19.4	20.5
건물중(kg/10a)	1,308	1,572	1,312	1,502	1,816

(다) 주요 사료용 벼 품종의 특성

사료용 벼 품종들의 간척지 적응성 시험에서 수량과 사료가치가 양호했던 품종들의 특성은 다음과 같다.

(1) **영우벼:** 중부 및 남부평야지에 적응하는 중만생종으로 총체 건물수량이 높고 사료가치가 우수한 품종이다. 특히, 전남 무안지역의 간척지 논에서 다른 품종들에 비해

수량이 높았다. 영우벼는 파종이 늦어질 경우 생육기간이 짧아져 후기 등숙이 불량할 수 있으므로 만기재배는 피하는 것이 좋으며, 최대 총체수량을 확보하려면 다비조건(질소 : 18kg/10a)에서 재배하는 것이 좋다. 메소트리온, 벤조비사이클론 성분을 함유하는 제초제 사용을 금하며, 사료 영양가치 및 알곡의 소화율을 높이기 위하여 출수 후 30일에 수확하는 것이 적당하다.

(2) 목우벼: 중부 및 남부평야지에 적응하는 만생종 품종으로 초다수성이며 사료적성이 양호하고 도열병, 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병 등에 복합내병성을 가진 품종이다. 저온에 약하므로 냉수 유출답 등에는 재배를 피하여야 한다. 복합내병성 계통이나 적기에 기본방제를 해야 하며, 이앙이 늦어지면 출수되지 않으므로 반드시 적기 이앙이 필요하다.

(3) 목양벼: 중부 및 남부평야지에 적응하는 만생종 품종으로 초다수성이며 사료적성이 양호하다. 도복에 강하나 저온에 약하므로 냉수유출답 등에는 재배를 피하여야 한다. 도열병 및 줄무늬잎마름병에 대하여 중도저항성계통으로 적기에 기본방제를 해야 한다. 또한, 만생종으로 이앙이 늦어지면 수전일수가 길어질 수 있으므로 적기이앙이 필요하다.

(4) 중모1029: 중부 및 남부평야지에 적합한 만생종 품종이다. 후기 녹색성이 우수하며 총체건물 수량이 높다. 저온발아성이 양호하고 흰잎마름병(K1~K3)과 줄무늬잎마름병에 강한 특성을 보인다. 파종이 늦어질 경우 생육기간이 짧아져 후기 등숙이 불량할 수 있으므로 만기재배는 피하는 것이 좋다. 질소질 비료 과용 시 과번무로 도복이 우려되고 식물체가 연약함에 따라 병해충 발생이 우려되므로 적정균형시비해야 한다. 사료영양가치 및 알곡의 소화율을 높이기 위하여 출수 후 20~30일(호숙기)에 수확하는 것이 적당하다.

(5) 녹양벼: 중남부 및 영남내륙 평야지에 적응하는 중만생종 품종으로 후기녹체성과 사료적성이 양호한다. 내탈립·내도복성이 있고, 흰잎마름병·줄무늬잎마름병에 저항성이 있으나 도열병에는 약한 편이므로 적기에 기본방제를 해야 한다. 이앙이 늦어질수록 온도감응에 의한 지발분얼이 발생하고 수전일수가 길어질 수 있으므로 반드시 적기

이앙이 필요하다. 또한, 고온 강우 시에는 수발아 발생이 우려되므로 적기에 수확이 필요하다.

(라) 사료용 벼 재배 기술

(1) 토양관리

간척지에서 사료용 벼 재배가 가능한 토양 염농도는 0.1%(2.0dS/m) 이하가 적합하나 0.3% 이하의 염농도에서도 재배가 가능하다. 재배 토양의 염농도가 기준보다 높을 때에는 환수 등 염농도 경감 과정이 필요하다.

(2) 파종, 육묘, 이앙

사료용 벼는 기계이앙과 답수직파재배가 가능하다. 기계이앙 시 종자준비, 파종, 육묘 과정은 일반 벼의 재배 기술을 동일하게 적용하되 재식밀도는 일반 벼에 비하여 밀식하는 것이 수량확보에 유리하다. 기계이앙 재식밀도는 이앙시기, 토양 염농도 및 비옥도에 따라 30×12cm(92주/평)에서 30×16cm(69주/평) 간격으로 이앙밀도를 조절하며, 답수직파 시에는 10kg/10a 정도의 종자 파종량이 적당하다.

(3) 시비

사료용 벼의 적정 시비량은 질소-인산-加里=18-9-11kg/10(성분량)이다. 그러나 염분농도가 높은 간척지 토양의 경우, 잦은 환수 제염에 의하여 비료의 소실이 많아 질수 있으므로 적량보다 50% 정도 증시하는 것이 좋다. 비료의 분시방법은 질소비료의 경우 이앙 전에 기비로 50%, 이앙 후 20일 경에 분얼비로 20%, 그리고 출수 전 24일에 30%의 비율로 분시한다. 인산은 전량을 기비로 사용하고, 칼리는 기비와 수비로 나누어 이앙 전에 70%, 출수전 24일에 30%를 사용한다. 비료의 종류는 간척지가 대체로 염기성 토양이므로 가급적 황산기를 함유하는 생리적 산성비료가 좋다. 따라서 질소는 유안(황산암모늄), 인산은 과인산석회(과석), 칼리는 황산가리를 사용하는 것이 좋다.

(4) 물관리

사료용 벼를 간척지에서 재배할 때의 물관리 방법은 일반 벼의 재배관리에 준하여 실시한다. 특히, 이앙 및 활착기에 논 바닥이 마르면 염해 피해가 심하게 발생하므로 이 시기에 답수관리를 철저히 하여야 한다.

(5) 잡초 및 병해충 방제

잡초 및 병해충 방제는 일반 벼의 재배관리 기준에 준하여 실시하되, 사료용 벼는 메소트리온·벤조비사이클론 성분의 제초제에 약한 품종이 있으므로 제초제 선택 시 주의해야 한다. 또한, 사료용 벼의 일부 품종은 병해충에 취약하므로 병해충 방제도 적기에 해야 한다.

(6) 수확시기

사료용 벼의 수확시기는 출수 후 일수에 따른 수분함량, 사료가치, 그리고 수량 측면에서 고려하여 정한다. 양질의 사일리지 제조에 적합한 수확시기는 품종에 따라 약간의 변이는 있으나 출수 후 30일경이 수분함량 65% 정도를 함유하는 적기이다. 사료용 벼의 사료가치 측면에서 보면, 조단백질, 조회분, 산성세제 불용성섬유, 중성세제 불용성섬유 등은 수확시기가 늦어질수록 감소하며 가소화 양분총량 함량은 증가하는데 가소화 양분총량함량이 70% 이상이 되는 시점은 출수 후 30일경이다. 한편, 건물수량성의 경우 수확시기가 늦어질수록 증가하나 출수 40일 이후의 건물 증가량은 많지 않다. 따라서 수분함량, 사료성분, 가소화 양분총량 함량, 건물수량성 등을 고려할 때 출수 후 30~40일경이 수확하기에 적합하다⁵⁾.

다. 사료용 피

(가) 사료용 피의 특성

피는 아시아 지역에서 기원된 벼과의 한해살이 식물로 환경에 대한 적응력이 매우 강하여 토양 비옥도가 낮고 불리한 기상조건에서도 잘 자라며, 배수가 불량하고 강우량이 많은 습한 조건에도 적응력이 강하다. 피는 우리나라 전역에서 재배가 가능하며 재배기간은 약 2~3개월로 조생종은 평균 47일, 만생종은 평균 90일이 소요된다. 사료용 피는 생육이 진행될수록 질산태질소함량이 낮아지므로 여름철 가축 급여 시에 주의해야 할 질산중독의 위험이 낮다. 발아적온은 35℃, 토양 조건은 사양토와 식양토의 습한 토양에 적합하며 간

5. 출처: 안억근 등, 사료용 벼 주요 품종의 수확부위 별 사료가치, 2019

척지에서는 약 0.2%(3dS/m) 이하의 염농도 토양에서 재배가능하다.



사료용 피 생육기

사료용 피 이삭

<그림 2-5> 간척지에서 재배중인 사료용 피 생육 모습

(나) 간척지 적응 사료용 피

2022년 6월 현재 국립종자원에 등록되어 있는 피 품종은 소담직과 보라직으로 2개 품종뿐이며, 두 가지 품종 모두 혼반용과 가공용으로 보급된 식용 피 품종이고 아직까지 사료용으로 이용될 수 있는 피는 등록된 품종이 없다. 사료용 피를 재배하는 일부 농가에서는 제주재래피와 같은 국내 재래종이나 해외 품종을 구입하여 이용하고 있다. 따라서, 국내재래종이나 해외 품종 등의 유전자원으로 간척지에 재배할 수 있는 사료용 피 품종을 선발하는 연구가 수행되었는데, 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

토양 염농도가 0.3% 내외인 대호간척지에서 Shirohie, Summer green, Aoba, Panorama, Siberian, 제주재래피 등 6개의 품종을 이용하여 건물수량과 사료가치를 비교하였다⁶. 파종은 5월 23일에 종자 4kg/10a을 조파하였고 시비량은 질소-인산-가리를 성분량으로 15-10-10kg/10a 사용하였다. 비료의 분시는 질소는 파종기와 분얼후기에 각각 50%씩 분시하였고, 인산과 가리는 전량 기비로 사용하였다. 실험결과, Summer green 품종의 입모율이 95%, 건물수량은 5,296.5kg/ha로 가장 높았고 사료가치도 양호하였다.

한편, 새만금 간척지에서 수행된 조사료용 피 선발 및 잡초화 방지 기술 개발 연구(2012~2013)에서는 시험계통이 IT153561, 제주수집피 등 총 17개 유전자원이었다. 염농도 0.2~0.5%인 간척지 토양에 70×40cm 간격으로 10a당 2kg의 종자를 직파하여 발 상태로 재배하였다. 시비량은 질소-인산-가리를 10-5-5kg/10a를 사용하였으며

6. 출처 : 신재순 등, 간척지에서 사료용 피 품종들의 건물수량 및 사료가치 비교, 2006

질소는 기비와 추비를 5:5로 분시하였다. 사료용 피 계통의 염농도에 따른 발아율을 보면, 민물 조건에서 74%에서 95%의 발아율을 보인 종자들이 염농도가 증가하면서 발아율이 감소하였다. 염농도가 0.2%일 때 종자발아율은 민물 발아율대비 82~97%의 발아율을 보였으나 0.3%에서는 38~83%로 감소하고, 0.4% 이상의 염농도에서는 대부분의 계통이 민물 발아율 대비 50% 이하로 감소하였다. 염농도 0.3%에서 70% 이상의 발아율을 보인 유전자원은 IT 153611, IT 228841, 그리고 제주수집 피-3이었다(표 2-19).

<표 2-19> 피 유전자원의 염농도별 발아율

자원명	염농도(%)					
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
IT 153561	75	72	62	54	34	0
IT 153566	95	93	82	45	30	0
IT 153571	90	87	85	42	21	0
IT 153575	85	86	75	55	14	10
IT 153588	90	93	84	35	5	21
IT 153610	89	88	83	65	42	0
IT 153611	88	85	83	74	73	31
IT 183327	92	88	85	73	70	23
IT 186707	90	91	85	62	43	38
IT 195422	95	90	81	62	56	22
IT 228841	95	91	90	85	68	20
PI 182304	85	81	72	53	48	7
PI 183332	86	86	84	72	64	0
제주수집 피-1	74	71	70	53	24	10
제주수집 피-2	83	75	74	53	35	33
제주수집 피-3	85	75	72	70	67	37
제주수집 피-4	91	83	76	52	33	12

새만금 간척지에 종자를 직파하고 발 상태로 유지하였을 때, 대부분의 피 유전자원 계통들은 적정밀도 이상으로 입모되었고, 파종 후 2개월까지는 생육이 정상적으로 진행되었다. 그러나 파종 70일이 경과한 7월 초부터 염분이 표토에 집적되어 염농도가 급격히 상승하였고 그로 인한 염 피해로 대부분의 계통이 고사되었다. 그 과정에서 IT

153575, IT 195422, 그리고 제주수집피 4종 등 총 6계통은 고사되는 시기가 늦고 잎의 녹색정도 늦게까지 유지되어 다른 계통에 비하여 내염성이 강한 것으로 판단되었다.

또한, 국립식량과학원에서 수행된 간척지 적응 사료용 피 선발 및 안정생산기술 개발(2014-2016) 연구에서는 제주재래피, 인도 도입종, 그리고 국내수집종 등 30계통의 피 유전자원에 대한 내염성이 검토되었다. 실험조건은 염농도가 0.2%와 0.5% 내외인 2개의 포장에서 재식거리는 40×20cm, 시비량은 N-P-K= 20-5.1-5.7kg/10a였다. 실험결과, 간척지 적응 사료용 피로 선발된 계통은 조중생종인 IT 186707, PI183332과 만생종인 제주재래피, 제주수집피-1 등 4계통이었다. 선발품종의 평균 건물수량은 토양 염농도 0.2%에서는 14.7톤/ha이었고, 토양 염농도 0.5%에서는 9.6톤/ha이었다. 선발품종을 포함한 피 유전자원의 사료가치는 조단백 함량이 10-14%, TDN이 58-63% 범위에 있었고, 토양 염농도가 높아지면 함량이 낮아지는 경향이었다.

<표 2-20> 토양 염농도별 사료용 피 유전자원의 사료가치

(단위 : %)

염농도 (%)	계 통	조단백 (CP)	산성섬유소 (ADF)	중성섬유소 (NDF)	가소화 양분 (TDN)
저염도	제주재래피	12.2b	35.7	66.1	60.7b
	제주수집-4	10.8c	39.2	68.6	57.9c
	제주수집-3	11.0c	37.6	68.2	59.2c
	제주수집-1	10.7c	39.3	69.9	57.8c
	IT153611	14.2a	36.7	66.4	59.9b
	PI183332	10.4c	32.7	59.3	63.0a
	K213286	10.9c	32.2	61.5	63.4a
	K213287	14.1a	32.4	61.6	63.3a
고염도	제주재래피	9.6c	36.5	68.0	60.0b
	제주수집피-4	10.5c	38.5	77.0	58.5c
	제주수집피-3	10.1c	37.4	67.8	59.3bc
	제주수집피-1	9.7d	38.1	69.6	58.8c
	IT153611	13.2a	33.9	64.4	62.1a
	PI183332	9.5d	37.4	68.1	59.3bc
	K213286	11.7bc	35.0	66.0	61.3b
	K213287	12.2b	33.4	61.8	62.5a

(다) 사료용 피 직파재배 기술

(1) 파종시기

사료용 피의 파종시기는 4월 하순에서 5월 중순이 적당하다. 파종시기에 따른 사료용 피의 생육 특성 및 수량성 검정시험(국립식량과학원, 2017)의 결과를 보면, 토양 염농도 0.2%인 토양에서 4월 하순에 파종하면 건물수량이 17.3톤/ha이었으며, 6월 중순에 파종하면 14.8톤/ha으로 감소하였고, 7월 하순에 파종하면 13.8톤/ha으로 4월 하순 파종에 비하여 약 20% 정도 수량이 감소되었다. 염농도가 0.5%인 토양에서도 4월 하순 파종이 수량이 가장 높았으나 저염도(0.2%) 토양에 비하여 약 30% 감소하였다.

<표 2-21> 사료용 피의 파종시기에 따른 생육 특성 및 수량

염농도 (%)	파종기 (월.일)	입모수 (개/m ²)	입모율 (%)	출수기 (월.일)	생체수량 (톤/ha)	건물수량 (톤/ha)
0.2	4.22	470	40	7.22	86.5	17.3
	6.20	494	42	9.10	70.5	14.8
	7.31	517	44	10.4	62.6	13.8
	평균	494	42	-	73.2	15.3
0.5	4.22	435	37	7.31	60.3	12.1
	6.20	458	39	9.21	50.0	10.5
	7.31	470	40	10.13	45.5	10.0
	평균	454	39	-	51.9	10.9

(2) 파종방법

간척지 논에서 사료용 피의 직파재배 파종은 담수상태에서 조파하거나 산파한다. 일반 논에서는 물로터리 후 물을 빼서 파종하는 것이 입모확보에 유리하나 간척지의 경우에는 염해의 우려가 있으므로 담수상태에서 파종하고 그 후에도 담수상태를 지속적으로 유지해야 한다.

(3) 파종량

간척지에서 사료용 피 종자의 파종량은 4kg/10a 정도가 적당하다. 간척지 논에서는 일반 논의 파종량(2kg/10a)보다 두 배 정도 파종량을 많게 하는 것이 입모수와 건물

수량 확보에 유리하다.

새만금 간척지 포장에서 피 종자의 파종량에 따른 생육 특성과 건물수량성에 대한 연구결과에서는 파종량이 3-4kg/10a이었을 때 수량이 약 17톤/ha로 가장 높았으며, 이때의 입모수는 400개/m² 내외이다.

<표 2-22> 간척지 토양에서 사료용 피의 파종량에 따른 생육 및 수량

파종량 (kg/10a)	입모수 (개/m ²)	입모율 (%)	도복 (0-9)	생체수량 (톤/ha)	건물수량 (톤/ha)	TDN* (%)
20	246	42	0	77.0	16.2	57.4
30	362	41	0	83.7	16.7	57.8
40	482	41	1	85.4	17.1	56.1
50	602	41	3	86.0	16.3	54.6

*TDN : 가소화 양분함량

(4) 시비량

간척지에서 사료용 피 재배 시 질소-인산-가리의 적정 시비량은 성분량으로 20-5.1-5.7kg/10a이다. 비료의 분시 방법에 대해서는, 질소는 기비로 70%, 추비로 30%를 분시하며, 인산과 가리는 전량 기비로 사용한다.

간척지에서 사료용 피의 직파재배 시 질소시비량에 따른 생육과 건물수량에 대한 시험 결과(국립식량과학원, 2015)에서, 질소질 비료를 20kg/10a 사용하였을 때 건물수량이 17.2톤/ha으로 가장 높았고, 조단백질(CP)은 12.2%, TDN은 58.7%로 사료가 치도 양호하였다.

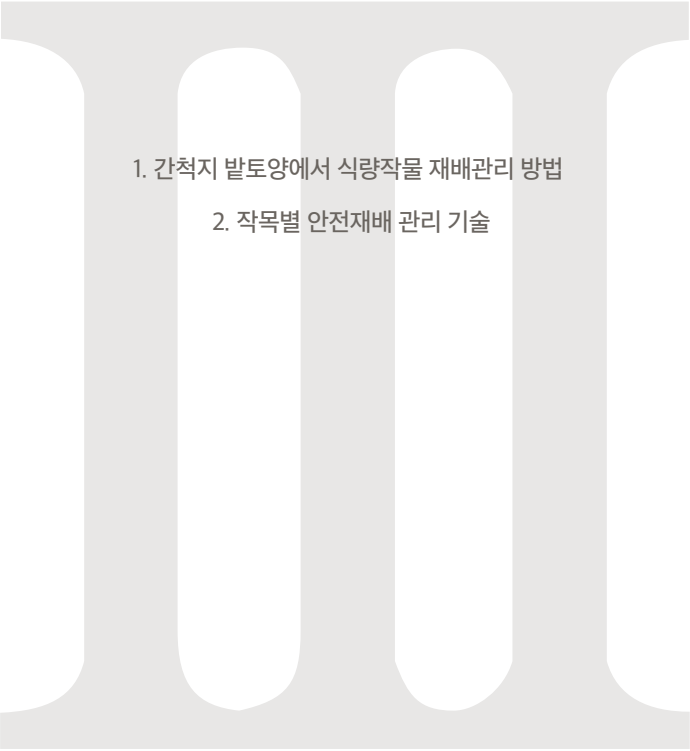
<표 2-23> 간척지에서 사료용 피 직파재배 시 질소시비량에 따른 생육과 수량

질소시비량 (kg/ha)	초장 (cm)	간장 (cm)	간경 (mm)	생체수량 (톤/ha)	건물수량 (톤/ha)
100	169	150	19.4	65.6	14.3
150	170	150	18.2	68.3	15.3
200	180	159	19.7	76.2	16.6
250	198	175	20.1	77.6	16.9
무비	136	118	18.2	24.6	9.4



제3장

간척지 밭토양에서 작물 안전재배 기술

- 
1. 간척지 밭토양에서 식량작물 재배관리 방법
 2. 작목별 안전재배 관리 기술

1

간척지 발토양에서 식량작물 재배관리 방법

토양 염농도는 작물 발아 및 생육 등 작물이 자라는데 직접적인 영향을 미치기 때문에 염농도에 의한 피해가 발생할 요인을 사전에 제거하는 것이 좋다. 더군다나 간척지 토양은 염농도만 높은 것이 아니라 유기물 함량도 낮고, 무기양분 함량은 불균일한 곳이 많다. 이런 현상은 특히 새로 개간한 간척지에서 뚜렷하게 나타나고 있다. 따라서 이런 열악한 환경 조건에서 안정적인 작물을 생산하기 위하여 토양 염농도에 맞는 작물을 선정하고, 작물별로 적절한 재배 방법을 따르는 것이 안정적인 작물생산에 유리하다.

가. 간척지의 염농도별 작물 안전재배 분류

우리나라는 2006년에 농어촌공사에서 토양 제염단계별 염농도에 따른 재배가능 작물을 선정하였는데 이 때 염농도 수준을 간척초기(0.3% 이상), 고농도(0.2~0.3%), 중농도(0.1~0.2%), 저농도(0.1% 이하)의 4수준으로 분류하였다. 1단계는 고염농도 상태로 제염에 효과적인 염생식물(갈대, 칠면초, 통통마디 등)을 배치하였고, 2단계는 경관 및 유기물 공급효과가 큰 제염식물(자운영, 메밀, 목화, 유채, 해바라기 등), 3단계는 염에 저항성을 지닌 사료 또는 경관작물(국화, 카네이션, 석류, 무화과, 시금치, 베고니아, 토마토, 오이 등), 그리고 마지막 4단계에는 경제작물(옥수수, 감자, 양파, 상추, 가지, 양배추, 배추, 당근, 딸기, 파프리카 등)이 있다. 이렇게 4단계의 제염과정을 두어 토양 염농도별로 작물의 염에 대한 저항성을 고려하여 재배 대상작물을 추천하였다.

국립식량과학원은 간척지에 자생하는 염생식물을 조사하여 토양 염농도를 기준으

로 4단계로 구분하여 각 염농도별 재배 가능한 염생식물을 추천하였다. 토양 염농도가 낮은 0.3% 이하에서는 갈대, 피, 갯잔디, 망초 등을, 토양 염농도 0.3~0.4%는 통보리 사초과, 토양 염농도 0.4~0.9%는 갯꾸러미풀, 그리고 토양 염농도가 가장 높은 0.9% 이상에서는 통통마디, 칠면초, 해홍나물, 나문재 등의 염생식물이 자생하였다.

<표 3-1> 간척지 재배 가능한 염농도별 염생식물 추천

토양 염농도(%)	0.3% 미만	0.3~0.4%	0.4~0.9%	0.9% 초과
식생분포	갈대, 피, 망초 비짜루국화, 갯잔디	통보리사초과	갯꾸러미풀	통통마디, 칠면초, 나문재 해홍나물

새만금 간척지는 논작물보다는 밭작물을 재배하기 위하여 조성된 간척지이다. 논작물은 담수상태에서 작물이 재배되기 때문에 염농도가 다소 높더라도 생육이 가능하다. 반면에 밭작물이 염농도에 그대로 노출되기 때문에 염농도에 따른 생육반응이 민감하게 나타나고 있다. 새로 개간한 새만금 간척지에서 토양 염농도를 조절하여 식량작물을 재배한 결과 기장이 염농도 저항성이 가장 커 염농도 0.3%에서도 생육이 가능하였고, 땅콩, 옥수수, 수수는 0.2% 이내, 콩, 팥, 녹두, 강낭콩, 참깨, 울무, 조 등은 토양 염농도 0.1% 이내에서 안정 생장이 가능하였다.

<표 3-2> 신간척지 작물재배 시 작물별 안전생장 가능 염농도 범위

토양 염농도	0.1% 이하	0.1~0.2%	0.2~0.3%	0.4% 이상
작물명	콩, 팥, 녹두, 강낭콩, 참깨, 울무, 조	땅콩, 수수, 옥수수	기장	-

우리는 지금까지의 연구결과를 종합하여 우리나라 간척지에 재배 가능한 식량작물로 콩, 옥수수, 봄감자, 기장, 수수 5개 작목을 고시하였고, 이들 작물에 대한 염농도 기준과 작물 재배 기술에 대한 정보를 등록하였으며 추가로 보리, 감자(가을), 참깨, 땅콩, 유채, 귀리 등 6개 작목을 고시작물로 등록하기 위한 연구가 다수 진행되고 있다.

2

작목별 안전재배 관리 기술

가. 콩

(가) 기본특성

콩은 간척지 영농에 적합한 작물로 고시되어 있으며 작물재배 정보를 제공하고 있다. 콩은 대표적인 콩과작물로 어떤 토양에도 비교적 잘 적응하는 편이나 염에는 약한 작물이다. 콩 재배에 적당한 토양은 수분보유력이 높으며 물빠짐이 잘 되는 곳이다. 콩은 재배기간에 질소를 고정하여 사용하기 때문에 비료를 많이 요구하지는 않는 작물이며 농경지에 재배하면 토양 질을 개선해 주는 효과가 있어 간척지에 재배하면 토양 질 개선에도 도움이 되지만 염에 약하기 때문에 재배기간 염농도 관리에 신경을 써 줘야 한다.



콩 초기 생육



콩 중간 생육

<그림 3-1> 간척지에서 재배중인 콩 생육 상황

(1) 추천 품종

간척지에 재배 가능한 품종은 다양하지만 이들 중 간척지에 적합한 품종은 대풍콩과 신기콩으로 이들은 염농도가 높고 척박한 토양에 적응성이 뛰어난 것으로 알려져 있다.



대풍



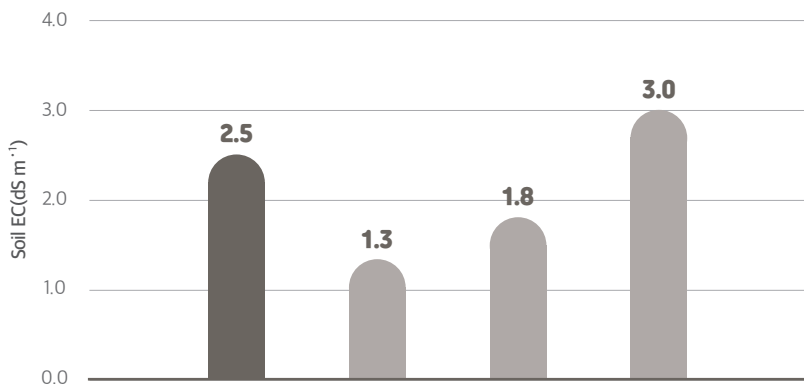
신기

- 교배조합: 백운콩/신팔달콩2호
- 용도: 두부 및 장류용
- 주요 특성
 - 중만생종으로 도복에 강함

<그림 3-2> 간척지 추천품종 콩의 모습과 특성

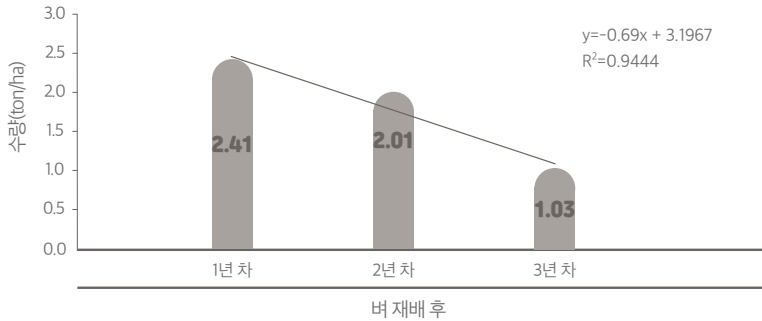
(나) 토양관리

콩은 염농도에 약한 작물로 재배 가능한 토양 염농도(EC)는 1.5dS/m 이하에서 잘 자란다. 높은 염농도를 제거하는 방법은 물을 흘려대어 씻김효과를 얻거나 물을 담아 농도를 낮춰주는 방법이 있다. 그러나 콩은 습해에 약한 작물로 콩을 재배하면서 과도한 물이 공급되면 습해를 받아 콩생육이 불량해 진다. 간척지 토양에 콩을 재배할 때 염농도를 낮추면서 안정적인 콩 생산을 위하여 1년 간격으로 논(벼)·밭(콩)을 돌려가며 재배할 때 염농도가 가장 낮았으며, 수량성도 가장 좋았다.



<그림 3-3> 벼 재배 후 콩 재배년차별 토양 염농도 변화

간척지에 콩을 2년 연속 재배하면 토양의 염농도가 증가하고 생육이 불량했다. 특히 2년 동안 계속 콩을 재배하면 100립중이 1년 재배에 비하여 약 26%가 가벼워졌고, 3년 연속으로 콩을 재배하면 41%가 가벼워져 결국 콩 수량이 적게 생산되었다.



〈그림 3-4〉 논발윤환 간척지에서 콩 재배기간별 수량

(다) 재배특성

(1) 파종시기

콩은 생태형별로 조생종, 중생종, 만생종으로 나누어 파종시기를 설정하지만 간척지에서는 콩 하나만 재배할 때는 발아가 순조롭게 일어날 수 있는 시기로 토양온도가 15℃ 이상이면 6월 상순과 중순에 파종하는 것이 좋다. 콩을 동계작물과 연계하여 재배할 때는 6월 상순~하순까지 파종은 가능하지만 경제적인 측면을 고려하여 주작물을 결정하고 주작물 수확시기에 맞추어 콩 파종시기를 결정하는 것이 더 유리하다.

〈표 3-3〉 콩 재배유형별 파종시기

재배유형	콩단작	동계작물+콩	봄감자+콩	마늘+콩
파종시기	6월 상·중순	6월 중·하순	6월 하순	6월 상순

(2) 파종량 및 파종방법

콩 파종량은 생태형, 기상환경, 재배양식, 파종시기에 따라 달라지지만 1주 2본으로 재배할 때 10a당 약 5~6kg이 소요된다. 재배조건에 간척지 같이 재배조건이 불리한 지역은 기본 종자량에 약 10%를 추가하여 파종하는 것이 안정적인 생산에 유리하다.

콩 파종방법은 로타리 경운 후 이랑(고랑, 두둑)을 만들어 파종기로 파종, 이랑을 만든 다음 비닐멀칭하여 파종, 육묘하여 이식 등 다양한 방법이 있으나 간척지는 간척지 특성상 기본 구획이 2ha 이상으로 넓기 때문에 노동력이 많이 든다. 그래서 노동력

을 적게 들이면서 파종할 수 있는 방법으로 기계파종 방법을 선호하고 있으며 파종기로는 논콩 복합파종기를 이용한다. 논콩 복합파종기는 한번 작업으로 두둑성형, 콩 파종, 제초제 살포의 3가지 작업을 수행할 수 있는 장비이다.



제초제 살포형

생육 상태

제초제통 미부착

<그림 3-5> 논콩 복합파종기의 파종모습과 콩 생육

파종방법은 평두둑에 2줄재배(조간 30~35cm, 주간 10~20cm)를 권장하며, 두둑폭은 100cm, 고랑깊이 30cm로 하는 것이 콩 생육에 유리하다. 콩은 습해에 약하기 때문에 두둑을 높여 파종하면 습해 예방에 효과적이다. 또한 콩 재배 시 비닐을 피복하여 재배한 결과 재염화를 억제하여 콩 생육이 좋았을 뿐만 아니라 잡초 방제와 토양수분을 유지하는 효과까지 얻어 콩 수량이 증수되었다.



비닐 무피복/평휴재배

비닐 피복/평휴재배

피복유무와 토양 염농도

<그림 3-6> 토양 피복 유무에 따른 토양 염농도

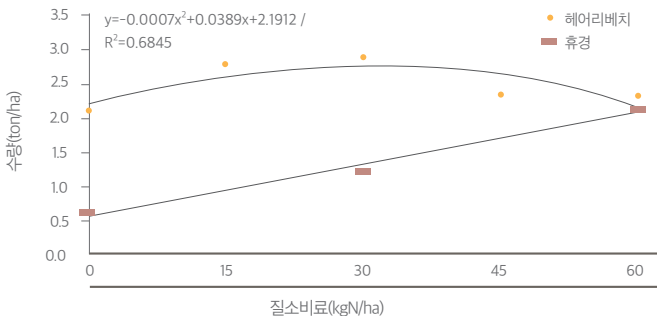
(3) 비료 시비량 및 시비 관리

콩은 공중질소를 고정하여 사용하기 때문에 다른 작물에 비하여 시비량이 적은 편이다. 간척지에 토양은 질소, 인산함량이 부족하고 칼륨이 상대적으로 풍부하기 때문에 노지토양보다 질소, 인산 시비량은 많다. 고시된 콩의 표준 시비량은 10a당 6-7-3

kg(질소-인산-칼리)이며 이 시비량은 콩 파종 5일 전에 모두 시비한 다음 로타리 경운 작업을 실시한다.

콩은 다른 작물에 비해 산성에 약하고 칼슘흡수량이 많으므로 칼슘을 공급해 주는 것이 좋다. 칼슘 공급을 위하여 주로 석회를 사용하며 표준사용량은 10a당 200kg이다. 토양 산도(pH)가 7.0 이상보다 높을 경우 석회 대신 석고 400kg/10a를 사용하는 것이 좋다. 유기물함량이 낮은 간척지에서는 매년 10a당 퇴구비를 1,500kg 공급하여 주는 것을 추천한다. 벗짚, 퇴비 등 퇴구비 외에 가축분 퇴비를 이용할 경우에는 10a당 돈분 톱밥퇴비는 330kg, 계분톱밥퇴비 250kg으로 줄여서 공급하여 준다.

간척지의 질소시비량은 일반노지의 2배에 해당하는 6kg을 추천하고 있다. 간척지 토양 특성상 다량의 화학비료의 투입은 환경오염을 일으킬 우려가 있어 동절기에 녹비 작물이나 퇴비를 이용하여 토양의 땅심을 높여주는 것이 좋다. 간척지 0.1% 이하 농경지에서 동계 풋거름작물 헤어리베치를 재배하고 이듬해 토양환원 이후 뒷그루 콩(대풍) 재배할 때 간척지 콩 질소시비 60kg/ha의 25% 수준인 질소(15kg N/10)시비로 콩 2.9톤/ha 생산 가능하여 녹비작물을 이용한 양분공급 효과가 우수하였다.



<그림 3-7> 헤어리베치 환원 및 질소시비수준에 따른 콩 수량(ton/ha)

(4) 물관리 방법

콩은 습해에 약한 작물로 고휴재배가 필수적이며 강우 시 습해 방지를 위하여 배수로를 설치해 주는 것이 좋다.

(5) 수확시기

콩은 성숙기 이후 7~14일이 경과할 때 수확하는 것이 좋다. 콩 식물체는 수확기가

가까워져 오면 콩잎은 노란색으로 변하여 떨어지고 줄기만 남게 된다. 콩 꼬투리는 말라 변색되는데 콩 꼬투리가 약 80~90% 변색되고 수분함량이 18~20%일 때 수확하는 것이 가장 좋다. 육안으로 콩 수확시기를 알아볼 때는 콩이 터지기 시작했을 때, 혹은 꼬투리를 흔들어 달그락거리는 소리가 나면 수확시기가 된 것으로 판단하면 된다.

나. 옥수수

(가) 기본특성

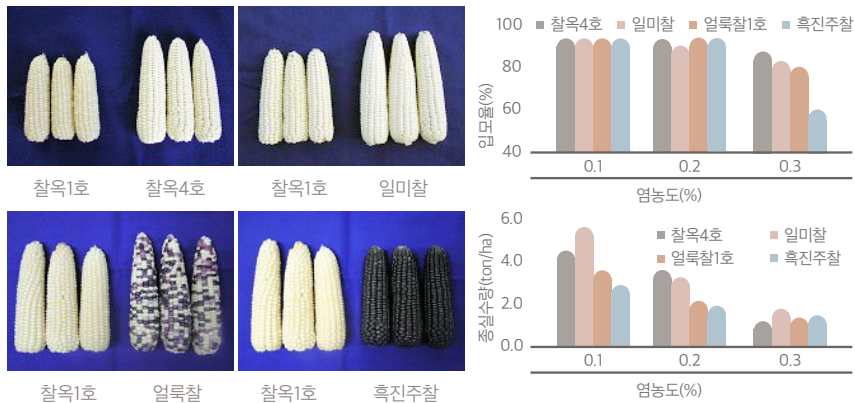
식용옥수수는 간척지 영농 재배에 적합한 작물로 등록되어 있어 간척지에서 안정 생산을 위한 재배 방법을 제공하고 있다. 또한 옥수수는 환경적응성이 높은 작물로 타 작물에 비하여 간척지 적응성이 높다고 알려져 있다. 옥수수는 벧과 작물로 비옥한 토양을 좋아하고 생육기간 동안 많은 양의 비료가 필요하기 때문에 간척지에서 옥수수의 안정생산 위해서는 적절한 양분관리가 필요하다.



<그림 3-8> 간척지에서 재배 중인 식용옥수수 생육 상황

(1) 추천품종

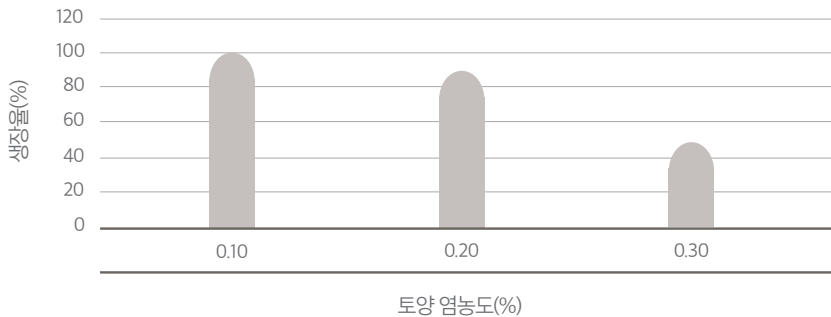
간척지 토양에서 재배 가능한 옥수수는 일미찰, 찰옥 4호, 흑진주찰, 얼룩찰 1호 모두 토양 염농도 0.1%에서 입모가 양호하였으며 옥수수 수량은 70.3~98.5%에 달하여 네 품종 모두 간척지에서 적응력이 뛰어났다. 그러나 염농도가 0.2%로 상승하면 옥수수 수량은 급격히 감소하여 관행(노지)대비 평균 57.9%를 보였고 0.3%로 높아지면 31.2%의 수량성을 보였다. 네네 품종 모두 간척지 재배가 가능하지만 그 중 찰옥4호, 일미찰은 토양 염농도 3.0dS/m(염농도 0.2%) 이하에서 생육 및 수량이 안정적으로 생산되어 다른 품종보다 간척지 적응성이 가장 뛰어났다.



〈그림 3-9〉 간척지 재배한 찰옥수수 생육 및 수량

(나) 토양관리

간척지에서 식용 옥수수의 재배 가능 토양 염농도(EC)는 3.0dS/m(0.19%) 이하에서 재배할 때 입모율 및 생육이 양호하여 안정적인 옥수수 수량을 얻을 수 있기 때문에 염농도 0.2% 이상인 토양에서는 재배하지 않는 것을 권장한다.



〈그림 3-10〉 토양 염농도에 따른 옥수수 생육 및 수량

옥수수 재배는 보통 두둑을 만들어 재배하고 있는데 특히 간척지는 배수불량인 농경지가 많기 때문에 꼭 두둑을 만드는 것을 추천한다. 새만금 간척지 토양은 점토 함량이 낮고 극세사(매우 고운 모래, 0.05~0.1mm)와 미사(0.002~0.05mm) 함량이 높은 극세사양토로 토양 투수등급은 '느림(1~5mm/hr)'에 해당하고 토양 침식성은 우리나라 일반토양보다 2배 이상 높은 특성을 가지고 있어 과도한 강우나 관개수가 공급되면

두둑이 쉽게 무너져 내린다. 두둑이 무너지면 배수로 역할을 제대로 못하여 습해가 발생할 위험이 높아질 뿐만 아니라 강우에 의하여 유실된 토양은 작물 지지기반을 흔들어 옥수수가 쓰러지는 원인이 된다.



새만금 간척지 토양

강우로 인한 두둑 무너짐

토양 유실로 쓰러진 옥수수

<그림 3-11> 새만금 간척지 토양특성과 옥수수 재배현황

(다) 재배특성

(1) 파종시기

노지에서 옥수수를 재배할 때 파종시기는 4월 하순에서 5월 중순까지 파종할 수 있는 시기가 길다. 파종시기의 환경조건에 따라 파종하면 되는데 간척지는 염농도는 높은 반면 공급할 수 있는 물의 양은 한계가 있기 때문에 토양의 염농도와 수분보유 정도에 따라 파종시기를 결정하는 것이 옥수수 입모에 유리하다.

(2) 파종량 및 파종방법

10a당 옥수수 파종량은 4kg을 권장하는데 간척지에서 안정적인 생육을 위하여 약 5~6kg을 추천한다. 옥수수 파종은 산파, 조파, 이식방법 모두 가능하지만 요즘 대부분 기계파종을 선호하고 있으며 단위면적의 규모가 큰 간척지에서는 기계파종이 더욱 권장된다.

(3) 재배 방법 및 재식밀도

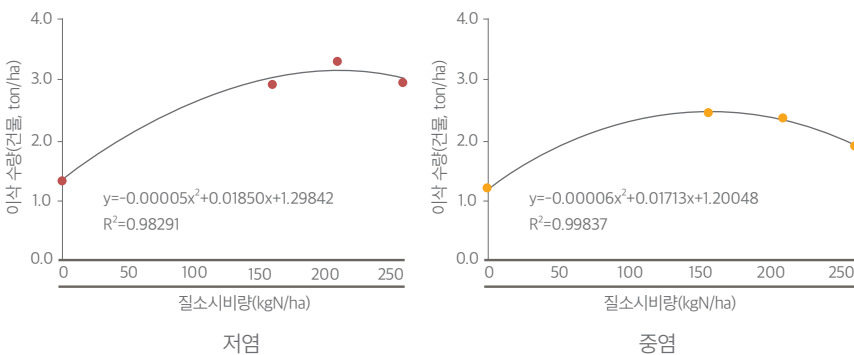
간척지에서 옥수수 재식거리는 60×30cm를 추천하고 있다. 그러나 요즘 일반 노지에서는 파종, 제초작업 등 대부분의 작업에 기계를 이용하기 때문에 기계 작업이 가능하도록 재식거리를 변경하여 적용하고 있다. 간척지는 재배 기본 면적이 2ha 단위로 넓게 정리되어 있어 대부분 농작업들이 기계에 의존할 경우가 더 많기 때문에 재식거리

는 기계조건에 맞게 조절하여 사용해 주는 것이 더 좋다. 간척지의 토양 특성을 고려하여 복주는 작업을 꼭 해 주길 권장한다.

(4) 비료 시비량 및 시비 관리

옥수수는 식용작물 중에서 비료를 많이 필요로 하는 작물 중 하나인 반면 간척지 토양은 유기물 함량이 낮고, 토양pH가 높아 양분 보유능력이 약한 특징을 가지고 있다. 이런 간척지 토양에서 질소의 손실을 낮추고 인산의 불용화를 늦춰 작물의 양분 흡수능력을 높이기 위하여 토양 염농도에 의한 시비량을 달리 적용하였다. 간척지에서 옥수수 재배 시 추천하는 시비량(질소-인산-칼리)은 토양 염농도가 2.7dS/m (염농도 0.2%) 기준일 때 10a당 15-10-10kg을 시비하고 토양의 염농도가 1.0dS/m 이하로 저농도 일 때는 20-10-10kg으로 토양 염농도 수준에 따라 달리 시비할 것을 권장한다. 시비방법은 토양 염농도 상관없이 인산과 칼리비료는 전량 기비로 사용하고 질소비료는 기비와 6-7엽기에 나누어(기비50-추비50) 주는 것이 좋다.

간척지 토양은 유기물 함량이 낮고 양분이 불균일한 곳이 많아 검정시비를 하게 되면 일반 노지재배보다 더 많은 시비량이 산출된다. 그러나 간척지에 많은 화학비료를 사용하면 빗물에 의해 흘러내려가 주변 하천을 오염시키는 원인이 되기 때문에 화학비료를 다량 시비하는 것보다는 유기물을 사용할 것을 권장한다.



* 시험장소 : 새만금 간척지, 염농도 : 저염(1.0dS/m), 중염(2.7dS/m)

<그림 3-12> 토양 염농도별 질소시비반응

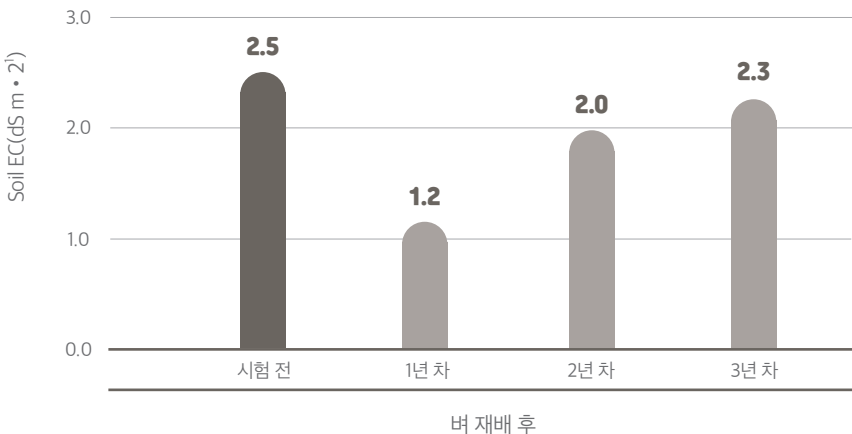
(5) 수확시기

식용옥수수 수확시기는 노지재배와 같이 출사 후 25일에 수확하는 것이 좋다. 식용옥수수를 4월 하에서 5월 상순에 파종하면 8월 상순쯤에 수확이 가능하다. 우리나라 8월 상순의 기상은 장마가 끝난 고온 기간이므로 식용옥수수는 건조로 인한 품질저하가 발생할 수 있어서, 출수 후 25일을 기다리는 것보다 옥수수 알갱이의 상태를 확인하여 수확할 것을 추천한다.

(6) 작부체계

옥수수는 염에 적응성이 뛰어난 작물은 아니지만 토양 염농도가 0.2% 미만인 간척지에서는 재배가 가능하다. 그러나 밭조건에서 옥수수를 연속으로 재배하게 되면 토양 염농도가 증가하기 때문에 염농도를 낮춰주기 위한 영농기술이 필요하였으며 염 제거에 가장 좋은 방법인 논조건인 벼와 작부체계를 설정하였다.

간척지토양에서 옥수수를 3년 이상 재배하면 토양 내 재염화가 진행되어 시험 전과 같은 수준의 염농도를 보여 3년에 1회씩 토양염분 제거를 위하여 논토양의 환원이 필요하였다.



<그림 3-13> 옥수수 안정생산을 위한 벼-옥수수 작부체계 설정

다. 봄감자

(가) 기본특성

새만금 간척지에서 봄 재배에 적합한 품종으로 다미를 추천하였다. 다미는 토양 염농도 2.0dS/m 내외의 수준에서 '수미'보다 수량 감소가 적었고 감자 kg당 조수익도 높았다.

<표 3-4> '다미'와 '수미'의 수량 및 수익성 비교

품종	염농도 (dS/m)	총서수량 (kg/ha)	상서수량 (kg/ha)	조수익 (천원/kg)	수량 지수
다미	1.00이하	31,716a	16,207a	28,481	105
	2.0	25,269b	11,548b	22,691	84
	4.0	20,066c	7,886c	18,019	67
수미	1.00이하	30,072a	16,720a	27,005	100
	2.0	20,275c	11,009b	18,207	67
	4.0	13,472d	3,112d	12,098	44

새로 조성된 새만금 간척지의 사양토인 계화시험포장에서 봄 감자를 재배하여 사양토에 적합한 감자 품종을 선발하기 위하여 수량이 2,600kg/10a 이상이고 상서율이 70% 이상인 품종을 선발하였다. 그 결과 대서, 추영, 서흥, 고운, 하령, 조풍 6품종이 우수하였다. 이 중 대서, 추영, 서흥 품종은 감자 수량이 3,000kg/10a 이상 생산되어 사양토 간척지에 재배하기에 우수한 품종이었다.

<표 3-5> 간척지 사양토에서 봄감자 재배 시 품종별 출아 및 수량

품종	출아 시기 (월.일.)	출아율 (%)	개화 시기 (월.일.)	감자수량(kg/10a)				상서율** (%)
				대서	중서	소서	계	
대서	3.28.	98	5.9.	1,394	1,274	613	3,280a	80
추영	3.25.	98	5.18.	1,220	1,303	613	3,135a	78
서흥	3.30.	96	5.10.	1,241	1,126	662	3,029ab	77
추백	3.25.	99	-	976	1,064	969	3,008ab	64
추동	3.24.	100	-	543	1,379	910	2,831b	66
고운	3.23.	98	5.6.	1,147	1,006	587	2,739b	75

품종	출아 시기 (월.일.)	출아율 (%)	개화 시기 (월.일.)	감자수량(kg/10a)				상서율** (%)
				대서	중서	소서	계	
하령	3.25	99	5.9	1,005	974	728	2,707b	72
조풍	3.25	95	-	1,264	851	542	2,657b	78
대지	3.23	99	5.17	607	1,160	781	2,548b	63
수미	3.26	95	5.18	894	887	676	2,457b	74
홍영	3.30	95	5.15	325	640	1,061	2,025c	47
자영	3.30	96	5.14	376	723	817	1,915c	56
조원	3.28	94	5.6	892	557	330	1,778c	81
남서	3.29	93	5.11	236	394	379	1,009d	64

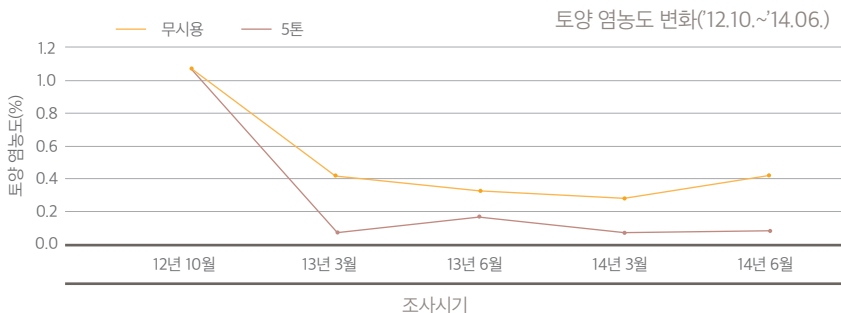
* 정식일:3.5, 재식거리:60×25cm, 시비:N-P₂O₅-K₂O=10-8.8-13-2000 kg/10a, 비닐피복 점적관수

** 상서율 = (대서+중서)/총감자수량

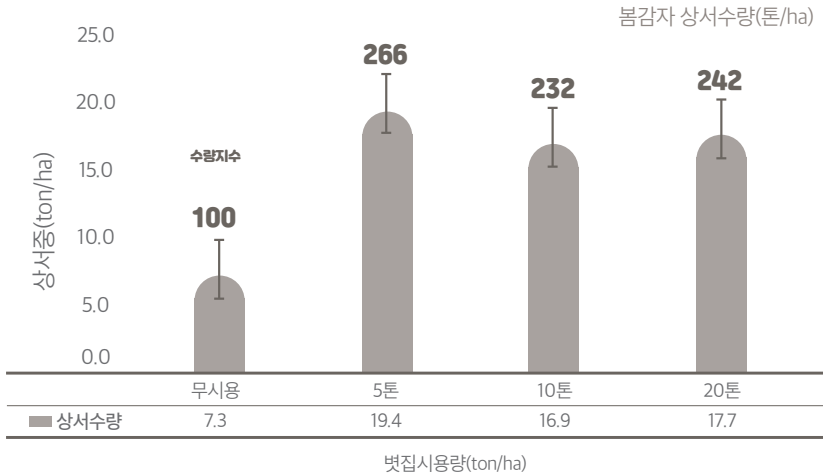
(나) 토양관리

감자는 땅속 식물로 생산부위가 땅속에 있기 때문에 감자를 재배하는 땅이 물이 차서 공기가 적으면 쉽게 썩으므로 물빠짐이 양호한 사양질 토양을 선택해서 재배하는 것이 좋다. 또한 지표 배수를 위한 배수로 조성과 땅의 균평 정리가 잘 된 토양을 고르거나 감자 재배 전에 균형작업을 하는 것이 좋다.

봄감자 재배가 가능한 토양 염농도는 2.0dS/m 이하로 감자는 염 적응성이 보통인 작목이다. 간척지는 작물재배기간에 가뭄이 들면 아래 층의 염분이 올라와 경작지 내의 염농도가 올라갈 수 있기 때문에 지속적인 염분관리가 필요하다. 신간척지에 봄감자를 재배할 때 자연강우에 의한 토양 염류의 재염화를 방지하기 위하여 벼짚시용 5.0톤/ha를 시용한 결과 벼짚 무시용 대비 재염화 방지 효과는 32% 증가하였고 감자 상서수량은 266% 증수하였다.



<그림 3-14> 벼짚시용에 따른 토양 염농도 변화



* 봄감자품종(수미)

* 시비량: 봄감자표준시비량 [질소(유안)-인산(용성인비)-가리(황산가리) 100-100-120kg/ha]

<그림 3-15> 벼집시용에 따른 감자 수량성

(다) 재배특성

(1) 파종시기

감자는 감자썩을 띄워 아주심기를 하거나 본밭에 직접 심는 방법을 모두 사용하고 있다. 농가에서 더 많이 사용하고 있는 방법은 씨감자를 구매하여 본밭에 직접 파종하여 재배하는 방법이다. 이때 봄 감자는 남부지방은 2월 중하순부터 파종을 시작하고 중부의 중·산간지방은 4월 상순까지 파종이 가능하다. 간척지의 파종시기도 노지와 같은 시기에 파종하면 된다.

(2) 파종량 및 파종방법

감자는 감자썩을 띄워 아주심기를 하거나 본밭에 직접 심는 방법이 모두 사용하고 있다. 이 방법 중 농가에서 더 많이 사용하고 있는 방법은 씨감자를 구매하여 본밭에 직접 파종하여 재배하는 방법이다. 이 때 봄 감자는 남부지방은 2월 중하순부터 파종을 시작하고 중부의 중·산간지방은 4월 상순까지 파종이 가능하다. 간척지의 파종시기도 노지와 같은 시기에 파종하면 된다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

간척지는 인산이 부족하고 칼륨은 상대적으로 풍부하므로 일반농경지보다 인산비료의 공급은 늘리고 칼리비료 공급은 줄이는 것이 좋다. 봄 감자의 표준사용량은 10a 당 질소-인산-칼리=10-12-10kg이나 남부해안의 일반농경지는 질소-인산-칼리=10-8.8-13kg으로 인산비료는 줄이고 칼리비료는 늘려주는 것이 감자 생산량에 좋다.



피복+N100kg



피복+N150kg



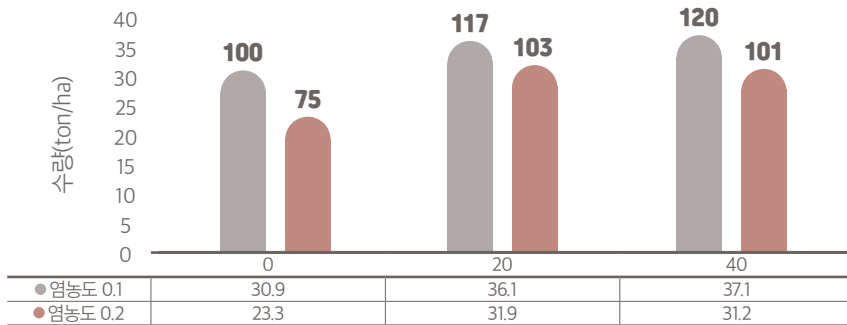
무피복+N150



피복+무피구

<그림 3-16> 질소 시비량에 따른 감자생육 모습

칼슘이 부족하고 나트륨이 많아 pH가 높은 간척지에서는 10a 기준으로 석고 400kg을 사용하는 것이 좋고, pH가 낮은 간척지는 석회 200kg을 사용하는 것이 좋다. 또한 간척지에서 봄감자 재배 시 퇴비를 우분퇴비로 ha당 2톤을 사용하면 감자 수확량이 약 17% 증가하였다. 토양 염농도가 중염(0.2% 이내) 수준일 때에도 화학비료를 시비하는 것보다는 퇴비사용량을 늘려주는 것이 더 효과적이었다. 그러나 감자 생산량을 높이기 위해 퇴비 사용량 증가에 따른 수량 증대 효과는 적어 퇴비는 표준시비량을 사용할 것을 권장한다.



<그림 3-17> 퇴비 시용량과 감자수량과의 관계

(4) 물관리

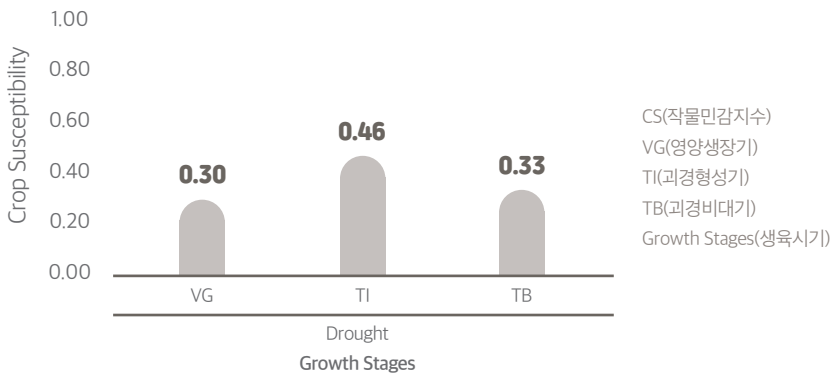
감자는 땅속에서 자란 부위를 수확하기 때문에 토양의 수분함량이 매우 중요하다. 수분이 너무 많으면 감자 괴경이 썩고 수분이 적으면 괴경의 비대가 불량하게 이루어진다. 특히 봄감자는 물 소모량이 급증하는 비대기에 5월 봄철 가뭄(무강우 10일 지속)과 겹치기 때문에 봄철 물관리에 따라 봄 감자 생산량이 많이 차이가 난다. 감자의 수량감소는 작물의 생장전환기인 영양생장에서 생식생장으로 넘어갈 때 가장 크게 발생한다. 봄 감자의 생육시기별 가뭄에 따른 수량 감소 정도는 괴경형성기 > 괴경비대기 ≥ 영양생장기 순으로 나타났으며 특히 괴경형성기에 가뭄이 지속적으로 일어나면 감자 생산량이 약 46~55% 감소되었다. 봄감자를 재배할 때 안정적인 감자를 생산하기 위하여 가뭄이 발생하면 괴경비대기와 괴경형성기에서 일일 최소 5~10mm 수준의 물을 공급해 주기를 권장한다.

<표 3-6> 새만금 간척지에서 봄감자 품종에 따른 수량 특성

품종	염농도 (dS/m)	총서수량 (kg/ha)	상서수량 (kg/ha)	조수익 (천원/kg)	수량지수
다미	1.0이하	31,716a	16,207a	28,481	105
	2.0	25,269b	11,548b	22,691	84
	4.0	20,066c	7,886c	18,019	67
수미	1.0이하	30,072a	16,720a	27,005	100
	2.0	20,275c	11,009b	18,207	67
	4.0	13,472d	3,112d	12,098	44

<표 3-7> 새만금 간척지에서 봄감자 재배 시 미세먼지 발생 정도

미세먼지 구분	시기	새만금대기측정소(배경농도) 대비 발생량(%)		
		비닐피복	비닐+벚짚피복	나대지
PM10	2020년 봄	108.9	166.8	-
	2020년 가을	100.8	129.4	-
	2021년 봄	171.8	93.1	112.8
	2021년 가을	149.1	130.1	155.4
	평균	132.6	129.8	134.1
PM2.5	2020년 봄	108.5	116.6	-
	2020년 가을	80.8	92.9	-
	2021년 봄	171.3	64.3	99.6
	2021년 가을	122.7	99.0	171.6
	평균	120.8	93.2	135.6



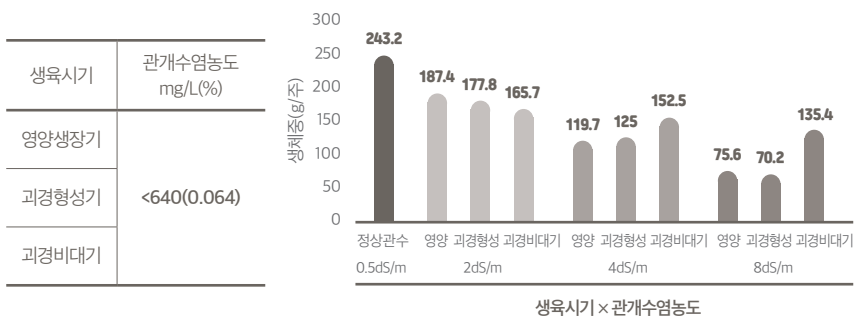
<그림 3-18> 봄감자 생육시기별 작물 민감지수

가뭄 피해를 받은 감자에 다시 물을 주었을 때 감자 수량의 회복되는 정도를 관찰하기 위하여 영양생장기~수확기, 괴경형성기~수확기, 괴경비대기, 무관수를 처리하여 가뭄피해에 따른 회복유무를 산정한 결과 영양생장기에 수량은 66%까지 회복되었으나, 괴경형성기에는 괴경중(건)이 45%까지밖에 회복되지 못하였다.

<표 3-8> 한발해 영향 후 재관수에 따른 생육 특성 비교

생육시기	초장 (cm)	지상부(g/주)	지하부			
		전체 생중	괴경수(개)	괴경생중(g)	괴경건중(g)	수량지수
정상생육	49.0a	172.1a	12.0a	251.1a	50.9a	100
영양생장기	48.7a	150.1b	10.0b	165.4b	33.4b	66
괴경형성기	49.7a	132.1c	7.7c	116.6c	23.0c	45
괴경비대기	52.5a	106.2d	11.5a	154.6b	33.8b	66

간척지에서는 농작물 재배에 사용할 수 있는 물이 많지 않다. 작물에 필요한 물을 충분히 공급해 주더라도 관개수의 염농도로 인한 2차 염해 피해의 위험이 높기 때문이다. 이러한 이유로 간척지 재배에 있어 관개수의 염농도는 매우 중요하다. 봄감자의 생육시기별 관개수 염농도에 의한 생육장애는 영양생장기부터 발생되며 관개용수 염농도에 가장 생육 감수성이 큰 생육시기는 괴경형성기이다. 봄감자의 생육기간 동안 안전하게 활용할 수 있는 관개용수 허용한계 염농도는 1.0dS/m(640ppm, 0.064%)이하 수준으로 관리해 주는 것이 좋다. 이때 고온건조기나 물 소모량이 많은 생육시기에 한계 염농도 이상의 높은 염분이 있는 관개용수를 사용할 경우 토양의 염농도 상승을 유발할 수 있기 때문에 더욱 주의해서 사용해야 한다.



<그림 3-19> 봄감자 생육시기별 관개수 염농도와의 관계

(5) 수확시기

감자는 파종시기에 따라 수확시기가 달라지며 이른 봄(2월)에 파종하면 5월 하순부터 수확이 가능하고 파종이 늦은 감자는 7월 중순까지도 수확할 수 있다.

(6) 간척지에서 미세먼지 발생량 감소

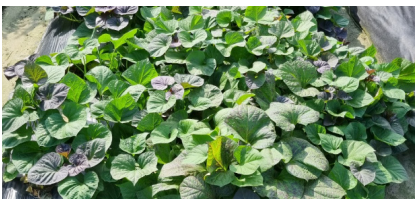
간척지는 토양 특성에 따라 미사질양토로 바람에 의해 날리기 쉬운 특성을 갖고 있는 곳이 많다. 새만금 간척지도 이런 토양 특성을 지니고 있어 바람에 의한 흙날림이 심한 곳 중 한 곳이다. 흙날림은 땅이 비어있는 비경작기간과 농작업 중 로타리 경운 작업이 있는 파종철에 심해진다. 이런 흙날림을 방지하고자 피복시험을 진행한 결과 배경농도(새만금대기측정소) 대비 PM10은 배색비닐과 벚짚 피복 시험구에서 나대지에 비해 4.3%p, 배색비닐 피복구에서는 나대지에 비해 1.5%p 감소하였다. 인체에 피해가 더 큰 PM2.5인 경우 나대지에 비해 배색비닐과 벚짚 피복 시험구에서 42.4%p, 배색비닐 피복구에서는 14.8%p 감소하는 결과를 보였다.

라. 고구마

(가) 기본특성

대표적인 구황작물인 고구마는 덩이뿌리 작물로 사양토~양토에서 잘 자라며 따뜻한 기온을 좋아한다. 고구마는 물빠짐이 좋은 통기성이 우수한 토양을 좋아한다. 고구마 재배 시 양질의 퇴비를 많이 주면 지상부만 번무하여 고구마 수량이 떨어진다. 고구마는 내염성이 비교적 큰 작물로 간척지에서 재배가 가능한 작물 중 하나이다.

간척지에서 고구마에 대한 적응성 검토를 한 결과 우수한 품종으로는 새만금 간척지에서는 울미·연황미·홍미·주황미·신자미 5품종이 우수하였고, 새만금 간척지보다 염농도가 더 높은 영산강지역 간척지에서는 연황미, 주황미 2품종의 생육이 양호하여 간척지 재배 우수 품종으로 선정하였다.



고구마 중간생육



수확한 고구마 모습

<그림 3-20> 간척지에서 재배중인 고구마 생육 모습

<표 3-9> 간척지 적응성 고구마 우수 품종 추천

간척지	토양특성	식용(생식포함)	식품가공용
새만금지역	사양토	울미, 연황미, 홍미, 주황미	신자미
영산강지역	양토	연황미, 주황미	

고구마는 따뜻한 기온을 좋아하여 이른 여름에 파종 후 가을에 수확하지만 고구마 선호도가 점점 높아짐에 따라 파종시기를 앞당기기 위한 연구들이 진행되었다. 4월에서 8월까지 재배되는 햇고구마를 재배한다면 덩이비대가 빠른 신자미품종을 선택하는 것이 좋고, 5월 중순~9월에 재배되는 일반 고구마를 재배할 때는 덩이비대가 늦은 품종을 선택하면 고구마 다수확에 유리하다.

(나) 토양특성

고구마는 습해에 약하기 때문에 지하수위가 낮고 물빠짐이 좋은 사양토, 미사질양토에서 잘 자라며 간척지토양의 특성인 세사토지대에서는 양수분 보존력이 낮아 세심한 관수 및 시비 관리가 요구된다. 간척지는 물관리가 어렵고 토양 내 염분함량이 높아 토양관리가 어렵지만 간척지에서 고구마를 재배한 결과 고구마는 환경적응성이 높아 생육이 우수하였다. 고구마의 내염성 정도는 감자와 비슷하지만 생육은 감자보다 약간 좋은 편이다.

고구마 생육임계 염농도는 토양 3.75dS/m(0.24%), 관개수 0.16%이지만 되도록 토양 염농도가 0.1% 이하인 토양에서 재배할 것을 권장한다. 새만금 간척지에서 고구마 재배 시 토양 염농도를 낮추기 위하여 벗짚(유기물)을 사용한 결과 토양의 염농도가 0.15%로 낮게 유지되었다. 그러나 벗짚과 석고를 혼합하여 사용하면 토양 염농도가 0.15-0.20%로 벗짚만 사용했을 때보다 약간 높아져 간척지에서 고구마를 재배할 때는 벗짚만 사용해 줄 것을 추천한다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

고구마는 씨를 내어 이식하는 작물로 씨고구마 선택이 매우 중요하다. 씨고구마는 약간 비탈지고 물빠짐이 잘되어 토양통기가 양호한 사질양토가 가장 적합하다. 씨고구

마는 약 2달 동안 재배하며 다 자란 씨고구마는 빠른 재배를 할 때 3월 하순부터 삼식을 시작한다. 조기재배를 위하여 삼식 후 비닐멀칭을 해준다.

<표 3-10> 고구마 재배 시기에 따른 이식시기

구분	조기재배	적기재배	만기재배
씨고구마	1월 하순~2월 중순	3월 중순	4월 중순
삼식	3월 하순~4월 중순	5월 중·하순	6월 중·하순

(2) 파종량 및 파종방법

고구마는 씨고구마를 키워 삼식하는데 삼식밀도는 휴간 70~75cm×주간 30cm(6,600~6,700주/10a) 간격으로 실시한다. 이랑 높이는 비옥한 점질토양은 높게 조성하고 건조하기 쉬운 사질토양은 다소 낮게 만들어 주는 것이 좋다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

고구마 재배 시 표준 시비량(질소-인산-칼리)은 10a당 각각 9.0-9.0-24.0kg으로 비료종류는 질소질비료는 유안비료, 인산비료는 용과린, 칼리비료는 황산가리를 사용하는 것이 좋다. 간척지는 대부분 유기물함량이 낮기 때문에 매년 유기물을 시용해 주는 것이 좋다. 유기물원으로는 10a당 완숙퇴비 1,500kg을 사용하고 벚짚은 5톤을 사용하는 것이 좋다. 이미 경작을 오랫동안 해 온 경작지는 앞서 언급한 표준시비량보다 약간 줄여서 줄 것을 권장한다. 고구마는 비료 흡수력이 좋아 척박지나 개간지에 잘 적응하여 자라지만 연작재배를 하면 미량원소 결핍현상이 다소 발생하기 때문에 필요시 미량원소를 시비해 주는 것이 좋다.

<표 3-11> 고구마 비료량

구분	일반 재배지				개간지			
	질소	인산	칼리	퇴비	질소	인산	칼리	퇴비
비료량 (kg/10a)	5.5	6.3	15.6	1,000	9.0	9.0	24.0	1,500

(4) 병해충 관리

고구마에 발생하는 병은 주로 곰팡이 및 세균성 병으로 지금까지는 방제약제가 명확하게 없는 실정이다.



저장고구마 병징

엽황화 및 줄기갈라짐

병 발생 포장 고사

<그림 3-21>고구마 덩굴쪼김병 발병 포장 및 병징

(5) 물관리

고구마는 덩이뿌리를 생산하기 때문에 뿌리 비대기에 적당한 수분이 공급되어야 좋은 수량을 얻을 수 있다. 고구마 비대기의 최대용수량은 60~70%가 적당하며 이보다 수분함량이 많으면 지상부 생육만 왕성하여 고구마 수량이 떨어지고 수분함량이 낮으면 지하부, 지상부 모두 생육이 불량해 진다.

(6) 수확시기

고구마는 삽식 후 약 110~120일 정도에 수확하는 것이 가장 좋고 삽식 후 약 130일 정도에도 가능하다. 이 때는 냉해를 입지 않도록 주의한다. 고구마는 땅속에 있는 뿌리를 수확하기 때문에 지상부의 넝쿨은 제거하고 굴취기를 이용하여 지하부를 수확한다. 수확 시 고구마 껍질에 상처가 생기면 쉽게 상하기 때문에 상처가 나지 않도록 주의한다.



<그림 3-22>고구마 수확과정

마. 기장

(가) 기본특성

간척지에서 재배에 적합한 기장품종은 이백찰로 토양 염도 1.6dS/m(0.1%) 이상에서도 60% 이상의 입모율을 유지하였으며 염농도에 따른 수량 감소율도 가장 낮았다.



이백찰 기장 생육 모습

황금기장

<그림 3-23> 간척지 고시에 등록된 기장 추천 품종

(나) 토양관리

토양 염농도는 1.6dS/m(0.1%) 이상에서 뿌리 건물중이 대조구(0.8dS/m) 대비 주당 64.2%를 보였고 굵은 뿌리도 60.3%를 보였으나 30cm 이상의 긴 뿌리 비율은 14.0%로 매우 낮았다.

<표 3-12> 토양 염농도별 뿌리 발달 양상

구분(dS/m)	뿌리건물중(g)	뿌리 수(개)	
		굵은 뿌리	30cm 이상 긴 뿌리
0.8 (0.05%)	42.7	87.33	19.0
1.6 (0.1%)	41.37	72.67	18.3
3.2 (0.2%)	27.43	52.67	2.7
4.8 (0.3%)	16.87	38.33	2.3

간척지에서 기장 생육은 주당 종실중은 무염대비(0.8dS/m) 염농도 1.6dS/m에서는 19%가 감소되었고, 3.2dS/m에서는 47%가 감소되었으며, 4.8dS/m에서는 88%가 감소되었다. 토양 염농도가 기장 지상부에 미치는 영향은 건물중≥종실중>간장>수장>분얼수 순서였다.

<표 3-13> 토양 염농도별 지상부 생장

토양 염농도(dS/m)	생육상황					
	간장 (cm)	수장 (cm)	분얼수 (개/주)	경직경 (mm)	건물중 (g/주)	종실중 (g/주)
0.8 (0.05%)	102.1 a	32.2	5	10.2	87.7 a	22.8 a
1.6 (0.1%)	92.8 b	31.9	4.7	9.13	68.3 b	18.5 ab
3.2 (0.2%)	82.0 c	31.3	4.7	9.1	55.2 c	12.1 b
4.8 (0.3%)	77.1 c	29.3	4.0	8.4	43.2 d	2.7 c

(다) 재배특성

(1) 파종시기

기장의 재배지역별 파종시기는 남부지역은 6월 상~하순, 중·북부는 6월 상~중순이 가장 적합하다. 또한 파종 한계기는 남부지역은 7월 상순, 중북부 지역은 6월 하순까지 파종해도 수확이 가능하였다.

<표 3-14> 파종시기별 이백찰기장의 생육 및 수량

정식시기	주당수수 (개)	수당립수 (개)	1,000립중 (g)	m당 수수 (개)	수량 (kg/10 a)
6월15일	3.4	1221.6	4.35	54.5	299.3
6월25일	3.0	1142.7	4.50	49.1	255.5

(2) 파종량과 파종방법

기장은 전 생육기간을 통하여 평균기온 20℃ 이상의 높은 기온이 요구되지만 발아 온도는 최저 6~7℃이고 생육 최적온도는 30℃이며 최고 44~45℃ 정도이므로 등숙기에 너무 더우면 장해를 입기 쉽다.

기장은 토양수분이 적정한 경우 파종 깊이는 1~3cm가 적당하다. 이백찰을 1~2cm 깊이로 파종하면 입모율이 90% 이상 높았으며 그 이상 깊이인 3cm 깊이에 파종하니 입모율이 70%로 떨어졌고, 4cm 깊이로 파종해 보니 입모율은 50% 이하로 감소하였다. 그러나 새만금 간척지 같이 모래함량이 많아 토양 내 수분보유력이 적을 때

는 낮은 것보다는 약 3~4cm로 깊이 파종하는 것이 입모 확보에 유리하다.

요즘에는 기장을 심을 때도 토양 수분 보전과 잡초 억제제를 위하여 비닐멀칭 후 파종하게 되는데 기장을 재배할 때 가능하다면 비닐멀칭을 실시하기를 권장한다. 또한 요즘에는 비닐 멀칭기가 개발되어 있어 간척지 대면적에도 적용이 가능하다. 기장 재배 시 습해예방을 위해 이랑을 높게 만든다. 이랑을 만들고 점뿌림 재배를 할 때 이랑 너비는 60cm로 하고 파종간격은 10cm로 구멍이 뚫린 흑색유공비닐을 사용하여 씨를 뿌리면 60×15cm로 심을 때보다 더 많은 기장을 수확하였다.

<표 3-15> 재식거리별 이백찰기장의 생육 특성

재식거리 (cm)	주당수수 (개)	수당립수 (개)	1,000립중 (g)	m ² 당 수수 (개)	수량 (kg/10 a)
60X10	3.4	1221.6	4.35	54.5	299.3
60X15	3.8	1327.1	4.42	40.9	248.6
60X20	3.9	1382.4	4.51	31.1	200.8

이때 종자는 포기당 3~5알을 뿌리고 발아 후에 솟음 작업을 통해 2개체만 남겨 재배한다. 10a당 주수는 1만 6,000~2만 2,200주가 가장 적합하다.

최근 농작업을 편리를 위해 재식거리를 180×20cm의 흑색유공비닐을 사용하기도 한다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

기장의 표준시비량은 10a당 질소 10kg, 인산 8kg, 가리 7kg로 이 양은 모두 밀거름으로 시비하도록 추천하고 있다. 이때 퇴비는 부숙이 잘 된 양질의 볏짚 퇴비를 10a당 1,000kg을 모두 밀거름으로 주도록 권장하고 있다. 새만금 간척지에서 질소시비량을 달리하여 황금기장을 재배한 결과 질소시비량을 일반재배지보다 20kg을 더 시용했을 때 기장 조곡수량이 15% 증수되어 더 많은 양의 기장을 수확할 수 있었다. 그러나 질소시비량을 30kg까지 늘려 시비하여도 기장 수량이 증수되는 폭이 적으므로 질소는 20kg 이하로 시비하는 것이 좋다.

<표 3-16> 질소시비량에 따른 기장의 생육 및 수량

질소시비량 (kg/10a)	간장 (cm)	수장 (cm)	m ² 당수수 (개)	m ² 당립수 (천개)	천립중 (g)	조곡수량 (kg/10a)
10	149	37	115	95	6.1	175b
15	152	38	140	122	5.7	178b
20	146	38	142	132	5.6	202a
25	149	39	152	154	5.6	207a
30	147	38	136	127	6.1	203a

* 새만금 간척지(계화), 문포통(사양토), 황금기장 6월 12일 이식(60×15cm), 비닐피복

* 일반농경지 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O) : 10-7-8kg/10a

(4) 물관리

수분의 요구량도 적고 요구량은 작물 중에서 가장 적은 25~310㎖ 정도이다. 우리나라의 기후 특성상 기장이 영양생장기간은 대부분 장마기에 해당되므로 물빠짐과 봄가뭄이 심한 파종시기에는 정상적인 입모를 위해 물대기에 유의해야 한다.

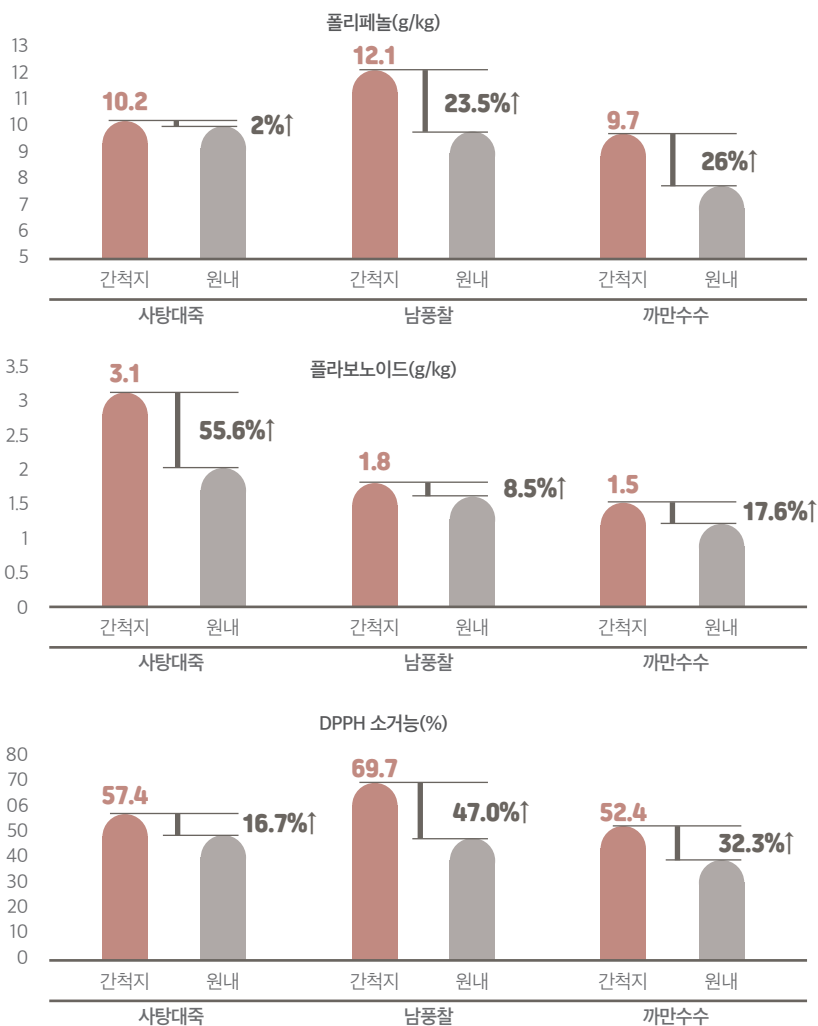
바. 수수

(가) 기본특성

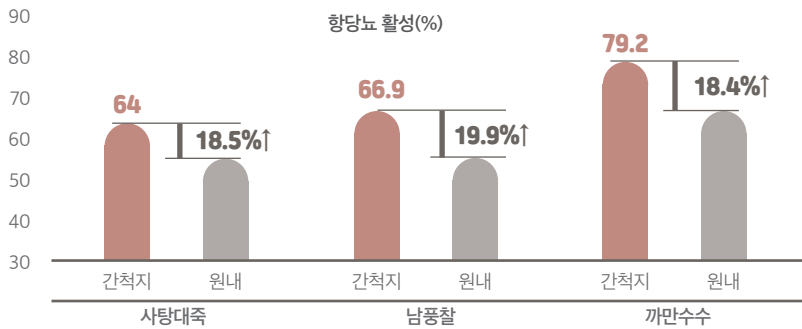
간척지에 재배 가능한 수수 품종으로는 황금찰수수, 남풍찰수수, 까만수수, 사탕대죽이 좋다. 남풍찰수수, 사탕대죽, 까만수수 3품종은 비간척지 보다 간척지에서 재배할 경우 항산화 성분인 폴리페놀(2~26%), 플라보노이드(8.5~55.6%)가 증대되고 유해산소 제거능인 DPPH 소거능은 16.7~47%까지 향상되었다. 또한 항당뇨의 활성화에 영향을 미치는 α -glucosidase 억제활성은 18.4~19.9% 증가되어 간척지에서 재배되는 수수가 일반 노지에서 재배될 때보다 기능성 물질은 증가되는 경향이였다. 3가지 수수 품종 중 특히 남풍찰수수는 다른 2개의 품종보다 염농도에 적응력이 뛰어나 사탕수수와 까만수수보다 입모율이 우수하였다.



<그림 3-24> 전통수수의 간척지 재배모습



<그림 3-25> 간척지 재배 수수의 기능성 물질 함유량(계속)



<그림 3-25> 간척지 재배 수수의 기능성 물질 함유량

(나) 토양관리

수수 재배 가능 염농도는 3.0dS/m(염농도 0.19%)로 나타났다. 수수는 토양 염농도 3.0dS/m 이하에서 78% 이상의 입모율을 나타내나 4.5dS/m 이상에서는 40% 이하로 입모율이 급격히 감소하였다. 또한 3.0dS/m 수준에서 비간척지에 비하여 약 53~62%의 생장율을 보였다.



<그림 3-26> 간척지에서 염농도별 수수품종의 생육상황

(다) 재배특성

(1) 파종시기

수수는 토양온도가 10℃ 이상이 되어야 종자가 발아를 시작한다. 수수의 발아 온도는 최저 8~10℃, 최적 32~35℃, 최고 40~45℃이다. 재배지역별 파종 적기는 중·북부지역은 5월 하순~6월 중순이고 남부지역은 6월 상순~6월 하순이 가장 적합하다. 새만금 간척지에서 유효적산온도로 산출한 수수의 파종적기는 6월 상순이었으며 6월 25일 파종했을 때 6월 15일 파종에 비하여 수수 수량이 약 13~29% 적었다.

<표 3-17> 남풍찰수수의 파종시기별 생육 특성

정식시기	m ² 당 수수(개)	수당곡실중(g)	백립중(g)	조곡수량(kg/10a)
6월 15일	13.0	25.3	1.930	328.7 (100)
6월 25일	11.3	25.3	1.930	286.5(87.2)

* 토양 염농도 : 1.6dS/m

<표 3-18> 황금찰수수의 파종시기별 생육 특성

정식시기	m ² 당 수수(개)	수당곡실중(g)	백립중(g)	조곡수량(kg/10a)
6월 15일	11.6	26.4	1.710	307.5 (100)
6월 25일	11.0	20.0	1.867	219.1 (71.2)

* 토양 염농도 : 1.6dS/m

(2) 파종량과 파종방법

수수의 파종량은 kg당 씨앗의 크기, 종자 무게와 수에 따라 달라지지만 보통 10a에 심는 종자량은 0.3~0.4kg가 적당하며, 이때 심은 주수는 1만 2000주 정도가 된다. 수수 재배 방법은 높은 이랑 재배, 모를 길러 옮겨심기 이식재배가 모두 가능하며 간척지에서 습해예방을 위하여 이랑을 높게 만든다. 보통 이랑 너비는 60~70cm, 포기 사이는 20~25cm가 적당하다. 포기당 파종량은 3~5알을 넣고 출현 10일 이후에 1개체를 남기고 솎음작업을 한다. 수수의 파종 깊이는 점질이 많은 흙에서는 2~3cm이었으며 새만금 간척지 같이 모래가 많은 흙에서는 3~5cm로 약간 깊게 심는 것이 종자가 싹이 트는 데 유리하다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

수수의 표준 비료량은 10a당 질소 12.5kg, 인산 7kg, 칼리 8kg을 전량 밑거름으로 시비한다. 유기물 원으로는 양질의 볏짚퇴비 1000kg을 밑거름으로 사용한다. 새만금 간척지에서 수수를 재배할 때 질소비료 사용량을 늘려 주는 것보다 퇴비를 늘려 줄 때 수수 수량이 더 많았으며 이때 퇴비는 가축분퇴비의 효과가 우수하였다. 따라서 새만금 간척지에서 수수를 재배할 때는 가축분퇴비를 사용하고 비료 시비량은 표준시비를 사용할 것을 권장한다.

(4) 물관리

수수의 최대 생산을 위해서는 약 600~700mm의 수분이 요구되며 연간 약 800mm 이상의 강수량이 필요하다. 수수의 일일 물 이용량은 성장단계에 따라 3~5mm이며 최대 약 6~7mm이다.

(5) 수확시기

수수의 씨껍질색이 붉게 변하고 씨눈뒷면에 검은 층의 둥근 점이 나타나며 수분 함량도 18~20%로 낮아질 때 수확하는 것이 좋다. 일반적인 수수 수확시기는 9월 중순에서 10월 상·중순이 적합하다. 수확하는 방법은 이삭만 먼저 잘라 수확하거나 식물체 전체를 베어 묶어서 말린 다음 이삭을 자른다.

사. 보리

(가) 기본특성

보리는 FAO에 따르면 토양 염도 8.0dS/m까지 정상 생육이 가능한 것으로 보고되었지만 우리나라 간척지에서는 식용보리에 대한 연구가 미흡하여 고시등록을 위한 추가 연구가 필요한 작목이다. 반면에 사료용인 청예용보리는 간척지에 이용 가능한 작물로 등재되어 있으며 청보리 재배 정보를 제공하고 있다.



출수 후 보리 모습



황숙기의 보리

<그림 3-27> 간척지에서 재배 중인 보리 모습

우리는 보리를 재배할 때 단작보다는 다른 작물과의 이모작 작부체계로 설정하여 재배하고 있다. 보리를 식용하기 위하여 종자가 익은 다음에 수확해야 하는데 보리 황숙기는 5월 말~6월 상순이다. 보리 황숙기가 지나 수확하려고 할 경우에는 이르면 6월 상순에 수확이 가능하기 때문에 다음에 심을 작물인 벼와 농작업 경합이 일어나게 된다. 그러나 청보리는 푸른 상태에서 수확이 가능하기 때문에 5월 하순에 수확이 가능하고 6월에 이앙하는 벼와 노동력 경합을 피할 수 있다.

종류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
보리												
벼												
청보리												
벼												

<그림 3-28> 벼-보리(식용보리, 청보리)의 작부체계 시스템

보리와 이모작으로 설정할 수 있는 작부체계는 콩, 참깨, 수수, 기장, 수단그라스, 사료용옥수수, 수수×수단그라스교잡종 등 여러 작물들이 있지만 노동력 경합을 피하면서 식용보리와 연계 할 수 있는 여름작물은 사료용 옥수수, 수수×수단그라스교잡종 등 몇 작목이 되지 않는다. 반면에 청보리와의 작부체계는 식용보리보다는 수확시기가 빠르기 때문에 작부체계를 설정할 수 있는 영역이 넓고 전작물 수확 후 다음 작물 파종까지 기간에 여유가 있다.

종류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
보리												
사료작물												
청보리												
사료작물												

<그림 3-29> 여름작물-보리(식용보리, 청보리)의 작부체계 시스템

또한 우리나라 기상 조건을 보면 3~4월에 한발 시기가 발생하고 이 시기에 토양수분 함량에 따른 보리 생산량은 차이가 많이 발생한다. 그러나 간척지에서는 한발이 발생하면 토양내 염농도가 올라가 작물 재배환경이 열악해 지고 이런 현상은 보리 알곡의 등숙을 떨어뜨려 낮은 품질의 보리를 생산하게 된다. 또한 간척지에서는 수분 공급이 어려워 이런 현상을 해결하기에도 어려움이 많아 식용보리 재배보다는 청보리 재배에 더 선호하게 되었다. 특히 최근 벼 재배방식이 중간 모나 어린 모 이앙, 직파재배를 선호하기 때문에 식용 보리와 작부체계를 구성하면 수확과 이앙 기간이 짧아 노동력 경합의 더욱 가중되어 농가는 식용보리보다 청보리를 더 선호하고 있다.

(나) 토양관리

보리는 염농도에 둔감하여 높은 염농도 토양에서도 재배가 가능하지만 안정적인 보리 생산을 위하여 토양 염농도(EC) 3.0dS/m(염농도 0.2%) 이하에서 재배하기를 권장한다. 또한 비료 사용량에 따른 토양 염농도 변화를 살펴보면 인산비료는 시비량이 토양 염농도에 미치는 영향이 적지만 질소비료와 칼리비료를 시비량이 증가하면 토양 염농도가 높아지는 경향을 보였다. 토양 내 염농도는 월동 전(12.8)보다는 월동 후(3.25)에 더 높아져 월동 후 염농도 변화를 주기적으로 관찰할 필요가 있었다.

<표 3-19> 보리 재배 시 3요소 시비수준에 따른 염농도의 변화

(단위: kg/10a)

조사시기(월.일)	무비	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		12	18	9	12	7	10.5
월동 전(12.8)	0.25	0.28	0.39	0.28	0.32	0.28	0.37
월동 후(3.20)	0.44	0.58	0.62	0.58	0.57	0.58	0.68
수확기	0.23	0.23	0.46	0.27	0.28	0.27	0.36

(다) 재배특성

(1) 파종시기

간척지에서 보리 파종은 일반 노지재배에 준하여 10월 상순부터 11월 상순까지 가능하기 때문에 간척지 인근지역의 파종시기를 적용하여 파종하면 기온에 따른 피해 없이 안정적인 재배가 가능하다. 가을에 파종시기를 놓쳐 12월에 파종해야 할 때는 무리해서 파종하면 겨울기간에 얼어죽을 수 있기 때문에 차라리 이듬해 봄에 파종하는 것이 보리 생육에 더 유리하다. 늦게 파종하거나 봄에 파종할 때는 가을 적기 파종량보다 약 10% 늘려 파종해 주는 것이 좋다.

(2) 파종량 및 파종방법

보리 파종량은 10a에 30kg을 추천하고 있다. 파종방법은 세조파기를 이용한 줄뿌림과 산파 모두 가능하지만 수확기에 콤바인을 이용하여 수확하려면 산파보다는 줄뿌림이 더 좋다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

간척지 토양은 일반토양에 비해 비옥도는 낮고 염농도는 높아 작물의 생장 및 발아에 악영향을 미쳐 생산성을 떨어뜨리기 때문에 시비 관리 기술이 매우 중요하다. 간척지 토양에서 보리의 10a당 표준시비량은 질소-인산-칼리를 각각 25-10-10kg이다. 비료 분시 방법은 일반 토양에 같이 인산과 칼리는 전량기비로 사용하고 질소는 기비와 추비로 50 : 50으로 나누어 시비해 준다.

(4) 수확시기

간척지에서 보리 수확시기는 일반 노지재배에 준하여 5월 상순부터 6월 상순까지 가능하기 때문에 간척지 인근지역의 파종시기를 적용하여 파종하면 기온에 따른 피해 없이 안정적인 재배가 가능하다.



유숙기



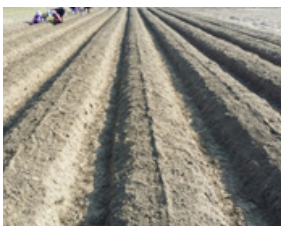
황숙기

<그림 3-30> 배수불량 간척지 밭 습해 피해 (배수로 지역 적색)

아. 가을 감자

(가) 기본특성

감자는 땅속식물로 괴경을 먹는 작물로 봄과 가을 모두 재배가 가능하다. 간척지에서 토양 염농도 0.1% 수준에서 이론적인 감자 수량은 최대 수량의 85% 이상 생산이 가능한 것으로 나타나지만 실제 간척지 토양에서 감자수량은 최대수량의 60% 수준을 보이는데 이는 감자 수량이 토양 염농도 이외에 배수, 토양물리성 등 환경조건이 복합적으로 작용하기 때문으로 판단된다. 이런 환경여건을 고려해 볼 때 감자는 내염성에 약간 민감한 작물로 분류해 볼 수 있다.



파종



생육 중

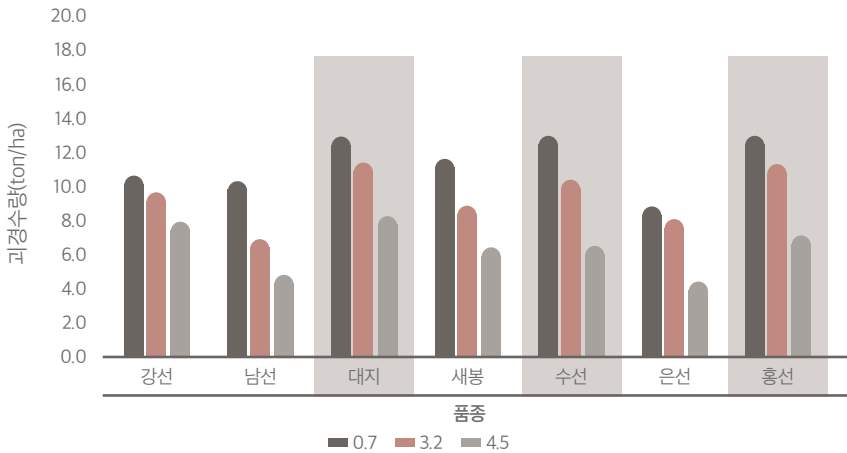


수확기

<그림 3-31> 가을감자 생육시기별 모습

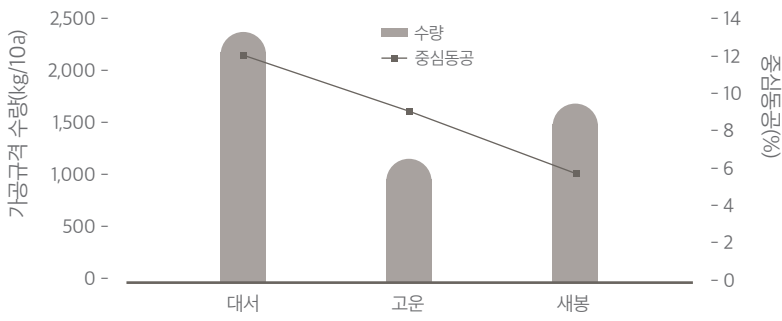
간척지에서 식용을 목적으로 재배하는 가을감자는 대지, 수선, 홍선을 우수품종으로 추천하고 있다. 토양 염농도에 따른 감자 품종별 괴경수는 0.7dS/m와 3.2dS/m간

에는 유사하였으나 토양 염농도 4.5dS/m 수준에서는 21%(0.8개)가 감소되었다. 품종 별로 대지, 수선, 은선 등이 주당 4.0개 이상으로 양호하였으며 감자 괴경무게는 토양 염농도 0.7dS/m 수준에서는 평균 128.9g/주, 토양 염농도가 높아질수록 괴경무게는 유의적으로 감소하였다. 토양 염농도 0.7dS/m에서는 대지, 홍선, 수선이 양호하였고, 염농도 3.2dS/m에서는 대지, 홍선 품종이 우수하였다.



<그림 3-32> 새만금 간척지에서 감자 품종별 괴경수량

고운, 대서, 새봉은 수미보다 수량이 많으나 중심공동 발생이 많아 품질이 떨어질 수 있기 때문에 간척지에서 재배할 경우 물관리나 양분관리에 신경을 써 주는 것이 감자 안정 생산을 위하여 좋다.



<그림 3-33> 새만금 간척지에서 감자 품종별 가공규격 수량

(나) 토양관리

감자는 내염성이 약간 민감한 작물로 간척지에서 안전 재배를 위하여 토양 염농도 1.5dS/m(염농도 0.1%)이하에서 재배하는 것이 좋다. 토양 염농도별 가을감자의 품종별 출현율은 0.1%염농도에서 75~85%(79%), 0.2%염농도에서는 60~70%(64%), 0.3%염농도에서는 30~45%(41%)으로 0.1%에서 출현율이 가장 양호하였다.



* 토양 염농도(%) = EC(dS/m)×0.064

<그림 3-34> 토양 염농도별 가을감자 생육(11월 25일)상황

(다) 재배특성

(1) 파종시기

가을 감자는 생육조건이 14~23℃이며 비교적 높은 온도인 25℃ 이상에서는 덩이줄기가 달리고 굽어지는 작용을 멈춘다. 특히 덩이줄기가 굽어지기 위해서는 낮 온도가 23~24℃이고, 밤 온도가 10~14℃이며, 일장이 11시간 정도 되는 단일조건이 가장 좋다. 따라서 감자를 심는 시기는 중부지방이 8월 상순~중순, 남부지방은 8월 중순~하순이 좋다.

(2) 파종량 및 파종방법

가을재배용 씨감자는 절단하지 않고 심을 수 있는 30~60g 정도의 크기가 가장 좋다. 재식밀도는 봄재배보다 약간 배게 심는 것이 좋은데 75×20cm로 하고, 10a당 6,600주 정도가 알맞다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

시비량은 질소 12kg, 인산 8.8kg, 칼리 13kg(요소 26kg, 용과린 44kg, 염화加里 23

kg)이 알맞다. 퇴비는 골 또는 전면에 살포하며 10a당 1,500~2,000kg 정도 넣어 주는 것이 좋다.

(4) 물관리

감자의 수분 요구량은 300~600g 정도로 전 생육기간을 통하여 필요한 강수량은 300~450mm 정도가 알맞다. 특히 감자의 생육기간 중 물을 가장 많이 필요로 하는 시기는 덩이줄기 비대기이고, 그 다음은 싹이 나오는 출현기이다.

(5) 수확시기

가을감자 수확은 10월 중순 이후 잎이 누렇게 변하고 줄기가 마르면 수확이 가능하다. 일부 지역에서 땅속 저장효과를 고려해 수확시기를 늦추는 경우도 있는데 이 때 온도가 0℃ 이하로 내려가면 동해의 우려가 있어 추운 지역에서 가을감자를 재배할 때 수확시기를 늦추지 말 것을 권장한다.

자. 참깨

(가) 기본 특성

참깨(*Sesamum indicum*)는 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물에는 등록되어 있지 않은 작물로 참깨과에 속하는 1년생 초본식물이다. 아프리카와 인도 등지를 원산지로 보고 있으며 기원전 3000년 이전부터 재배된 것으로 추정된다. 참깨는 열대 아프리카 등의 고온 건조한 지역에 적응된 작물로서 온도에 민감하게 영향을 받으며 과습에 취약하다. 꽃은 종자의 색깔에 따라 백색에서 담홍색까지 다양하며 파종 후 40일경에 개화가 시작되어 15~30일 동안 계속된다. 참깨는 종자를 볶은 후 볶은 참깨나 착유하여 조미유의 용도로 이용되고 있다. 참깨 종자에는 세사민과 세사몰린 등의 항산화 효과를 나타내는 물질이 포함되어 선호도가 높아지고 있으며, 강유 품종의 함유율이 높다.



노지 참깨



시설하우스 참깨

<그림 3-35> 새만금 간척지에서 자라고 있는 참깨 모습

(나) 토양관리

고온 건조기후에 적응한 참깨는 과습에 취약하여 배수가 잘되는 양토~사질양토가 재배에 가장 적합하며, 간척지 토양 염농도 0.1% 정도 이하에서 재배가 가능하다. 간척지 토양은 낮은 유기물 함량과 높은 모래함량, 높은 pH 특성을 가지므로 유기물 처리를 통해 낮은 수분 보유능을 개선하고 부산석고를 사용하여 pH 감소 등의 개량이 필요하다. 또한 파종 후 원활한 초기 입모를 위해서 수분을 보존할 수 있는 적절한 관리방안이 필요하다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

파종시기는 지역에 따라 달라지며 참깨 발아에 알맞은 평균 기온은 20℃ 이상이며 초기 생육과 꽃눈 형성 등에는 25~27℃가 적당하다. 비닐 피복 재배에 적당한 파종시기는 경남 지방 4월 하순~5월 중순, 그 밖의 지방 5월 상순~6월 상순 사이에 파종한다. 5월 상·중순의 저온 피해를 방지하기 위해 5월 하순 이전에는 투명비닐을 사용하여 25~30℃를 유지하고, 6월 상순 이후에는 흑색비닐을 사용하여 고온장해 경감 및 잡초 발생을 억제시킨다.¹

(2) 파종량 및 파종방법

참깨의 파종량은 300g/10a이며, 파종 깊이는 2~3cm, 공당 종자 수는 4~5개씩

1. 농업기술길잡이-18, 유지작물, 참깨, 2021

2열 및 1열 점파한다. 참깨의 대규모 기계화 일관 재배 기술이 실증 시험을 수행하였으며, 두둑 형성, 제초제 살포, 비닐 피복 동시 파종 시 5시간/ha로 관행에 비해 약 98%의 생력 효과가 있다.²

(3) 재배 방법 및 재식거리

참깨의 작형별 유형은 기상과 작부 제제를 고려하여 단작 재배, 혼작 재배, 간작 재배, 이식 재배 등 다양하나 참깨 생산 목적을 위해서는 단작 재배가 적절하다. 비닐 피복 재배에는 참깨 전용 2조파 유공 비닐을 사용하고, 재식거리는 30×10~15cm 간격으로 한다.



<그림 3-36> 참깨 비닐피복재배 모습

(4) 비료 시비량 및 시비 관리

시비량은 토양 검정을 통해 유기물함량과 유효인산, 교환성칼륨 함량을 조사하여 아래 식에 대입하여 구하고 전량 기비 처리한다.

※ 검정시비량 계산식³

- 질소 $N=17.596-0.553O.M$ (%)
- 인산 $P=38.944-14.367\log Av.P_2O_5$ (ppm)
- 칼리 $K=18.052-28.077Ex.K$ (me/100g)

2. 농업기술길잡이-18, 유지작물, 참깨, 2021

3. 농업기술길잡이-18, 유지작물, 참깨, 2021

(5) 물관리 방법

참깨는 연 강우량이 500mm 전후로 적은 고온 건조한 지역에 적응한 작물로서 과습에 매우 취약하다. 참깨의 뿌리는 건조한 토양 수분 조건에서 깊이 신장하나 생육이 왕성한 우리나라의 7~8월은 장마기이므로 배수에 적절한 대책이 필요하다. 대비책으로 두둑을 높여 비닐피복을 하고, 비닐피복 시 가장자리를 잘 묻어준다. 장마철에는 배수로 정비를 통해 습해를 경감시킬 수 있다. 하지만 수분 보유능이 약한 간척지 토양의 특성에 따라 가뭄으로 인한 표토의 수분 부족에 대비하기 위해 강우에는 파종 후 초기 입모까지 적절한 수분 관리도 필요하다.⁴

(6) 수확량 감소 원인 및 대책

참깨의 생육 기간은 90~120일로 비교적 짧지만 우리나라의 참깨 재배 환경에서는 수량성이 낮아진다. 참깨의 수량 저조 원인으로는 참깨 단작 파종시기의 낮은 온도와 봄철 가뭄에 따른 발아 불량에 의한 입모의 어려움이 있다. 이는 비닐 피복 재배를 통해 피해를 경감시킬 수 있다. 6월 하순부터 시작되는 장마는 참깨의 생육 중기 이후 적은 일조량과 습해, 병해를 유발하여 수량이 낮아진다. 특히 간척지 토양의 낮은 유기물함량과 높은 모래함량 특성에 의해 위에서 언급한 피해가 더욱 커질 수 있다. 참깨의 습해는 생육 초기가 매우 취약하므로 파종 후부터 유묘기에 배수로 관리를 철저히 해야 한다.

<표 3-20> 참깨 비닐 피복에 의한 한발 피해 경감

구분	토양 수분(%)			경장 (cm)	착삭 부위장 (cm)	등숙률 (%)	수량 (kg/10a)
	6월 25일	7월 20일	8월 20일				
무피복	8.2	13.0	12.6	86	65	76	56(100)
비닐 피복	17.0	18.0	14.4	110	77	82	100(179)

출처 : 농업기술길잡이-18, 유지작물, 참깨, 2021.

4. 농업기술길잡이-18, 유지작물, 참깨, 2021

(7) 수확시기

참깨는 단작일 경우 8월 하순~9월 상순에 수확한다. 수확 적기는 줄기 아래 꼬투리 2~3개가 성숙하여 갈라지는 때로 아침 또는 저녁에 베어 다발로 묶어서 양지바르고 통풍이 잘되는 곳에서 세워 말린 다음 탈곡한다. 2~3회 탈곡한 후 햇볕에서 3~4일 말린 다음 저장한다.

(라) 품종 주요 특성

(1) 품종 특성

참깨 품종은 다수성을 목적으로 교배 육종과 돌연변이 육종에 의해 수량성이 높고 품질이 우수한 많은 우량 품종들이 육성되어 다수확 재배에 기여하였으며, 육성된 주요 참깨 품종들의 특성은 <표 3-21>과 같다.

<표 3-21> 참깨 주요 품종의 특성

품종명	육성연도	초형	종피색	성숙기 (월.일)	경장 (cm)	천립중 (g)	함유율 (%)	수량 (kg/10a)
강유	2019	소분지	백	8.21	163	3.0	53.0	137
금옥	2017	소분지	백	8.21	143	2.9	49.1	123
누리	2016	소분지	백	8.23	138	2.7	49.0	118
도담	2015	소분지	갈	8.23	137	2.8	45.4	107
강안	2014	소분지	백	8.22	147	2.6	46.4	117
건백	2013	소분지	백	8.24	149	2.6	50.2	119
상백	2011	소분지	백	8.29	150	2.7	48.4	106

출처 : 농업기술길잡이-18, 유전자작물, 참깨(일부 추가), 2021.

차. 땅콩

(가) 일반 특성

땅콩은 열대 아메리카가 원산지인 고온작물로 따뜻한 지방에서 많이 재배되며 고

랭지나 고위도지대는 재배하기 힘들다. 우리나라에서 생육기간이 155일 이상, 적산온도 3,600℃ 이상의 대립종 재배지대는 대구, 전주, 진주, 목포 이남이다. 땅콩은 내건성 작물로 내한발성이 비교적 강하다. 강우량은 연평균 1,000~1,300mm 가량이 요구되며, 특히 파종에서 개화성기까지는 강우가 많고 수확기는 적은 것이 좋다. 그러나 이어짓기를 하면 기지현상이 나타나기 때문에 1~2년 정도 돌려짓기를 해야 한다.



노지 재배 땅콩

시설재배 땅콩

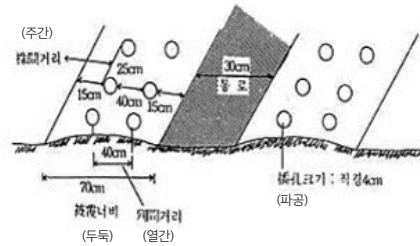
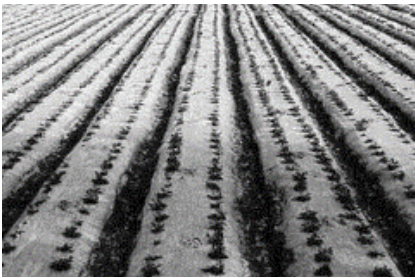
<그림 3-37> 새만금 간척지에서 재배한 땅콩 모습

(나) 토양조건

땅콩재배에 적합한 토양은 배수가 잘되고 석회질이 풍부하며 부식이 많은 사질양토 또는 양토이다. 땅콩 생육 임계 토양 염농도는 0.2% 이하이다.

(다) 비닐피복 재배

땅콩은 개화가 빠를수록 완숙꼬투리의 비율이 높다. 따라서 비닐피복재배로 지온 상승효과에 의해 발아와 생육이 조장되고 개화가 촉진되어 크게 증수하는 효과가 있다. 땅콩 재배용 비닐 규격은 폭 90~100cm, 두께 0.02 mm 이하이며, 두둑넓이를 70cm로 줄이면 경운기 부착 비닐피복기, 관리기 부착 비닐피복기를 이용하여 기계화 재배가 가능하다. 비닐피복 방법과 파종작업은 퇴비·비료 전량 시비를 한 후 경운·정지 작업하고 제초제 등을 농약 안전사용기준에 따라 살포한 후 비닐 피복을 하면 된다.



<그림 3-38> 땅콩 비닐피복재배 모습 및 비닐 규격

출처: 농업기술잡지-18, 유지작물, 땅콩, 2021

(라) 파종방법 및 파종량

땅콩 파종은 무피복 재배 시에는 4월 하순~5월 상순이며, 비닐피복 재배 시 대립종은 4월 중하순, 소립종은 5월 상순 파종을 추천한다. 파종량은 소립종 $6 \sim 8\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 중립종 $8 \sim 11\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 대립종 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 점파를 하면 된다.

(마) 시비

땅콩을 비닐 피복 재배 시 질소-인산-칼리($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) 3-10-10 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 퇴비 1,000~1,500 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 소석회 100~150 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 를 시비하며, 개간지(간척지) 재배 시 질소-인산-칼리($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) 4-30-20 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 퇴비 2,000 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$, 소석회 300 $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 를 시비한다. 간척지는 땅콩 근류균에 의한 질소고정을 기대하기 어렵기 때문에 비료를 충분히 준다. 땅콩 종실 발육을 위해 석회성분(Ca)을 반드시 투입해야 하나 간척지 pH는 평균 6.5~8.5로 일반농경지에 비해 높기 때문에 토양산도를 고려하여 석회 투입 시 비료 종류를 선택한다.

제초제는 피복 전 땅콩에 등록된 제초제를 농약 안전사용기준에 따라 토양 처리 가능한 약제 살포 후 비닐 피복을 추천한다.

(바) 주요 병 방제

땅콩재배에서 문제가 되는 중요한 병해는 갈색무늬병(갈반병), 검은무늬병(흑반병), 그물무늬병, 녹병(수병) 등이다.



<그림 3-39> 주요 땅콩 병

연작에 의한 병해충 피해가 심하므로 이어짓기를 피하고, 병이 없었던 포장에서 채종한 종자를 반드시 종자소독한다. 병 발생 시 땅콩에 등록된 약제를 사용하여, 농약 안전사용기준에 따라 방제한다.

<표 3-22> 주요 병에 따른 방제시기

횟수	방제 시기	갈색무늬병	검은무늬병	녹병	그물무늬병
1차	7월 하순	○	○	○	-
2차	8월 상순	○	○	○	-
3차	8월 중순	○	○	○	○
4차	8월 하순	-	-	-	○

출처: 농업기술길잡이-18, 유지작물(땅콩)

(사) 수확

땅콩 수확은 반드시 첫 서리가 오기 전에 끝내야 하며 몇 포기를 캐어 꼬투리의 성숙도를 보고 결정한다. 성숙한 것은 꼬투리 표면에 망상의 그물무늬가 형성되고, 미숙 종자는 그물이 생기지 않는다. 수확 후 5~7일 정도 건조한 후, 흔들었을 때 꼬투리 속의 종실 소리가 나면 회전 탈곡기로 탈형하고 정선한다. 종자의 발아력 유지 저장조건은 상온에서는 (18~23℃) 종자 수분 10% 내외, 상대습도 65% 이하, 저온에서는(10~15℃) 종자수분 6.5~8.5, 상대습도 56~69%이다.



제4장

간척지 발토양에서 원예작물 안전재배 기술

- 
1. 간척지 발토양에서 재배 가능한 원예작물
 2. 작목별 안전재배 관리 기술

1

간척지 발토양에서 재배 가능한 원예작물

가. 간척지 염농도 조건에 따른 단계별 작물생산 방안

토양 EC가 7.82dS/m 이상 (염농도 0.5% 이상)인 토양에서는 염생식물과 내염성 사료작물을 재배하면서 작물의 바이오메스를 활용한 토양의 통기성과 배수성을 개량한다. 토양의 EC가 3.91~7.81dS/m로 낮아지면 호밀, 보리, 유채와 같은 내염성 작물을 재배하면서 토양을 개량한다. EC가 1.57~3.90dS/m로 되면 시금치, 케일, 아스파라거스, 근대, 토마토와 같은 내염성 채소를 재배하고, 1.56dS/m 이하로 낮아지면 마늘, 양파, 감자, 피망, 배추 등 일반 소득작물을 생산한다.

<표 4-1> 토양 EC에 따른 재배 가능 작물

EC (dS/m) <염농도>	재배 가능 작물
3.91~7.81 <0.25~0.5%>	이탈리안 라이그라스, 호밀, 보리, 유채, 자운영, 밀, 헤어리베치, 세스바니아, 사탕수수, 해바라기, 솔트그라스, 벼
1.57~3.90 <0.1~0.25%>	시금치, 옥수수, 콩, 땅콩, 케일, 아스파라거스, 근대, 토마토, 오이, 참외
1.56 이하 <0.1% 이하>	마늘, 양파, 감자, 고구마, 피망, 배추, 상추, 호박, 가지, 셀러리, 완두, 양배추, 메밀, 백합, 국화, 카네이션, 장미, 거베라, 수국

나. 토양의 물리성과 화학성 개량 방향

밭 토양의 적정 물리성 기준으로 볼 때 간척지 토양은 고상과 액상이 높고 유기물 함량과 기상은 매우 낮아 원예작물을 재배할 때 염해와 습해의 피해를 입기 쉽다. 따라서 간척지에 원예작물을 재배하고자 할 때에는 사전에 하기 유기물을 충분히 사용하여 토양의 용적밀도를 낮추고 배수 개선을 통하여 액상은 낮추고 기상을 높여 땅심을 높여 줄 것을 추천한다.

<표 4-2> 간척지 표토의 물리적 특성

지역	토심	용적밀도 (Mg/m ³)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
화옹	표토	1.35	51.1	37.3	11.6
이원	표토	1.48	55.9	27.4	16.7
새만금	표토	1.44	54.2	30.6	15.2
영산강	표토	1.55	58.5	22.2	19.3
적정기준		1.5 이하	50	25	25

우리나라 간척지 토양은 염농도와 pH가 높은 알칼리 염류토(Alkaline sodic soil)로 분류된다. 알칼리 염류토에서 농작물을 잘 생산하려면 작물을 재배하기 전에 토양 pH와 EC를 낮추고 토양 인산과 유기물, Ca 함량은 올려주기 위한 사전 농작업이 꼭 필요하다.

<표 4-3> 간척지 토양의 화학적 특성

지역	pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	Ex. cations (cmol/kg)			
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
화옹	7.6	6.5	34	8	1.91	4.6	5.2	8.7
이원	8.8	14.3	14	4	1.47	4.7	5.2	9.0
새만금	7.6	5.3	26	1	1.18	1.1	3.6	8.0
영산강	7.7	5.2	14	10	1.86	8.0	3.8	2.2
적정범위	6.5 ~7.0	20이하	150~ 250	20~30	0.45 ~0.55	6.0 ~7.0	2.0 ~2.5	-

다. 토양 개량용 농자재 및 비료

간척지에서 원예작물 생산에 알맞은 토양으로 개량하기 위해서는 토양검정에 따라 상태진단을 하고 토양을 개량하는 것이 좋다. 간척지 토양을 개량하는 농자재로서 갈대 줄기·벼짚·보릿짚·왕겨와 같은 토양물리성 개량제, 석고($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)와 같은 토양화학적 개량제를 경운·로터리 작업에서 투입하고, 무기질 비료로서 토양 pH를 낮출 수 있는 것을 골라 사용한다. 질소비료는 요소보다는 유안, 인산비료로는 용성인비보다는 용과린, 칼리비료로는 염화加里보다는 황산加里와 같이 황산근이 포함된 비료가 좋다.

2

작목별 안전재배 관리 기술

가. 봄배추

(가) 기본 특성(고시여부, 품종 정보)

배추는 무, 고추, 마늘과 함께 우리나라 4대 채소 중 하나로 다양한 요리에 이용되고 있다. 재배 시기에 따라 봄배추, 여름배추, 가을배추, 겨울배추로 분류한다. 배추는 서늘한 기온을 좋아하기 때문에 연중 생산도 가능하지만 주로 8월 중순부터 파종을 시작한다. 간척지에서 배추를 안정적으로 재배하기 위하여 토양 내 염 관리와 양분 관리가 꼭 필요하다.



노지재배 중인 배추

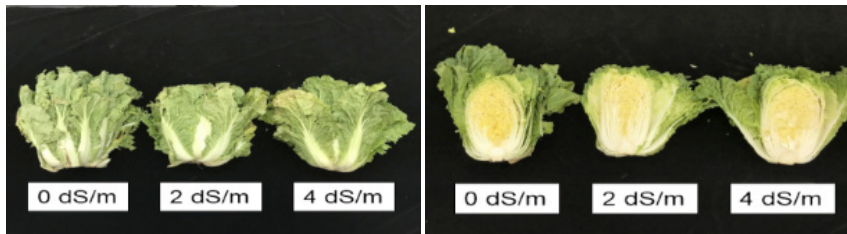
<그림 4-1> 새만금 간척지에서 재배한 배추 모습

(나) 토양관리

(1) 관개수 염농도에 따른 품종별 생육 반응

간척지의 토양에서 봄배추(품종: 춘광)를 파종하고 0~4dS/m 염농도를 달리한 염

수를 처리한 결과 염류농도 증가에 따른 봄배추의 생육지표 6종(생체중량, 주중, 구중, 구고, 구폭, 최대엽장)의 변화가 적었으며 봄배추의 결구중 또한 큰 차이를 보이지 않았으나 없으나, 병충해 발생이 심하게 나타났다. 염류농도에 따른 작물 생산량을 표현한 Maas-Hoffman model을 고려해 볼 때 4dS/m 이하의 염류농도에서는 배추(품종: 춘광)의 생육이 저해되지 않는 것으로 판단되었다.



염류농도별 배추 생육반응

염류농도별 배추 결구 모습

<그림 4-2> 간척지토양에서 염류농도에 따른 봄배추 생육 모습

2020년 스마트, 정품, 대통, 진청, 춘광 품종에 4dS/m의 염수를 관개한 결과 대통과 정품 품종은 주중(株重)과 구중(球重)이 떨어졌으나, 스마트·진청·춘광은 정상적인 생육과 수량을 얻을 수 있었다. 이를 통해 간척지 봄배추 재배에서는 품종 선택이 중요함을 알 수 있다.

<표 4-4> 배추 품종별 관개수 염농도에 따른 생육 및 수량 반응

품종	염 처리 (dS/m)	주중 (kg/주)	구중 (kg/주)	최대엽장 (mm)	구고 (mm)	구폭 (mm)
스마트	0	3.6ab	2.2abc	381ab	255b	159a
	4	3.0bc	1.9bc	389a	254	149a
정품	0	3.4abc	2.3ab	379ab	269ab	150a
	4	2.8c	1.9bc	348b	262	154a
대통	0	3.4abc	2.1abc	394	264b	158
	4	2.9c	1.7c	377ab	258	150
진청	0	3.8a	2.4a	397	287a	159
	4	3.2abc	1.9bc	401	263	147a
춘광	0	3.4abc	2.2ab	383b	264b	155a
	4	3.0bc	1.9bc	348b	255b	150a

(2) 토양물리성 개량

간척지 토양은 유기물 함량이 낮고 용적밀도가 높기 때문에 로터리 작업 후 빗물이나 관개수에 의해 쉽게 다져진다. 이러한 특성은 토양의 투수성과 통기성을 불량하게 만들어 지하 염분수 모관상승에 의한 지표면 염류집적을 심화시키거나 지표면 관개수의 수직배수를 막아 봄배추 뿌리에 염류장해를 가져오기 쉽다. 간척지 토양에 왕겨를 넣어주면 앞서 말한 피해들을 줄일 수 있다. 왕겨는 공극률이 79%, 수분흡수율은 75~80%, 용적밀도는 810kg/m^3 이며, 지역 RPC에서 구입하기 쉬운 농자재이다. 왕겨를 넣어줄 때는 10a당 12m^3 이상 주는 것이 좋다.

<표 4-5> 왕겨의 이화학적 특성

공극률 (%)	수분흡수율 (%)	용적밀도 (kg/m^3)	성분함량			
			Si	O	K	C
79	75~80	810	29.7	53.0	0.6	16.6

출처 : 성용주 등 왕겨의 화학적 조성 및 왕겨섬유의 형태적 특성. 2009

(다) 재배특성

(1) 파종시기 및 파종량

배추는 연중생산이 가능하지만 주로 봄, 가을에 많이 재배한다. 봄배추 파종시기는 3월 중순부터 4월 하순, 가을배추는 8월 상순에서 하순까지 파종이 가능하다. 요즘에는 배추를 종자로 파종하기 보다는 플러그묘로 재배하여 이식하는 방법을 많이 사용하고 있다. 배추는 종자로 파종할 때는 10a에 0.6dL을 사용하고 플러그묘를 이용할 때는 10a에 3,500~4,000주가 필요하다. 플러그묘를 기르는 데에는 약 1개월 정도 소요된다.

(2) 재배 방법

배추를 재배할 때 평두둑 2줄 재배를 주로 사용하는데 이때 줄간격은 조건 30~35cm, 주간 10~20cm로 하고 두둑폭 100cm, 고랑깊이 30cm로 하는 것이 좋다. 간척지에서 배추를 재배할 때 두둑 높이는 지하 염분수의 모관상승 정도와 빗물의 배수성에 영향을 준다. 간척지에 두둑을 높이 만들면 관개수의 염농도에 관계없이 봄배추의

주중과 구중이 늘어났다. 반면에 토양의 pH, EC, Na함량은 낮아졌다. 그러나 간척지 토양 특성상 두둑을 높이 조성했다고 해도 비가 오거나 관개수를 지속적으로 공급해 주면 두둑이 쉽게 무너져 낮아진다. 따라서 두둑 무너짐을 방지하기 위하여 장기적으로는 왕겨, 볏짚과 같은 유기물을 충분히 넣어주어 땅심을 높여 주는 것이 좋고 단기적으로는 피복작물이나 비닐 등을 이용하여 땅을 덮어주는 것이 좋다.¹

<표 4-6> 두둑 높이에 따른 배추 생육과 토양 pH, EC, Na 함량의 변화

두둑 높이 (cm)	관개수 염농도(dS/m)	주중 (kg/주)	구중 (kg/주)	pH (1:5)	EC (dS/m)	Na (cmol+/kg)
20	0	3086ab	2153ab	6.8a	0.39b	0.45c
	4	2795b	1816b	6.9a	1.28a	1.48a
40	0	3549a	2369a	6.5a	0.37b	0.36c
	4	3151ab	2030ab	6.7a	1.02a	0.96b

(3) 한랭사 피복

봄배추에 한랭사를 씌워 재배하면 지표면의 온도와 기온을 낮춰서 식물 체온을 낮추는 효과가 있다. 온도가 낮아지면 토양 표면에서의 증발량과 배추 식물체를 통한 증산량을 낮추어 준다. 이는 식물체에 수분장해를 막아주고, 토양에 염류집적을 막아주는 효과를 얻을 수 있지만, 햇볕 부족으로 인해 식물체의 광합성이 저하될 수도 있다. 한랭사 피복하면 무피복구보다 주중과 구중, 구고, 구폭이 작았고, 최대 엽장은 더 길어진 것으로 나타났다. 엽장이 길었던 원인은 관개수가 충분히 공급되었기 때문이었다.

바람이 강한 간척지 환경에서의 한랭사 설치의 비용 문제뿐만 아니라 약한 내구성도 우려된다. 대안으로는 검정비닐이나 검정 부직포를 피복하여 재배하거나, 왕겨나 갈대, 볏짚으로 덮어주어 지표면의 증발 강도를 낮춰주는 것이 좋을 것이다.

1. 정기열, 2021, 논 타작물 재배를 위한 왕겨 층진 천공형 땅속배수 기술 개발.
 성용주, 신수정, 오민택, 2009, 왕겨의 화학적 조성 및 왕겨섬유의 형태적 특성.
 펄프·종이기술 41(3) 22~28.
 公益社團法人 中央畜産會, 2017, 堆肥化施設設計マニュアル, おが粉代替敷料活用マニュアル, 22~29.
 이덕배, 이예진 등, 2019, 작물별 비료사용처방-4차 개정본, 농촌진흥청 국립농업과학원.

<표 4-7> 한랭사 피복 및 염처리 수준에 따른 배추 생육 및 수량 특성

한랭사	관개수 염농도(dS/m)	주중 (kg/주)	구중 (kg/주)	최대엽장 (mm)	구고 (mm)	구폭 (mm)
무피복	0	3549a	2369ab	374a	267a	159a
	4	3151ab	2030ab	364a	256ab	146ab
피복	0	3399a	2484a	383a	262ab	156ab
	4	2782b	1894b	366a	250b	143b

(4) 시비량 및 분시방법

배추를 노지에서 재배할 때 표준 비료(질소-인산-칼리) 사용량은 10a당 32.0-7.8-19.8kg이며, 퇴비는 완숙퇴비를 3,000kg을 사용하고 석회는 100kg, 붕사는 1.5kg을 사용해 준다. 이때 인산비료와 퇴비, 석회, 붕사비료는 전량 기비로 사용하고 질소-칼리비료는 각각 11.0-11.0kg을 밑거름으로 시비하고, 나머지는 웃거름으로 시비해 준다. 시설재배에서 10a당 비료 사용량은 17.8-3.0-7.3kg이며, 밑거름으로 6.2-3.0-4.0kg을 주고, 나머지는 웃거름으로 준다.

(5) 수확시기

배추의 생육기간은 약 3개월 정도 소요되기 때문에 봄배추 수확은 5월 하순에서 6월 중순까지 가능하고, 가을배추는 10월 중순부터 12월 상순까지 가능하다.

나. 브로콜리

(가) 기본특성

브로콜리는 다량의 항산화물질과 칼슘을 함유하고 있는 겨자와 녹색채소로 ‘녹색 꽃양배추’라고 불린다. 브로콜리는 11월부터 4월이 제철이지만 요즘에는 계절 구분없이 이용하고 있어 사계절 모두 재배하고 있다.



브로콜리 재배 모습

화뢰형성 모습

<그림 4-3> 새만금 간척지에서 재배한 브로콜리 생육과 화뢰형성 모습

(1) 관개수 염농도에 대한 브로콜리 품종별 반응

브로콜리 품종에 대해 0dS/m와 4dS/m의 관개수로 재배한 결과, 엘리유, 소렌토, 윈더풀은 4dS/m 관개수에서도 0dS/m 관개수보다 구종이 무겁게 반응하였다. 반면에 나이스그린, 코요시, 에쿠스는 4dS/m 관개수 재배는 0dS/m 관개수보다 구종이 크게 줄었다. 청제와 윈더풀은 관개수의 염농도 차이에도 불구하고 구종이 비슷하게 나타났다.

<표 4-8> 브로콜리 품종별 관개수 염농도에 따른 구종의 변화

(g/개)

관개수 염농도 (dS/m)	나이스 그린	코요시	청제	소렌토	에쿠스	엘리유	윈더풀
0 (A)	77.4	64.5	112.7	82.5	61.1	78	50
4 (B)	49.6	51.5	109.9	91.5	49.6	90.5	50.1
B/A(%)	64.1	79.8	97.5	110.9	81.2	116.0	100.2



<그림 4-4> 염농도에 따른 브로콜리 생육 반응(좌), 화뢰의 발달(우)

(2) 간척지와 일반 밭에서 생육과 수량 반응

2020년 청제 품종을 이용하여 0, 4dS/m의 관개수로 재배한 결과, 두 처리 간에 초장, 엽장, 엽폭, 잎·줄기·뿌리의 무게, 구폭, 구고, 구중에서 통계적 유의차를 볼 수 없었다. 또한, 청제품종의 생육은 전주의 일반 밭에서나 새만금 간척지에서나 생육과 수량에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서 나이스나 청제, 엘리유, 윈더폴과 같은 품종을 선택하고, 토양과 관개수 염농도를 4dS/m 이하의 조건에서 재배한다면, 간척지에서도 일반 밭 수준의 생육과 수량을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

<표 4-9> 청제 품종의 간척지와 일반밭에서 생육 및 화퇴특성 비교

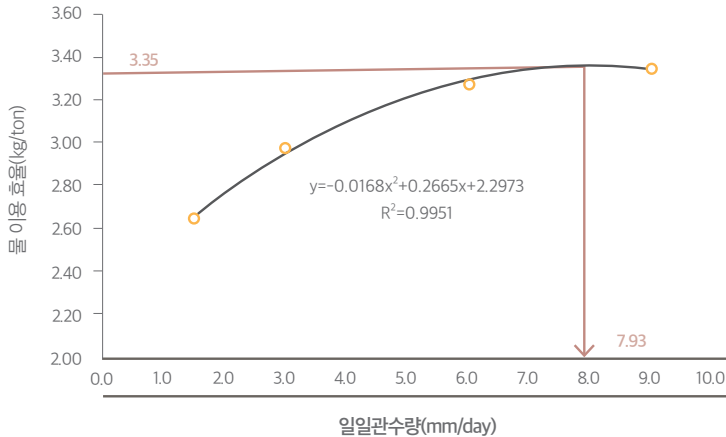
관개수 염농도 (dS/m)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	부위별 중량(g/주)			화퇴 특성		
				잎	줄기	뿌리	구폭 (cm)	구고 (cm)	구중 (g/주)
0	80.1a	70.8a	26.0a	1532b	412a	75a	9.0a	×6.6a	112.7a
4	78.0a	66.9b	27.0a	1391b	397a	75a	8.7a	6.3a	109.9a
전주본원	79.9a	69.0ab	28.2a	1899a	391a	76a	10.5a	7.6a	154.6a

(나) 토양관리

간척지에서 브로콜리의 안전재배가 가능한 토양의 염농도는 4.0dS/m(염농도 0.26%) 이하였으며 이 염농도에서 브로콜리 생육은 양호하였고 화퇴도 정상적으로 생성되어 수확이 가능하였다. 브로콜리가 토양 염농도 4dS/m에서 정상적으로 생육되었으나 간척지 토양 특성상 더 높은 염에 노출될 위험이 높기 때문에 염 피해를 줄이기 위하여 노지재배를 할 때는 두둑높이를 높여서 재배할 것을 권장한다. 하우스 등 시설에서 재배할 때는 점적관수 시설을 이용한 관개가 가능하기 때문에 관개를 통하여 토양 내 염농도를 낮춰주는 효과를 얻을 수 있다.

새만금 간척지에서 일일 6.0mm를 물을 주면 시험 전 토양의 EC는 23.5dS/m에서 5dS/m로 낮아졌고, 9.0mm 관수에서는 1.3dS/m까지 낮아져 주기적인 관개는 토양 염농도를 낮추는 효과가 있음이 확인되었다. 이 때 브로콜리의 생육과 물 이용 효율을 평가한 관수량은 물 이용 효율의 최고치는 7.9mm로 나타났으며, 이때 작물생산성

은 m^2 당 3.35kg 으로 나타났다. 따라서 브로콜리 재배 시 경제적인 1일 관개량은 6mm 가 적당한 것으로 판단되었다.



<그림 4-5> 관수량에 따른 물 이용 효율 (총 상품수량/총 물 사용량)

(다) 재배특성

(1) 파종시기

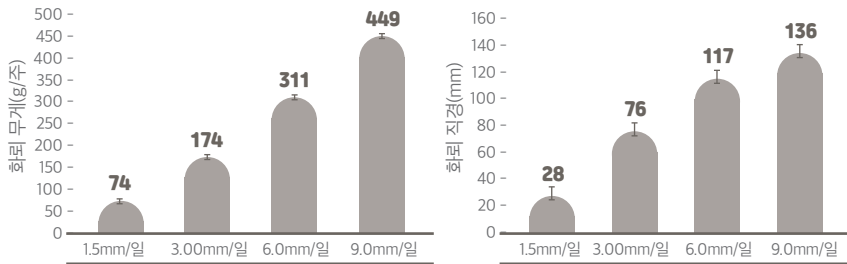
브로콜리는 연중생산이 가능하고 최근에는 연중생산도 하지만 11~4월이 제철이므로 주로 봄과 가을에 많이 파종한다. 봄 재배는 1월부터 3월에 파종을 실시하고 겨울 재배는 9월부터 11월까지 파종한다.

파종방법은 종자로 파종하기도 하고 플러그묘로 이식도 가능한데 요즘에는 종자 파종보다는 플러그묘 이식을 선호한다. 종자로 파종할 경우에는 10a에 60mL가 필요하며 플러그묘를 사용할 때는 3,000~5,000주가 필요하다. 브로콜리를 1조식으로 재배할 때는 약 4,000주/10a가 소요되며 이 때 재식거리는 $80 \times 30\text{cm}$ 이고 2조식으로 재배할 때는 약 4,100~4,500주/10a이 소요되며 재식거리는 $120 \times 35 \sim 40\text{cm}$ 로 이식해 준다.

(2) 간척지 비닐하우스에서 적정 관수량 설정

새만금 간척지 비닐하우스에서 브로콜리 재배 시 점적공 간격은 10cm 로 하여 일일 1.5, 3.0, 6.0, 9.0mm 수준으로 매일 관수한 결과, 개체당 구중은 일일 9.0mm 처리에서 가장 무거웠다. 일반적으로 수확용 브로콜리의 구중은 개체당 230g 이며, 일일

6.0mm 점적관수 조건에서 이 정도의 수확은 가능하였다. 또한, 브로콜리의 적정 개체당 구경은 100mm이며, 일일 6.0mm 처리에서 구경 117mm의 브로콜리의 수확이 가능하므로 일일 6mm를 점적관수한다면 간척지에서도 상품성이 있는 브로콜리의 수확이 가능한 것으로 나타났다.



<그림 4-6> 관수량별 화퇴의 무게와 직경

(3) 표준시비량 및 분시방법

브로콜리 표준시비량은 10a 기준으로 43 - 75 - 33kg(질소-인산-칼리)이고, 완숙 퇴비 2,000kg, 석회 100kg, 붕산 2kg을 시비해 준다. 이 때 인산비료, 퇴구비, 석회, 붕산은 모두 밑거름으로 사용하고 질소과 칼리비료는 밑거름과 웃거름으로 나누어 준다.

새만금 간척지에서 질소 수준별 브로콜리 생육 반응을 시험한 결과 무시용 대비 20kg/10a까지는 질소 사용량이 늘어날수록 생육이 증가되었으나, 30, 40kg/10a로 늘면 초장, 엽장, 엽폭은 늘지 않고 화퇴 직경과 화퇴 무게는 줄어 질소 시비량을 늘려서 시비한 효과를 얻을 수 없었다.

<표 4-10> 새만금 간척지에서 질소수준에 따른 브로콜리의 생육 특성

N levels (kg/10a)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	화퇴직경 (cm)	화퇴무게 (g/주)
0	53b	48b	20	67c	179b
10	59a	53a	21	92ab	275a
20	62a	55a	21	103a	292a
30	60a	53a	21	95ab	282a
40	62a	55a	21	83b	232ab

(4) 수확시기

봄 재배한 브로콜리는 4월부터 6월까지 수확이 가능하며 겨울 재배한 브로콜리는 12월부터 이듬해 4월까지 수확할 수 있다. 기온이 높을 때 브로콜리를 수확하게 되면 약간 어린 것을 수확하고 꽃봉오리 온도가 높지 않도록 아침에 작업하는 것이 더 좋다.

다. 아스파라거스

(가) 기본특성

아스파라거스는 온대성 채소로 서늘하고 겨울이 있는 지역에서 재배하는 것이 좋다. 파종에서 수확까지 약 3년이 소요되는 백합과 채소로 수확기간은 15년에 달한다.



아스파라거스 노지재배



아스파라거스 시설재배

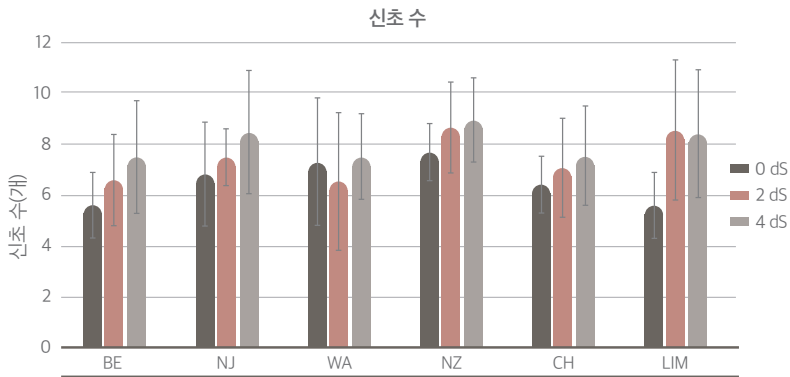
<그림 4-7> 새만금 간척지에서 재배 중인 아스파라거스 모습

(1) 관개수 염농도에 따른 품종별 반응

아스파라거스는 온대성다년생작물로 제주부터 강원도까지 전 지역에서 재배가 가능하며 한번 심으면 10년~15년 장기재배가 가능하다.

아스파라거스는 염류피해 초기농도가 4.1dS/m이고, 수량감소 기율기 값이 dS/m당 2.0%로서 대표적인 내염성 작물로 알려져 있다. 새만금 간척지 토양(EC 0.5dS/m)에 가축분퇴비를 10a당 6톤을 사용하고 31품종을 심고서 4dS/m의 염분수를 관개하였다. 간척지의 다양한 염류농도 환경에서 평균적으로 수량이 높은 품종들은 'Bejo3025', 'Primus', 'Aspalim', '관군', 'Apollo', 'Cumulus', 'Pacific peak' 등이었다. 또한, 염류처리 농도 증가 시 수량이 감소하지 않는 내염성 품종은 'Primus',

‘Atticus’, ‘Erasmus’, ‘Bejo3025’, ‘Gijnlim’, ‘Pacific peak’로 나타났다. 이들 품종은 관개수 염농도가 2dS/m와 4dS/m로 올라갈수록 신초 수가 늘어나는 반응을 보여 간척지 환경에서 적응성이 우수한 품종들로 판단되었다. 이상의 결과로 보아 ‘Bejo3025’, ‘Primus’, ‘Pacific peak’가 염에 강하고 수량이 높은 품종으로 선정되었다.



<그림 4-8> 관개수 염농도에 따른 아스파라거스 품종의 신초 수

(나) 토양관리

(1) 양분관리

아스파라거스에 필요한 질소-인산-칼리 비료량은 30-20-25kg/10a이다. 밑거름으로 1월 하순~2월 상순에 완숙퇴비(4톤)와 용성인비를 전량 밑거름으로 주고, 요소와 염화칼리는 50%량을 준다. 봄 수확을 마치고 입경전(立莖前)인 4월 하순과 5월 상순에 1차 웃거름으로 요소와 염화칼륨을 30%량을 주고, 6월 중순~하순 사이에 2차 추비로 20%량을 준다. 또한, 여름수확 이후 9월부터는 입경한 경엽의 양분이 뿌리로 이동을 촉진하기 위해 9월 하순에 단수를 하고, 경엽의 영양분이 지하로 이동되고 경엽이 완전히 황화되는 12월 하순에는 경엽을 제거한다.

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하
내 용	기비		봄 수확		입경	여름 수확			단수		줄기 제거	
					추비	추비						

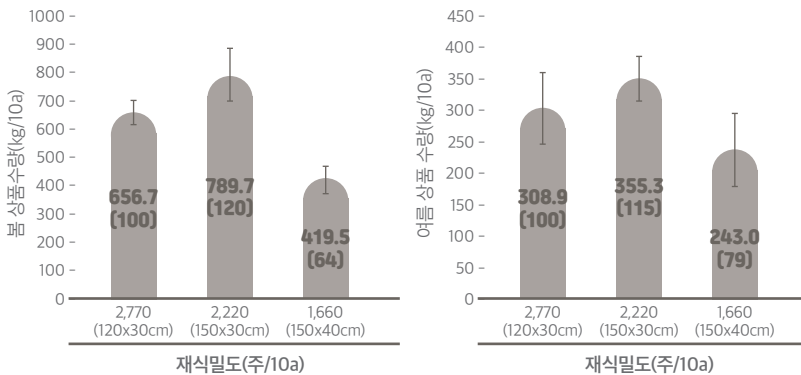
<그림 4-9> 아스파라거스의 비료사용 시기

(2) 파종방법 및 파종량

아스파라거스는 종자 또는 플러그묘를 이용하여 이식(파종)한다. 보통의 경우 종자를 파종하여 플러그묘를 생산한 다음 본포장에 이식하는 방법을 많이 이용한다. 이때 종자량은 10a에 1.5dL(1dL=약 3,000립)가 소요된다. 이 종자를 128공 플러그트레이를 이용하여 파종한다. 파종시기는 주로 1~2월 플러그 트레이 파종하면 5월에 임시 심기를 하고 그 이듬해 5월에 아주심기를 할 수 있다.

(3) 재식밀도

아스파라거스 재식밀도에 따른 수량을 알아보기 위하여 3수준의 재식밀도와 수확 시기 2개를 처리한 결과 재식거리는 150×30cm (10a당 2,220주) 식재구에서 수량이 가장 높았으며 아스파라거스는 수량은 봄 수확량이 여름 수확량보다 2배 이상 많았다.



<그림 4-10> 재식밀도에 따른 봄과 여름 상품 수량

(4) 피복재 종류별 아스파라거스 수확

아스파라거스는 아주심기 후 2년부터 25~27cm 자란 것을 수확할 수 있다. 1년차에는 1주 간격으로, 2년차는 2~3주 간격으로 3년차는 4~6주 간격으로 수확하고 5년 이후에는 8~10주 정도로 아스파라거스 생육상황을 관찰하면서 수확하면 된다. 아스파라거스 연화 재배를 위해 투명비닐 터널 재배를 한 결과 무처리 대비 50% 증수되었으며, 흑색과 배색비닐 터널재배에서는 무처리 대비 42~50% 증수되고 화이트 아스파라거스를 생산할 수 있었다.

<표 4-11> 아스파라거스 연화재배 시 생육 및 수량 특성 (수확기간: 16.3.30.~5.4.)

처리내용	초장 (cm)	경경 (mm)	무게 (g/개)	수확경수		총수량 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)	수량 지수
				(개/10a)	지수			
무처리	27.0	15.0	51.0	8,227	100	461	380b	100
흑색터널	28.0	18.0	72.0	9,581	116	690	570a	150
흑백터널	30.4	19.0	73.7	9,018	110	666	539a	142
복토	24.5	20.6	59.3	5,093	62	283	275c	72

출처 : 양승구.아스파라거스 투명 및 흑색 비닐 터널재배의 증수 및 연화재배 효과, 2016

라. 마늘

(가) 기본특성

우리나라 4대 채소 중 하나인 마늘은 ‘알리신’이라는 여러 가지 유용성분을 함유하고 있어 항암효과가 뛰어나고 피로해소, 면역력 강화에 좋은 식품이다. 마늘은 생산 지역에 따라 한지형 마늘과 난지형 마늘로 나누어 진다.

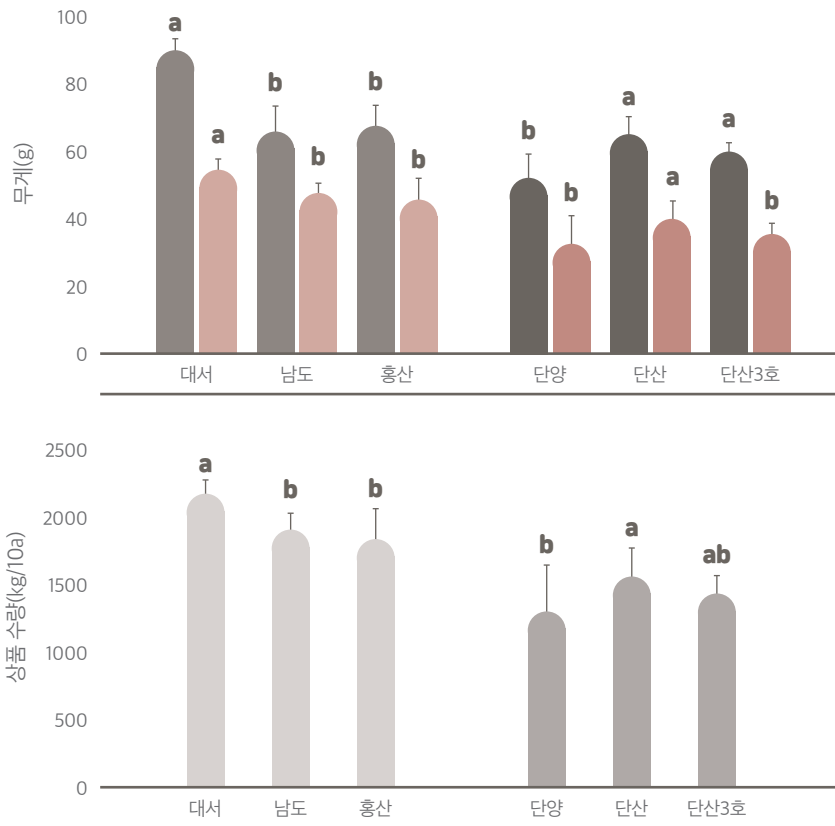


간척지 생산과 일반지 생산 마늘 비교

<그림 4-11> 새만금 간척지에서 재배한 마늘 모습

(1) 간척지 적응 품종

난지형 마늘에서 건구중은 대서 품종이 $55.4 \pm 2.7\%$, 한지형 마늘에서는 단산 품종이 $40.1 \pm 5.3\%$ 로 가장 무거웠으며, 상품수량은 각각 $2,195\text{kg}/10\text{a}$, $1,573\text{kg}/10\text{a}$ 로 (일반재배 시-대서: $2,200 \sim 2,300$, 단산: $1,300 \sim 1,400\text{kg}/10\text{a}$) 간척지에서 적합한 품종으로 추천되었다.



<그림 4-12> 마늘 품종별 생구중 · 건구중 및 상품수량 비교

(나) 토양관리

간척지에서 마늘을 안전하게 재배할 수 있는 토양 염농도는 $2.0\text{dS}/\text{m}$ (염농도 0.13%) 이하이다. 간척지에서 재배한 마늘이 일반노지 마늘보다 항산화 물질이 증가하였

는데 이때 난지형 마늘에서 폴리플라보노이드가 153%, 폴리페놀이 129% 증가하였다.

(1) 토양 유기물 관리

토양의 유기물 함량에 따른 퇴비 사용량을 조절하면 된다. 그러나 간척지 토양은 유기물 함량이 매우 낮으므로, 퇴비를 무한정 많이 주기보다는 왕겨나 벚짖과 같은 양분함량이 낮은 유기물을 많이 주는 것이 좋다.

<표 4-12> 토양유기물 함량에 따른 퇴비 사용량

퇴비 종류	토양유기물 함량 (g/kg)		비고
	25이하	26~35	
퇴구비(우분)	2,500	2,000	*간척지 토양의 유기물 함량은 매우 낮으므로 왕겨나 벚짖과 같은 양분함량이 낮은 유기물의 대량 공급이 필요
벼짖퇴비	2,500	2,000	
돈분퇴비	550	440	
계분퇴비	420	340	
혼합가축분퇴비	900	720	

* 출처 : 최학순, 권영석 등. 마늘 농업기술 길잡이. ,2021

(다) 마늘의 재배관리

(1) 마늘 이식시기

마늘은 주로 씨마늘을 생산하여 이식하거나 구매하여 사용한다. 양질의 씨마늘은 한지형은 4~5g, 난지형은 5~7g의 마늘을 골라 씨로 이용한다. 마늘은 늦가을에 파종하여 이듬해 봄에 수확하는 겨울작물이다. 파종시기는 난지형 품종은 8월 하순경부터 파종하고, 한지형 품종은 10월 상순경부터 11월 하순까지 파종하는 것이 좋다.

<표 4-13> 보통재배와 밀식재배에서 한지형과 난지형 씨마늘 필요량

구분	한지형		난지형	
	보통재배	밀식재배	보통재배	밀식재배
심는 거리(cm)	20×10	15×10	20×10	15×10
씨마늘 필요량(접)	70~80	80~90	60~70	80~90

* 출처 : 최학순, 권영석 등. 마늘 농업기술 길잡이. 2021

(2) 피복 비닐 종류에 따른 간척지 마늘 수량

간척지 토양에 비닐을 씌우면 토양 표면에서 증발량이 줄고 지하 염분수의 모관상승을 막아주어 토양 표면에 염류집적을 막아준다. 비닐 종류별로도 흑색 비닐은 햇빛의 투광을 차단하여 백색 비닐보다 지온이 낮게 유지된다. 흑색 비닐피복은 투명 비닐피복보다 총수량은 1.31배 많아졌고, 상품(上品) 수량은 1.71배가 늘었다.

(3) 염분수 관계에 따른 마늘의 수량 반응

U.S. Salinity laboratory의 연구 결과를 보면 토양 염농도가 3.9dS/m를 넘어선 다음 EC값이 1dS/m가 늘어날수록 마늘 구의 무게, 직경, 단위면적당 식물체 개체수가 14.3% 감소되는 것으로 나타났다.

(4) 비료사용량

마늘은 10a당 질소는 25.0kg, 인산 7.7kg, 칼리 12.8kg, 석회 200kg을 준다. 밀거름은 10a당 질소 9.0kg, 인산 7.7kg, 칼리 4.5kg을 주고, 질소 8kg, 칼리 4.15kg씩을 2회 웃거름으로 준다. 1차 웃거름은 2월 상순 생육재생기, 2차 웃거름은 3월 중순에 준다.

(5) 피복 비닐 종류에 따른 간척지 마늘 수량

간척지 토양에 비닐을 씌우면 토양 표면에서 증발량이 줄고 지하 염분수의 모관상승을 막아주어 토양 표면에 염류집적을 막아준다. 비닐 종류별로도 흑색 비닐은 햇빛의 투광을 차단하여 백색 비닐보다 지온이 낮게 유지된다. 흑색 비닐피복은 투명 비닐피복보다 총수량은 1.31배 많아졌고, 상품 수량은 1.71배가 늘었다.

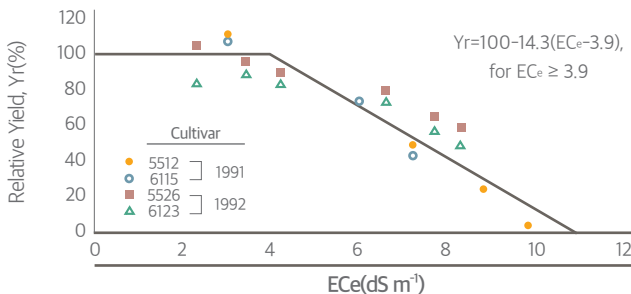


Fig. 1. Relative bulb yield of four garlic cultivars as a function of increasing soil salinity.

<그림 4-13> 관개수 염농도 증가에 따른 마늘 4개 품종의 수량 반응

(6) 표준비료 사용량

간척지의 토양 염농도가 0.1%이하로 낮아지면 마늘재배가 가능해진다. 마늘의 비료사용은 일반 농경지에서와 같이 10a당 질소-인산-칼리를 밑거름으로 9.0-7.7-4.5kg을 주고 웃거름은 16-0-8.3kg을 양분하여 2회 나눠주면 된다.

<표 4-14> 마늘의 표준비료 사용량

비종	밑거름 (kg/10a)	웃거름 (kg/10a)	계 (kg/10a)	사용방법
질소	9.0	16.0	25.0	· 1차 웃거름: 2월 상순 생육재생기 · 2차 웃거름: 3월 중순 - 질소, 칼리 웃거름 50% 해당량 · 석회: 석회석 기준량
인산	7.7	0	7.7	
칼리	4.5	8.3	12.8	
석회	200	0	200	

* 출처 : 최학순, 권영석 등. 마늘 농업기술 길잡이. 2021

(7) 수확시기

늦가을에 파종된 마늘은 이듬해 5월 하순에서 6월 상순까지 수확이 가능하다. 수확시점은 마늘의 잎과 줄기가 3분의 2에서 2분의 1 정도 황색으로 변했을 때 실시하면 된다.

마. 방풍나물

(가) 기본특성

방풍나물은 갯기름나물이라 불리는데 풍을 예방한다고 하여 방풍나물로 더 유명한 채소이다. 방풍나물은 황사와 미세먼지를 씻어내고 중금속을 해독해 주며 비염이나 천식같은 호흡기 질환에 효과가 좋은 것으로 알려져 있다. 방풍나물은 원방풍, 갯방풍, 식방풍이 있는데 잎은 나물로 먹고 뿌리는 약재로 사용한다.



방풍 생육 모습



방풍 뿌리 수확

<그림 4-14> 새만금 간척지에서 자라고 있는 방풍 모습

(나) 토양관리

(1) 염처리 수준별 방풍 생육과 수량 특성

식방풍에 염류농도 0, 2, 4dS/m의 관개수로 재배한 결과 지하부 무게는 통계적 유의차가 인정되었으나, 초장·줄기굵기·분지수·지상부 무게·총중량에서는 통계적 유의차가 없었다.

<표 4-15> 염처리 수준별 방풍 생육 및 수량 특성

염류농도 (dS/m)	초장 (cm)	줄기 굵기 (mm/개)	분지수 (개/주)	지상부 무게 (kg/주)	지하부 무게 (kg/주)	총중량 (kg/주)
0	123.5a	24.6a	5.0a	2.46a	0.71ab	3.17a
2	122.0a	26.9a	4.7a	2.55a	0.75a	3.30a
4	124.4a	29.6a	4.5a	2.69a	0.590b	3.28a

출처 : 이인복, 염농도 처리 수준별 방풍의 유효성분 변화. 농촌진흥청 영농활용자료, 2021



<그림 4-15> 방풍에 대한 염수 처리에 따른 생육 및 수확 전경

출처 : 이인복, 염농도 처리 수준별 방풍의 유효성분 변화. 농촌진흥청 영농활용자료, 2021

(다) 재배특성

(1) 파종시기

방풍나물은 봄에 파종할 때는 주로 비닐피복을 하여 3월 하순에 파종하고 가을에 파종할 때는 비닐을 피복 하지 않고 그냥 재배한다. 방풍나물 중 갯방풍은 종자를 직파 하여 재배하고, 식방풍은 종자를 직접 파종하거나 육묘·이식하여 재배를 한다. 파종방법별로 보면 조파가 산파나 점파보다 수량이 많았다. 조파 조간 10cm 재배는 전면산파 대비 수량이 19% 높았고, 조파 조간 20cm 재배 대비 16%나 증수되었다. 점파는 조파보다 수량이 낮았으며, 조간 간격이 10cm가 15cm나 20cm보다 수량이 8%가 많았다.

<표 4-16> 방풍의 파종 방법에 따른 수확량, 초장, 엽장의 차이

처리	생체중(kg/10a)			초장 (cm)		엽장 (cm)	
	2013년	2014년	지수	2013	2014	2013	2014
전면산파(대비)	548.5	620.3	100	24.5	27.0	4.9	6.9
조파(조간 10cm)	630.0	736.3	119	30.1	29.2	6.3	6.8
조파(조간 20cm)	600.5	636.6	103	28.5	28.7	6.3	7.1
점파(조간 10cm)	509.0	478.9	77	27.5	27.3	6.7	7.1
점파(조간 15cm)	428.5	430.6	69	24.9	27.0	7.0	7.5
점파(조간 20cm)	422.5	426.0	69	24.9	26.7	6.9	7.4

출처 : 임세화. 식방풍 경영 생산을 위한 파종 방법 및 차광처리 효과. 농촌진흥청 영농활용자료. 2014

(2) 파종량

방풍나물을 종자로 직접 파종할 때는 10a에 3L를 종자로 사용한다. 종자로 파종할 때는 종자 파종 후 벧짚을 덮어 주었다가 출현하면 제거해 주는 것이 좋다.

(3) 표준비료 사용량

뿌리 수확용 식방풍 재배에서 10a당 비료 사용량은 질소 13.8kg, 인산 11.5kg, 칼리 11.3kg을 전량 밑거름으로 주되, 잎 수확용 식방풍 재배에서는 밑거름과 웃거름으로 나누어 준다. 뿌리 수확용 식방풍 재배보다 질소는 10a당 1.9kg, 인산은 2.8kg을 더 주고, 칼리는 뿌리 수확용이 10a당 2kg 많다.

<표 4-17> 식방풍의 삼요소 및 석회 사용량

(kg/10a)

구분	비종	밀거름	웃거름	계	사용방법
뿌리 수확용	질소	13.8	0	13.8	* 석회는 석회석 기준량
	인산	11.5	0	11.5	
	칼리	11.3	0	11.3	
	석회	200	0	200	
잎 수확용	질소	11.0	4.7	15.7	
	인산	14.3	0	14.3	
	칼리	6.5	2.8	9.3	
	석회	200	0	200	

출처 : 임세화, 식방풍 경영 생산을 위한 파종 방법 및 차광처리 효과. 농촌진흥청 영농활용자료, 2014

(4) 적정 수확시기

근장, 근수, 근경은 10월 상순보다 11월 상순으로 수확시기가 늦어질수록 늘었다. 그 결과 10a당 수확량은 10월 상순 243kg 대비 10월 중순 수확은 276kg으로 14%가 늘었으며, 10월 하순에는 339kg으로 40%가 늘었고 11월 상순에는 380kg으로 56%가 늘었다.

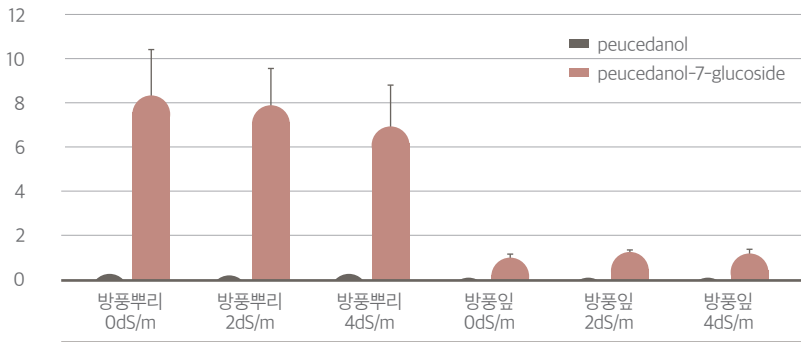
<표 4-18> 방풍 수확시기별 근장과 근수, 근경, 수량의 차이

수확시기	근장(cm)	근수(개/주)	근경(mm)	수량(kg/10a)	지수
10월 상순	29.4b	12.0b	24.2c	243d	100
10월 중순	30.5b	10.6b	23.0c	276c	114
10월 하순	31.4b	20.3a	28.3b	339b	140
11월 상순	37.3a	16.8a	31.7a	380a	156

출처 : 김영국, 방풍 수확 적기. 농촌진흥청 영농활용자료, 2012

(라) 염처리 농도별 방풍의 기능성분 함량 변화

방풍의 유효성분인 푸세다놀(peucedanol)계 성분 함량은 잎에 비하여 뿌리에서 현저하게 높았으며, 염류처리 농도가 증가할수록 뿌리 중 peucedanol-7-glucoside의 함량은 감소하는 경향을 보였다. 방풍의 뿌리 수확물의 약효성분 강화를 위해서는 토양 염농도가 높지 않은 환경에서 재배하거나, 높지 않게 재배지를 관리하는 것이 필요하다.



<그림 4-16> 간척지 방풍에 대한 염농도 처리수준 별 유효성분 함량 비교

출처 : 이인복. 염농도 처리 수준별 방풍의 유효성분 변화. 농촌진흥청

바. 무

(가) 기본특성

십자화과의 초본식물로 재배 시기는 배추와 같다. 서늘한 기후를 좋아해 가을에 파종하여 재배하지만 영하 1℃ 이하에서는 생육이 더디게 자란다. 무는 지하부 김장용으로 사용하고 지상부는 말려 시래기로 이용한다.



<그림 4-17> 새만금 간척지에서 재배한 무 생육

(나) 토양관리

(1) 간척지에서 봄무와 가을무의 생육 및 수량 반응

봄무는 가을무보다 생중량, 지상부 및 지하부 무게가 무거웠으며 근장이 길었으나 근경은 작고 경도도 낮았으며 엽소율과 열근율은 높았다.

봄무에서 관개수 염류농도가 4dS/m 수준까지 증가됨에도 불구하고 생중량, 근장, 근경, 엽장에서는 통계적 유의차가 없었으나, 2dS/m 이상에서 경도는 감소되었다.

<표 4-19> 봄무에 대한 염류농도 처리별 생육량과 엽소율, 열근율

염류농도 (dS/m)	생중량 (kg/주)	근장 (mm)	근경 (mm)	엽장 (mm)	경도 (N, 8mm)	엽소율 (%)	열근율 (%)
0	2.40±0.33a	271.1a	97.8a	386.3a	121.1a	42.5a	57.4a
2	2.58±0.33a	283.2a	101.1a	408.2a	108.7b	55.9a	50.2a
4	2.33±0.50a	267.4a	95.9a	395.4a	109.8ab	69.2a	57.5a

* DMRT, $P \leq 0.05$.

출처 : 이인복. 간척지 적합 원예작물 선발 및 재배법 개발. 농촌진흥청 연차실적·계획서, 2019



<그림 4-18> 염류농도 처리 별 봄무의 생육 반응 (좌), 봄무의 열근현상 (우)

가을무에서는 관개수 염류농도를 0, 2, 4dS/m로 처리해도 생중량, 근장, 근경, 엽장, 경도, 엽소율, 열근율에서 통계적 유의차가 없었다. 가을무는 봄무보다 생중량·지상부 및 지하부 무게는 가벼웠고, 근장은 짧았으나 근경은 굵었다. 근경은 작고, 경도는 높았으며, 엽소율과 열근율은 낮았다. 간척지에서 가을무의 뿌리를 잘 성장시키는 재배 기술의 개발이 필요하다.

<표 4-20> 가을무에 대한 염류농도 처리별 생육량과 엽소율, 열근율

염류농도 (dS/m)	생중량 (kg/주)	근장 (mm)	근경 (mm)	엽장 (mm)	경도 (N, 8mm)	엽소율 (%)	열근율 (%)
0	1.13±0.34a	170.2a	101.8a	347.0a	117.2a	0a	7.48a
2	1.20±0.29a	160.8a	104.8a	360.7a	115.4a	0a	5.12a
4	1.28±0.14a	170.8a	105.8a	362.5a	115.5a	0a	1.89a



<그림 4-19> 염류농도 처리 별 가을무의 생육 반응

(다) 재배특성

(1) 파종시기 및 파종량

무는 연중 생산이 가능한 작물로 주로 종자로 파종한다. 노지재배인 경우 3월 하순에서 4월하순까지 파종하며 비가림재배를 할 때에는 2월 중순부터 3월 중순까지 파종이 가능하다. 비가림이나 망사를 이용하여 피복하면 노지재배보다 병해충 발생량이 감소하고 수량이 약 15% 증수하는 효과가 있었다. 무를 종자로 파종할 경우 10a당 8-10dL의 씨앗이 필요하다.

(2) 비료 시비량 및 시비 관리

무 표준시비량은 10a당 질소-인산-칼리를 각각 23.4-5.1-8.1kg을 사용하고 퇴구를 1,500kg, 석회 200kg이다. 시비방법은 인산비료, 퇴구비, 석회는 전량 밑거름으로 사용하고 질소비료 2~3회 웃거름을 주고 칼리비료는 1회의 웃거름을 시비한다.

시설재배에서 봄무를 재배할 때 생육단계별 웃거름 관비 공급량을 보면 파종하기 전 토양검정을 실시하여 필요한 밑거름량을 공급하고 파종 후 2주까지(유묘기)는 웃거

름은 공급하지 않고, 엽신장기에 접어드는 파종 후 3주부터는 작물생육 단계별로 웃거름을 차별하여 공급한다.

<표 4-21> 봄무 관비재배에서 매주 공급하는 비료량

생육단계	파종 후 경과 주수	요소 (g/10a)	염화加里(g/10a)
유묘기	1~2	-	-
엽신장기	3~6	222 (매주 공급)	156(매주 공급)
	7	222	162
근비대기	8	150	508
	9	29	547
	10	92	469
	11	203	357
계		1,584	2,665

* 재배기간: 3월~6월, 재식주수 8,000주/10a, 목표수량: 1톤

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구. 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(3) 물관리 방법

간척지에서 시설재배를 통하여 봄무를 재배할 때 파종시기에는 고랑이 젖을 만큼 충분히 물을 주면, 1~2주간은 추가 관수를 하지 않아도 된다. 파종 1~2주 후부터 아래 표를 참고하여 해당량을 관수하되, 유기물 함량과 점토 함량이 낮은 간척지 토양은 수분보유력이 약하므로 조금씩 자주 관수한다. 제시된 관수량은 점적관수 시설이 설치된 경우에 한하며, 그 외의 경우 관수 효율을 감안하여 살수관수는 이보다 1.3배량, 고랑관수는 1.5배량을 공급한다.

<표 4-22> 시설 봄 무 생육단계별 관수량

(8,000주/10a 기준)

생육단계 (파종 후 경과 주수)		봄무 관수량 (m/10a)
유묘기	1	-
	2	4.5~5.5
엽 신장기	3~5	6.5~7.5
	6	10.5~11.5
근 비대기	7	20.5~21.5
	8~11	40.5~41.5
계		217~227

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구. 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

<표 4-23> 관수방법에 따른 관수효율

관수방법	점적관수	살수관수	고랑관수
관수효율 (관개량 배율)	90% (1배)	70% (1.3배)	60% (1.5배)

출처 : 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구. 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(4) 수확시기

노지재배 무 수확은 5월 중순부터 7월 상순까지 가능하고, 비가림 재배 무 수확은 4월 하순~6월 상순까지 가능하다.

사. 적근대

(가) 기본특성

근대는 식재료로 사용되어 온 채소로 줄기의 색에 따라 적근대와 청근대로 나뉜다. 근대는 잎을 쌈채용으로 먹거나 된장 또는 죽용으로 익혀서 먹기도 한다. 근대의 효과로는 피부미용과 다이어트에 효과적인 식품으로 수분, 식이섬유가 많을 뿐만 아니라 무기질이 풍부해 소화기능과 혈액순환을 원활하게 도와준다.



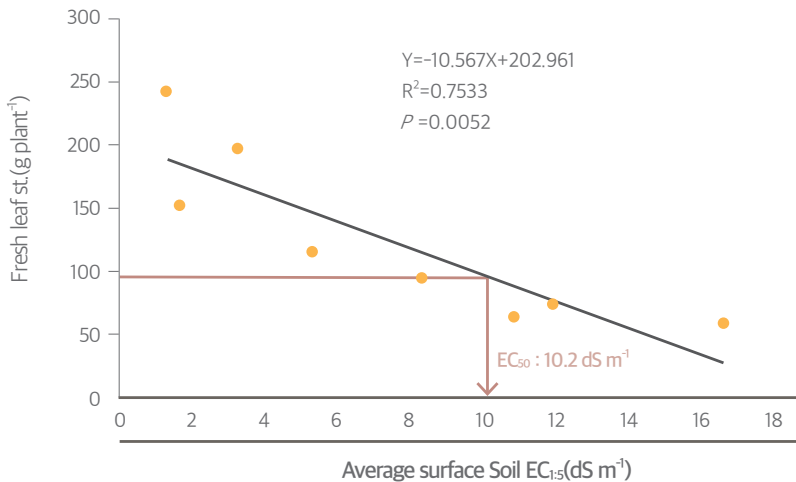
근대 생육 상황

<그림 4-20> 새만금 간척지에서 자라고 있는 근대 모습

출처 : 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(나) 토양관리

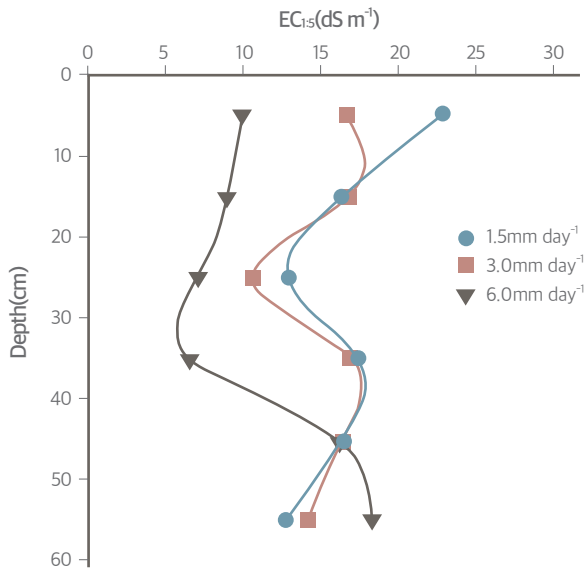
토양 염농도에 따른 적근대의 수량 반응을 보기 위하여 2013년부터 2015년까지 2년 동안 새만금 간척지에서 시험한 결과 적근대 최고 수량의 50%의 수량감소를 보이는 토양 염농도는 10.2dS/m로서 비교적 내염성이 약한 작물이다. 안정적인 수확량 확보를 위해서는 토양 염농도를 최소 2dS/m 이하로 유지할 수 있는 조건을 만들어주고 재배 중 재염화를 막아주어야 한다.



<그림 4-21> 새만금 간척지에서 염농도에 따른 적근대의 수량 감소 모형

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

새만금 간척지에서 적근대 재배 시 점적관수량에 따른 토양 깊이별 제염 효과를 알아보기 위해 수확기 지면에서 수직으로 60cm 깊이까지 10cm 간격으로 토양 시료를 채취하여 토양 EC를 측정하였다. 토양의 0~10cm 깊이에서는 관수량이 증가할수록 토양 EC 값은 낮아졌다. 1일 1.5mm 및 3.0mm 관개에서는 10cm 이상 깊이에서도 EC 값이 크게 감소되지 않았다. 1일 6.0mm 관개에서는 40~50cm 깊이까지의 토양 EC는 1.5mm와 3.0mm 관개구보다 낮았다. 이를 통해 1일 6.0mm의 점적관수는 30~40cm 깊이까지의 토양에서도 제염 효과가 있는 것을 확인할 수 있다. 그러나 50~60cm 깊이에서는 토양 염농도가 증가되었는데, 이는 점적관수에 의해 용탈된 염류가 심토에 집적된 결과로 판단된다.



<그림 4-22> 새만금 간척지에서 일일 관수량에 따른 적근대 재배지 토심별 염농도

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(다) 재배특성

(1) 파종시기와 파종량

근대는 봄, 여름, 가을 모두 재배가 가능하고 시설재배를 하면 겨울에도 재배가 가능하다. 봄재배는 2~3월에 파종하고, 여름재배는 5~6월에 파종하며, 가을재배는 9~10월에 파종한다. 근대는 종자로 파종하며 종자량은 10a당 7.2~15L이 필요하다.

(2) 비료 시비량 및 시비 관리

근대의 표준시비량은 10a당 질소-인산-칼리비료를 각각 15-11-11kg이고 퇴구비 1,000kg, 석회 100kg이다. 인산비료와 퇴구비, 석회는 모두 밑거름으로 시비하고 질소비료, 칼리비료는 웃거름으로 2회 나누어 준다.

간척지에서 적근대에 질소시용량에 대한 수량변화를 시험한 결과, 질소비료의 증가에도 불구하고 근대 수량의 증가는 크지 않았다. 이는 관수처리량이 증가하면 토양 중 양분의 용탈량이 증가하고 관수 처리량이 줄어들면 수분부족과 염류장해에 의해 수량이 감소되었기 때문이다. 따라서 새만금 간척지 비닐하우스에서 적근대를 환경 경제

적으로 생산하기 위해서는 질소는 10a당 7.5kg 사용하고 1일 6~9mm를 관수해 주면 좋을 것이다.

<표 4-24> 간척지 시설하우스에서 질소사용량에 따른 적근대의 생육과 수량 반응

N levels (kg/10a)	초장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	생체수량 (g/주)
0	38.6b	15.6	4.2	52.3
7.5	39.3ab	16.5	4.3	55.2
15.0	40.9ab	15.8	4.3	51.5
22.5	40.8b	16.7	4.5	53.9
30.0	43.0b	16.9	5.2	57.5

※ 육묘 이식 후 1회 수확기 기준

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(3) 물관리 방법

관수량과 시비량에 따른 적근대 수량특성을 보면 <표 4-25>와 같이 새만금 간척지 비닐하우스에서 관수량이 증가할수록 적근대의 최대 수량은 증가하는 경향을 보였으며 일일 관수량은 9mm 수준에서 최대 수량을 보였다.

<표 4-25> 새만금 간척지에서 일일 관수량 및 질소 수준에 따른 적근대의 생육

1일 관수량	초장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	생체수량 (g/주)
1.5mm	37.0b	14.3	4.5	46.1c
3.0mm	38.8b	15.3	4.6	47.3bc
6.0mm	42.5a	17.3	4.2	59.4ab
9.0mm	43.8a	18.3	4.6	63.4a
p-value	<.0001	<.0001	ns	0.0009

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(4) 수확시기

근대는 식물체가 부드러워 쌈채용과 국, 죽에 많이 이용된다. 과거에는 주로 죽이나 된장국에 이용되었다면 최근에는 쌈채용으로 많이 이용되고 있다. 근대를 쌈채용으로 이용할 때는 잎이 성인 손바닥 크기 정도로 성장했을 때 수확이 가능하다. 재배 시기별 수확시기로는 봄 재배는 4월 하순~6월 상순까지 수확이 가능하고 여름 재배는 6월 하순~7월 상순까지, 가을 재배는 11월 상순~하순까지 수확이 가능하다. 봄, 여름 수확할 때는 저녁에 수확하여 식물체가 시드는 것을 예방하는 것이 더 좋다.



<그림 4-23> 간척지 적근대 수확 사진

출처: 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

(라) 노지와 비닐하우스에서 생육과 수량, 조수입 비교

노지대비 시설재배에서 엽폭이 1.22배 길고, 엽수도 1.94배 많은 결과 생체수량은 1.79배 증가하였고, 조수입은 2.05배 증가하였다.

<표 4-26> 노지 및 비닐하우스에서 적근대의 생육과 수량, 조수입 비교

새만금 간척지	초장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	생체수량 (kg/10a)	조수입 (천원/10a)
노지재배 (A)	15.8	6.9	16	971	2,601
시설재배 (B)	15.9	8.4	31	1,739	5,345
B/A (%)	1.01	1.22	1.94	1.79	2.05

출처 : 배희수, 간척지 노지 및 비닐하우스 적응 소득작물 재배 기술 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 시험연구보고서, 2016

아. 양파

(가) 품종 선택 요령

양파 구의 비대는 온도와 해 길이에 따라 결정된다. 가을 뿌림 기준으로 해 길이가 상대적으로 길고 온도가 일찍 상승하는 남부지역 간척지에서는 해 길이가 짧고 낮은 온도에서 구 비대가 가능한 극조생 또는 조생종 품종이 재배에 적절하고 반대로 기온 상승이 늦은 중부지역 간척지에서는 구 비대에 요구되는 해 길이가 길고 상대적으로 높은 온도에서 비대가 이루어지는 중생 또는 중만생 품종이 적합하다.

〈표 4-27〉 구 비대 한계일장에 따른 품종군 분류

품종군	구 비대 한계일장(시간)	구 비대 한계온도(°C)	재배 가능 지역
초극조생종	10.0~11.5	10~11	제주도
극조생종	11.5~12.0	12~13	제주도, 남해도서
조생종	12.0~12.5	14~15	남부 해안지역
중생종	12.5~13.0	16~18	남부~중남부내륙
중만생종	13.0~13.5	20 내외	남부~중남부내륙
춘파재배	14.0 이상	22 내외	고랭지(해발 600m 이상)

출처: 농촌진흥청, 양파 농업기술 길잡이, 2021

(나) 간척지 재배 가능성

(1) **내염성:** 내염성이 강한 작물은 맥류>유채>양배추>무담배>감자>시금치>셀러리>배추>순무>양파>상추>강낭콩>잠두>삼엽채순으로 양파의 내염성은 그리 높지 않은 것으로 평가되고 있다.

(2) **간척지 재배:** 신 간척지인 새만금(pH 7.6, 토양 유기물 0.46%, 토양 염농도 3.9 dS/m)에서 재배 시험한 결과 생육은 일반지 재배와 비슷하였다. 개체중 및 수량은 오히려 간척지 재배에서 증가하는 경향을 보여 염을 충분히 제거한다면 간척지 재배가 가능할 것으로 평가된다.

(3) **토양관리:** 내염성이 약한 양파의 특성상 간척지 토양관리는 인위적으로 염을 제

거하는 것에 초점을 맞추어 진행하여야 한다. 바이오매스 생산량이 높은 염생식물이나 밀, 보리, 귀리 그리고 호밀과 같은 내염성작물을 재배하여 염을 제거하는 생물학적 방법을 사용하기도 하고, 토양 개량제를 처리하는 화학적 방법을 쓰기도 하는데 석고를 비롯한 칼슘 자재는 싸고 쉽게 구할 수 있는 장점이 있으면서도 염해 토양에 고농도로 함유되어있는 치환성 나트륨을 제거하는 토양 개량 효과가 우수한 토양 개량제이다. 유기물과 혼합 처리 시 그 효과가 배가될 수 있으므로 식물성 유기물 자재를 병행처리하는 것이 바람직하다.

〈표 4-28〉 신간척지(새만금) 양파 재배 시 생육 및 수량

작물(작기)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (매/주)	분지수 (개/주)	개체중(g/주)		수량(kg/10a)	
						간척지	일반지	간척지	일반지
양파(12-5월)	80.9	58.0	2.4	7.3	3.6	297.7	290.8	4,230 (105)	4,038 (100)

※ 재식거리 : 15×10cm(27,000주/10a)



〈그림 4-24〉신간척지(새만금) 양파 재배

(다) 간척지 재배 기술

(1) 육묘기술

가) 파종기: 멀칭재배를 기준으로 추대 및 분구의 위험이 적고 상품 수량을 최대한 올릴 수 있는 파종기는 남부지방을 기준으로 조생종은 8월 하순~9월 상순, 추대에 비교적 안정적인 중만생종들은 9월 상순~9월 중순이다.

나) 파종: 본포 10a당 필요한 종자량은 6~8dL로 깊이 0.5cm, 간격 6~9cm로 줄뿌림 파종한다.

- 다) 발아온도: 일반적으로 양파의 발아 최고 온도는 33℃, 최저온도는 4℃이다. 따라서 고온기에 파종하는 가을 뿌림의 경우에는 고온이 지속되지 않도록 관수 또는 복토를 통해 온도를 낮추는 관리가 필요하다.
- 라) 양파는 어두운 조건에서 발아하므로 파종 후 종자가 노출되지 않도록 복토를 해주어야 하며 깊이나 차광망 등으로 덮어주면 발아율 향상에 효과적이다. 파종 후 5~7일이 지나면 떡잎이 꼬부러진 상태로 솟아오르는데 꼬부러진 상태가 1cm 정도 되면 차광막을 걷어 준다.

(2) 본발 재배 기술

- 가) 정식시기: 양파가 생육할 수 있는 최저온도는 어린 눈의 경우 6℃, 어린 뿌리의 경우는 4℃이다. 정식시기는 그 지방의 평균기온이 4℃로 내려가기 25~30일 전인 평균기온이 15℃가 되는 시기로 조생종은 10월 상순~10월 중순, 중생종은 10월 중순~10월 하순, 만생종은 10월 하순~11월 상순이다.
- 나) 토성: 조기 출하를 목적으로 하는 조생종 품종을 재배할 때는 짧은 해 길이에 서 단기간에 구를 비대시켜야 하므로 지온의 상승이 빠른 사양토가 유리하고, 저장을 목적으로 할 때는 구가 토양의 수분을 흡수하여 당을 많이 축적, 조직이 치밀하고 단단해야 하므로 상대적으로 보수 및 보비력이 뛰어난 식토가 알맞다. 양파는 산성 토양에서 생육 및 구비대가 매우 불량하므로 토양 산도가 pH 6.3-7.3이 되도록 해야 한다.
- 다) 비닐 멀칭: 멀칭은 지온상승, 토양수분 보존, 잡초방제 효과가 있다. 양파 재배에 있어서는 제초의 어려움으로 투명비닐보다는 흑색비닐 멀칭을 많이 하며 경운 정지 후 바로 실시한다.
- 라) 본포정식: 정식할 묘는 줄기 굵기 6~7mm, 길이 25cm, 엽수 3~4매로 병에 걸리지 않고 웃자라지 않은 묘가 이상적이며, 정식 거리는 줄 사이 16cm, 포기 사이는 12cm가 표준이다. 너무 깊이 심으면 활착이 늦고 생육이 불량하므로 3cm를 표준으로 가능하면 얇게 심는다.

(3) 시비량 및 시비처리

양파는 비료를 많이 요구하는 작물 중의 하나로 비료의 효과가 큰 편이다. 토양의 성질, 토양 중의 유기질 함량 등의 차이에 따라 비료를 주는 양이 다르기 때문에 재배

토양의 성분 분석을 통해 시비 처방이 필요하다.

〈표 4-29〉 양파 표준 시비량에 의한 가을 뿌림 재배에 있어서의 시비

비료종류	전체량 (kg/10a)	밑거름량 (kg/10a)	웃거름량(kg/10a)	
			1회	2회
요소	52.2	17.4	17.4	17.4
용성인비	38.5	38.5	-	-
염화칼리	25.6	15.2	5.2	5.2
시 기		정식 전	2월 중순	3월 중하순

출처: 농촌진흥청, 양파 농업기술 길잡이, 2021

(4) 병해충 관리

가) 방제가 적극적으로 필요한 우점병해는 노균병, 흑색썩음균핵병이고 발생이 문제되어 방제를 고려해야 할 병해충은 잘록병, 잎마름병, 고자리파리 등이 있다.

나) 노균병: 연약하게 자랐거나 물 빠짐이 나쁜 곳, 연작지에서 발생이 심하다. 외형상 나타나는 표징에 의하여 닭발병, 늘어짐병(비정상적인 잎신장), 염소뿔병(잎 조직 경화), 얼룩병(잎에 하얀반점), 그을음병(잎 표면에 회색 또는 검은 포자 밀생), 잣빛곰팡이병으로 불리우기도 한다. 병든 잎에는 난포자가 형성되어 전염원이 되므로 수확 후 줄기나 잎은 포장에 방치하지 말고 모아서 안전하게 제거하고, 병든 양파는 비닐포대에 담아서 격리시키거나 안전하게 제거해야 한다. 친환경 방제법으로 노균병 발병 직전부터 석회보르도액(4-4식)을 10일 간격으로 3~5회 살포하거나 황토유황(석회유황합제) 1,000배 액을 발병 직전부터 10~15일 간격으로 3~5회 살포하는 방법을 사용한다.

다) 흑색썩음균핵병: 전형적인 토양 전염성 병으로 연작 재배지에서 피해가 크다. 지하부의 주 인경에 처음 흰균사가 나타나며, 병이 진전되면서 인경에 흑색의 균핵이 형성된다. 심하면 전체가 흑색으로 변하여 썩고 지상부는 고사한다. 방제 방법으로 훈증 토양소독, 양파 뿌리 침지소독 후 정식 등이 있다.

(5) 수확

양파 수확은 줄기의 70~80%가 도복되었을 때를 적기로 보며 도복 후에도 잎이 완전히 죽을 때까지 구가 계속 커지므로 잎이 건전하게 유지될 수 있도록 관리해야 한다.

자. 나리

(가) 기본 특성

나리는 세계적으로 80여 종 이상 자생하고 있으며 그 대부분이 북반구 온대이다. 우리나라에도 섬말나리, 날개하늘나리 등 10종 이상이 자생하는 것으로 알려져 있다. 나리는 수출 경쟁력이 있는 화훼 작물로 평가받으면서 2020년 현재 77.5ha 면적에서 절화가 재배되고 있다. 온대성 작물로 우리나라에서 일부를 제외하고는 월동이 가능하기 때문에 경관용, 정원용으로 이용되고 있다. 나리는 구근화훼로 구근 하나에서 한 개의 줄기가 나오는 형태가 일반적이며 잎의 피침형이나 종과 품종, 줄기에 착생하는 위치에 따라 다르다. 다양한 종간의 교잡을 통해 품종은 개발되나 원예적으로는 오리엔탈 나리(O), 아시아틱나리(A), 오리엔탈-트럼펫 유래 종간잡종(OT), 아시아틱나리-나팔나리 유래 종간잡종(LA, FA), 나팔나리 등으로 나뉜다. 화색은 백색, 분홍색, 노란색, 주황색 등 다양하다.



<그림 4-25> 간척지에서 나리 생육 경관

(나) 토양관리

나리는 줄기와 잎, 구근이 다육성으로 수분함량이 많고 꽃눈 출현 이후 급속히 신장하므로 많은 수분과 양분이 필요로 하며 수분과 양분 흡수가 좋고 나뭇에 따라 꽃의 품질이나 구근의 수량에 많은 영향을 준다. 나리는 다른 화훼류에 비하여 토양 염류에 강한 편이나 대부분은 염류농도가 4.0dS/m 이상에서 현저하게 초장이 감소하였으며 염류 농도가 10.8dS/m 이상에서는 고사하는 현상을 보였다. 나리의 일반적인 초장을 60cm로 기준하였을 때 염류 피해 농도는 3.0dS/m 정도로 추정하고 있다. 뿐만 아니라 염류 농도가 증가할 경우 꽃봉오리의 크기, 꽃의 폭 등이 감소하고 아래 잎이 황화되기도 하므로 토양 내 염류 농도를 관리하는 것은 중요하다.

간척지 토양은 나리를 재배하기에는 pH가 8 이상으로 매우 높고 유기물이 부족하다. 토양입단 형성이 부족하여 용적밀도가 높고 공극률이 낮다. 간척지에서 나리를 생산을 하기 위해서는 토양 환경 개선이 필수적이다. 토양환경 개선을 위해 유기물을 사용할 경우, 토양 이화학성이 개선되어 생육이 증가되고 구근 비대가 원활하게 이루어진다. 적절한 유기물로는 왕겨, 바크 등이 있으며 10cm 이상 사용하는 것이 좋다.

<표 4-30> 유기물 처리 후 새만금 발토양 토양 화학성

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅	EX Cation(cmolc/kg)			
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
구근작물 적정범위	6~7	3 이하	25~35	340~ 500	0.7~1.0	5~7	1.5~2.5	1.94
무처리	8.49	1.43	8.06	163.35	2.39	1.25	2.32	1.97
바 크	7.91	1.18	11.60	229.00	2.16	1.82	2.02	1.53
왕 겨	8.71	1.32	11.40	211.29	2.35	1.46	2.25	2.02

<표 4-31> 유기물 처리 후 새만금 발토양 토양 물리성

처리내용	용적밀도 (g/cm ³)	공극률 (%)	토양 삼상(%)		
			고상	액상	기상
무처리	1.23	53.43	46.57	18.57	34.86
바 크	0.71	73.31	26.69	23.55	49.76
왕 겨	1.02	61.35	38.65	24.90	36.45

(다) 재배특성

구근이나 절화를 생산하기 위해서는 품종별 특성을 파악해야 한다. 아시아틱나리는 그 원종인 참나리, 하늘나리, 중나리 등이 우리나라에서 자생하고 있어 구근 생산이 유리한 품목이다. 아시아틱 나리는 온도와 환경에 대한 적응폭이 넓으나 잎마름병에 약하다. 오리엔탈나리의 경우, 일본 중남부 산간 지역이 원산지로 강한 일조는 피하는 것이 좋다. 이러한 특성에 따라 새만금 노지에서는 오리엔탈나리에서 유래된 중간잡종을 재배하는 것이 적합하다.

나리는 겨울철에 휴면하는 특성을 가지므로 저온처리를 해야 한다. 품종에 따라

다르며 아시아틱나리는 -2°C , 오리엔탈나리 -1.5°C , 나팔나리는 -1.5°C 로 90일 내외로 처리하면 휴면이 완료되어 정식이 가능하다. 저온처리가 완료된 구근은 4월 만상 이후부터 구근을 심을 수 있다. 나리의 뿌리 발생은 아래 뿌리와 위 뿌리로 나뉘므로 톨립이나 수선화 등 구근들에 비해 깊게 심는다. 구근 높이의 2~3정도로 구근 위로 9cm 정도 흙이 덮여야 위뿌리가 발근하여 양수분을 원활히 흡수할 수 있다. 구근이 자라는 데 알맞은 온도는 야간에 10°C 이상이면 원활히 자랄 수 있으나 5°C 이하에서는 냉해를 받을 수 있다. 재식 밀도는 주간 15cm 내외로 10a당 10~12만 구를 정식한다. 정식 후 새만금 발토양에서는 갈대, 바랭이, 쇠비름, 자귀풀, 강아지풀, 쇠비름, 돌피, 망초 등이 발생하였으며, 이를 조절하기 위해 피복자재를 활용하는 것이 좋다. 제초에 드는 노동력, 작물 생존율, 작업편의성 등 종합적인 결과를 고려하면 피복자재로 녹색필름을 사용하는 것이 유리하다.

<표 4-32> 새만금 간척지 재배 시 피복자재별 주요 발생 잡초

피복자재	잡초발생량*
부직포	+
녹색필름	+
흑색필름	++
생분해필름	+++
투명필름	+++++

*잡초발생량: +(거의없음), ++(약간발생), +++(보통), ++++(약간심함), +++++(아주심함)

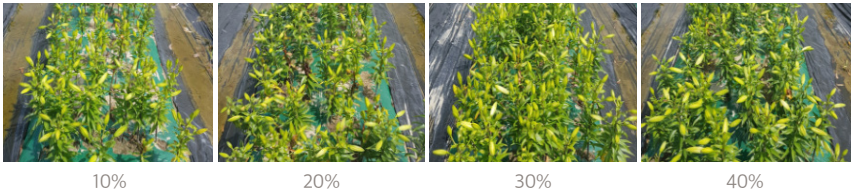
(1) 비료 시비량 및 시비 관리

정식 전 토양 이화학적성은 pH가 약간 높았으며 K, Mg를 제외한 유기물 등 모든 비료분이 적게 조사되어 작물재배 시 추비가 요구되었다. 특히 질소분과 EC가 현저하게 적어 지속적으로 비료를 시용해야 한다. 작물 시비 기준은 질소 20kg/10a, 인산 12kg/10a, 칼리, 12kg/10a, 퇴구비 1,000kg/10a, 석회 400kg/10a으로 질소는 추비 위주로 관리하며 생육 상태에 따라 고형비료나 관비를 실시한다.

(2) 물관리 방법

나리는 수분 요구량이 높은 작물로 지상부와 지하부 구근의 원활한 생육을 위해서는 충분한 물관리가 필요하다. 수분센서를 기준으로 30% 내외를 유지시킨다. 품종에 따라

다르지만 관수를 하지 않고 강우에만 의존할 경우, 화경장이 짧아지고 꽃이 작아지며 개화 후 구근 발육이 원활하지 못하다. 30% 이상으로 과습한 재배 환경에서는 지상부 생육은 유지되지만 구근 비대와 생육이 감수할 수 있으므로 유의해야 한다.



<그림 4-26> 물관리에 따른 새만금 발토양 나리 생육

(3) 수확시기

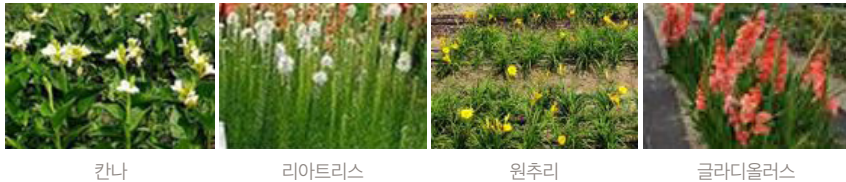
나리의 구근 수확이 목표일 때에는 구근이 비대된 이후 수확하는 것이 좋다. 나리의 구근은 땅속 줄기가 변한 단축경과 잎이 변한 다육질의 인편으로 구성되어 있다. 구근 비대는 개화기가 끝날 무렵에 새로운 구근이 급속하게 형성되므로 구근 비대를 위해서는 봉오리를 제거해 주고 구근 비대에 필수적인 마그네슘 비료를 시비한다. 수확은 9월 말에서 10월 상순에 하며 수확 후 구근 소독을 실시하며 무피인경으로 습윤처리한 피트모스에 섞어서 저장한다.

차. 기타 화훼류

(가) 간척지 화훼작물 적용

간척지는 배수가 완비되고 제염이 이루어지면 면적이 넓고 평탄하여 대단위 기계화와 집단화로 영농에 유리한 측면이 있다. 그러나 간척 초기에는 염분 농도가 높아 생산성이 낮으며, 노동집약형 농업에는 불리한 면이 있다. 특히 간척지를 밭으로 이용하였을 경우, 건조기에 토양 표면이 마르면 염분농도가 높아질 뿐만 아니라 강한 바람바람에 의해 토양풍식이 우려되므로 지피식물의 재배도 바람직하다. 대규모 면적의 간척지에 경관작물을 이용하여 생태적 복원이 이루어진다면 고부가가치의 친환경적 관광 상품 개발도 가능할 것이다. 이를 위해서는 친환경 관광 상품화가 가능한 부가가치가

높은 대규모 경관작물의 선발과 재배법이 먼저 개발되어야 한다. 간척지 염농도별 생육 가능 화훼작물을 선발하였고, 경관작물의 품질향상을 위한 친환경 토양 개량제 및 피복재를 선발하여 적용하는 것이 필요하다.



<그림 4-27> 화훼류 생육 전경

(나) 간척지 화훼 작물 생육 특성

염농도에 따라 생육 및 개화는 저하되지만 생존이 가능하며 원예적 특성이 우수한 일부 화훼류가 있다. 초화류 중 흑산도비비추, 눈개쭉부쟁이, 용머리와 구근화훼 중 튤립, 네리네, 칼라 등은 내염성이 전혀 없었고, 0.3%에 내염성이 있는 초본화훼는 노루오줌 등 5종, 모본화훼는 자금우 등 3종, 구근화훼는 수선화 등 3종으로 조사되었다. 0.5%에서 내염성을 보인 초본화훼는 붓꽃, 맥문동이었고 목본류는 모감주나무로 나타났다. 원추리와 칸나, 글라디올러스, 리아트리스 등은 0.7%에서 섬기린초와 털머위는 0.9%에서 내염성이 있었고, 초본류 중 해국, 갯패랭이와 목본류 중 황근, 순비기나무 등은 1.1%의 고농도에서도 생육이 가능하여 내염성이 아주 높은 식물로 조사되었다.

<표 4-33> 염농도에 따른 생육 가능 화훼류

염농도 작목	0%	0.3%	0.5%	0.7%	0.9%	1.1%
초본	흑산도비비추 눈개쭉부쟁이 용머리	노루오줌 감국 애기범부채 왜성솔패랭이 땅채송화	붓꽃 맥문동	원추리	섬기린초 털머위	해국, 갯패랭이
목본		자금우 동백 이팝나무	모감주나무			황근 순비기나무
구근	튤립 네리네 칼라	수선화 히아신스 나리		칸나 글라디올러스 리아트리스		

(다) 토양관리

간척지 토양의 배수는 과습한 약한 화훼류 재배에 중요한 요소로 작용할 수 있다. 황근과 순비기나무 등 화목류는 지하수위가 낮아도 생육이 가능하였는데 황근은 90cm 까지, 순비기나무는 120cm에서도 생육이 가능하였다. 털머위는 인공토양에서는 높은 내염성을 보였지만 실제 간척지 토양에 적응이 어려워 낮은 지하수위에서 생존이 어려웠다. 갯패랭이와 해국은 지하수위 50cm 이상에서는 조기 황엽되어 초화류는 한계 지하수위가 높았다. 과습 방지를 위해 토양 물리성을 개선하고 명거나 암거 배수를 설치하는 것이 좋다.

간척지 토양에서 화훼 작물의 생육 조절 및 잡초 방제를 위해 멀칭하는 것이 좋다. 주로 발생하는 잡초로는 갈대, 바랭이, 쇠비름, 자귀풀, 강아지풀, 쇠비름, 돌피, 망초 등이 있다. 추천하는 피복재는 녹색 비닐로 특히 구근류 정식 시 이용하면 좋다.

간척지 밭토양에서 화훼류를 재배하기 위해서는 물리성 개선이 필요한데 여기에 바크, 왕겨 등을 활용하면 효과적이다. 10~20cm 높이로 살포하고 충분히 토양과 섞은 후 작업후에 정식할 경우 토양물리성이 개선되고 특히 해국, 맥문동, 붓꽃, 갯패랭이, 황근, 해당화, 동백, 리아트리스 등의 신초장이나 분지수가 증가하는 등 생육이 개선될 수 있다.

대규모 경관 조성을 위해 종자파종을 하는 방법도 있다. 해바라기, 수수, 메밀, 톱풀, 각시취 등이 종자발아 후 생육이 우수하고 새만금 경관작물로 우수하다.



왕겨처리

바크살포

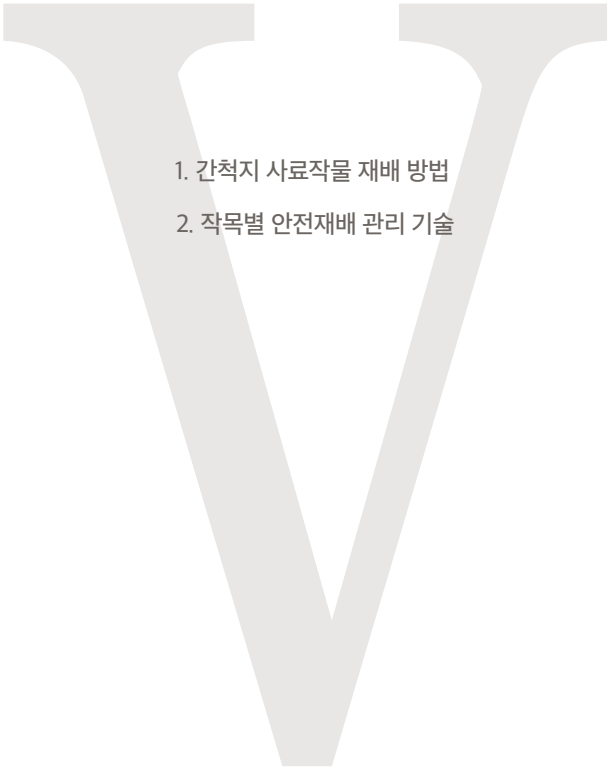
토양 조성

<그림 4-28> 대규모 경관 조성을 위한 다양한 처리방법



제5장

간척지 발토양에서 사료작물 안전재배 기술

- 
1. 간척지 사료작물 재배 방법
 2. 작목별 안전재배 관리 기술

1

간척지 사료작물 재배 방법

국내 조사료 자급률은 2019년 기준 80% 정도 수준이다. 이 중에서도 사료가치가 낮은 벣짚이 상당부분을 차지하고 있는 실정이다. 이에 대응하여 간척농지는 좁은 국토 면적에 비해 늘어나는 토지수용에 대응하기 위한 중요한 농업자원이다. 특히 수입이 늘어가고 있는 사료작물 생산확장을 통해 사료자급률 향상을 기대할 수 있다. 간척지에 재배 가능한 사료작물에는 사료용옥수수, 호밀, 트리티케일, 이탈리아 라이그라스, 수단그라스, 톨 페스큐, 수수×수단그라스 등 7개 작목이 있다. 보통 염농도가 10dS/m 이하가 되면 수단그라스 등 사료작물 재배가 가능하다. 그러나 간척지 염농도는 동일 간척지 내에서도 위치에 따라 다양하게 나타나며, 작물에 따라 제염 수준이 다르기 때문에 경과연수에 따라 일률적으로 판단하기는 어려움이 있다. 보통 8dS/m에서는 이탈리아 라이그라스, 버뮤다그라스, 4~8dS/m에서는 보리, 호밀이 재배 가능한 것으로 나타났다.¹

1. 농어촌연구원, 새만금 간척지의 전작·원예단지 조성연구, 2006

2

작목별 안전재배 관리 기술

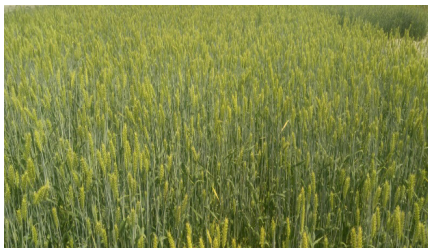
가. 사료용 보리

(가) 기본특성

사료용 보리는 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록되어 있다. 품종선택 및 종자소독방법은 간척지 적응성이 양호한 품종은 영양보리, 유호보리, 선우보리이다. 종자소독은 껌부기, 줄무늬병 예방을 위해 종자에 소독약제를 분의 처리하여 파종해야 한다.



중간 생육전경



출수기

<그림 5-1> 간척지 추천 품종 및 보리 생육모습

출처 : <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=2283771>

(나) 토양관리

보리는 밭작물 중에서 내염성이 아주 큰 작물로 알려져 있지만 간척지에서 청보리를 재배할 때 염 피해를 받으면 입모율이 낮고, 생육이 부진하여 수량이 감소되므로 토양 염농도가 0.2% 이하(토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하)인 포장에서 재배하는 것이 안전하다.

<표 5-1> 토양 염농도별 청보리 생육 및 수량

토양 염농도(%)	입모율(%)	초장(cm)	생체수량(톤/ha)	건물수량(톤/ha)
0.0	81	101	26.9	9.2
0.2	65	87	17.9	6.5
0.3	40	66	12.6	4.9
0.4	21	46	8.3	3.3

* 새만금 간척지, 영양보리 10월 하순 20kg/10a 파종

(다) 재배특성

(1) 파종시기

안전한 월동을 위해 지역별 파종적기를 준수하여 파종해야 한다. 파종시기가 늦으면 수량이 감소한다.

<표 5-2> 지역별 파종적기 및 파종 한계기

지역	파종적기	파종 한계기
중·북부	10월 상순	10월 중순
중 부	10월 상·중순	10월 하순
중·남부	10월 중순	10월 하순
남 부	10월 상순	11월 상순

(2) 파종량 및 파종방법

파종작업은 토양의 습기가 적당할 때 하는 것이 좋다. 파종량은 일반 농경지의 파종량보다 훨씬 많은 ha당 300kg 정도 파종해야 한다.

(3) 시비방법

간척 농경지는 일반 농경지에 비해 비옥도가 현저히 낮기 때문에 수량증대를 위해서는 질소비료는 ha당 250kg 정도 주어야 한다. 질소비료의 분시비율은 밑거름으로 50%, 추비는 이듬해 생육 재생기(북부 3월 상순, 중부 2월 하순~3월 상순, 남부 2월 중·하순)에 50%를 준다. 인산과 칼리질 비료는 100kg 정도를 전량 밑거름으로 사용한다.

(4) 수확시기

청보리는 황숙기에 수확하면 알곡이 많이 떨어져 사료가치가 낮아지므로 수확시기를 유숙 후기에서 황숙 초기까지 하는 것이 바람직하다.

나. 사료용 옥수수

(가) 기본 특성

옥수수는 C₄ 작물로 광포화점이 높지만 환경 적응범위도 매우 높은 작물이다. 특히 다비성 작물로 비료와 바뀌먹는다고 할 정도로 비료를 탐하는 작물이다. 염류가 집적된 시설토양에서는 청소작물(cleaning crop) 역할을 하기도 한다. 사료용 옥수수는 간척지 영농에 적합한 작물로 등록되어 있어 재배 정보를 제공받을 수 있다.



사료용옥수수 생장기



사료용옥수수 출사기

<그림 5-2> 간척지 고시 추천 품종 광평옥 생육 전경

(나) 토양관리

옥수수는 내염성이 보통인 작물로 FAO 보고서에 의하면 옥수수의 생육 가능 임계 토양 염농도(수량 감수 25%)는 0.24%이며 NaCl이 대부분인 우리나라 간척지 토양에서는 0.2%(EC 3.0dS/m) 이하로 약간 낮은 편이다. 간척지 적응성이 양호한 품종은 광평옥이다.

<표 5-3> 토양 염농도별 생체수량

구 분	토양 염농도(%)		
	0.2	0.3	0.4
생체수량(톤/ha)	46	37	25

(다) 재배특성**(1) 파종시기**

옥수수수는 봄에 파종하여 여름에 수확하므로 생육기간이 짧아 파종이 늦어지면 수량이 감소하므로 파종적기를 준수해야 한다. 지역별 파종적기는 북부지역 4월 하순~5월 상순, 중부지역 4월 중순, 남부지역 4월 상순이다.

<표 5-4> 지역별 파종적기

북부지역	중부지역	남부지역
4월 하순~5월 상순	4월 중순	4월 상순

(2) 파종량 및 파종방법

파종량은 30~40kg/ha 정도이다. 파종방법은 파종기를 이용할 경우에는 수확기의 폭을 고려하여 이랑폭은 75cm, 포기사이는 15cm로 하는 것이 좋다. 대면적 간척지에서는 전용 파종기가 개발 및 보급되어야 노동력과 영농비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 생각된다.

<표 5-5> 파종량 및 파종방법

파종량(kg/ha)	파종방법
30~40	이랑 폭 75cm, 포기사이 15cm

(3) 시비방법

옥수수는 다비성 작물로 양분 흡수력이 강하기 때문에 비옥한 토양에서 높은 수량을 나타낸다. 따라서 퇴비, 질소, 인산, 가리질 비료를 충분히 주어야 한다. 간척지는

염류토양이면서 비옥도가 현저히 낮으므로 질소비료는 일반 농경지보다 많은 10a당 25kg을 주어야 한다. 시비비 방법은 인산과 칼리비료는 전량을 밑거름으로 주어야 하고, 질소비료는 3회로 나누어 주는 것이 바람직하다. 질소비료의 적정 분시방법은 밑거름으로 50%, 웃거름으로 4~5엽기 30%, 7~8엽기에 20%로 주어야 생육이 양호하고 수확량을 높일 수 있다.

<표 5-6> 3요소 비료 시비량

구분	질소	인산	칼리
시비량(kg/10a)	25	20	15

(4) 수확시기

사일리지용 수확적기는 암이삭이 영그는 시기인 황숙기이다. 이때 식물전체의 건물율이 30~35% 정도이다. 너무 일찍 수확하면 옥수수 알맹이에 양분축적이 적고 너무 늦게 수확하면 암이삭이 떨어져 나가거나 줄기와 잎이 말라 양분 손실이 많다.

다. 호밀

(가) 기본 특성

호밀(*Secale cereale*)은 농촌진흥청 법령 「간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보」에 고시된 작물로 화본과(벼과)에 속한다. 호밀은 발아 최저온도가 1~2℃로 맥류 중에서도 냉량한 기후에 적합하고 내한성이 강하며 건조한 사질토나 메마른 땅에서도 잘 자란다. 호밀은 초기 생육이 빠르며, 잎은 녹색색이고 키가 1.5m로 줄기 끝에 이삭이 난다. 호밀은 키가 커 쓰러짐에 취약하기 때문에 기계화에 다소 불리하며, 출수 후 사료 가치 감소폭이 크므로 이삭 패는 시기에 따라 풋베기·건초용, 사일리지용으로 구분하여 수확 후 조사료로 이용한다. 특히 내한성이 강한 호밀 ‘곡우’는 조단백질 함량이 높은 양질 사료로 추천되는 품종이다.



월동 전 곡우호밀 생육

재생 후 곡우호밀 생육

<그림 5-3> 간척지 고시 추천 품종 곡우호밀 생육 전경

(나) 토양관리

호밀은 토양 염농도 EC 3.0dS/m 이하에서 재배가 가능하며 논에서 벼 대체 사료작물로 많이 재배되고 있다. 논에서 사료작물 재배 시 재배지 선정이 가장 중요하다. 호밀은 미사질~사질양토와 같이 배수가 잘되는 논에서 재배하면 좋다. 간척지 토양은 pH가 높고 유기물 함량이 적으며, Na 함량이 매우 높은 특징을 가지고 있다. 염농도가 높은 토양에서 수량성을 개선하기 위해서는 석고 투입 등의 종합적인 제염 방법을 적용할 필요가 있다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

호밀의 파종적기는 10월이며 지역별 파종적기는 <표 5-7>과 같다.

<표 5-7> 논 재배 호밀의 파종적기

구분	경기 북부, 강원	경기 남부, 충북	충남, 전북, 경북	전남, 경남
파종적기	9월 하순~10월 상순	10월상~중순	10월 중순	10월 중·하순
파종한계	10월 상·중순	10월 중순	10월 중·하순	11월 초

출처 : 농업기술길잡이-91, 조사료, 호밀, 2017

(2) 파종량 및 파종방법

호밀은 줄뿌림 또는 흩어뿌림 방법을 적용할 수 있으나 전자의 방법을 추천한다. 간척지에서의 파종량은 일반 논재배 파종량(200kg/ha)에 비해 증량된 240kg/ha을 파종한다. 부분경운직파기를 이용하면 시비와 파종, 배토를 한 번의 작업으로 마칠 수 있어 작업시간 단축과 생산비 절감이 가능하다.

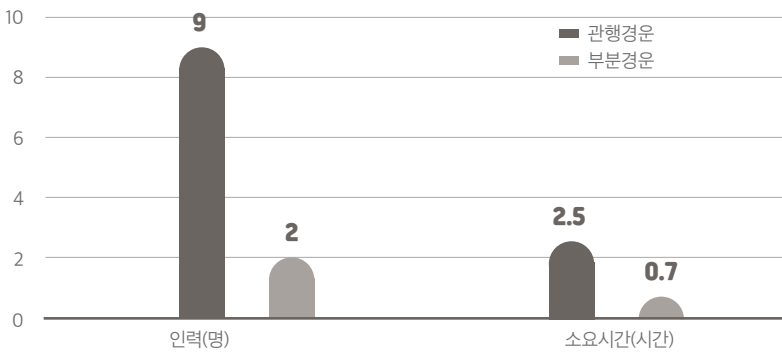


부분경운직파기

출현 상태

생육 상태

<그림 5-4> 부분경운직파기의 적용(줄뿌림, 8조: 25cm)



<그림 5-5> 관행경운과 부분경운직파기의 노동력 투입 비교

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

호밀의 시비량은 질소-인산-칼리가 150-100-100kg/ha이며, 질소비료의 경우 파종 시(밀거름)와 이듬해 봄(웃거름)에 1/2씩 나누어 주고, 인산과 칼리는 전량 밀거름으로 사용한다.²⁾

(4) 월동관리

호밀은 월동 시 토양의 서릿발 피해 가능성이 있다. 월동 전후 답압을 통해 서릿발 피해와 뿌리 들뜸에 의한 건조피해, 작물 웃자람을 방지할 수 있으며, 작물의 가지치기를 돕고 뿌리 활력을 높여 쓰러짐을 예방할 수 있다. 또한, 겨울철 강우 및 강설에 따른 습해 피해를 막기 위해 배수로로 깊게 만들어 배수를 원활히 해야 한다.

(5) 수확시기

호밀은 청예, 방목, 건초, 사일리지 등 여러 가지 목적으로 이용할 수 있으며 최근에는 곤포 사일리지로 많이 이용되고 있다. 수확시기가 늦으면 사료가치가 떨어지고 가축의 섭취율이 낮아지므로 출수기 전후 수확하는 것이 중요하다.³ 추천작물인 곡우의 경우 출수 후 7일 이내에 수확하는 것을 권장한다.

<표 5-8> 호밀의 수확시기에 따른 사료가치

(단위 : %)

수확시기	단백질 (Protein)	산성세제 불용 성섬유(ADF)	중성세제 불용 성섬유(NDF)	가소화 양분총량(TDN)	상대적 사료가치(RFV)
출수기	14.39	33.13	54.47	62.73	107.75
출수 후 10일	12.21	37.83	58.75	59.01	94.10
출수 후 20일	9.66	40.51	61.74	56.90	86.40
출수 후 30일	7.37	42.07	63.15	55.66	82.68

출처 : 송태화 외 6인, 사료맥류의 생육단계별 수량 및 품질 변화, 2009

라. 이탈리아인 라이그라스

(가) 기본 특성

이탈리안 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam)는 간척지 영농에 적합한 작물

3. 농업기술길잡이-91, 조사료, 호밀, 2017

과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록된 작물이다. 화본과 목초로 상변초이고 키는 120cm 정도이다. 유럽 남부와 북아프리카, 중앙아시아 등에 서식하며 기본 염색체는 2배체 식물이나 인위적으로 4배체 품종을 만들어 농가에 보급되고 있다. 한지형 C₃ 식물이며 온난한 기후를 좋아하고, 내습성·재생력 등은 좋으나 내한성과 내하고성이 약한 것이 단점이다. 적정 생육온도는 15~21℃이고 우리나라에서 재배 안전지대는 남부지역이었으나 추위에 강한 품종 개발로 중부 및 중북부 지역까지 재배가 가능하다. 비료는 많이 줄수록 증수되며 토양의 종류와 산도에도 적응력이 넓다. 추천품종으로는 추위에 강한 극내한성인 코원어리가 있다. 코원어리의 주요 특성으로는 국내에 보급된 이탈리아 라이그라스 품종 중 가장 보편적인 품종으로 경기북부 추운지역 적응성 우수하다. 5월 5일경 출수되는 조생품종이며 조사료 생산용으로 주로 쓰인다.



<그림 5-6> 코원어리 생육 모습

출처 : 국립축산과학원, 코원어리 생육상황, 2022

<표 5-9> 코원어리 생육 특성 및 수량성

품 종 명	출수기 (월.일.)	초장 (cm)	내한성	건물수량(kg/ha)		
				1차	2차	계
코원어리	5.5.	89	매우 강	9,705	4,911	14,616
플로리다 80	5.3.	88	중	9,375	4,994	14,369

출처 : 국립축산과학원, 이탈리아 라이그라스 신품종 특성과 친환경 재배 이용 기술서, 2017

<표 5-10> 코원어리 사료가치

(단위 : %)

품 종 명	조단백질	건물소화율	중성세제 불용성 섬유(NDF)	산성세제불용성 섬유(ADF)	가소화 양분총량 (TDN)
코원어리	14.7	72.8	57.4	32.5	63.2
플로리다 80	13.4	72.8	56.7	32.7	63.1

출처 : 국립축산과학원, 품종설명서, 2008

(나) 토양관리

이탈리안 라이그라스의 재배 가능 토양 염농도는 EC 4.5~35.0dS/m(적정 19.0 dS/m)이다. 발토양 재배 시에는 건조기의 염해, 우기의 습해를 대비해야 한다. 특히 간척지 토양은 미사질로 이루어져 공극이 적다. 이 때문에 배수가 불량하여 관수 시에는 곤죽이 되고 건조 시에는 단단해지며 균열이 생긴다. 간척지 토양의 표면은 염분으로 포화되어 있어 물에 녹아 있는 염분이 피막을 만든다. 일반 토양보다 수분 증발량이 훨씬 적어 항상 축축하며 습하다. 따라서 이탈리안 라이그라스의 재배기간 중에 습해를 방지할 수 있는 배수조건을 충분히 갖추고 작물의 생육시기별 토양염류도의 변화를 알고 적절히 대처해 주어야 한다. 정상적인 생육을 하고 있는 작물이라도 가뭄이 계속되면 일시에 염해를 받는 경우가 있으며 한 번 받은 염해는 회복하는 데 오랜 시일이 걸린다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

파종시기는 월동과 이듬해 봄철 생산성 및 수확시기에 많은 영향을 미치므로 적기 파종이 매우 중요하다. 중북부지방은 9월 중하순, 중부지방은 9월 하순(늦어도 10월 초), 남부지방은 10월 상순이 권장된다. 월동에 들어갈 때 초장 15~20cm, 분얼경의 수 3~5개 정도, 잎의 색은 담녹 및 녹색이 좋으며, 남부지방의 경우 파종이 너무 빨라 초장이 40cm 이상일 때 높게 잘라주면 월동에 유리하다.

(2) 파종량 및 파종방법

파종량은 목초 파종기로 조파할 경우 ha당 30kg, 산파(흙어뿌림)할 경우 40kg

가 권장된다. 파종방법은 목초 파종기를 이용하여 15~20cm 세조파를 하는 것이 가장 좋다. 중부지방 및 중북부지방에서 세조파로 파종하는 것이 월동에 유리하다. 파종기가 없을 경우에는 산파도 좋은데, 산파할 때는 경운과 로터리작업을 마친 후 종자를 뿌리고 답압을 잘 하면 복토와 답압이 동시에 이루어진다. 이탈리아 라이그라스는 건조 피해를 막아주기 위해 파종 후 반드시 답압을 해 주어야 한다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

가) 1회 수확할 경우 시비량

연간 시비량은 ha당 질소 140kg, 인산 150kg, 칼리 150kg이며, 실제 비료 사용량은 요소 304kg, 용과린 750kg, 염화칼리 250kg 정도이다. 토양의 비옥도에 따라 인산과 칼리의 양은 조절할 수 있다. 질소비료 사용방법은 파종 시 밑거름으로 ha당 질소 40kg(요소 87kg), 이른 봄 생육이 시작될 때 웃거름으로 질소 100kg(요소 217kg)을 사용해 준다. 인산과 칼리비료 사용방법은 가급적 파종 시 밑거름과 이른 봄 생육이 시작될 때 웃거름으로 각각 50%씩 나누어 사용해 주는 것을 권장하며, 여의치 않은 경우 전량 밑거름으로 사용해 준다. 퇴비가 있으면 밑거름으로 ha당 10~20톤을 사용해 주는 것이 좋고, pH 6.0 이하인 토양에서는 석회를 ha당 2톤 정도 사용을 권장하고 있다.

나) 2회 수확할 경우 시비

연간 시비량은 ha당 질소 200kg, 인산 150kg, 칼리 150kg이며, 실제 비료 사용량은 요소 435kg, 용과린 750kg, 염화칼리 250kg이다. 질소비료 사용방법은 파종할 때와 이른 봄 웃거름 사용은 1회 수확할 때와 같으며, 1차 수확 후 재생 촉진을 위해 웃거름으로 ha당 질소 60kg(요소 130kg)을 사용해 준다. 인산과 칼리비료 사용방법은 1회 수확할 때와 같다.

(라) 재배 시 유의사항

이탈리안 라이그라스는 뿌리의 발달이 지표부분에 넓게 퍼지고 땅속 깊이 내려가지 않아 습해에는 강하나 가뭄에는 약한 편이다. 따라서 파종 후 답압을 하여 보수력을 높여주는 것이 좋다. 월동 전과 후에 답압을 잘 해야 월동을 향상과 봄철 가뭄피해를 줄일 수 있다. 특히 월동 후 이른 봄에 답압을 해주면 봄바람에 의한 건조를 방지하여 생육을 좋게 해준다. 파종시기가 늦어 월동 전 생육이 불량할 경우, 서릿발 피해로 건조 피해가 있으므로 반드시 답압을 해 주어야 한다.

(마) 물관리 방법

재배지의 배수가 원활하지 않을 경우에는 봄철에 습기로 인한 다양한 피해가 발생할 수 있으므로 물이 고이는 곳이 없도록 배수로를 사전에 정비하는 것이 중요하다.

(바) 수확시기별 사료가치 및 수량

출수기부터 수확이 가능하며, 건물수량은 출수기부터 개화기까지 시간이 지남에 따라 점차 많아지지만, 사료가치는 반대로 점차 낮아지게 된다. 양질의 건초를 생산 시 수확적기는 출수기~개화초기이다. 출수기에 수확하면 건물소화율이 79% 정도로 사료 가치가 매우 높은 건초를 생산할 수 있다. 출수 후 10일 정도 지난 개화기에 수확하면 건초 수량은 증가하나 건물소화율은 73%로 다소 낮아지지만 급격한 사료가치의 저하는 없다. 사일리지 조제 시 수확적기는 출수 후기~개화기이다. 사일리지 수량이 많고 품질이 우수한 시기이다. 출수기에 수확하면 수분함량이 80~85%로 사일리지 조제에 부적합하여 1일 또는 2일 정도 예건이 필요하다. 개화기에 수확하면 수분함량이 70~75%로 낮아져 사일리지 조제에 유리하고 건물 수량도 많아 조사로 생산성 향상에 유리하다. 수분이 많을 때는 1일 정도 예건하여 사일리지를 조제한다.

<표 5-11> 수확시기별 수량 및 사료가치 변화

수확시기	건물수량		TDN 수량		사료가치(%)			
	kg/ha	지수	kg/ha	지수	ADF	NDF	TDN*	건물 소화율
수잉기	4,818	67	3,311	69	25.6	47.4	68.7	82.8
출수 40%	72,44	100	4,806	100	28.6	51.5	66.3	79.6
출수 40%	9,147	126	5,701	119	33.6	55.7	62.3	75.3
개화기	9,646	133	6,009	125	33.7	54.4	62.3	73.3

*TDN: 가소화 양분총량

출처 : 국립축산과학원, 이탈리아 안 라이그라스 신품종 특성과 친환경 재배 이용 기술서, 2017

(사) 종자 생산을 위한 재배 기술

파종시기가 늦으면 채종 시기도 늦어짐으로 적기 파종이 매우 중요한데, 파종적기는 조사로 생산용 파종시기와 동일하다. 파종량은 20kg/ha인데, 파종량을 많이 하고

이랑너비를 30cm 이하로 재배하면 심한 쓰러짐 우려가 있다. 개화기 이전에 쓰러짐이 심하면 결실이 잘 안 되나, 수분이 된 이후에는 쓰러져도 종자가 정상적으로 성숙하고, 채종할 때는 대부분 쓰러지는 것이 일반적이다. 파종방법은 이랑너비를 30cm 정도로 넓게 줄뿌림하는데, 이랑너비가 좁으면 개화기 이전에 쓰러짐이 심하여 채종이 어렵고, 파종 후 답압을 잘 해야 건조와 동사피해를 줄일 수 있다.

<표 5-12> 이탈리안 라이그라스 종자 생산을 위한 3요소 비료 사용량

구분	시비량(kg/ha)		
	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
기비(파종 시)	40(요소 87)	60(용성인비 300)	60(염화칼리 100)
추비(이른 봄)	50(요소 109)	60(용성인비 300)	60(염화칼리 100)

출처 : 국립축산과학원, 이탈리안 라이그라스 신품종 특성과 친환경 재배 이용 기술서, 2017

마. 돌 페스큐

(가) 기본 특성

돌 페스큐(*Festuca arundinacea* Schreb.)는 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록된 화본과 목초로서 주요 특징으로는 키(100~140cm)가 크고 다발형이며 토양적응 범위가 넓은 것이 있다. 개간한 땅, 척박지 등의 초지 조성용으로 알맞으며 고온과 습해, 고산지 등 환경적응성이 우수하지만 사료가치가 낮은 것이 단점이다. 품종에 따라 식물체 내에 엔도파이트(Endophyte)가 있는 품종과 없는 품종이 있으며, 엔도파이트는 가축에게 해로운 독소를 분비하므로 엔도파이트가 없는 품종을 재배하는 것이 좋다. 다른 목초에 비해 초기 생육은 늦으나 뿌리가 깊고 한번 정착하면 잘 없어지지 않아 영속성이 좋은 목초이다. 방목, 건초, 사일리지, 토양보전 및 사방공사용으로 많이 사용한다. 추천품종으로는 농촌진흥청 국립축산과학원에서 개발한 엔도파이트 없는 그린마스터, 그린마스터2호가 있다. 그린마스터(Greenmaster)의 주요 특성으로는 엔도파이트 프리품종이며 재생력이 강하고 내병성

과 영속성이 우수하다. 엽이 많고 사료가치 양호한 편이며 5월14일 출수하는 중생품종이다. 주요 용도는 조사료 생산용, 초지 조성용이다.



그린마스터

그린마스터2호

<그림 5-7> 톨 페스큐 주요 품종 생육 사진

출처 : 국립축산과학원, 그린마스터, 그린마스터2호 생육상황, 2017

<표 5-13> 그린마스터 생육 특성 및 수량성

품 종 명	출수기 (월.일.)	초장 (cm)	풍엽성 (강.중.약)	재생력 (강.중.약)	건물수량 (kg/ha)
그린마스터	5.14.	84	강	강	17693
파운	5.10.	85	중	강	15,938

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술길잡이 115(개정판), 2017

<표 5-14> 그린마스터 사료가치

(단위: %)

품 종 명	조단백질	건물소화율	NDF	ADF	TDN
그린마스터	13.6	51.1	66.1	36.2	60.3
파운	14.2	51.9	65.4	34.6	61.6

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술길잡이 115(개정판), 2017

그린마스터 2호 (Greenmaster 2ho)의 주요 특성으로는 엔도파이트 프리품종이며 초장이 짧고 내병성과 영속성에 우수하다. 엽이 많고 재생력이 우수이며 5월16일 출수하는 중생품종이다. 주요 용도는 조사료 생산용, 초지 조성용이다.

<표 5-15> 그린마스터2호 생육 특성 및 수량성

품 종 명	출수기 (월.일.)	초장 (cm)	풍업성 (강.중.약)	재생력 (강.중.약)	건물수량 (kg/ha)
그린마스터2호	5.16.	76	강	강	15,119
파운	5.11.	84	중	강	11,678

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술길잡이 115(개정판), 2017

<표 5-16> 그린마스터2호 사료가치

(단위: %)

품 종 명	조단백질	건물소화율	NDF	ADF	TDN
그린마스터2호	13.9	69.9	59.4	33.5	63.8
파운	13.2	67.5	61.9	34.8	62.2

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술길잡이 115(개정판), 2017

(나) 토양관리

톨 페스큐의 재배 가능 토양 염농도는 EC 3.0dS/m 이하이다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

일반 목초 파종시기는 추운겨울과 한 여름은 적합하지 않으며, 봄과 가을이 가능하다. 파종적기를 결정하는 주요인은 토양온도와 수분이며 이외에는 잡초와의 경합이라 할 수 있다. 토양수분과 잡초문제를 고려할 때 가을철 장마시기인 8월 하순(남부)~9월 초·중순(중·북부)이 파종적기라 할 수 있다. 파종 후 답압을 철저히 하며, 유기물 함량이 낮고 염농도가 높은 간척지는 대부분 배수가 불량하므로 배수로 설치 등 배수관리가 필수적이다. 파종시기를 놓치는 경우 가을파종 시 목초 유식물의 동사가 우려될 때는 봄철에 파종하는 것이 안전하다.

(2) 파종방법 및 파종량

파종방법하는 것이 휴폭을 20cm 간격으로 조파(줄파종)하는 것이 적당하다. 조파는 일정한 깊이로 파종되기 때문에 산파보다 정작률이 높아 종자와 비료를 절약할 수

있는 적합한 방법이다. 파종깊이는 6mm가 적당하고 파종량은 20kg/ha을 권장한다.

(3) 비료 시비량 및 시비 관리

<표 5-17> 톨 페스큐 시비량

구분	시비량(Kg/ha)		
	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
기비(파종시)	80	200	70
추비(초지관리)*	210	150	180

* 초지관리형 비료 나눠주기 방법은 질소는 월동 후 이른 봄(35%) - 1차 예취 후(30%) - 2차 예취 후(15%) - 3차 예취 후(0) - 4차 예취 후(20%)로 4회를 주고 인산과 칼리는 이른 봄(50%) - 4차 예취 후(50%) 2회 줌

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술집이 115(개정판), 2017

(4) 수확시기

톨 페스큐 첫 번째 수확시기는 수잉기부터 이삭이 나오기 시작할 때를 권한다. 수확 횟수는 연간 3~5회, 마지막 수확시기는 남부(10월 하순), 중부(10월 중순), 북부(9월 하순~10월 상순)이 적당하다. 또한 여름철 3차 수확 시, 예취높이를 9cm 정도로 높게 하는 것이 안전하다.

<표 5-18> 간척지(당진)에서 톨 페스큐 품종의 건물수량 비교

품종명	건물수량(kg/ha)					
	1차 생육	2차생육	3차 생육	4차 생육	계	지수
그린마스터	3,600	4,932	4,113	2,598	15,244	100
그린마스터2호	3,498	5,702	3,880	2,689	15,770	103
푸르미	2,899	3,974	4,446	2,588	13,908	91
Fawn	3,568	4,844	3,034	1,825	13,270	87

* 그린마스터, 그린마스터2호, 푸르미(국내개발품종), Fawn(수입품종)

출처 : 축산과학원, 영농활용, 2019



<그림 5-8> 간척지(당진) 톨 페스큐 1차 수확 시 생육

출처 : 국립축산과학원, 조사료-농업기술길잡이 115(개정판), 2017

(5) 보파 또는 갱신

염해 피해를 받은 초지는 바로 보파해 주고, 심하게 받은 초지는 전면 갱신을 실시하여 식생이 빨리 회복되도록 해야 한다. 보파나 갱신 적기는 늦여름부터 초가을(8월 하순~9월 상순) 사이로 파종량은 식생상태에 따라 달라지나 피해가 비교적 적은 초지의 보파 시에는 ha당 10~20kg, 대부분의 목초가 재생 불가능한 초지의 전면 갱신 시에는 30~40kg 정도가 좋다

바. 수수류

(가) 기본특성

수수류는 열대성 작물로, 옥수수과 함께 단위 면적당 생산성이 높은 여름 사료 작물이다. 수수류는 교배 모본에 따라 수수×수수 교잡종, 수단×수단그라스 교잡종, BMR 수단으로 구분한다. 이중 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 것은 수수×수단그라스 교잡종이며, 출수형과 비출수형으로 나뉜다. 출수형에는 SX-17, Revolution(BMR) 등이 있고, 비출수형(영양생장형)으로 Jumbo, G7, Turbo 9 등이 있다. 최근에는 엽맥이 갈색을 띠는 BMR 수단그라스도 보급되고 있다.

<표 5-19> 수수류의 숙기별 품종

구분	조생종	중생종	만생종(비출수형)
수수×수단그라스 교잡종	P-855F, P-877F, TE-Haygrazer, GW 9110G, NC+855, Speed Feed, Turbo 10, Sweet Home, Multicut	Sordan 79, GW9161F, AG2501, SX17	Jumbo, G7, Turbo 9, TE-Evergreen, Cow Pow, Turbo Gold
수수×수수 교잡종	NK367, KF429, Mega Sweet	-	SS405
BMR 수단	Dairymen's Dream	Revolution	SS301BMR

출처 : 국립축산과학원, 조사료재배 백문백답집, 2019

(나) 토양관리

수수류는 토양 EC(전기전도도)가 3.0dS/m 이하(염류농도 0.19% 이하)의 토양에서 재배가 가능하다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

수수류는 옥수수보다 발아에 필요한 최저 온도가 높아 12℃ 정도에서 발아가 가능하다. 발아 적온은 20~35℃이며, 발아 소요 일수는 3~6일이다. 다만 봄에 너무 일찍 파종할 경우 발아 소요 일수가 길어져, 발아가 불량하거나 잡초가 많이 발생할 수 있다. 따라서 수수류를 파종할 때 남부지역은 4월 하순, 중부지역은 5월 초, 중북부지역은 5월 상순에 하는 것이 좋다. 겨울작물과 이모작 할 때는 수확기에 따라서 남부지역은 5월 하순~6월 상순, 중부지역은 5월 하순까지 만기 재배가 가능하지만, 수확 횟수가 줄어들어 수량이 감소할 수 있다.

(2) 파종량 및 파종방법

파종은 일반적으로 퇴비 살포, 경운, 정지, 시비, 파종, 복토, 진압순으로 한다. 파종 방법은 줄뿌림과 흩어 뿌림이 가능하다. 줄뿌림은 보통 줄 간격을 40~50cm로 조파하는데, 사일리지용으로 재배할 때는 줄 간격을 50cm 정도에 맞춰야 수확기에 쓰러짐

이 적다. 흙어 뿌림은 비료 살포기로 흙어 뿌린 후, 가볍게 로터리로 복토하고 진압하면 된다. ha당 파종량은 줄뿌림의 경우 30~40kg, 흙어 뿌림은 파종량을 50% 증량하여 50~60kg으로 하는 것이 증수에 효과적이다. 너무 깊이 파종하면 발아율이 낮아지므로 2cm 정도의 깊이로 파종하는 것이 좋다.

(3) 시비량 및 시비방법

표준 시비량은 ha당 질소 200kg, 인산 150kg, 칼리 150kg임을 참고하고 작물이 재배될 포장의 비옥도에 따라 시비량을 조절해야 한다. 석회를 많이 필요로 하는 작물은 아니지만 토양 개량이 필요한 경우에는 2~3년 간격으로 소석회를 2~3톤 사용하는 것이 좋다. 인산과 칼리 비료는 밑거름으로 전량 사용하고, 질소 비료는 밑거름으로 50%, 1차 수확 후 웃거름으로 50% 사용한다. 여러 번 이용할 때는 매 예취마다 질소 75kg/ha을 웃거름으로 사용한다.

(4) 수확 및 이용

연간 2~3회 수확이 가능하며, 주로 풋베기나 사일리지로 많이 이용하고 있다. 수확은 초장이 120cm 이상일 때부터 가능하며, 사일리지로 이용할 때는 개화기에 수확하고, 풋베기로 이용할 때는 출수기에 수확하는 것이 유리하다. 예취 높이는 10cm 이상을 권장하며, 재생 촉진을 위해 질소 비료를 웃거름으로 준다. 비가 오거나 흐리고 기온이 낮을 때는 15cm로 좀 높게 베어주어야 그루터기 고사율을 낮출 수 있다. 특히 수수류는 어린 시기에 청산(HCN)의 함량이 높고 생육이 진전되면서 점차 감소한다. 게다가 청산만큼이나 질산의 함량도 높아 중독의 위험이 있다. 따라서 수수류를 방목이나 풋베기로 이용할 경우에는 초장이 120cm 이하인 어린 식물을 사용하지 않는 것이 좋다.

(5) 잡초방제

일반적으로 파종 복토 후 3일 이내 제초제를 토양에 처리하면 방제가 가능하지만, 수수류는 제초제에 매우 민감하여 약해의 우려가 있으므로 사용량을 잘 지키는 것이 중요하다. 또한 토양 보습과 진압에 신경 써서 초기 생육을 좋게 하여 잡초와의 경합에서 이길 수 있도록 해야 한다.

사. 트리티케일

(가) 기본특성

트리티케일은 밀과 호밀의 교배종으로 밀의 높은 영양가치와 생산성, 호밀의 추위를 잘 견디는 특성을 가진 양질의 가축사료이다. 트리티케일은 영양적 가치 척도 중 하나인 단백질과 가소화양분 함량이 매우 높다. 또한 가축의 지구력을 향상시켜 주는 것으로 알려진 옥타코사놀 함량이 높고, 기능성 성분인 플라보노이드, 테르펜, 알칼로이드 계열의 39종 성분을 함유하고 있다.



트리티케일 종자



트리티케일 생육 전경

<그림 5-9> 트리티케일 종자 및 생육전경

(나) 토양관리

트리티케일은 토양 염농도 5.3dS/m (0.39%) 이하에서 재배가 가능하다. 염농도가 0.39%일 때 수량 감소가 시작됐으며 구체적 수치는 염농도가 0.52%일 때 수량이 10%, 염농도가 0.67%일 때 수량이 25%, 염농도가 0.86%일 때 수량이 50%가 감소하였다.

<표 5-20> 염농도별 트리티케일의 목초수량 변화

수량감소 정도	감소 시작	10% 감소	25% 감소	50% 감소
염농도(%)	0.39	0.52	0.67	0.86

(다) 재배특성

(1) 파종시기

트리티케일은 10월 상순부터 11월 상순까지 파종이 가능하다. 보통 중부지역을 기준으로 10월 중순에 파종하고 파종 한계기는 10월 하순이다. 충남지역은 10월 중순에서 하순, 남부지역은 10월 하순에서 11월 상순이 적당하다.

(2) 파종량 및 파종방법

파종량은 10a당 30kg을 종자로 파종하며, 산파와 조파가 모두 가능하다.

(3) 시비량 및 시비 관리

시비량은 질소-인산-칼리를 25-10-10kg/10a, 퇴비는 1,500kg를 전량 밑거름으로 기비를 추천한다.

(4) 작부체계

트리티케일-사료작물, 트리티케일-식량작물 작부 구성이 가능하다. 사료작물은 사료용 옥수수, 수수×수단그라스 교잡종, 식량작물은 트리티케일을 재배할 수 있다.

(5) 수확시기

유숙 후기부터 황숙 초기까지 수확이 가능하며 보통 5월 중순부터 6월 상순까지 가능하다. 보통 단위면적당 건물수량과 가소화 함량이 높을 때인 출수 후 20 ~ 25일경이 수확하기 좋은 시기이다.

아. 귀리

(가) 기본특성

귀리는 18℃ 정도의 서늘한 기후조건에서 잘 자라는 특성을 갖고 있어 봄과 가을에 재배가 가능하다. 또한 맥류 중에서 내한성은 약한 초종이지만 2℃ 정도의 낮은 온도에서 10일쯤 지나면 발아하기 때문에 일찍 파종이 가능하다. 이때 재배 시기에 따라

품종 선택이 중요한데 봄철 재배는 중만생종을 선택하고 가을철 재배는 조생종을 선택한다.

<표 5-21> 국내 개발 귀리 품종 특성

품종명	주요 특성	적응지역	비고
삼한	중생, 추파용	1월 최저평균기온 -6℃ 이상	5월 15일 출수
동한	중생, 추파용	1월 최저평균기온 -8℃ 이상	5월 12일 출수
다그호스	조생, 하파용	봄 가을 파종, 전국	10월 15일 출수
하이스피드	조생, 하파용	봄 가을 파종, 전국	10월 13일 출수
조한	조생, 추파용	1월 최저평균기온 -6℃ 이상	5월 6일 출수
풍한	조생, 추파용	1월 최저평균기온 -6℃ 이상	5월 7일 출수
광한	중생, 추파용	1월 최저평균기온 -7℃ 이상	내한성 강
조풍	조생, 추파용	1월 최저평균기온 -6℃ 이상	다수성 품종

귀리는 단백질 함량과 가소화 양분총량 (TDN)이 높아 초식가축에게 좋은 풀 사료이다. 양질의 탄수화물과 단백질 성분이 많은 특징을 가지고 있다. 보통 서늘한 기후를 좋아하나 맥류 중에서는 추위에 약한 편이다.

간척지 재배 가능한 추천품종으로는 조풍과 풍한이다. 조풍은 총체 귀리 사일리지용으로 내재해성이 있으며, TDN 수량이 매우 높다. 이 품종은 1월 평균 최저 기온이 -6℃ 이상인 지역이 추천된다. 풍한은 가을에 파종하는 총체 사일리지용으로 가장 내한성이 강하여 충청지역에서 월동 재배가 가능하다. 이 품종은 월 평균 최저 기온이 -7℃ 이상인 지역이 추천된다.



조풍

풍한

<그림 5-10> 간척지 사료용 귀리 추천 품종

(나) 토양관리

귀리를 재배할 간척지의 적정 토양 염농도는 1.5 S/m (0.1% 이하)이며, 약간 내염성인 작물로 분류되나 맥류 중에서는 내염성이 상대적으로 낮은 작물로 분류된다. 보통 토양 염농도가 3.0dS/m 이상이 되면 출현율은 58%, 입모율은 49%이하로 낮아지며 수량 역시 70% 이하로 낮아졌다.

(다) 재배특성

(1) 파종시기

귀리는 1월 최저 기온이 평균 -4°C 이상인 지역이 재배 안전지역으로 추천되며, 봄 재배의 경우에는 남부지방은 3월 상순~중순, 중부지방은 3월 중순~하순에 파종한다. 가을재배는 8월 하순~9월 상순이 파종적기이지만, 옥수수과 수수류 등 앞 작물의 수확시기에 따라 달라지나 가능하면 8월 하순에 파종을 마치는 것이 사료의 품질 및 수량을 높이는 데 유리하다. 고창·이남의 해남·영산강·고흥 등에 가을재배가 가능하나, 그 보다 추운 지역에서도 월동이 어려워 봄 재배가 추천된다.

(2) 파종량 및 파종방법

파종량은 종실의 크기에 따라 차이가 있으나 조파의 경우 ha당 120~150kg 정도, 흩어부림의 경우는 150~200kg 정도로 증량해서 파종한다. 파종방법은 20cm 세조 파하거나 흩어부림으로 파종하고, 파종 깊이는 2~3cm 정도로 복토 후 진압하는 것이 좋다.

(3) 시비량 및 시비 관리

귀리 시비는 보통 보리에 준용하여 재배할 수 있다. 추파 시에는 질소-인산-칼리를 9.4-7.5-4.0kg/10a 수준으로 질소는 파종 시 40%, 월동 후 생육 재생기 때 60%를 분시하되 인산과 칼리는 전량 기비로 사용한다. 춘파 시에는 추파의 50~70% 수준으로 전량 밑거름이 추천된다.

(4) 수확시기

귀리는 풋베기 및 방목이용에 적합할 뿐만 아니라 건초 및 사일리지 등으로 이용할 수 있다. 사일리지로 이용할 때는 유숙기 이후부터 호숙기에 수확하는 것이 최대 양분축적과 품질 및 생산성이 높다. 건초로 이용 시에는 출수기에 수확하는 것이 품질 및 수량을 높이기에 유리하다.

<표 5-22> 청예귀리의 생육단계별 사료성분

(단위 : %)

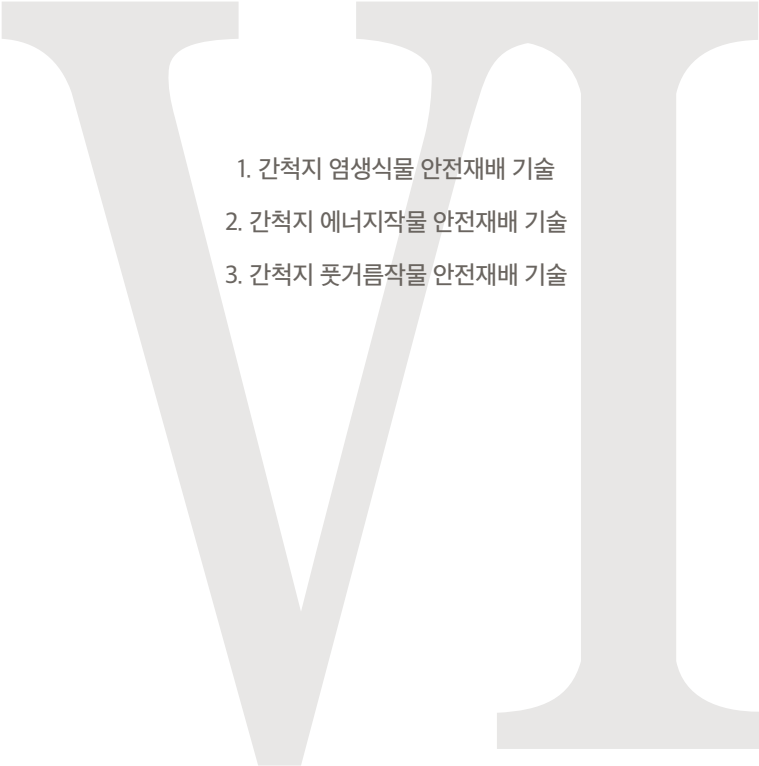
구 분	수 분	조단백질	조지방	조섬유	조회분	NFE
수잉기	86.9	1.9	0.4	3.6	1.6	5.6
출수기	79.9	2.3	1.0	5.7	2.1	9.0
개화기	78.9	1.8	0.8	7.7	1.9	8.6
결실기	75.4	2.4	0.9	7.2	2.0	12.1

출처 : 농촌진흥청, 1981



제6장

간척지 기타작물 안전재배 기술

- 
1. 간척지 염생식물 안전재배 기술
 2. 간척지 에너지작물 안전재배 기술
 3. 간척지 풋거름작물 안전재배 기술

1

간척지 염생식물 안전재배 기술

가. 염생식물의 일반현황

지구상의 육상식물 종의 약 1% 정도가 염 조건에서 번성하며, 이러한 것들을 염생식물(Halophytes)이라고 일컫는다. 북유럽에 60여 종, 지중해에 12종, 호주연안에 16종, 우리나라에는 21과 60여 종이 분포한다.¹ 염생식물의 정의는 다소 주관적이며 문헌에 따라 다양하다. 일반적으로 해수의 농도와 비슷하거나 200mM(약 1.5% = 약 25dS/m)을 초과하는 NaCl 농도에서 생존하고 번식할 수 있는 경우를 말한다.² 국내에도 갯벌, 해안사구, 기수지역³ 및 간척지에 다양한 염생식물이 서식하고 있으며, 주로 서남해안 갯벌의 상부 지역에 폐를 지어 자생하고 있다. 대표적인 염생식물인 지채속(*Triglochin*), 통통마디속(*Salicornia*), 갯질경이속(*Limonium*), 나문재속(*Suaeda*), 갯논쟁이속(*Atriplex*)뿐만 아니라 참취속(*Aster*), 사초속(*Carex*), 각시미꾸리광이속(*Puccinellia*), 수송나물속(*Salsola*) 골풀속(*Juncus*)과 등이 우리나라의 서해안 갯벌에서 확인되고 있다. 2018년 염생식물 조사결과 서해안 권역은 칠면초, 남해안은 갈대군락이 우점한다고 하였다.⁴ 염생식물은 식용, 약용 자원으로 활용가치가 높고 체내에 염분을 함유하고 있는 것들은 천연 조미료로 활용이 가능하다. 또한 토양 침식방지나 비산먼지 저감, 부영양화 물질 정화, 다양한 생물의 서식처 및 먹이 제공 등의 기능을 하고 있다.⁵

1. 해양수산부, 전국갯벌면적조사, 2018

2. Yuan F, Reproductive physiology of halophytes: Current standing, 2019

3. 바다와 닿은 강 하구로 조석에 따른 주기적인 해수유입의 영향을 받아 염생식물이 분포한다

4. 이민수, 우리나라 해안에 서식하는 염생식물의 분포 특징, 2019

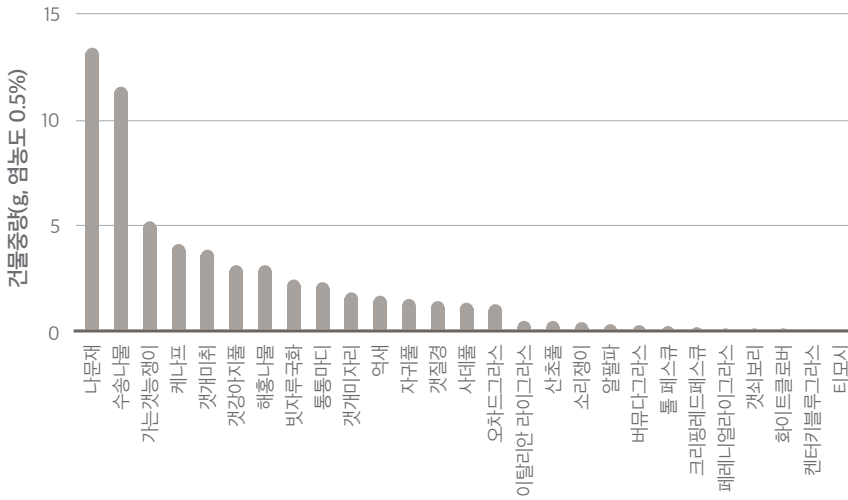
5. 신우석, 연안 염생식물의 가치와 활용방안, 2019



<그림 6-1> 염생식물 분포

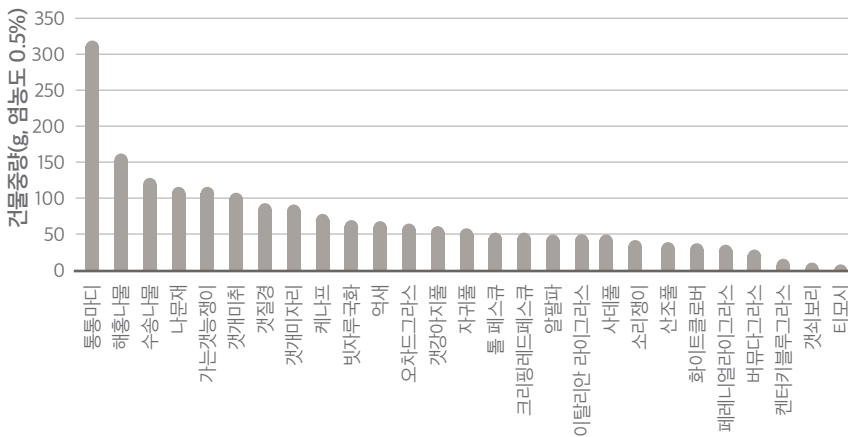
나. 우리나라 염생식물 재배

염생식물은 최근 연안 개발로 통통마디, 갯개미취같은 것들을 자연상태에서 관찰하기 어려운 상황이다. 하지만 최근 염 피해가 주로 나타나는 간척지나 해안가 주변 농지들의 농작물로 주목받고 있다. 전라남도 해남(문내면, 산이면)과 무안(운남면), 신안(비금도) 등에서 노지 및 하우스 재배를 통하여 통통마디나 갯개미자리를 새로운 소득작물로 활용하고 있다. 이런 작물들을 간척지에서 활용하기 위하여 내염성 정도를 분석하고자 높은 염농도의 양액에서 6주 동안 재배하였다. 시험결과는 염농도 0.5% 수준에서 대부분의 작물들이 성장하였으며 생장량이 우수한 작물로는 나문재, 수송나물, 가는갯능쟁이가 있다. 특히 나문재는 염농도 1.0%와 2.0%에서도 안정적인 생육을 보여 폭넓은 염농도에서 뛰어난 적응능력을 보여주었다. 그러나 사데풀과 산조풀은 50% 미만의 저조한 생육을 보여, 염생식물이라고 하더라도 모두 염에 강한 것이 아닌 것으로 나타났다. 따라서 농경지에 적합한 염생식물을 찾기 위한 소면적 시험재배를 거친 후 재배면적을 확대할 것을 권장한다.



〈그림 6-2〉 염생식물 분포

주요 자원식물의 염농도별 건물중을 비교한 결과, 나문재는 식물체 건물중이 가장 많아 바이오매스 확보에 유리하고, 통통마디는 염농도가 1.0%에서 건물중이 가장 많아 고염지대에서 안정적인 생육이 가능하다. 여기에서는 높은 염농도에 생육이 가능했던 통통마디와 갯개미자리에 대하여 설명하고자 한다.



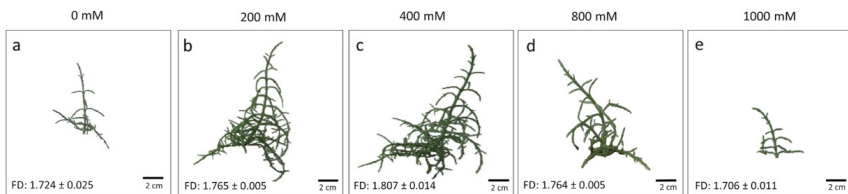
〈그림 6-3〉 염생식물 분포

다. 염생식물 안전재배 기술

(가) 통통마디

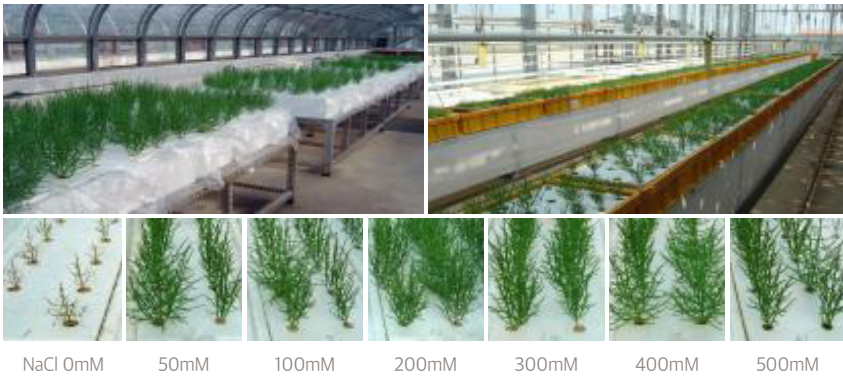
(1) 기본 특성

통통마디(*Salicornia europaea*)는 한해살이풀로 꽃은 8~9월에 피고 열매는 10월에 익는다. 9월부터 붉은색으로 단풍이 들고 갯벌, 염전, 간척지에 순군락을 이루어 생육한다. 현재 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록되어 있다. 비름과(Amaranthaceae)에 속하며 함초라고도 불린다. <그림 6-4>는 폴란드 Ciechocinek 지방에서 NaCl 농도에 따른 통통마디의 형태학적 특성을 보여준다. 200~800mM까지는 어느 정도 염농도에서 긍정적인 생장을 보여주었다. 국립식량과학원에서도 염농도에 따른 생육 특성을 조사하기 위해 양액 재배 조건에서 염농도에 따른 통통마디 생육을 실험하였다. 양액조건 상태에서 NaCl을 처리하지 않으면 생육이 저조하여 1개월 이후에 고사하기 시작했으며, NaCl을 처리한 구에서는 NaCl 200mM(염농도 1.2%)에서 생육이 좋았고, NaCl 500mM(염농도 3.0%) 이상의 조건에서도 재배가 가능하였다. 일반적으로 통통마디 줄기높이는 15~35cm 정도이며, 식물체에 미네랄이 풍부해 식용, 약용, 함초소금 등 다양한 가공품에 이용되고 있다.



<그림 6-4> 염농도에 통통마디 생장 반응 평가

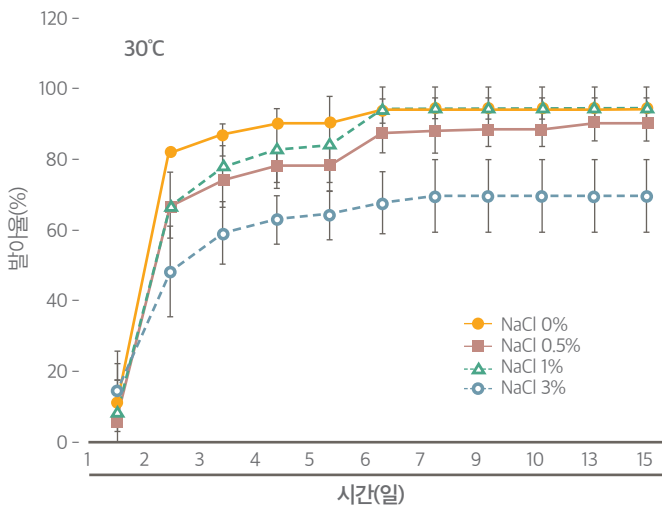
출처 : Cardenas, Image and fractal analysis as a tool for evaluating salinity growth response between two *Salicornia europaea* populations, 2020



<그림 6-5> 통통마디 염농도별 생육

(2) 토양관리

일반적으로 재배가능 토양 염농도는 4.5~35.0dS/m(적정 염농도 : 19.0dS/m)이며 Na^+ 성분을 적극적으로 흡수하여 염농도 5% 이상에서도 생존할 수 있다. 하지만 높은 염분에 의해 발아가 억제될 수도 있다. 이러한 이유로 종자 발아는 토양수분함량이 많아져 염분이 낮고 저온인 이른 봄에 일어난다.

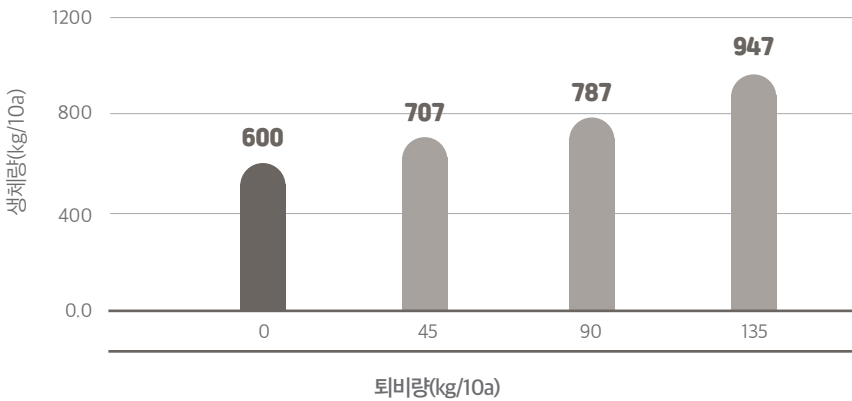


<그림 6-6> 염농도에 따른 통통마디 발아율 비교

(3) 재배특성

가) 비료 시비량 및 시비 관리

통통마디는 기능성 식품 또는 건강식품으로 활용하기 때문에 화학비료보다는 퇴비 위주로 재배한다. 퇴비의 시용량과 통통마디의 수량은 퇴비를 1,350kg/ha 사용했을 때까지 직선적인 관계를 보였다. 대부분의 농가에서는 800~1,000kg/ha 수준으로 시비하여 재배하고 있다.



<그림 6-7> 퇴비시비량에 따른 생체량 비교

출처: 신안군농업기술센터, 2008

나) 종자 준비

통통마디 종자는 휴면⁶기간을 겪을 수 있기 때문에 저온층적처리(Cold stratification), 즉 종자 휴면을 타파하기 위해서 종자를 차가운 상태와 습한 상태로 처리하여야 한다. 이 기간은 약 5℃ 빛이 없는 암조건에서 30일동안 수행할 수 있다. 이를 확인하기 위해서 국립식량과학원에서는 종자 저장온도에 따른 실험 결과 3주 동안 저온에서 습윤처리한 종자는 같은 조건에서 건조처리한 종자보다 발아율과 발아속도가 월등히 좋았다.

6. 발아가 가능한 환경 조건에서 일정 기간 동안 발아가 억제되는 상태

<표 6-1> 통통마디의 저장 온도와 수분에 따른 발아율

저장 온도(°C)	발아율(%)	
	건조 종자	습윤 종자
4	20.7	80.0
0	16.0	78.7
-4	27.3	82.0
-8	12.7	30.0
-12	14.7	20.7

* 발아 조사온도 20°C, 3주 저장, 14일 차 발아율

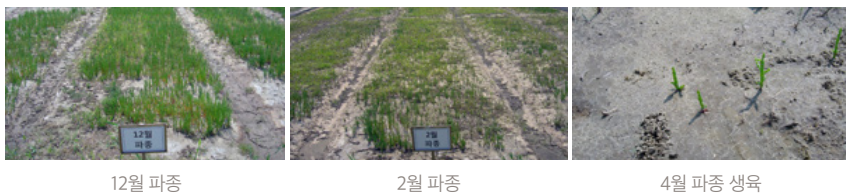
<표 6-2> 통통마디 3주 저장종자의 발아속도

저장 조건		발아율(%)		
온도(°C)	습도	3일경과	7일경과	14일경과
4	건조	3.3	6.7	20.7
	습윤	73.3	76.0	80.0
0	건조	2.0	6.0	16.0
	습윤	65.3	74.7	78.7
-4	건조	4.7	14.0	27.3
	습윤	78.0	82.0	82.0

* 발아 조사온도 20°C

다) 파종시기

통통마디의 적절한 파종시기는 수확시기에 따라 달라진다. 전년도 12월에 파종한 종자는 4월에 입모가 시작하여 6월에 생초용으로 수확할 수 있으며, 봄에 파종한 종자보다 입모가 안정적이었다. 4월에 파종한 종자는 5월에 입모가 시작되며 7월에 생초용으로 수확할 수 있다.



<그림 6-8> 파종시기별 통통마디 생육상황 비교

라) 파종량 및 파종방법

통통마디는 해마다 종자의 상태에 따라 입모가 안정적이지 못하다. 따라서 작업이나 생산계획에 따라 파종량을 가감할 수 있으며, 600~1,500g/10a 정도 정도를 고운 흙과 잘 혼합하여 양을 많게 한 후 고루 뿌리면 좋다. 적정 입모수는 80개/m² 정도로 생각된다. 종자가 매우 작고 가볍기 때문에 바람에 날리지 않도록 뿌려야 한다. 토양이 수분 포화 상태일 때 파종하는 것이 입모에 유리하다.

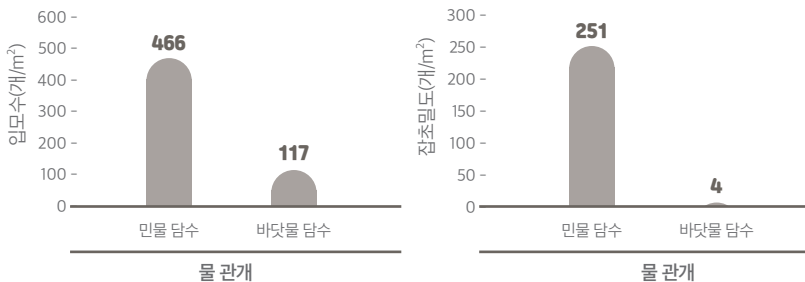
<표 6-3> 통통마디의 입모수에 따른 생육 상태

입모수 (개/m ²)	초장 (cm)	분지수 (개/주)	생체중 (g/m ²)	건물중 (g/m ²)
76	22	21	1,518	101
84	21	21	1,405	122
124	20	21	1,198	91
216	21	20	956	73

* 10주 재배

마) 물 관리 방법

통통마디의 안정적인 입모를 위해서 파종 이후 물 관리가 매우 중요하다. 민물 관개를 하면 토양 염농도가 낮아지면서 입모에 유리하지만 잡초 발생이 많아지며, 바닷물 관개를 하면 토양 염농도가 높아지면서 입모가 늦고 입모수가 적어지지만 잡초 발생은 억제된다. 따라서 바닷물 관개 등의 수단을 이용하여 토양 염농도를 0.5% 이상 유지하면서 잡초 발생을 억제하고 통통마디의 입모수를 적절하게 조절하는 것이 바람직하다.

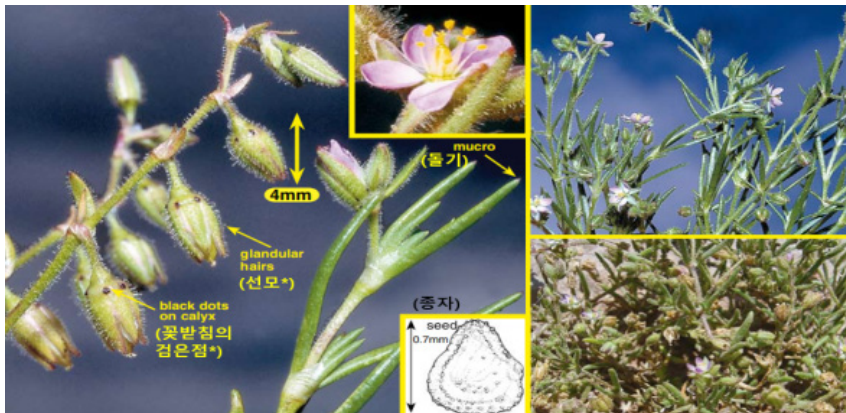


<그림 6-9> 물 관개방법에 따른 입모수와 잡초 발생량

(나) 갯개미자리

(1) 기본 특성

갯개미자리(*Spergularia marina* Griseb)는 석죽과에 속하며, 한해살이 또는 두해살이풀로 세발나물이라고도 불린다. 높이는 10~20cm로 지상부 아래쪽에서 줄기가 여러개로 갈라지고 윗부분과 꽃받침에 선모⁷가 있으며, 잎은 마주나고 반원기둥형줄 모양으로 가늘고 길며 끝이 뾰족하다. 꽃은 흰색 바탕에 분홍색 꽃이며, 5~8월에 피고 열매는 6월부터 익는다. 바닷가나 갯벌, 염전, 양식장 주변에서 자란다. 무안, 신안, 영암, 함평, 및 해남 등 전남 서부지역에서 생산된다. 보통 산야채류는 봄에 출하되는 데 비하여 최근 하우스 재배가 가능하기 때문에 10월부터 5월까지 산채류가 드문 가을, 겨울에도 출하된다.⁸ 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록되어 있다. 염분에 대한 내성이 높지만 침수로 인해 활성이 감소할 수 있다. 강한 내한성과 내건성으로 겨울철 노지에서라도 재배가 가능하며, 생산비가 적게 든다는 장점이 있다.



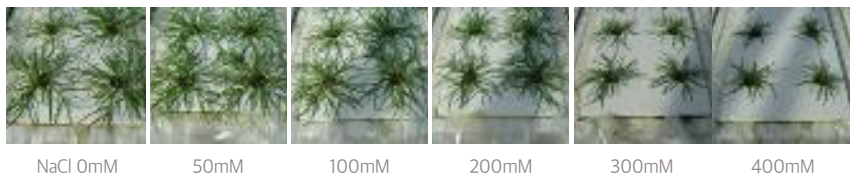
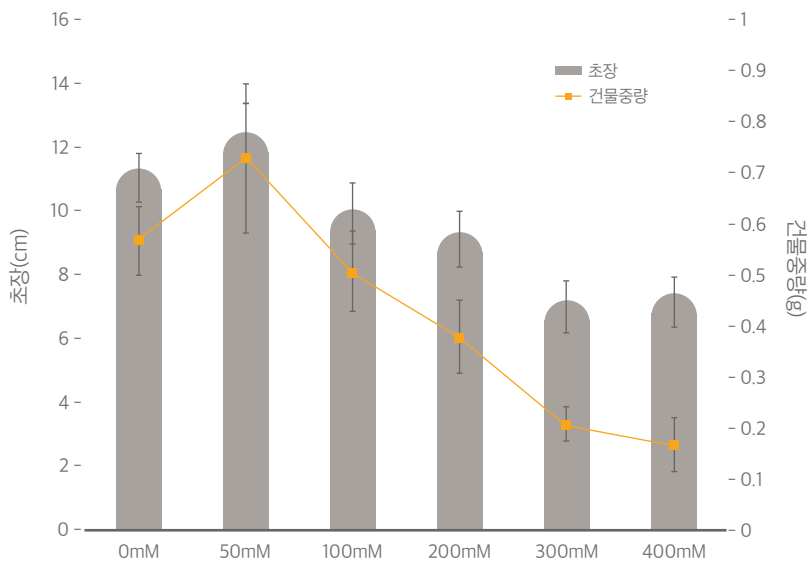
<그림 6-10> 갯개미자리 모습

출처 : AWI & CRC Salinity, 2006

7. 물질을 분비하는 성질이 있는 식물체 표면의 털
8. 김민수, 세발나물로부터 항산화 화합물의 분리 및 구조해석, 2013

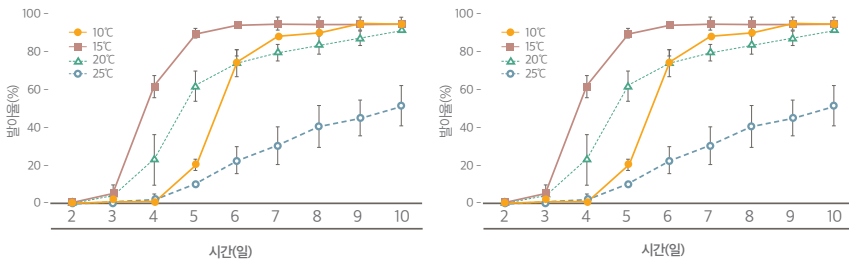
(2) 토양관리

갯개미자리의 재배 가능 토양 염농도는 EC 9.0dS/m 이하(적정 4.7dS/m)로 알려져 있다. 국립식량과학원에서는 염농도별로 8주 동안 양액재배한 결과, NaCl 농도가 0, 50, 100, 200, 300, 400mM(0~2.4%) 중 50mM(0.3%) 처리구가 초장 12.5cm, 건물중 0.73g로 생장이 가장 좋았다. 또한 해수 0, 12.5, 25, 50, 100%에서는 12.5% 처리구가 초장 20.9cm, 건물중 0.72g으로 생장이 가장 좋았으며, 이들 염농도는 모두 NaCl 0.3% 수준이었다. 이 실험결과를 통해 갯개미자리는 염농도 0.3%에서 최대 생장을 보이고 염농도 0%에서도 근접하게 생장을 하지만, 염농도 1.2% 수준 이상부터는 생장이 나빠지는 것을 알 수 있다.



<그림 6-11> NaCl 농도에 따른 갯개미자리 생육

온도 및 염농도별 발아율 또한 NaCl 0~1.0%에서는 15℃에서 발아율이 90% 이상으로 높았고, NaCl 2.0%에서는 모든 온도에서 발아가 되지 않았다. NaCl 0%에서 발아율은 10℃에서 20℃까지는 90% 이상을 보였지만, 25℃에서는 51.7%로 급격히 낮아졌다. 또한 15℃에서 NaCl 농도별 발아율이 80% 이상인 시기는 NaCl 0%와 0.3%에서는 5일, NaCl 0.5%에서는 7일, NaCl 1%에서는 9일이었고, NaCl 2%에서는 발아하지 못하였다. 즉, 갯개미자리는 15℃에서 발아율이 가장 높고, 염농도가 낮을수록 발아율이 좋으며 염농도 1%까지는 안정적인 발아가 이루어짐을 알 수 있다.



<그림 6-12> 갯개미자리의 온도 및 염농도에 따른 발아율

(3) 재배특성

가) 비료 시비량 및 시비 관리

갯개미자리의 적정 시비량 조사를 위하여 수확기가 비슷한 작목인 시금치를 기준으로 토양검정 후 기비 N-12, P-11, K-17kg/10a를 처리하였으며, 추비는 N-K 복합비료(18-0-18)를 60kg/10a로 환산하여 수확 5일 후 시험구별로 동일하게 시비하였다. 결과적으로 갯개미자리의 적정 시비량은 생리장해 발생이 없고, 생산량이 가장 양호한 N-24, P-22 k-34kg/10a이었다.

<표 6-4> 갯개미자리의 생육 및 수량

구 분	수확일시(월.일.)	수확시 생육상황		수량 (kg/m ²)
		초장(cm)	분지수	
계	5회	15.58	5.25	11.32
1회 수확	11.2.	14.05	-	2.35
2회 수확	12.16.	13.58	3.83	2.16

구 분	수확일시(월.일.)	수확시 생육상황		수확량 (kg/m ²)
		초장(cm)	분지수	
3회 수확	2.25.	13.95	5.00	2.05
4회 수확	4.5.	19.58	6.00	2.58
5회 수확	4.27.	16.75	6.17	2.18

* 시비량 : N-24, P₂O₅-22 k₂O-34kg/10a

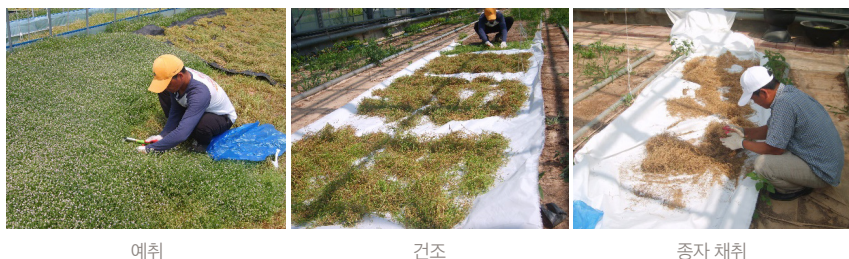
출처: 해남군농업기술센터, 2011

나) 종자 준비

갯개미자리는 4월 하순~5월 중순에 개화하여 6월 상순 이후에 채종을 한다. 종자의 크기는 0.1~0.2mm 정도로 매우 미세하고 가벼우며 건조된 꼬투리나 식물체의 조각들이 같이 혼합되어 있기 때문에 정선이 필요하다. 충분히 자연 건조된 종자를 1.0mm체를 이용해 2회 정선한 결과 순도 90%이상 정선이 되었으며 종자량은 48.7g/m²으로 나타났다. 종자 전처리하는 파종 전 3일간 20℃에서 소금물 1.2%, 광조건(광12, 암12)처리 후 종자 발아 전 수돗물로 세척한다.

<표 6-5> 갯개미자리의 종자 소금물 처리에 따른 온도별 발아율

온도 (℃)	종자	발아율(%)		
		3일 경과	5일 경과	10일 경과
10±1	전처리	49	99	100
	무처리	0	0	96
20±1	전처리	100	100	100
	무처리	100	100	100
30±1	전처리	83	85	85
	무처리	0	0	0
35±1	전처리	59	67	73
	무처리	0	0	0



<그림 6-13> 갯개미자리 예취 및 종자 탈립 과정

출처: 해남군농업기술센터, 2011

다) 파종시기

갯개미자리는 초장 11~15cm 수준으로 성장했을 때에 수확을 하며 재생한 지상 부를 다시 수확한다. 파종시기에 따른 수확횟수를 조사한 결과, 1차 파종구(9.9.), 2차 파종구(9.23.)는 5회 수확이 가능하였고 3차 파종구(10.7.)는 4회 수확으로 1차 파종구와 2차 파종구가 수확횟수 측면에서는 3차 파종구보다 유리한 것으로 나타났다. 결과적으로 총생산량 기준으로 한 적정 파종시기는 2차 파종구(9.23.)이었다.

<표 6-6> 파종시기별 수확횟수 조사

구 분	1차(9. 9.)	2차(9. 23.)	3차(10. 7.)
1회 수확	10월 28일	11월 2일	11월 11일
2회 수확	12월 9일	12월 16일	1월 18일
3회 수확	2월 22일	3월 4일	3월 26일
4회 수확	4월 1일	4월 5일	4월 23일
5회 수확	4월 27일	4월 27일	-

출처: 해남군농업기술센터, 2011

라) 파종량 및 파종방법

갯개미자리 파종량 산술을 위하여 10a당 1.5kg, 3kg, 6kg 중에서 생육과 수확량을 조사한 결과, 3kg가 가장 생육상태가 좋았고 수확량이 많았다. 따라서 갯개미자리 재배 시 적정 파종량은 3kg/10a 수준이며, 파종방법은 정선했한 종자를 산파하는 것이다.

2

간척지 에너지작물 안전재배 기술

가. 에너지작물의 정의 및 종류

바이오에너지(Bioenergy)는 바이오매스(Biomass, 생물유기체)를 직접 또는 생화학적 변환 과정을 거쳐 연료와 열, 전기 등의 형태로 전환하여 이용하는 에너지다. 바이오에너지는 바이오매스 원료가 자연에서 지속적으로 생산이 가능하고, 이산화탄소 및 유황산화물 배출량이 화석연료 대비 상대적으로 적은 특성으로 인해 온실가스 감축에도 기여한다. 식량 작물을 주원료로 하는 1세대(곡물류) 바이오연료 기술은 상용화 단계이지만 식량 문제 및 산림 파괴 등의 문제점이 존재한다. 그러나 2세대(목재류) 바이오에너지 개발은 1세대보다 가격 경쟁력이 떨어지는 문제점이 존재하며, 차세대 바이오에너지는 생산기술이 완성되지 않아 생산 및 공급이 이루어지지 않았다. 주요 바이오매스로 사용되는 것들은 나무·옥수수·폐지 벚짚·왕겨 등을 고형연료화·액화·가스화·직접연소를 통해서 펄프·왕겨탄·에타인을·합성가스 같은 바이오에너지로 전환 후 난방원료나 자동차원료·메탄올·전기·열과 같은 용도로 사용하고 있다.

나. 대표적인 에너지작물의 안전재배 기술

(가) 케나프

(1) 작물 기본 특성

간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보를 제공하는 고시작물로 등록된 케나프(*Hibiscus cannabinus* L.)는 무궁화과에 속하며 대마와 형태나 생육 특성이 유사하여

서양에서 들어온 마(麻)라 하여 양마(洋麻)라고도 불리운다. 케나프는 섬유작물로 밧줄, 섬유, 쌀가마니, 포낭 제작 등을 만드는 데 이용되어 왔으나 그 쓰임새가 유기물원, 에너지원, 조사료, 환경정화 작물 등 쓰임새가 확대되어 이용되고 있다.

케나프는 생장 속도가 빠르고 상당한 정도의 내건성을 가지고 있으며 비염생식물이지만 중간단계 이상의 염류 내성을 가진다. 불량 생육 환경에서도 잘 자라는 특성을 보유하고 있어 기후나 토양 환경에 대한 적응성이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다. 또한 토양 속의 질소 인산 등 다양한 오염 물질을 흡착하는 능력이 매우 강하다. 식물체의 생육이 빠르고 생체수량도 10a에 연간 7~13톤(건물중 3~4톤)이 생산된다.



개화 전 케나프



케나프 꽃

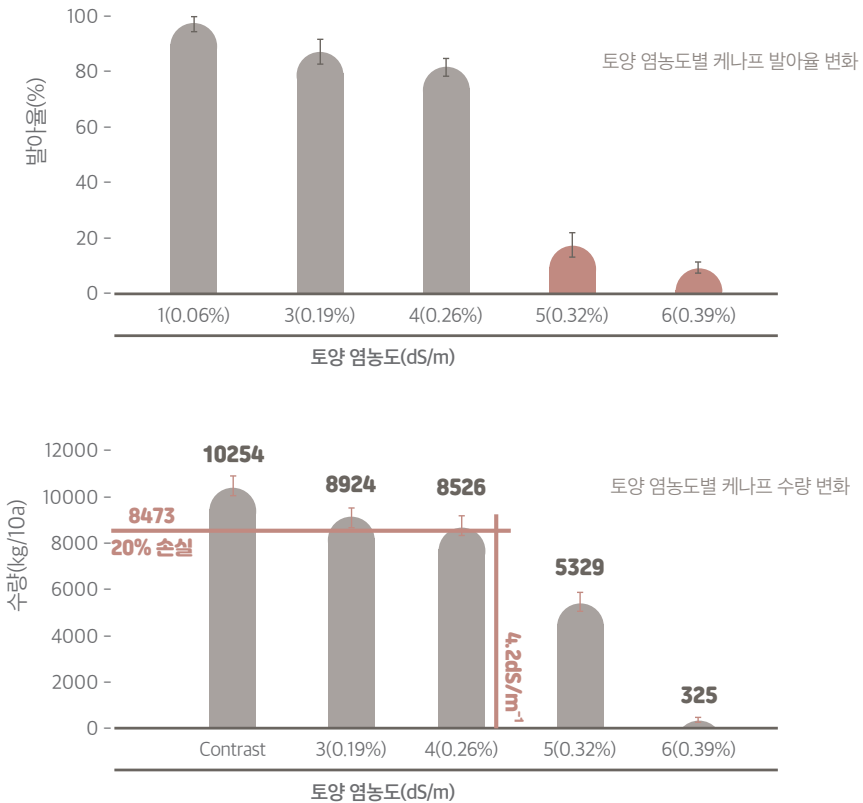
<그림 6-14> 간척지에서 케나프 생육 및 개화 모습

현재 우리나라는 한국원자력연구원에서 국산 품종 ‘장대’를 육성하여 재배하고 있다. 최근 케나프 줄기나 잎의 조단백질 함량이 높다. 잎의 조단백질 함량은 14~34%, 줄기는 2~12%로 전식물체에 6~23%의 조단백질을 함유하고 있어 사료가치에 대한 평가를 추진하고 있다.

(2) 간척지 재배

케나프의 종자 발아율과 수량성을 기준으로 본 케나프 재배지의 적정 토양 염농도는 4.0dS/m ($=0.26\%$)까지이다. 토양 염농도 4.0dS/m 에서 케나프 종자 발아율이 80%를 넘지만 토양 염농도가 0.3%를 넘어서면 발아율이 급격히 떨어지고 5.0dS/m ($=0.32\%$)에서는 17%, 6.0dS/m ($=0.39\%$)는 9%이었다. 간척지에서 케나프의 수량성은 토양 염농도 4.0dS/m ($=0.26\%$)까지는 비간척지에 비해 약 19% 하락하였으나 토양 염농도 간의 차이는 크지 않았다. 염농도 5.0dS/m ($=0.32\%$)에서는 비간척지의 51%,

4.0dS/m(=0.26%)에서는 비간척지의 38%가 감소하였다.

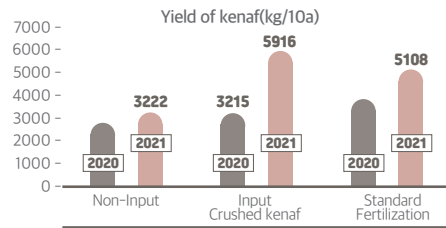


<6-15> 토양 염농도별 케나프 발아율 및 수량

케나프는 생체수량이 많기 때문에 토양에 환원하면 유기물원의 효과를 기대해 볼 수 있다. 그러나 케나프는 초기 생장이 빠른 만큼 빠른 기간에 식물체의 목질화가 이루어진다. 따라서 유기물 효과를 높이기 위하여 식물체가 목질화되기 전에 토양에 환원하거나 목질화가 이루어진 식물체를 파쇄하여 투입하는 것이 좋다. 토양에 환원하기 전에 파쇄작업 없이 경운작업을 하면 토타리 날에 식물체의 감김현상이 일어날 수 있다. 파쇄하여 토양에 환원하고 2년 경과 시 토양 이화학적 개선 효과가 뚜렷하게 나타났으며 1년차에 비하여 케나프 생육이 46.2%, 수량(5,916kg/10a)은 84% 증수되었다.



분쇄케나프 투입에 따른 케나프 생육량 연차변화



분쇄케나프 투입에 따른 케나프 수량 연차변화

<그림 6-16> 분쇄 케나프 투입에 따른 케나프 수량

(3) 재배 기술

가) 적정 재배지역

평균온도 20℃를 상회하는 일수가 122일인 평야지(익산), 85일인 중산간지(진안, 장수) 그리고 61일인 산간지(남원 운봉)에서 케나프 수량을 비교해 보니 평야지가 10a당 12,864kg인 반면, 중산간지인 진안은 11,265kg, 장수는 10,940kg로 평야지 대비 평균 88%, 그리고 산간지(남원 운봉)는 8,946kg으로 70%이었다. 분석하면 평균 온도 20℃ 상회일수가 1일 감소할 때마다 수량이 50kg 정도 반비례하여 감소하였다. 위의 내용으로 미루어 짐작해 보면, 케나프는 우리나라 어디에서나 재배 가능하기는 하나 높은 수량을 유지하고자 할 때는 기온이 높은 남부 지방이 유리한 것으로 결론지을 수 있다.

나) 적정 품종형(생태형) 선택

국내 재배 가능한 케나프는 7월 상순에 개화하는 조기개화형, 8월 하순에서 9월 상순에 개화하는 중만기개화형, 10월 하순에 개화하는 만기개화형이 있다. 조기개화형은 일조시간이 12.5시간을 넘어서면 개화를 시작하며 수정 30일 이상 지나면 결실을 맺는다. 중만기개화형은 8월 하순부터 9월 상순 사이에 개화하여 결실하게 되는데 원활한 결실에 요구되는 소요일수가 충분치 못하여 결실을 및 채종 가능량이 조기개화형보다 떨어졌다. 만기개화형은 10월 하순에서 11월 상순에 개화하는데 개화기 이후 평균온도가 급격히 떨어져 결실이 불가능하였다. 따라서 종자 확보가 필요하다면 조기개화형(조생종)을 선택할 것을 권장한다. 매년 종자 구입이 가능하고 바이오매스 생산성 확보를 우선 한다면 만기개화형을 추천한다. 국내에서 육성된 “장대” 품종은 중만생형

으로 채종과 수량 확보가 어느 정도 가능하지만 수량과 종자량이 적고 발아율이 낮아 이를 보완하기 위한 추가 연구가 진행되고 있다.

〈표 6-7〉 케나프 생태형별 수량 및 개화·결실 특성

구분	조기개화형	중만기개화형	만기개화형
평균수량 (kg/10a)	7,895 c ² (6,400~11,438)	11,207 b (10,124~11,825)	12,572 a (7,634~14,165)
개화 및 결실특성	- 개화기: 7월 상순~ - 등숙일수: 30일 - 협수: 54개/주 - 종자량: 48g/주(1,600개)	- 개화기: 8월 하순~ - 등숙일수: 30일 - 협수: 32개/주 - 종자량: 26g/주(867개)	- 개화기: 10월 하순~ - 등숙일수: 미결실
			

다) 파종방법

파종방법에 따른 발아 소요일수는 점뿌림은 4.8일, 줄뿌림은 5.6일이 소요되었으며 흠어뿌림은 8.4일로 가장 오래 걸렸다. 초장, 줄기 및 엽의 생육은 줄뿌림에서 가장 좋았고 점뿌림, 흠어뿌림순으로 점차 떨어지는 경향이였다. 10a당 케나프 수량은 줄뿌림 13,024kg, 점뿌림 12,746kg이었고 흠어뿌림이 10,984kg로 가장 낮았다.

〈표 6-8〉 파종방법에 따른 케나프 생육 및 수량

파종방법	입모수 (개/10a)	발아소요 일수(일)	초장 (cm)	줄기직경 (cm)	분지수 (개/주)	엽수 (ea)	생체중 (g/주)	생체수량 (kg/10a)
점뿌림 (20×20cm)	12,000	4.8 a	389.8 a	3.2 a	152.4 ab	246.3 a	974.0 a	12,746 a
줄뿌림 (4줄, 2kg/10a)	13,000	5.6 ab	395.6 a	3.2 a	163.2 a	234.8 a	989.6 a	13,024 a
흩어뿌림 (2kg/10a)	16,500	8.4 b	325.8 b	2.5 b	106.2 b	126.4 b	547.3 b	10,984 b

라) 파종량

밀식처리인 파종량 4, 6kg/10a 파종이 2kg/10a, 3kg/10a에 비해 생육량이 전반적으로 떨어졌다. 생육량과 개체중 그리고 입모수를 반영하여 산출한 수량은 파종량 3kg/10a가 생체 13,126kg/10a로 가장 높았으며 다음으로 2kg/10a와 6kg/10a가 유의하게 높게 나왔다. 종합하면 단위당 수량이 가장 높으면서도 굵기 분포나 재식밀도 면에서 기계 수확이 용이한 3kg/10a이 파종량으로는 가장 적당하였다.

〈표 6-9〉 파종량에 따른 케나프 생육 및 수량

파종량 (kg/10a)	초장 (cm)	줄기					생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
		직경 (cm)	분지수 (개/주)	분포(%)				
				2.5mm>	2.5~3.0mm	3.0mm<		
2	397.4 a	3.2 a	161.4 a	15.6	48.8	35.6	943.0 a	12,259 ab
3	396.3 a	3.1 a	138.6 b	18.4	51.9	29.7	729.2 b	13,126 a
4	355.6 b	2.5 b	92.8 c	34.8	56.0	9.2	544.6 c	11,981 c
6	331.6 c	1.8 c	76.2 d	72.8	27.2	-	403.5 d	12,105 b

마) 재식거리

케나프를 점뿌림으로 재배할 때 재식거리는 20×20cm에서 생장과 수량이 좋았다. 드물게 심어진 20×30cm 처리에서 생육량은 가장 우수하고 재식주수도 8,000

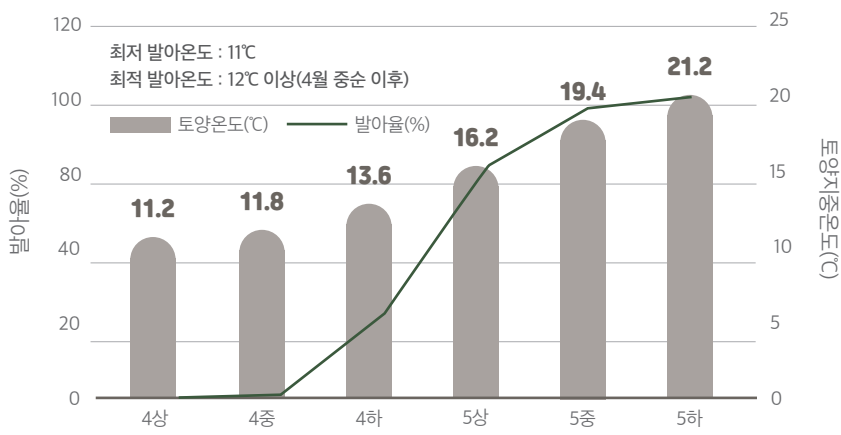
주/10a로 적었으나 수확기의 수량이 20×20cm에 비해 24.2%가 감소하였다. 밀식재배인 20×10cm는 재식주수도 많이 필요하고 생육량도 떨어졌으며 수확기 수량도 20×20cm보다 낮았다.

<표 6-10>재식거리에 따른 케나프 생육 및 수량

재식거리 (cm)	입모수 (개/10a)	초장 (cm)	줄기				생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
			직경 (cm)	분포(%)				
				2.5mm>	2.5~3.0mm	3.0mm<		
20×30cm	8,000	426.4 a	3.4 a*	10.6	42.6	46.8	1297 a	10,335 c
20×20cm	12,000	402.6 b	3.2 ab	14.8	52.4	32.8	1,050 b	13,641 a
20×10cm	24,000	364.6 c	2.4 b	36.8	53.0	10.2	540 c	12,545 b

바) 파종시기

케나프 발아는 토양 온도가 11.8℃ 이상인 4월 중순 이후부터 가능하였으나 추위에 약해 서리피해를 받으면 생육 피해 정도가 심각하기 때문에 안전재배를 위한 적정 파종시기는 5월 1일 이후가 가장 좋다.



<그림 6-17> 파종시기 토양 온도변화 및 이에 따른 케나프 발아율

케나프 파종시기별 생육 및 수량은 4월 15일, 5월 1일 파종에서 생육이 양호하고 수량이 높아 4월 중순부터 파종이 가능하였다. 케나프 길이와 줄기, 잎 등이 모두 5월 상순부터 급격히 감소하는 경향을 보여 케나프는 4월 중순부터 5월 15일 이전에 파종할 것을 추천한다. 케나프 파종은 4월 중순부터 가능하지만 안정적인 발아 및 생육을 위하여 4월 중순에 파종할 때는 농업기상을 관찰하여 파종시기를 결정하는 것이 좋다.

〈표 6-11〉 파종시기에 따른 케나프 생육 및 수량

파종시기 (월·일)	초장 (cm)	줄기		잎			생체중 (g/주)	수량 (kg/10a)
		직경 (cm)	분지수 (개/주)	수 (개)	길이 (cm)	폭 (cm)		
4. 15	406.4 a	3.6 a	164.5 a	269.4a	17.5 a	25.8 a	987 ab	13,041 ab
5. 01	411.5 a	3.6 a	165.8 a	274.6 a	17.6 a	23.4 b	1,015 a	13,423 a
5. 15	368.4 b	3.4 ab	124.6 b	208.4 b	16.4 ab	24.2 b	910 b	10,828 b
5. 30	315.9 c	2.9 b	98.6 c	196.3 b	15.0 b	21.9 c	907 b	10,314 b

사) 간척지 표준비료 사용량 및 분시 기준

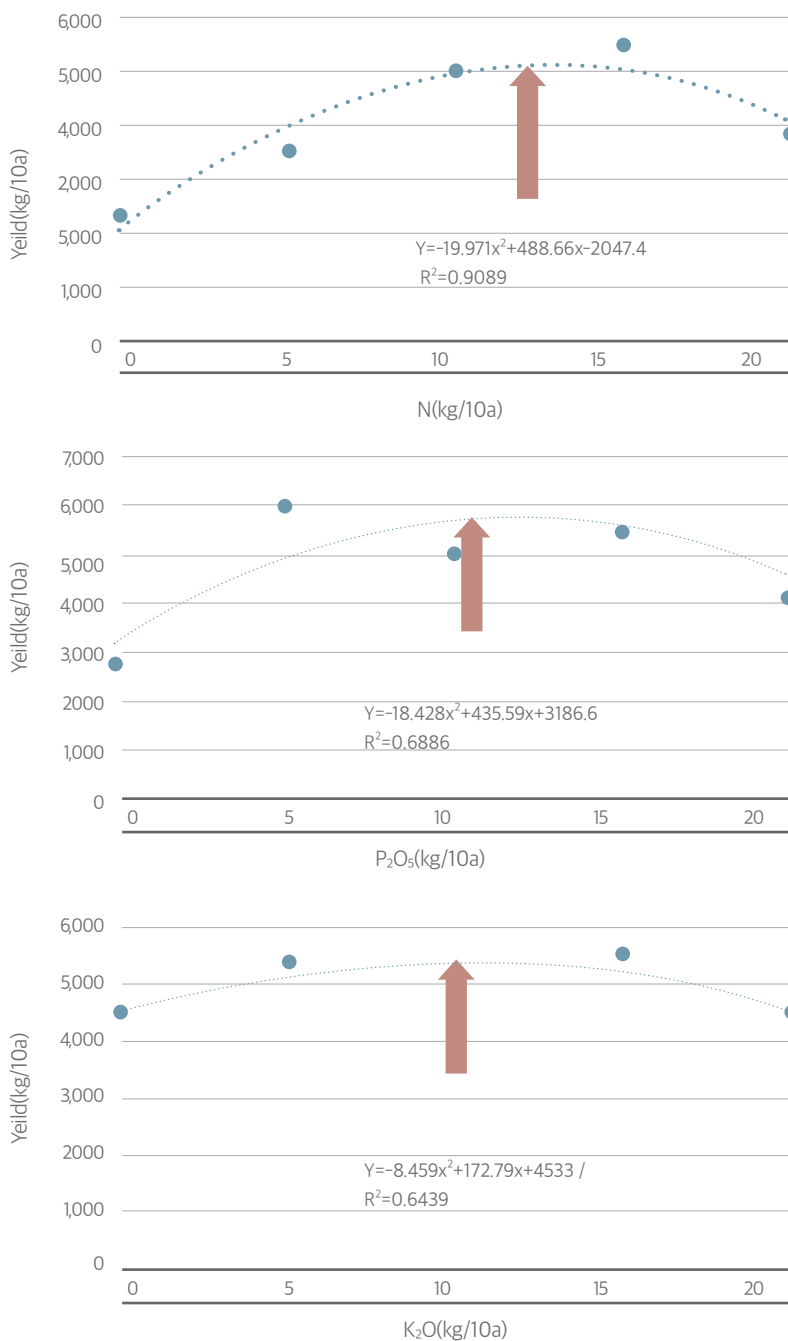
케나프 표준비료 사용량(성분량,kg/10a)은 N 12.0-P 11.8-K 10.2이며, 분시 비율은 밑거름으로 질소비료 50%, 인산비료 50%, 칼리비료 50%를 사용하고 웃거름으로 나머지는 50%를 사용하는 것이 좋다.

〈표 6-12〉 표준비료 사용량

(kg/10a)

구분	밑거름			웃거름			합 계		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
간척지	6.0	5.9	5.1	6.0	5.9	5.1	12.0	11.8	10.2

※ 일반농경지 표준 시비량(kg/10a): N 9.7-P 10.2-K 5.8



〈그림 6-18〉 비료 수준에 따른 간척지 케나프 지상부 생체수량 변화

아) 수확시기

케나프는 아열대성 작물로 온도가 내려가면 생장을 멈추고 줄기 부위가 딱딱하게 변하게 되며 낙엽을 시작한다. 국내에서 케나프는 10월 중순까지 계속 생장을 하지만 그 이후 온도가 떨어지면 영양생장을 멈추게 된다. 따라서 바이오에너지 등 산업용으로 사용할 때는 10월 중순 이후에 수확하여 바이오매스량을 최대로 증가시키는 것이 유리하다.

<표 6-13> 케나프 수확시기에 따른 생육 및 수량

수확시기	초장 (cm)	줄기 굵기 (mm)	엽수 (개/주)	엽면적 지수	개체중 (g, 생중)	수량 (kg/10a)
8월 하순	362.6 c	2.6 c	229.5 ab	5.34	642 d	8,346 c
9월 하순	395.4 b	3.2 b	232.6 a	4.92	820 c	10,250 b
10월 중순	402.6 a	3.4 a	186.2 b	3.26	1,024 a	12,800 a
11월 상순	401.8 a	3.4 a	145.6 c	3.14	986 b	12,818 a

케나프를 사료용으로 이용할 경우에는 영양소가 많이 함유되어 있는 잎의 비율이 최대한 유지되고 경화가 덜 일어나는 시기인 8월 하순~9월 상순에 수확하는 것이 좋다. 조단백 함량은 8월 하순까지 10.4%를 유지하다가 급격히 줄어들었고 총가소화양분(TDN) 함량도 8월 하순에서 최고치인 61.4%이었다.

<표 6-14> 케나프 수확시기에 따른 사료가치

수확시기	조단백(%)	DMI ¹⁾	DDM ²⁾	RFV ³⁾	TDN ⁴⁾
8월 하순	10.4 a	2.6	61.8 a	125 a	61.4 a
9월 하순	8.9 b	2.4	56.8 b	106 b	56.4 b
10월 중순	8.4 bc	2.3	52.8 c	94 c	52.2 c
11월 상순	7.9 c	2.3	51.0 d	92 c	50.5 d

1) DMI(Dry matter intake): 건물 섭취량 2) DDM(Digestible dry matter): 소화가능 건물

3) RFV(Relative Feed value): 상대적 사료가치 4) TDN(Total digestible nutrient): 총가소화 양분

(나) 유채

(1) 일반 특성

유채는 기름 함량이 많고 단백질 성분이 풍부해 세계 3대 유지작물로 꼽힌다. 우리나라에서는 주로 가을에 재배하는데, 튀김용 기름이나 마요네즈, 인쇄 잉크, 사일리지 사료용 등으로 다양하게 활용할 수 있어 이용가치가 높다. 일반적으로 서리를 이겨내는 능력이 강해 벼 수확 후 가을에 씨를 뿌려 재배하기 좋은 월동 작물이다. 추위에 견디는 힘이 강한 품종은 눈이 내릴 정도로 낮은 온도에서도 오랫동안 쓰러지지 않는다. 특히 겨울 유채는 오히려 지방산 비율이 증가된다. 그러나 유채가 꽃이 필 때 서리가 내리면 화분 형성과 생존 능력이 저하되므로 미리 저온 처리하여 꽃피는 시기를 늦춰야 한다.



유채 개화 모습



유채 꽃과 유식물

<그림 6-19> 간척지에서 유채 생육 및 개화 모습

<표 6-15> 유채 품종 특성

육성 연도	구분	품종명	수량성 (kg/10a)	주 요 특 성
2012	고정종	중모7001(황운)	259	식용 및 경관용 (대화(大花)종, 조숙)
2013	고정종	중모7002	247	바이오디젤 및 식용 (균핵병저항성, 내도복성)
2013	1대잡종	해안	272	바이오디젤 및 식용 (조숙, 논핵응성, 내병(균핵병), 내도복성)
2014	고정종	중모7003(새안)	207	경관용 (흰꽃, 재배안정성, 균핵병저항성)

육성 연도	구분	품종명	수량성 (kg/10a)	주 요 특 성
2014	1대잡종	조안	279	바이오디젤 및 식용 (조숙, 균핵병저항성, 논재배적응성)
2015	1대잡종	진애	268	바이오디젤 및 식용 (조숙, 논재배적응성, 내병성)
2018	고정종	유려	243	고급식용유용 (올레산 고함유(74%), 조숙, 내도복)

<표 6-16> 주요 유채 품종 지방산 조성

구분	육성 연도	품종명	지방산 조성(%)							기름 함량 (%)
			팔미트 산	스테아르 산	올레산	리놀레 산	리놀렌 산	에이코 젠산	에루스 산	
1대 잡종	2013	해안	4.5	2.4	69.8	14.6	6.9	1.7	0.0	44.2
	2014	조안	4.2	2.3	69.5	15.3	6.9	1.8	0.0	44.5
	2015	진애	4.3	2.3	68.7	15.7	7.2	1.8	0.0	44.2
고정 종	2012	중모 7001 (황운)	4.9	2.7	69.1	14.6	7.0	1.7	0.0	44.4
	2013	중모 7002	4.4	2.2	70.8	14.3	6.5	1.7	0.0	44.3
	2014	중모 7003 (새안)	4.4	2.2	68.4	16.7	6.8	1.5	0.0	43.8
	2018	유려	3.8	2.2	74.7	10.3	6.4	1.2	0.0	43.5

(2) 토양관리

유채는 아주 딱딱한 점질토나 모래토양에서도 재배가 가능할 정도로 토양형이 넓지만 눈에 유채를 재배하려면 물빠짐이 잘 되고 유묘기와 영양 생장기인 11~2월 사이에 침수가 되지 않는 곳을 선정해야 한다. 특히 비가 온 후 딱딱하게 굳어지는 토양은 피해야 한다. 유채 재배지역은 주로 호남 지방, 경상남도, 제주도이며, 간척지에서는 주로 사양토에서 토양 염농도 0.1% 이하인 지역에서 재배가 추천된다.

(3) 재배특성

가) 파종량 및 파종 방법

유채 파종량은 $1\text{kg}/1,000\text{m}^2$ (산파), $0.6\sim0.8\text{kg}/1,000\text{m}^2$ (세조파)하며, 파종적기는 10월 1일~10월 15일, 파종깊이 $0.5\sim2.0\text{cm}$ 이다. 유채종자 조기 파종(10월 15일까지)을 통한 동해(冬害)피해 저감할 수 있다. 또한 유채 종자 파종 후 배수로 작업 실시($2\sim3\text{m}$ 간격)하며, 파종 후 3일 이내에 포장 전면에 유채에 파종·정식기 토양처리 가능하도록 등록된 제초제를 살포한다.

나) 비료 시비량 및 시비 관리

유채는 밀거름으로 질소(N)-인산(P)-칼리(K)-석회= $5-8-8-100\text{kg}/10\text{a}$ 를 기준으로 시비하며 퇴비는 $1,000\text{kg}/10\text{a}$ 를 시비한다. 웃거름으로는 10a당 요소 실량 기준 20kg 를 2월 중~하순 시비를 추천한다. 파종 후 균일한 발아를 위해 관수(스프링클러)를 추천한다.

다) 수확시기

가을 파종한 유채는 파종 이듬해 5월 말(손수확), 6월 초(기계수확)이며, 봄에 파종한 유채는 6월 말(손수확), 7월 초(기계수확)이다. 밭에서는 개화 약 55일 후 논에서는 개화 약 60일 후이며, 유채꽃 내의 종자가 완전히 검은색으로 변하였을 때이다.

(다) 뽕딴지(*Helianthus tuberosus* L.)

(1) 기본 및 형태적 특성

뽕딴지는 속씨식물(被子植物, angiosperms)⁹⁾로 국화과 해바라기속의 북아메리카가 원산지인 다년생 작물이며 돼지감자라고도 불린다. 주로 식용을 위해 재배되며 보통 줄기는 $3\sim4\text{m}$ 에 달하며 주로 땅속에서 덩이줄기를 가지고 있다. 다년생이지만 주로 일년생으로 자라며, 덩이줄기의 색, 수, 크기, 줄기 수나 가지 수를 포함하여 많은 특성들이 유전 및 환경조건에 따라 달라진다. 덩이줄기의 맨 꼭대기 부분은 부풀어 오르며 괴경을 형성하며, 앞은 대부분 난형, 피침형이고 앞몸의 길이는 약 $3\sim20\text{cm}$, 폭은 $5\sim$

9. 꽃과 열매가 생식기관으로 있는 종자식물 중 밑씨가 씨방 안에 들어 있는 식물이다.

8cm 정도이다. 꽃이 피는 모양은(꽃차례) 단독으로 또는 무리를 이루어 줄기 끝이나 말단 가지나 줄기에 잎이 붙은자리(엽액)에 달린다. 꽃은 지름 5~11cm 정도의 노란색 모양의 해바라기 꽃과 비슷하지만 작은 것들이 개화한다. 대부분의 지역에서 소규모 작물이며 이용 가능한 FAO 생산 통계가 없고, 현재 품종으로 등록되어 있지 않다. 특히 서리, 가뭄, 병해충에 강하며, 동판지는 평년강우량이 31~282mm, 온도는 6.3~26.6℃, pH는 4.5~8.2 범위에서 자랄 수 있으며, 일장이 짧은 곳은 잘 자라지 못한다. 염수관개 25~50% 수준에서도 자랄 수 있다고 한다.



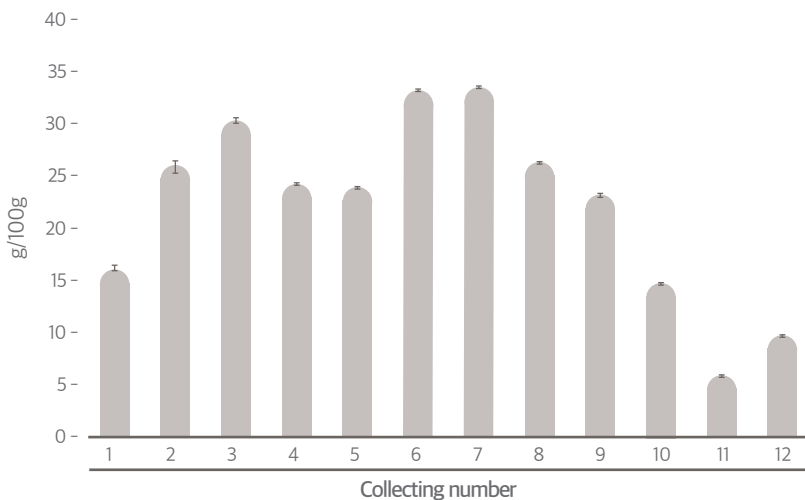
동판지 생장모습

간척지에서 수확한 동판지

<그림 6-20> 간척지에서 재배 및 수확한 동판지 모습

줄기 건물중은 ha당 18t까지 생산이 기록되어 있다. 괴경에는 건중의 약 75% 정도가 이눌린¹⁰을 포함하기 때문에 경제적, 산업적으로 중요한 작물 중 하나이다. 동판지는 종자발아나 괴경 형성시기에 관개가 필요한 작물이며, 반면에 배수가 잘 안되거나 점토함량이 많으면 생산량이 적어진다. 괴경은 영하의 날씨에서도 한 달 이상 버틸 수 있고 땅이나 냉장고에 저장되면 이눌린이 프룩토스(과당)로 변화면서 단맛이 더욱 증가한다. 현재 공식된 품종은 없으며 자색계통은 일반적으로 개체당 크기는 작으며 개수는 많고, 염농도에 대한 내염성은 흰색보다 높은 경향을 보인다. 반면 흰색계통은 일반적으로 개체당 크기는 크며 개수는 적으나, 대규모 간척지에서 기계화 작업 시 유리하다.

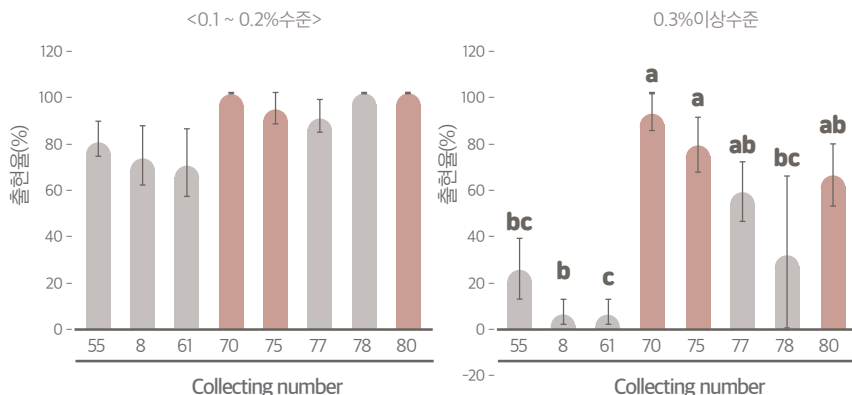
10. 과당중합체(fructan) 계통의 천연 다당류로써 미국 식품의약국(FDA)에 의해 가공식품의 식이섬유 성분으로서 승인된 바 있으며, 소화되지 않는 수용성 식이섬유로서 다양한 가공식품에서 감미료, 식감 변화 등의 용도로 이용되고 있다.



<그림 6-21> 수집 똥단지 이눌린 함량

(2) 토양관리

똥판지는 온도의 감응성이 매우 낮으며 메마른 땅이나 비옥지를 가리지 않는 식물로 알려져있다. 내건성 및 내염성을 가지고 있어 해안지역이나 건조지대에서도 쉽게 생장한다. pH가 4.5에서 8.0 사이의 대부분 토양에서 잘 자라며 다양한 문헌에서 염류 토양에서도 잘 적응할 수 있다고 하였다. 주로 알칼리 토양을 선호하며, 배수가 잘되는 사양토에 좀 더 잘 적응한다. 2018년 국립식량과학원에서는 전국에서 유통되고 있는 똥판지를 괴경 색깔별로 수집하여 새만금 광활시험지에서 염농도별 적응성을 시험하였다. 토양 염농도 0.2% 수준까지는 대부분의 똥판지가 안정적인 출현율을 보였으며, 0.3% 이상에서는 일부 똥판지가 80% 이상의 출현율을 보였다. 대체적으로 자색 똥판지가 흰색 똥판지보다 출현율이 양호하였다.



<그림 6-22> 간척지 뚝딴지 재배 시 토양 염농도별 출현율 (%)

(3) 재배특성

가) 파종 방법

뚝딴지는 땅이 녹은 후 3월 중순 이후 5월 이내까지 파종이 가능하다. 종자는 1점씩 파종하거나 2~3등분으로 쪼개어 파종도 가능하며, 직파할 경우 재식거리 75 x 50 cm가 경제성과 수량이 양호하였다. 직파가 불가능할 경우는 산파도 가능하다. 다만 뚝딴지는 잡초보다 빠르고 촘촘하게 그늘을 만들고 영양분을 놓고 경쟁하기 때문에 다른 식물과 강력하게 경쟁한다. 다년생인 뚝딴지의 공격적인 성장 습성과 뿌리줄기를 퍼뜨리는 쉬운 번식 방법이 후작물에 잡초가 될 수도 있는 상황을 유의하여야 한다.

나) 비료 시비량 및 시비 관리

뚝딴지 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비를 10a당 최소 5-5-5-1500kg 수준으로 전량을 기비로 로타리 작업 전에 사용하며, 수량을 늘리기 위해서 질소비료를 10kg 수준까지 늘려도 20kg 수준과 통계적으로 차이를 보이지 않았다. 뚝딴지는 많은 비료를 필요로 하지 않는다. 오히려 과도한 질소 첨가는 괴경 생산을 방해할 수도 있고 토양을 고갈시키는 경향이 있으므로 뚝딴지 수확 후에 비료를 주는 것이 좋다.

<표 6-17> 자색 뽕따지의 재식거리 및 질소시비수준에 따른 개화기 초장 및 수량

재식거리 (cm)	질소시비수준 (kg/10a)	초장 (cm)	수량 (kg/10a)
25	N20	272	3,683a
	N10	279	3,370ab
	N5	281	2,843b
	N0	273	2,203c
	Mean	276	3067
50	N20	312a	3,547a
	N10	275b	3,255a
	N5	318a	3,272a
	N0	247d	2,193b
	Mean	288	3025
75	N20	267	3,515a
	N10	267	2,248b
	N5	242	2,067b
	N0	262	1,508b
	Mean	260	2335

<표 6-18> 질소시비수준에 따른 뽕따지 생육 비교

질소시비수준 (kg/10a)	초장 (cm)	엽색 (SPAD)	엽면적 (cm ²)	수량 (kg)
N0	115	2.6	56.2	283c
N5	146	2.9	64.2	760b
N10	148	2.8	63.5	827ab
N20	161	3.2	73.4	918a

다) 수확시기

뽕따지 괴경은 잎이 마르면 늦여름에서 초가을(9월 또는 10월)부터 봄(토양이 얼지 않는 지역)까지 수확할 수 있다. 줄기는 괴경 수확 전에 잘라야 한다. 잎과 줄기는 서리에 민감하지만 괴경은 생존 가능하고 줄기는 겨울이 지난 후에 괴경에서 쉽게 다시 자랄 수 있다.

3

간척지 풋거름작물 안전재배 기술

가. 풋거름작물의 정의 및 종류

풋거름작물은 화학비료를 대체하거나 절약하기 위해서 작물이 푸를 때 농경지에 넣어주는 비료식물이다. 농경지의 유기물 공급 및 비옥도 등을 증진시키기 위해서 재배하는 작물이기도 하다. 풋거름 작물은 크게 콩과, 벧과, 경관 겸용 3가지로 분리된다. 콩과 풋거름 작물로는 헤어리베치, 자운영, 클로버류, 살갈퀴, 네마황, 세스바니아 등이 있으며, 벧과 풋거름작물로는 녹비보리, 호밀, 들묵새, 수단그라스, 경관 겸용 풋거름 작물로는 유채, 파셀리아, 메밀 등이 있다.

나. 대표적인 풋거름작물의 안전재배 기술

(가) 세스바니아

(1) 일반 특성

콩과 녹비 작물로 뿌리혹이 많아 질소고정능력이 강하므로 간척지와 같은 척박한 토양에서도 잘 자란다. 적응력이 아주 강하여 사토에서 중점토까지 양호한 생장을 보인다. 원산지가 습한 지역이므로 침수에는 강하지만 가뭄에 약하고 특히 유묘기에 약하다. 종자 적정 발아 온도 15~25℃이고, 최적 생장온도는 20~30℃이다. 잎이 많고 엽면적이 커서 증산작용이 강하므로 많은 양의 수분이 필요하다.



세스바니아 개화기 모습



세스바니아 유식물

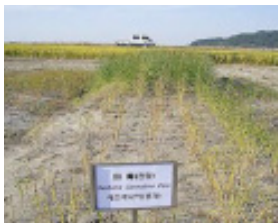
<그림 6-23> 간척지에서 세스바니아 생육

(2) 토양 염 적응성

세스바니아는 콩과 녹비 작물로 비교적 내염성이 높다고 알려져 있다. 토양 염의 대부분이 NaCl인 새만금 간척지는 세스바니아 생육 임계 염농도가 0.1% 이하로 확인되었다.



염농도 0.1% 이하



염농도 0.1~0.3%



염농도 0.3% 이상

<그림 6-24> 토양 염농도별 세스바니아 생육

출처 :최종보고서, 간척지 토양탄소 보전을 위한 유기자원 활용기술 개발, 2013

(3) 파종

가) 파종시기 및 파종방법

세스바니아 파종은 5월 중하순 조건 40cm로 4kg/10a씩 조파한다. 파종방법은 산파의 경우 조파에 비해 건물수량에 큰 차이는 없으므로 산파재배가 가능하며 조파에 비해 파종노력을 절감할 수 있다. 조파할 경우에는 산파에 비해 종자량이 절감되고 안정적으로 재배가 가능하다.

나) 파종 깊이

세스바니아 출현율은 토양 염농도가 높아지고 파종심도가 깊어질수록 감소한다. 토양 염농도가 0.1%일 때 파종심도 3cm, 0.3%일 때 1cm, 0.5%일 때 0.5cm에서 세스바니아 출현율 50%를 확보할 수 있다. 따라서 토양 염농도가 높아질수록 파종심도가 깊어져야 한다.

(4) 시비량 및 시비방법

세스바니아 시비량은 질소-인산-칼리 성분량으로 6-8-6kg $10a^{-1}$ 로 한다. 시비 방법은 질소, 인산, 칼리 전량 기비로 사용하되 생육상태에 따라 개화기에 질소비료 2~3kg $10a^{-1}$ 를 추가로 사용한다. 새로 조성된 간척지에는 질소, 인산, 칼리 비료를 각각 유안, 용과린, 황산 칼리 등으로 하는 것이 좋다.

(5) 해충 방제

간척지에 세스바니아 재배 시 주요해충인 콩명나방이 많이 발생되어 큰 피해를 주므로 콩명나방을 방제하는 것이 중요하다. 발생시기 및 피해부위는 7월 하순~9월 하순 발생하며 잎과 심한 경우 꽃잎까지 가해한다.

방제시기 및 방제방법은 피해가 가장 심한 8월 중순~9월 상순이 방제 적기이며, 방제 약제를 1회 살포할 때 방제가는 95.7%였다.



콩명나방 성충



세스바니아 콩명나방 피해

<그림 6-25> 세스바니아 성충 및 피해모습

출처 : 영농기술정보, 세스바니아 콩명나방 경제적 방제법, 2012

(6) 토양 환원

가) 토양 환원 방법

세스바니아 정식 10~15일 전, 9월 하순에 제초기로 파쇄 후 원판쟁기로 토양에 투입하고 로터리 경운한다.

나) 세스바니아 양분 함량

세스바니아는 두과작물로 공기 중의 질소고정능력이 수수×수단그라스나 제주재래피 등 다른 녹비 작물 N 보다 3배 정도 높은 경향이 있었다. P_2O_5 함량도 다른 녹비작물의 2배이며 CaO 함량도 4~7배 높았다.

세스바니아를 토양에 전량 환원할 경우 투입되는 질소-인산-칼리(N- P_2O_5 -K $_2$ O) 공급량은 27.6-5.1-19.3kg 10a⁻¹ 이다.

<표 6-19> 여름 녹비작물의 부위별 무기성분 함량

(단위 : %)

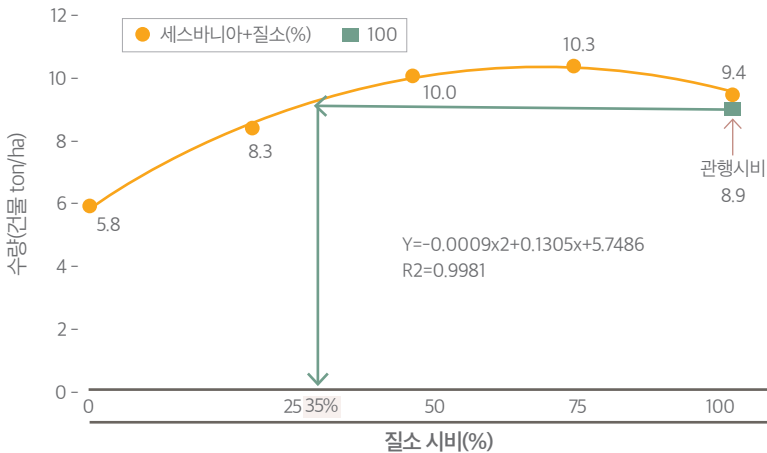
구분	녹비작물	N	P_2O_5	CaO	K $_2$ O	MgO	Na $_2$ O
지상부	세스바니아	2.51	0.57	0.64	1.94	0.27	0.20
	제주재래피	0.65	0.31	0.13	1.51	0.30	0.33
	수수×수단그라스	0.72	0.21	0.09	1.81	0.25	0.04
	평균	1.29	0.37	0.28	1.75	0.27	0.19
지하부	세스바니아	1.41	0.51	0.16	1.39	0.28	0.79
	제주재래피	0.36	0.24	0.15	1.21	0.22	0.32
	수수×수단그라스	0.57	0.28	0.15	1.68	0.19	0.33
	평균	0.78	0.34	0.15	1.42	0.23	0.48

출처:간척지 녹비작물 활용기술, 2011

다) 세스바니아 질소공급효과

간척지에서 세스바니아 토양환원 후 청보리 재배 시 질소 표준시비량의 35%(2.1 kg 10a⁻¹)만으로도 표준시비와 대등한 생산이 가능하다.

* 세스바니아 표준시비량(kg/10a) = 질소-인산-칼리 : 6-8-6



〈그림 6-26〉 세스바니아 토양환원 후 질소시비수준(%)에 따른 작물수량성

출처 : 영농기술정보, 신간척지에서 청보리 재배 시 세스바니아를 이용한 질소비료 절감, 2014

(나) 헤어리베치

(1) 일반 특성

헤어리베치는 -10°C 의 견딜만큼 추위에 강하여 우리나라 전 지역에서 재배되고 있으며 가을에 파종할 것을 권장하고 있다. 그러나 가을파종을 못했을 경우 봄파종도 가능하다. 식물체의 줄기는 덩굴성으로 길이 1.5~2m정도 자라며 가을에 파종하면 5월 중·하순에 꽃이 피기 시작한다. 헤어리베치 단독으로 심거나 벼과작물과 혼합파종하여 재배한다. 재배하는 목적으로는 풋거름작물로 유기물원이나 화학비료 대체, 조사료 생산, 경관조성, 유흥지 관리에 이용한다. 종자채종을 위하여 단독보다는 벼과작물과 혼합파종하면 더 많은 종자를 얻을 수 있다.

헤어리베치는 토양산도(pH) 4.9~8.8의 넓은 범위의 토양에서 잘 견디고 모래 토양부터 식질 토양까지 대부분의 토양에 재배가 가능한 것으로 알려져 있으며 사양토 및 사질양토에서 가장 잘 자란다. 내한성이 강하고 환경에 대한 요구조건이 적어 간척지 토양에서 잘자라 간척지 토양특성을 개량하기 위하여 활용하면 그 가치가 매우 클 것으로 기대되는 작물이다.



헤어리베치 어린 식물



헤어리베치 개화시기

<그림 6-27> 헤어리베치 어린 식물과 개화된 모습

(2) 토양 관리

가) 토양 조건

토양산도는 pH 6.0~7.0이고 사양토 및 사질양토에서 가장 잘 자란다. 헤어리벳치는 통기성이 좋아 뿌리혹박테리아가 잘 번식할 수 있는 토양에서 더 잘 자란다. 토양에 뿌리혹박테리아가 부족할 때는 종자에 적당한 뿌리혹박테리아 접종해 주면 좋고 이때 접종시기는 파종 전 24시간 안에 실시하여 준다. 토양이나 환경조건 적응성이 뛰어나지만 발작물 특성상 습해에 약하므로 반드시 배수가 양호한 토양이나 배수로를 설치해 주는 것이 좋다.

나) 토양 염 적응성

헤어리베치는 토양 염 적응성이 높은 것으로 보고 되어 있다. 새만금 간척지에서 실험한 결과 토양 염농도 0.1% 이하에서는 헤어리베치 수량은 2,840kg/10a 이상의 생체수량을 얻었고 토양 염농도 0.2% 이상에서는 1,880kg/10a 이하의 생체수량을 얻었다.

따라서 토양 염이 대부분 NaCl인 우리나라 간척지에서는 토양 염농도 0.1% 이하인 곳에 파종하는 것이 바람직하다.

<표 6-20> 토양 염농도별 헤어리베치 수량

토양 염농도 (%)	초장 (cm)	생체수량 (kg 10a ⁻¹)	건물수량 (kg 10a ⁻¹)
0.07	85	3,200	654
0.08	94	2,840	595
0.22	82	1,880	462
0.23	48	1,400	313
0.35	59	320	8
0.42	0	0	0

(3) 파종시기 및 방법

밭토양에 헤어리베치를 단독으로 파종할 때는 10a당 3~5kg을 산파 또는 세조파기를 이용하여 조파해 준다. 헤어리베치는 콩과작물로 처음 파종할 때는 파종량을 조금 늘려 5kg을 파종해 주고 이듬해부터 3kg을 파종할 것을 권장한다.



헤어리베치/귀리 혼파



헤어리베치/트리티케일 혼파

<그림 6-28> 간척지에서 헤어리베치/맥류 혼합파종 재배 모습

헤어리베치를 벼과작물과 혼합하여 파종할 때는 헤어리베치와 벼과작물의 파종량을 기준으로 산출하여 파종한다. 예를들면 헤어리베치와 맥류(보리, 호밀, 귀리, 밀, 트리티케일)를 혼합 파종할 때 10a당 헤어리베치 2kg과 맥류 2kg을 혼합하여 산파한다. 혹은 헤어리베치 2kg과 맥류 6kg을 세조파기를 이용하여 조파하면 수확할 때 편리하게 이용할 수 있다. 헤어리베치와 맥종별 혼파재배 시 두 작물을 합한 생체수량과 건물수량은 헤어리베치 + 귀리 혼파 재배에서 가장 많았다.

<표 6-21> 헤어리베치와 맥종별 혼파재배 시 생육

혼파맥종	헤어리베치		혼파맥류		전체 (헤어리베치+혼파맥종)	
	생체수량	건물수량	생체수량	건물수량	생체수량	건물수량
보리	300	76	1,625	447	1,925	524
호밀	575	135	1,725	573	2,300	707
귀리	750	183	2,900	726	3,650	908
밀	575	160	1,300	379	1,875	539
트리타케일	1,100	254	575	159	1,675	413

(4) 시비량 및 시비 방법

헤어리베치는 녹비용이나 경관용으로 활용할 때는 화학비료를 사용하지 않고 재배한다. 토양의 양분이 부족할 경우에는 인산과 칼리 비료를 기비로 사용하고 재배한다. 헤어리베치 종자재종이나 조사료로 사용할 때는 질소-인산-칼리($N-P_2O_5-K_2O$) 비료를 성분량으로 3-12-12kg $10a^{-1}$ 를 사용해 준다. 간척지에서 질소, 인산, 칼리 비료를 각각 유안, 용과린, 황산칼리를 사용하여 시비하며 비료량은 전량 기비로 시비해 준다. 생육이 부진할 경우 생육상태에 따라 개화기에 질소비료를 추비로 2~3kg $10a^{-1}$ 를 사용하면 좋다.

(5) 토양 환원

헤어리베치를 풋거름작물로 사용할 때는 보통 5월 중·하순에 꽃이 피기 시작할 때 경운하여 바로 토양에 환원하면 가장 좋다. 생체수량을 확보하기 위하여 개화가 많이 진행된 후에 토양에 환원할 때는 제초기로 1차 절단작업을 한 후 경운을 실시하는 것이 더 쉽게 작업을 할 수 있다. 토양 염농도 0.1% 이하에서 생산된 헤어리베치를 전량 토양에 환원할 때 공급 가능한 질소-인산-칼리 ($N-P_2O_5-K_2O$)의 공급량은 $10a$ 당 약 13.0-3.2-17.2kg이다. 간척지 토양 염농도 0.1% 이하에서 헤어리베치를 재배하고 토양 환원한 다음 뒷그루로 콩(대풍)을 재배할 때 재배할 때 질소 표준시비량의 30~85%를 절감하였고, 옥수수를 재배할 경우에는 질소 표준시비량의 30%~70% 절감이 가능하였다.

<표 6-22> 헤어리베치 토양환원 후 질소 감비율에 따른 옥수수 생육

처리내용	관행시비	질소 30% 감비	질소 50% 감비	질소 70% 감비	질소 100% 감비
건물중 (kg 10 ⁻¹)	1,544(100)	1,527(99)	1,497(97)	1,472(95)	1,349(87)

출처: 영농기술정보, 신간척지 녹비작물(헤어리베치)이용 옥수수 재배 시 적정 질소 시용량, 2011

헤어리베치 재배 후 토양에 환원하여 풋거름으로 사용한 결과 유기물 함량이 약 62% 증가하였고 용적밀도는 감소되고 공극률은 증가하여 토양의 물리·화학적 특성이 개선되었음을 확인하였다. 간척지 같이 유기물 함량이 낮고 양분이 불균일한 경지에 헤어리베치 같은 양질의 풋거름작물을 재배하면 토양의 물리·화학적 특성의 개선 효과를 기대할 수 있어 헤어리베치 재배를 권장한다.

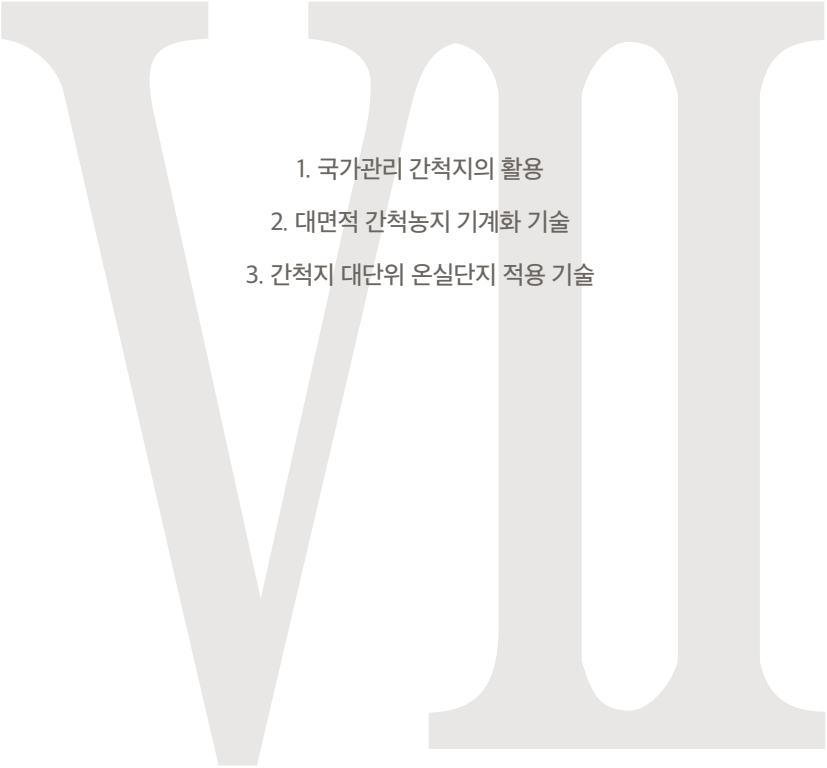
<표 6-23> 헤어리베치 재배에 의한 토양 이화학성 변화

구분	pH (1:5)	토양유기물 (OM, g kg ⁻¹)	용적밀도 (Mg m ³)	공극률 (%)
무재배	8.3	1.8	1.38	47.9
헤어리베치	7.5	2.9	1.16	56.2



제7장

간척지 첨단·규모화 기술

- 
1. 국가관리 간척지의 활용
 2. 대면적 간척농지 기계화 기술
 3. 간척지 대단위 온실단지 적용 기술

간척지는 대단위로 조성하여 규모화에 의한 경제적 농업이 가능하다. 이에 국내 간척지 활용 방안으로 간척지를 “농업의 미래 성장산업 전진기지화”라는 비전하에 ①논·밭 겸용·축산·수산 등 간척지의 다목적 활용, ②스마트 고부가 농산업으로 농식품 수출 경쟁력 강화, ③생산·가공·유통·관광·서비스 산업의 융복합화로 농어가 소득증대를 지향할 목표로 세웠다. 이를 위해 ①간척지 이용 고도화, ②농식품 수출 기지화, ③농어업의 6차산업화라는 3대 전략을 마련하여 9개 세부과제 추진을 통해 비전 및 목표를 구체화하였다.

1

국가관리 간척지의 활용

농림축산식품부는 간척지 중 국가관리 간척지 31,000ha의 활용을 위해 간척지의 농어업적 이용 종합계획을 수립하였다. 세부 추진계획으로 논벼 대신 타작물 재배 확대하여 1단계로 북부(시화), 중부(석문, 이원, 남포), 남부(영산강) 3개 권역을 대상으로 30ha 규모의 시험포장을 조성하여 효과검증을 실시하고 2단계로 시험포장 운영결과를 토대로 권역별로 50ha 규모의 시범농장 운영을 통해 작물 적응성 등을 보다 구체화 한 후 3단계로 전 지구로 확대할 계획이다.

둘째로 자연순환농업 구현으로 유향 간척지를 활용하여 경종과 축산을 연계한 자연순환형 축산단지를 조성하여 공동시설 설치를 통해 분뇨, 차단방역 및 생산관리 등 중앙관리 시스템을 구축한 후 한우, 젓소에 한하여 입식을 허용하고 거주지역 및 수질 보전을 위해 무악취, 무배출 시스템을 구축할 계획이다. 공동자원화시설을 설치하여 자연순환 및 가축분뇨의 에너지화를 통해 생산된 전력을 축사 등에 공급하는 시스템 구축을 지원할 계획이다. 조사료 생산 확대를 위해 총체 벼 품종개량을 추진하고 임대료 추가 감면 등을 검토할 계획이다.

셋째로, 어업적 활용을 통한 신산업 창출로 권역별 생산(양식)시설을 우선 구축하고 일부 권역에 한해 유통·가공시설 등을 도입하여 수산복합 시범단지로 조성할 계획이다. 1단계로 지자체 수요, 양식 품종 관련 계획 등을 고려하여 권역별 10ha 규모의 생산시설을 우선 구축하고, 2단계로 일부 권역은 유통·가공시설 연계 집적화를 통해 수출전문 단지 등 수산복합 시범단지를 구축할 계획이다. 3단계로 지구별 수산양식단지 확대 운영 및 스마트 양식장 등 첨단기술 테스트베드 운영으로 간척지를 미래 양식 산업 전진기지로 육성할 방침이다.

넷째로 대규모 시설원예단지를 확대하기 위하여 대규모 부지 활용이 가능한 간척지 등을 활용하여 규모화된 스마트팜 단지를 조성, 시설원예 핵심거점으로 육성하는 것

이다. 사업 활성화를 위하여 기반정비, 생산시설(온실 등) 배후시설(APC 등) 등 생산 수출에 필요한 제반시설을 패키지 형식으로 지원이 필요하다. 첨단시설 원예 재배를 통해 얻은 생육 정보를 빅데이터로 만들어 스마트팜 통합솔루션 개발 및 해외진출을 유도할 계획이다.

다섯째로 대규모 종자 생산지로 활용하는 것으로 국내산 조사료 생산량 증대를 위해서는 종자의 안정적 공급이 우선되어야 하며, 국내산 종자 자급률 확대 등 근본적 대책이 필요하다. 이를 위해 간척지에 조사료 종자전문단지를 조성하여 종자를 대량으로 생산·공급하는 시스템 구축이 필요하다.

여섯째로 법인화·조직화로 간척농지 임대법인의 안정적인 법인 경영시스템 정착 후 법인 간 네트워크 구축을 통해 조직화·규모화할 계획이다. 단기적으로 영농법인 경영능력 마인드 함량을 위한 전문교육을 실시하고 중·장기적으로 법인별 맞춤 경영 컨설팅을 제공한다. 아울러 영농법인 인증평가 제도 도입 및 우수법인 임대료 감면 등 인센티브를 제공한다. 원예, 축산 등 각 생산자 단체와 유통·판매 전문조직과의 계열화를 통해 경쟁력 제고 및 안정적 소득기반을 구축할 것이다.

일곱째, 농어촌 자원의 융복합화로 2018년도부터 간척지를 활용한 농어업 복합 공간 참여를 희망하는 지자체 수요를 파악하여 융·복합단지 조성 계획을 수립할 계획이다. 지자체 및 농어업 경영체 수요를 파악하여 전문가 컨설팅, 정책연구용역 등을 통해 계획을 수립할 것이다.

여덟째, 농어업 관광지화로 기존 간척지 관광프로그램을 활용, 대규모 생산단지 견학농업특화 교육 프로그램 개발 등을 통해 간척지 관광지화를 추진할 계획이다. 화옹, 새만금, 영산강 간척지의 기존 관광 프로그램을 지역자원과 연계하여 특색 있는 관광 상품 개발이 필요하다. 간척지를 활용하여 농업·농촌자원을 기반으로 체험, 휴양, 레저, 시설을 갖춘 현대적 종합 농촌체험관광 단지 조성이 필요하다.

아홉째, 기술개발 및 인재 육성 메카로 활용하는 것으로 간척지를 21세기 경쟁력 있는 첨단 스마트농업 기술을 적용한 수출농업 전진농업기지로 육성하기 위해서는 혁신적 농업기술 개발이 필요하다. 이를 위해 간척지 지구별 여건에 적합한 영농, 영어, 기반조성 기술개발 및 첨단 융·복합 농어업 R&D시스템 구축 및 보급할 계획이다.

간척지의 농어업적 이용을 위한 종합계획으로 석문지구 등 12개 지구 53,165ha 중 농어업적 활용으로 30,529ha를 대상으로 특성화 할 방향은 <표 7-1>과 같다.

<표 7-1> 지구별 활용 방향

지구명	특성화방향	지구명	특성화방향
석문	친환경축산, 수산단지	보전	기능성 특수미 생산단지
이원	수출원예, 친환경축산단지	시화	기술연구, 생태환경, 친환경축산단지
남포	친환경축산, 고품질 미곡 생산단지	영산강Ⅲ-1	원예, 기술연구, 수산단지
삼산	친환경축산단지	영산강Ⅲ-2	원예, 친환경축산, 수산단지
고흥	수출원예, 관광농어업단지	화웅	생태환경, 관광농어업단지
군내	기능성 특수미 생산단지	새만금	선진농업단지

2 대면적 간척농지 기계화 기술

가. 간척지 적합 실용 기계기술

(가) 굴삭기 부착형 무굴착 지하배수 암거 기술

간척지 토양 염해와 습해를 방지하기 위한 배수시스템으로 굴삭기를 이용 PVC주를 유공관과 토목섬유를 소수재로 활용하여 무굴착 상태하에서 침투수에 의한 시공이 가능한 지하암거형태를 유지하여 염농도를 제거하는 기술이다. 배수 시스템 구축의 비용과 노력을 줄일 수 있는 고효율 배수 방법으로 강수량, 배수 시스템과 연계한 지하수위 제어시스템 개발과 효과가 검증된 기술이다.

(나) 간척지 겸용 듀얼타이어 장착 트랙터 개발



간척지 무굴착 암거배수 시공



듀얼타이어 장착 간척지 겸용 트랙터

<그림 7-1> 굴삭기 부착형 무굴착 암거배수 및 듀얼타이어 장착 트랙터

간척지는 지반이 연약하고 물빠짐이 나빠 비가 내린 뒤 기존 트랙터는 슬립현상으로 견인력이 떨어지고 지상고가 낮아 차체가 가라 앉거나 잠기는 문제를 일으켜 사용에

어려움이 있다. 이를 개선하기 위하여 노면과 트랙터 바닥사이 거리를 500mm 이상 높여 노면이 고르지 못한 간척지에서의 주행안전성을 높였다. 또한 뒤쪽에 탈부착할 수 있는 추가 바퀴를 달아 접지력을 높이고 추가 바퀴를 뗄 때는 논이나 밭 등 일반 토양에서 이용할 수 있도록 다용도로 개발하였다.

나. 간척지 적합 첨단 자동화·무인화 기술

(가) 농기계 자동 주행 및 무인농기계 운용시스템

간척지에서 농작업의 자동화, 로봇화를 위해서 국내의 경우, (주)대동(구 대동공업), LS엠트론, TYM(구 동양물산) 등 농업기계 회사에서는 직진 자율주행과 같은 일부 요소 기술부터 트랙터, 이앙기, 콤바인 등 자사에서 생산하고 있는 농업기계에 자율주행 기술을 적용하여 일부 판매하고 있으며 상용화할 계획을 갖고 있다. 또한 현장의 수요를 반영하여 선회, 텔레매틱스 기술 등 점진적으로 확대, 적용할 계획을 갖고 있다. 첨단 농업기계 연구 협의체는 트랙터, 콤바인 등 대형 농업기계뿐 아니라 과수용 방제기, 경운, 정지 등 농작업기와 같은 노지에서 활용 가능한 농업기계를 생산, 개발하는 업체들을 대상으로 단계적 구성을 통해 지능형 농작업기 개발 등을 공동 추진할 계획이다.

(나) 로봇 및 ICT 기술을 활용한 신기술 잡초방제 기술

잡초인식 판별기술로 밭 제초작업 효율화를 위한 작물 영상자료 구축하여 실시간 처리하는 기법으로 주 잡초 방제를 위한 작물과 잡초를 실시간 판별하는 기술을 간척지에 적용 가능하다. 한편 해외기술로 스위스에서는 에코로보틱스(Ecorobotix)의 제초로봇이 있다. 이 로봇에는 GPS, 카메라, 로봇팔, 태양열 집열판이 탑재되어 있어 촬영된 이미지로 잡초를 인식할 수 있다. 작물이 자라는 이랑을 따라 주행하며 양팔로 인식된 잡초를 제거하고 약제를 살포한다.



<그림 7-2> 에코로보틱스의 제초로봇

* 출처 : 한국전자통신연구원, 인공지능 기반 자율 사물 개발 동향과 발전 전망. 2020

(다) 대면적 농지 정밀관리기술

미국 농무부(USDA)는 작물 잔류물, 작물 생육 환경, 농경지 수분함량 등 각종 정보에 대한 모니터링 기술을 개발하였다. NASA, USGS와의 공동연구를 통해 위성에 탑재된 고분해능 기상센터 이미지의 융합을 통해 옥수수 및 콩밭의 Phenology Mapping 기술, 농경지 수분함량 모니터링에 따른 수분함량 수준에 따라 구획별로 가변관개가 가능한 관개시스템 개발하였고 농업 경제성 확보 및 환경 피해 최소화를 위한 질소 관리 및 투입 자재 최적화를 위해 가변 질소 관리 시스템을 개발하였다. 우리나라도 농업위성을 발사할 계획을 갖고 있으며 위성을 통해 수집된 자료의 대면적 적용이 가능한 국내 농경지로 간척농지가 유력하다.

3

간척지 대단위 온실단지 적용 기술

가. 간척지 연약지반 보강공법

최근 국내에서는 연약지반 보강을 위해 선정될 수 있는 기초 형식 및 지반 보강 공법을 검토하는 연구가 진행되어 대상 공법으로는 스파이럴, 나무, 쇠석 다짐 말뚝(팽이) 및 PF 공법이 있었으며, 성능 검증을 위해 인발저항력, 지내력, 침하량 측정 등의 시험이 수행되었다(Lee et al. 2020). 일부 국한된 시험 조건하에 인발저항력, 허용지리력, 침하량측정 등 시험 평가 결과를 비교 검토한 결과, 팽이, 나무말뚝 및 PF 방법 모두 간척지 온실 기초에 적용하기 충분한 공법으로 나타났다(Lee et al. 2020). 일반적인 탄소섬유복합소재(Carbon Composites)는 탄소섬유를 보강재로 수지, 세라믹, 금속 등을 모재로 사용하며, 탄소섬유강화플라스틱(CFRP), 탄소섬유강화세라믹(CFRC), 탄소섬유 강화금속(CFRM) 등이 있다. 그 중 CFRP는 강도와 탄성률(강성)이 높은 탄소섬유와 고분자인 수지가 복합된 재료 및 제품으로 유사한 강성의 초고장력 강판에 비해 중량이 1/2 미만으로 가볍다. CFRP는 기지재인 수지의 열적 특성에 따라 열경화성과 열가소성으로 분류되고, 한번 가공하면 변형이 불가능한 열경화성 CFRP가 강도나 내열성에서 유리하여 많이 이용되고 있다. CFRP는 금속을 대체하는 경량화 소재로써 항공우주, 스포츠레저용품, 풍력발전 블레이드, 자동차 등의 보강재 용도로 사용량이 크게 증가하고 있다. 환경적, 경제적 이유로 인해 CFRP로부터 탄소섬유를 회수하고 재활용하기 위한 여러 방법이 개발되었다. 현재 국내 다수의 기업들이 탄소섬유 복합재 분야 연구개발과제에 참여하고 있으며, 재활용 기술을 활용한 개발도 진행하는 것으로 나타났다.

나. 에너지 자립형 간척지 온실 기술

온도, 습도, 열환경, 기류, 공기 증매개체(가스, 분진 등) 등 시설 내 공기 환경은 매우 다양한 요인들이 연관되어 있어 계측을 위한 다양한 센서 및 분석장비가 필요하며 많은 시간이 소요된다. 이들의 전이 및 분포 등의 주 메커니즘은 공기유동이다(Lee et al. 2019). 스마트팜 환경 정밀관리를 위해 단일 형태의 온실(10-연동-1형)을 대상으로 3차원 공기역학 동적 시뮬레이션 모델을 설계하였고 개방형 3D 공기역학 동적시뮬레이터의 종합적인 시스템을 구축하였으며 가상현실 기반 스마트팜 환경관리 기술 컨설팅 시스템을 구축하였다.

전남농업기술원에서 한국전력과 공동으로 태양광 발전 에너지를 활용한 에너지자립형 스마트팜 연구시설(온실 2,286㎡)을 설치해 계절별 에너지 운전모델 개발, 에너지 자립률 제고를 위한 연구를 수행하고 있다. 이를 바탕으로 시설환경 제어와 운전방법, 환기율 개선을 통한 성과로 신재생에너지를 이용한 시설 내 과채류 재배의 에너지 자립률을 연평균 약 58% 높이는 결과를 얻기도 하였다.

다. 자원 자립형 간척지 온실 기술

용수가 부족하고 폐자원의 처리가 어려운 간척지에서는 온실 단지 조성을 위해 기수 담수화와 같은 용수 확보 기술과 양액의 재활용 기술이 중요하다.

기수 담수화 기술은 간척지 대규모 스마트팜 조성 시 해수나 염분을 포함하고 있는 지하수를 담수화하여 농업용수를 안정적으로 확보할 수 있도록 지하염수 담수화 기술 개발이며 하이브리드식(역삼투압+분무증발) 지하 염수 담수화 기술을 정립한 기술이다.

양액 재순환 기술은 순환식 양액 살균, 배양액 처리 등을 포함한다. 이는 모래여과와 유사한 여재 기반의 전처리 시스템과 UV-C LED를 결합한 보급형 수경재배 시스템 개발과 배액관리 및 양액 제어프로그램 개발을 병행하여 양액재이용에 따른 이온 불균형 해소한 기술이다. 살균된 배액 혼합물 및 희석 농도를 설정 가능하게 하였으며 EC 및 pH 제어를 모니터링하여 최적값으로 제어하도록 한 기술이 개발되어 있으며 플라스

마-UV 복합 소독 공정, 전기충격 살균법 등 다양한 기술이 간척지 시설단지에서 활용될 수 있다.



제8장

기타

(참고 및 부록)

1. 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보
2. 간척지 영농기술 관련 자료

1

간척지 염농에 적합한 작물과 재배 정보

연번	작물	재배 정보
1	벼	가. 토양 염농도 1) 벼 재배 적합 토양 염농도는 2.0dS/m 이하이며, 그 이상의 토양 염농도에서는 환수제염 등 염농도 경감조정이 필요함 나. 간척지 적응 품종 1) 토양 및 관개수 염농도에 의한 품종별 적응성 차이가 있으므로, 이를 고려한 품종선택과 재배관리 방법이 필요함 2) 밥쌀용 추천품종 : 청호 다. 재배관리 1) 염분제거 (1) 토양 염농도가 2.0dS/m 이상인 논토양에서 염분제거가 필요할 경우 부산 석고를 사용할 수 있음 (2) 부산석고는 토양 염농도에 따라 사용량을 산정하고 벼 이앙일 기준 1~2개월 전 사용 후 토양과 잘 혼합하고 환수제염 해야 함 2) 물관리 (1) 토양 염농도 2.0dS/m이하의 논토양에서도 필요할 경우 이앙 전 로타리 후 환수제염을 하고, 이앙 후에 벼 뿌리 활착시까지 논바닥이 마르지 않도록 담수관리해야 함 (2) 토양 염농도 2.0~4.5dS/m의 논토양에서는 이앙 및 파종 전에 로타리 후 3회 정도 환수제염을 하고, 이앙 후에는 담수관리를 하되 적정 염농도 수준까지 환수제염이 요구됨 3) 비료주기 (1) 간척지는 대체적으로 토양 pH가 높으므로 질소질비료는 요소비료보다 유안비료의 사용을 추천함 (2) 토양 염농도 2.0dS/m 이하 - 간척지 질소비료사용 추천량은 11kg/10a임 - 분시는 밀거름-새끼칠거름-이삭거름으로 나누어 질소비료는 40-30-30% (이앙전-출수 전 24일-출수기), 인산은 5.1kg/10a 전량기비, 칼리는 5.7kg/10a(60-40%, 이앙전-출수기)를 사용함

연번	작물	재배 정보
1	벼	(3) 토양 염농도 2.0~4.5dS/m - 질소비료는 추천량 대비 증시가 필요하며 최대 18kg/10a 사용할 수 있음 - 분시는 밀거름-새끼칠거름-최고새끼칠거름-이삭거름-알거름으로 나누어 30-20-20-20-10% (이앙 전-이앙 후 12일-이앙 후 24-출수전 24일-출수기), 인산은 5.1kg/10a 전량기비, 칼리는 5.7kg/10a (40-30-30%, 이앙 전-이앙 후 12일-출수기)를 사용함
2	벼 (사료용)	가. 재배가능 토양 염농도 1) 사료용 벼 적합 토양 염농도 2.0dS/m 이하에 준하며, 그 이상의 토양 염농도에서는 환수제염 등 염농도 경감 과정이 필요함 나. 추천품종 : 목우 다. 재배 방법 1) 파종과 이앙방법 (1) 담수직파와 기계이앙이 가능하며 파종-이앙시기는 5월 하순까지 임 (2) 담수직파 시에는 법씨를 10kg/10a를 흩어 뿌리고, 기계이앙시에는 3.3m² 당 70~80주 (30×13~16cm)로 밀식함 2) 물관리 (1) 염분제거를 위한 물관리는 밥쌀용벼 재배관리에 준하여 실시함. (2) 기계이앙 재배 시 이앙 후 벼 뿌리 활착시까지 논 바닥이 마르지 않도록 담수관리 하여야 함 (3) 담수직파 재배 시에는 파종 후 법씨 싹틔우기부터 뿌리 활착시까지 논 바닥이 마르지 않도록 담수관리를 철저히 하여야 함 3) 시비방법 (1) 간척지는 대체로 토양 pH 높으므로 질소질 비료는 요소비료 보다 유안비료의 사용을 추천함 (2) 비료사용량(kg/10a): 18-9-11 (질소-인산-加里) (3) 질소비료는 밀거름-새끼칠거름-이삭거름으로 나누어 50-20-30% (이앙 전-이앙 후 20일-이삭패기 25일 전), 인산은 9kg/10a 전량을 밀거름으로, 칼리는 11kg/10a를 밀거름과 이삭거름으로 나누어 70-30%(이앙 전-이삭패기-25일) 사용함
3	보리 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 영양, 유호 다. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 25-10-10 (질소-인산-칼리) 2) 질소는 기비:추비(50:50), 인산과 칼리는 전량기비 3) 파종방법 : 줄뿌림 4) 파종량(kg/10a) : 30

연번	작물	재배 정보
4	옥수수 (식용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 찰옥4호, 일미찰 다. 재배 방법 1) 토양관리 : 비닐피복 재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 15-10-10 (질소-인산-칼리) 3) 질소는 6-7엽기 분시(기비50-추비50), 인산과 칼리는 전량기비 4) 재식거리 : 60×30cm
5	옥수수 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 광평옥 다. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 20-15-15 (질소-인산-칼리) 2) 질소는 6-7엽기 분시(기비50-추비50), 인산과 칼리는 전량기비 3) 재식거리 : 70 × 25cm
6	봄감자	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 1.5dS/m 이하 나. 추천품종 : 수미 다. 재배 방법 1) 토양관리 : 비닐피복 재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 10-12-10 (질소-인산-가리, 전량기비) 3) 재식거리 : 70 × 20cm
7	수수	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 황금찰, 남풍찰 다. 재배 방법 1) 토양관리 : 비닐피복 재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 9-8-7 (질소-인산-가리, 전량기비) 3) 재식밀도 : 60×10cm
8	기장	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 이백찰 다. 재배 방법 1) 토양관리 : 비닐피복 재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 20-8-7 (질소-인산-칼리, 전량기비) 3) 재식밀도 : 60×10cm

연번	작물	재배 정보
9	콩	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 1.5dS/m 이하 나. 추천품종 : 대풍, 신기 다. 재배 방법 1) 토양관리 : 비닐피복 재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 6-7-3 (질소-인산-칼리, 전량기비) 3) 재식밀도 : 60×15cm
10	호밀 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 곡우 다. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 15-10-10 (질소-인산-칼리) 2) 질소는 밀거름:웃거름(50:50) 2회 나누어 줌, 인산과 칼리는 전량 밀거름 3) 파종방법 : 줄뿌림, 흩어뿌림 4) 파종량(kg/10a) : 24
11	이탈리안 라이 그라스 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 코원어리 다. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 14-12-12 (질소-인산-칼리) 2) 질소는 기비:추비(30:70%), 인산과 칼리는 전량기비 3) 파종방법 : 줄뿌림(세조파) 4) 파종량(kg/10a) : 4
12	톨 페스큐 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 추천품종 : 그린마스터, 그린마스터2호 다. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 파종 시(8-20-7)와 초지관리(21-15-18) 구분 2) 시비방법 (1) 파종 시(kg/10a) : 8-20-7 (질소-인산-칼리) 전량 밀거름 시비 (2) 초지관리(kg/10a) : 21-15-18 (질소-인산-칼리)를 2~4회 나눠 시비 (3) 초지관리형 비료 나눠주기 방법은 질소는 월동 후 이른 봄(35%) - 1차 예취 후(30%) - 2차 예취 후(15%) - 3차 예취 후(0) - 4차 예취 후(20%)로 4회를 주고 인산과 칼리는 이른 봄(50%) - 4차 예취 후(50%) 2회 줌 3) 파종시기 : 8월 하순 ~ 9월 상순 4) 파종방법 : 줄뿌림 5) 파종량(kg/10a) : 40

연번	작물	재배 정보
13	피 (사료용)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 3.0dS/m 이하 나. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 20-5.1-5.7(질소-인산-칼리) 2) 질소는 기비:추비(70:30%), 인산과 칼리는 전량기비 3) 파종방법 : 직파(줄뿌림), 이앙재배 4) 파종량(kg/10a) : 2(이앙재배), 4(직파재배) * 논 재배 시 파종 후 입모 및 활착 전까지 논바닥이 마르지 않도록 담수관리가 필요함
14	케나프	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 4.0dS/m 이하 나. 재배 방법 1) 비료사용량(kg/10a) : 15-10-10(질소-인산-칼리) 2) 질소는 기비: 추비(50:50%), 인산과 칼리는 전량기비 3) 파종방법 : 조파 4) 파종량 : 3kg/10a 5) 재식밀도 : 20cm×20cm 6) 용도별 수확시기 - 바이오매스 에너지용 : 10월 중순~하순 - 사료용 : 8월 하순~9월 상순
15	통통마디 (함초)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 4.5~35.0dS/m(적정 19.0dS/m) 나. 재배 방법 1) 재배유형 : 노지재배 2) 퇴비사용량(kg/10a) : 135 3) 파종방법 : 산파(600~1,500g/10a)
16	갯개미 자리 (세발 나물)	가. 재배 가능 토양 염농도 : EC 9.0dS/m 이하(적정 4.7dS/m) 나. 재배 방법 1) 재배유형 : 노지재배, 하우스재배 2) 비료사용량(kg/10a) : 24-22-34 (질소-인산-칼리, 전량기비) 3) 파종방법 : 산파(3kg/10a)

2

간척지 영농기술 관련 자료

가. 국가관리 간척지 토양의 화학적 특성 및 개량방안

국가관리 간척지 토양의 화학적 특성 및 개량방안

연구배경

국가관리 간척지의 효율적 농경지 활용을 위하여
토양화학성 분석 및 토양개량 방안 제시 필요



영농기술 활용내용

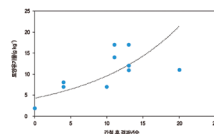
국가관리 간척지 11지구의 토양 화학성

※ 국가관리 간척지의 대표 82지점에서 매년 3월 토양시료 채취 분석(2016, 4)

구분	pH(1-S)	EC(1-S)	OM(g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(mmol _c kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
시화	7.4	5.7	7	31	0.84	3.6	4.2	4.6
화흥	8.2	6.3	8	26	1.14	3.8	4.6	5.6
석문	7.4	4.8	11	46	0.82	4.6	3.2	3.4
이원	7.9	7.5	7	17	0.88	4	4.4	5.9
남포	6.2	1.4	12	30	0.65	2.5	3.2	1.8
새만금	7.6	2.9	2	32	0.56	0.9	2	2.6
영산강	7.2	3.6	17	18	1.1	5.6	4.9	3.2
군내	7.3	5.4	17	22	1.12	8	5.4	2.9
보전	8.1	5.8	11	30	0.67	5.8	3.1	3.2
삼산	8.4	8.3	14	63	0.79	10.1	3.9	4.4
고흥	8.2	4.5	14	39	1.11	7.4	5	3.1
평균	7.8	5.1	12.5	34.0	0.89	6.3	4.1	3.2
논토양 적정치	5.5~6.5	< 2.0	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	-
밭토양 적정치	6.0~7.0	< 2.0	20~30	150~350	0.45~0.55	5.0~7.0	1.5~2.0	-

국가관리 간척지구의 토양 화학성

- pH, EC, 치환성 K, Mg는 적정치보다 높았고, 유기물과 유효인산은 크게 낮음
- 간척년대가 오래된 간척지는 토양 유기물함량이 더 높은 경향을 보였음



간척년대와 토양유기물 함량과의 관계

간척 농경지 토양개량 방안

항목	토양개량 방안
유기물	- 자생갈대, 억새, 벼짚, 호밀짚 등 농산부산물을 사용 - 퇴구비 사용(매년 연용) - 비 : 1,600kg/10a(벼짚 800 kg/10a) - 보리, 밀 : 2,000kg/10a - 콩 : 1,800kg/10a - 옥수수 : 2,500kg/10a
유효인산	작물별 토양검정 시비량 사용 - 공 : Y = 61.914 - 25.481log(X) (Y : 인산비료 사용량, X = 유효인산 함량)
칼슘	- 부산석고 토양검정 시비량 사용 - 석고 사용량(kg/10a) = (CEC* × 0.6 - Ex, Ca) × 86 *CEC(cation exchange capacity)는 간척지구별 분석 평균치 적용 - 일반적으로 300kg/10a 정도 사용

파급효과

국가관리 간척지 토양화학성 개량을 통해 간척 농경지에
안정적인 작물 생산기지 구축



나. 새만금 간척지의 토양 염농도 분포 특성

새만금간척지의 토양 염농도 분포 특성

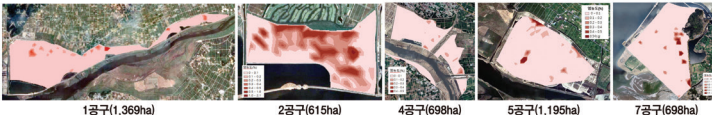
연구배경

새만금 간척지 농업용지의 효율적인 농경지 활용을 위해
토양 염농도 분포도 및 이화학성 분석자료 제공 필요



영농기술 활용내용

새만금간척지의 공구별 토양 염농도 분포



※ 조사시기 : 1공구, 4공구(2020. 4), 2공구(2019. 4), 5공구(2018. 5), 7공구(2021. 4) ※ 토양시료 : GPS 활용 200m 간격으로 조사지점에서 표토(0~20cm), 심토(20~40cm)를 채취

새만금간척지 토양 염농도별 분포 면적

염농도(%)	1공구		2공구		4공구		5공구		7공구	
	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)
< 0.1	93.73	1,283.2	41.22	253.46	95.79	669.0	91.75	1,096.8	93.57	1,759.12
0.1~0.2	4.00	54.7	18.01	110.74	3.66	25.5	4.92	58.8	2.50	47.00
0.2~0.3	1.22	16.7	17.31	106.44	0.52	3.7	1.44	17.2	1.52	28.58
0.3 <	1.05	14.4	23.46	144.26	0.03	0.2	1.89	22.6	2.41	45.30
계	100.00	1,369.0	100.00	614.90	100.00	698.4	100.00	1,195.4	100.00	1,880.0

새만금간척지의 토양 화학성

구분	pH	EC (dS m ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	EX Cations(cmol _c kg ⁻¹)				T-N(%)
					Ca	K	Mg	Na	
표토(0~20cm)	7.9	1.9	24	2	1.1	0.59	2.3	2.1	0.02
심토(20~40cm)	8.3	1.4	28	1	0.9	0.62	2.2	1.8	0.02
발토양 관리기준	6.0~7.0	< 2.0	300~550	20~30	5.0~6.0	0.5~0.8	1.5~2.0	-	-

토양 염농도는 0.12% 수준으로 제염이 크게 진전되었으나 pH가 높고 치환성 Ca, 유효인산, 유기물이 부족함

새만금간척지의 재배가능 작물(토양 염농도별)

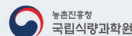
~ 0.1%	~ 0.2%	~ 0.3%	~ 0.4%
고구마, 감자, 녹두, 참깨, 콩, 팥, 경단콩, 울금, 조	명콩, 수수, 옥수수, 청보리, 호밀, 밀, 귀리, 트리테칼, 수수x수단그라스	기장, 사료용 벼	사료용 피

파급효과

새만금간척지 농업용지의 염분포 및 토양 이화학성을 고려한
재배작물 선정으로 작물 재배 안정성 제고



다. 부산석고 시용에 따른 새만금 간척지의 토양 개량 효과



부산석고 시용에 따른 새만금간척지의 토양개량 효과

연구배경

- | 간척지 토양의 특성 : 간척지 토양은 해수의 영향을 받은 염류토양으로 pH, EC, 치환성 Na, Mg, K 함량이 높고 유효인산, 유기물, 치환성 Ca 함량이 낮음
- | 부산석고의 효과 : 간척지에서 치환성 Ca 함량을 높이고 Na 함량을 낮추며 점토의 분산을 개선하여 토양의 입단화를 촉진하고 토양의 투수성을 개선하여 간척지 토양의 제염을 촉진함

영농기술 활용내용

| 부산석고 시용 : 시용량 400kg/10a

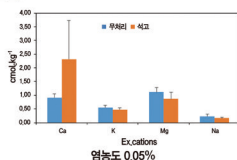
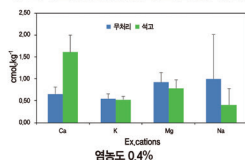
- 작물 재배 전 부산석고 살포 후 로터리 작업 실시



부산석고 살포

| 토양 화학성 개선효과

- 부산석고 시용을 통해 치환성 Ca 증대, Na 감소 Ca/Mg 비 증대 등 토양 화학성이 개량됨
- 부산석고 처리에 따른 토양 화학성 변동



| 부산석고 시용에 따른 사료용 옥수수 수량

- 염농도 0.05%

구분	초장(cm)	경태(mm)	건물수량(kg/ha)
무처리	261.5	25.3	19,590
부산석고	268.5	25.6	21,600

파급효과

- | 부산석고 시용을 통한 간척지 토양의 이화학적 개선으로 간척지 조기 숙전화 및 재배작물 생산성 증대



라. 새만금 간척지 토양개선을 위한 유기자원 활용 방법 및 효과

새만금 간척지 토양개선을 위한 유기자원 활용 방법 및 효과

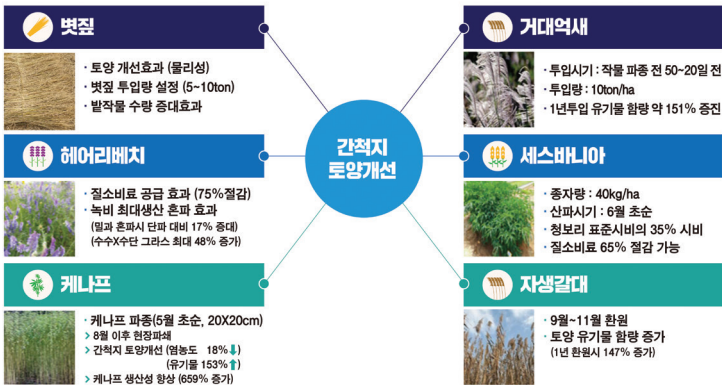
연구배경

- 초간척농지는 일반농경지 대비 유기물이 1/10 수준으로 매우 낮은
척박한 토양으로 양·수분의 보유력 등이 매우 낮음
- 가뭄 등 재해위험성을 낮추고 작물의 안정적인 생산을 위해
영농 전 유기물 증진 작업이 필요



영농기술 활용내용

- 유기물 증진을 위하여 외부유기자원 투입 또는 작물재배 후 환원
- 외부 유기자원 : 볏짚, 거대역새 등 투입



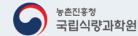
파급효과

- 간척지 유기자원 환원을 통한 토양 개선 효과 및 작물 수량증대
- 제염효과 (EC 18~86%), 질소비료 절감효과 (65~75%), 유기물 1년 환원 및 투입시 147~153% 증가 양분보유는 증가량 (유기물 1% 증가시 CEC 33% 증가 효과)

- 토양환경 개선을 통한 작물생산성
향상으로 농가경영 안정화

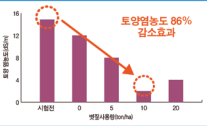
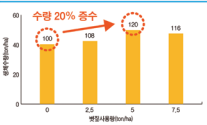
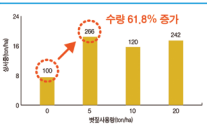
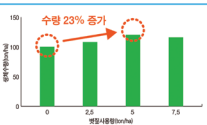
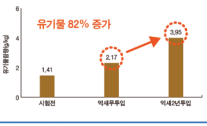
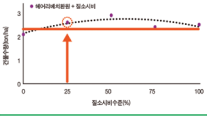
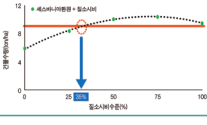


마. 간척지 토양 개량을 위한 유기자원 활용 주요 연구결과



간척지 토양개량을 위한 유기자원 활용 주요 연구결과

연구결과

유기자원	작목	방법 및 효과	내용
 벼짚	 고구마 (연황미)	- 투입량 : 10ton/ha - 고구마 수량성 : 벚짚 무투입 대비 56% 수량 증대	
	 사료용옥수수 (광평옥)	- 투입량 : 5ton/ha - 사료용옥수수 생체수량 : 벚짚 무투입 대비 20% 증수	
	 볼감자	- 투입량 : 전년도 11월 5ton/ha - 벚짚 무투입 대비 제염율 32%증가 - 볼감자 수량 : 벚짚 무투입 대비 61.8% 증대	
	 청보리	- 투입량 : 5ton/ha - 용적밀도 12% 감소 및 공극률 14% 증가로 통기성, 배수성 등 개선 효과 - 청보리 생체수량 : 벚짚 무투입 대비 23% 증수	
 거대억새	 볼감자, 수수	- 투입량 : 10ton/ha - 투입시기 : 파종 50~20일전 - 억새 무투입 대비 2년 연속 투입시 유기물 함량 82% 증진으로 토양 양분보유력 및 보수성 등 개선효과	
 헤어리베치	 콩	- 헤어리베치 환원 후 콩 재배시 관행시비의 25% 질소시비(15kg/10a)로 콩 2.9ton/ha 생산 - 질소비료 75% 절감	
 세스바니아	 청보리	- 세스바니아 종자량 : 40kg/ha - 시기 : 6월 초순 산파 후 청보리 정식 10~15일 전 토양 환원 - 표준시비의 35%시비만으로 관행시비와 대등한 생산 가능 - 질소비료 65% 절감	

바. 신간척지 초기 밭 조성을 위한 갈대 관리

신간척지 초기 밭 조성을 위한 갈대 관리

연구배경

간척지 내 우점종인 갈대는 다년생 식생으로 재생력이 강해
작물재배시 문제가 되어 제거 또는 활용방법이 필요



영농기술 활용내용

갈대 제거

- 6월 중순 : 대형트랙터로 지상부 제거 및 토양로타리
- 11월 상순, 4월 중순 : 트랙터로 깊이갈이 및 10일 후 토양로타리
- 제거 요점 ① 생장기 지상부에 강한 스트레스 유발하여 뿌리세력 약화
- 제거 요점 ② 건조에 약한 갈대뿌리를 건조기에 지상부 노출



6월 로타리경운 + 11월 깊이갈이



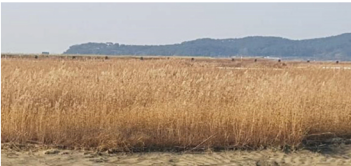
익년 4월 깊이 갈이



익년 8월 수수 생육 상황

자생 갈대 토양환원

- 유기물 함량 최대 증진을 위한 토양 환원 시기 : 9월~11월
- 자생갈대 3년 환원으로 유기물함량 0.34 % (초기 함량의 1.72배) 증가로
양수분 보유능 등 지력증진



9~11월 갈대 생육전경



로타리작업을 통한 토양환원

파급효과

- 갈대 제거 관리 기술로 갈대 밀도 1/100이상 감소
- 갈대 제거 후 2년차 수수 재배시 소득 : 250,800원/10a
- 토양환경 개선을 통한 작물생산성 향상으로 농가경영 안정화



사. 간척지 겸용 트랙터 성능 개선과 효과 검증

농촌진흥청
국립식량과학원

간척지 겸용 트랙터 성능 개선과 효과 검증

연구배경

| 기존 트랙터는 간척지와 같은 연약지반에서 견인력이 떨어지고, 지상고가 낮아 본체와 작업기가 침하되는 등의 문제가 있음
| 간척지에서도 고속으로 작업할 수 있는 중형급 트랙터 개발 필요



영농기술 활용내용

| 농작업 성능개선 간척지 겸용 트랙터 개발

· 간척지 겸용 트랙터 제원

구분	항목	사항
규격	길이×폭×높이(mm)	4,020×2,270×2,790
	최저 지상고(mm)	504
엔진	타입	4행정, 수냉식, 경유
	출력(kW)	67.1
주행부	동력전달방식	4륜 구동
	주변속	싱크로 메쉬
	단수	전진 12/후진 12



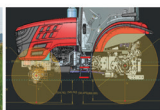
· 트랙터 성능 비교

구분	작업속도(m/s)	작업폭(m)	회행시간(평균, s)	작업성능(시간/10a)
간척지 겸용트랙터	1.13	2.5	43.6±7.55	0.19
일반 트랙터	0.65	2.5	36.91±10.57	0.25

| 후륜 듀얼 타이어 장착 및 견인제어 시스템 개발을 통한 견인 성능 향상



작업광경



최저 지상고 증가



듀얼 타이어 장착

견인효율 13.4% 증가, 슬립률 10% 감소



파급효과

| 간척지 연약지반에서의 발작물 재배 확대 등 식량작물 자급률 향상

| 일반 트랙터 대비 노력 24%, 비용 22.6% 절감



아. 간척지 원예단지 조성 연구 현황

간척지 원예단지 조성 연구 현황

연구배경

■ 간척지를 활용한 대규모 첨단시설 농업을 통해 자금도 제고 및 수출경쟁력 강화
정책 방향 설정(농식품부, 2019)

- 국외 : 네덜란드 10,400ha 유리온실(2009), 일본 약 3,032ha(2016)
- 국내 : 수출원예단지 조성 계획 2,936ha 중, 약 1.9%(55.2ha) 준공

■ 간척지 온실구조 설계 기준안(농촌진흥청, 2015)과 함께
원예단지 온실기초 시공방안 마련이 필요



연구현황

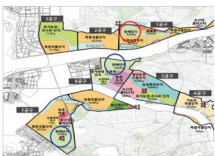
■ 온실 구조 : 온실구조 설계기준 및 해설(농식품부, 1999)을 개선한 온실구조 설계
기준안 제안됨(농촌진흥청, 2015)

■ 온실 기초 : 설계기준 및 실증 사례 부재로, 기초 보강에 있어 고사양의 건축 구조물에
적용되는 시공방식(PHC 파일)을 따르는 문제가 있음

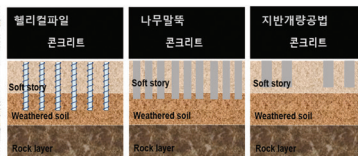
구분	한국 🇰🇷	네덜란드 🇳🇱	일본 🇯🇵
내부	타설독립기초	Pre cast(PC) 독립기초	타설독립기초
외부	타설연속기초	타설연속기초, PC독립+단열판넬	타설연속기초, 나선철강
연약지반	PHC파일	목재, PHC파일	스파이럴, PHC파일

· 간척지 온실기초 적합 시공공법 및 안정화 방안 연구 추진

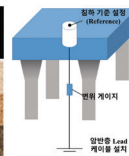
- 새만금 원예단지 대상 지역의 지반조사 수행(1, 6, 7공구, 2021~2022)
- 온실기초 유형별 부동침하, 장기침하 모니터링(2022~2026)



새만금간척지 원예단지(1, 6, 7공구)



온실기초 유형(헬리컬, 나무, 지반개량공법)



온실기초 장기침하 모니터링

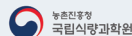
금후계획

■ 간척지 기상재해 대비 온실의 구조적 안전성 확보를 위한
설계기준 확립

■ 농식품부 간척지 수출기반 시설원에 거점
육성 정책을 지원



자. 간척지 영농에 적합한 작물과 재배 정보



간척지 영농에 적합한 작물과 재배정보

연구배경

「간척지의 농어업적 이용 및 관리에 관한 법률」 제26조의
간척지 영농편의 제공 관련 업무 위임사항 추진

- 간척지 영농편의 제공에 관한 훈령(농촌진흥청훈령 제1161호)에 따라 정보 제공



영농기술 활용내용

간척지의 농어업적 활용을 확대하기 위해 벼 등 16작물의 간척지 적합 품종 및
재배기술에 대한 영농정보 제공(농사로, www.nongsaro.go.kr)

- 토양염농도는 작물 재배 전 토양 전기전도도(EC, dS/m)를 기준으로 함
- 간척지 적합작물의 수량성은 일반 농경지 대비 70~80%를 기준으로 함

작물	재배가능 토양염농도(dS/m)	추천품종
벼	2.0 이하	밥쌀용 품종 청호
벼(사료용)	2.0 이하	목우
보리(사료용)	3.0 이하	영양, 유호
옥수수(식용)	3.0 이하	참옥4호, 일미찰
옥수수(사료용)	3.0 이하	광평옥
블럼자	1.5 이하	수미
수수	3.0 이하	황금찰, 남종찰
기장	3.0 이하	이백찰
콩	1.5 이하	대콩, 신기
호밀(사료용)	3.0 이하	곡우
이탈리안라이그라스(사료용)	3.0 이하	코원어리
틀 페스큐(사료용)	3.0 이하	그린마스터, 그린마스터2호
피(사료용)	3.0 이하	-
케나프	4.0 이하	-
통통마디(함초)	4.5~35.0(적정 19.0)	-
갯개미자리(세발나물)	9.0 이하(적정 4.7)	-



금후계획

새만금간척지 활용을 증진을 위한 소득작물 재배 기반기술 개발

간척지 적합 발작을 선별 및 안정생산기술 개발 확대



식량작물

참깨, 들깨, 명콩



재배기술

염농도별 파종시기, 물관리 등



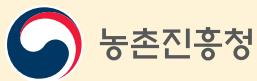
원예작물

채소(브로콜리, 약초(방풍, 감초), 과수(포도), 구근(나리, 마늘 등)



농업기술길잡이 목록

가지	멜론	온주밀감 월동수확
가축분뇨처리와 자원화	무	올리브
가축위생과 질병(기타 가축)	무화과	올바른 비료 사용법
가축위생과 질병(닭)	밀	우리꽃 기르기
가축위생과 질병(돼지)	발농사기계	우리가 알아야 할 농업유산
가축위생과 질병(소)	배	원예산물 수확 후관리
가축인공수정과 수정란이식	배추	원예산물 저온유통
간척지 작물 재배 기술	버 직파 재배기술	유기농 쌀 생산
감	보리	유산양
감자	복숭아	유지작물
감초	부지화 시설재배	유채
거베라	부추	육우
건강한 생활을 위한 화훼장식	블루베리	인삼
경관작물	뽕나무·오디	잇꽃(홍화)
고구마	사과재배	잎들깨
고추	사슴 기르기	자두·매실
고품질 감귤 생산지침	산채류	잡초방제기술
곤충산업	살구·체리	장미
과수병해충	샥주	재래돼지 기르기
과수시설	상추	전통발효식품
과수적지 선정기술	석류	전통지식자원
과원토양관리	새로운 아열대 및 열대과수	정원과 도시녹화
관상화목록(I)	새로운 자원작물	조기장
관상화목록(II)	생강재배	조사료
관엽식물 I	생활원예	조사료 생산기계
관엽식물 II	선인장	주인이 함께 가꾸는 농촌마을
구근화훼	수경재배	주요 원예·특용작물 재배력
국화	수박	차
귀농귀촌	수수	착색단고추
기계화영농(이앙기·방제기)	숙근화훼류	참다래(키위)
기후변화 대응 식량작물 안정 생산 기술	시금치	참외
나리	시설원예	채소 병해충
낙농	시설원예 에너지 절감기술	채소의 영양장애
논농사기계	시설원예 토양관리	철쭉
농경지 토양 관리기술	식물공장	초하류
농산물 수확 후 처리기계	식용곤충 메뚜기·개벌 및 사육기술 표준화	축산기계
농산물 우수관리 GAP	식용버섯	축산환경과 시설
농산물 저장과 가공	심비디움	치유농업
농약바르게 이해하기	썩채소와 어린잎 채소	카네이션
농업경영 마케팅	쌀 품질 고급화 기술	칼라
농업기계 안전이용기술	아미란스와 퀴노아	콩
농업시설 기상재해 경감기술	애완학습곤충	토마토
농작업 유해요인의 노출평가와 개선	아론	퇴비 제조와 이용
농촌 치유관광	약용버섯	파
누에	약용작물	팔
당귀	양계	포도
당근	양란	프리지어
도시농업	양봉	한우
돼지 기르기	양채류	한우 섬유질배합사료 제조기술
두류	양파	헤어리베치
딸기	여주	호박
마늘	엽채류	화분매개곤충 뒤영벌
말	오리	황기
망고	오미자	흑염소 기르기
맥주보리	오이	
메밀	옥수수	



978-89-480-7591-5 94520
978-89-480-1772-4(세트)