신간척지토양에서 토양염농도, 퇴비 및 추비량 차이가 밀의 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향

손용만* · 송재도 · 전건영 · 김두환 · 박무언

한국농어촌공사 농어촌연구원

Effect of Difference in Soil Salinity, Compost and Additional Fertilizer on the Grain Yield and Yield Components of Wheat in the Newly Reclaimed Tidal Lands in Korea

Yong-Man Sohn*, Jae-Do Song, Geon-Yeong Jeon, Doo-Hwan Kim, and Moo-Eon Park

Rural Research Institute. KARICO. Ansan 426-170, Korea

Recently, upland crops cultivation instead of paddy crops are more popular and highlighted by increase of social demand in agricultural land use. Especially, wheat cultivation for replacing of import food grain are more interested by government, and it is urgently needed that possibility of wheat cultivation is evaluated in the reclaimed tidal land. Crop cultivation is closely related with soil salinity and cultivation method in the reclaimed tidal land. In order to evaluate possibility of wheat cultivation, effect of different application level of compost and nitrogen additional fertilizer, also soil salinity on the grain yield and yield components of three wheat cultivars was studied at the newly reclaimed Saemangeum and Hwanong tidal lands in Korea. 270-300 kg 10a⁻¹ of grain yield were obtained at the experimental site in the Saemangeum reclaimed tidal land where soil salinity was less than 4 dS m⁻¹ during growing periods from December, 2009 to June, 2010. However, almost no grain yield was obtained at the experimental site in the Hwaong reclaimed tidal land, where soil salinity was more than average 8 dS m⁻¹ ranged from 2.0 to 25.9 dS m⁻¹ during growing period and then salt damage was severe. Yield was significantly different among application level of compost and nitrogen additional fertilizer in the newly reclaimed Saemangeum tidal land. However, it is considered that three cultivars such as Chopum, Chogyung and Geumgang, have similar sensibility to soil salinity and fertilizer level, because there is statistically no difference among cultivars in Hwaong and Saemangeum, and also among cultivars in the different levels of compost and fertilizer. Finally, it is concluded that wheat can be possibly produced by reasonable fertilizer application in the Saemangeum reclaimed tidal land, but wheat cultivation is impossible because of high soil salinity in the Hwaong reclaimed tidal land.

Key words: Additional nitrogen fertilizer, Compost, Reclaimed tidal land, Soil salinity, Wheat

서 언

2000년 이후 지속되는 세계 무역자유화의 여파로 우리나라 농업은 수도작 중심에서 전작·특작·원예작 등으로 다양성이 그 어느 때보다도 강조되고 있으며, 그 영향은 간척지 이용에 큰 변화를 주고 있다. 특히 쌀은 자급달성 이후 양곡 재고 관리 문제와 아울러 쌀값하락에 따른 소득감소로 벼가 비인기작목으로 전락되고 있는 추세에 따라 정부에서 추진하고 있는 새만금 간척지와 같이 넓은 면적은 논보다

는 밭으로 이용하여야 한다는 목소리가 높다. 밭으로 이용할 경우 지역 주민들의 소득증대를 위하여 소득작물 재배를 가상할 수도 있고, 또 다른 한편으로는 수입대체작물 재배도 생각할 수 있다 (RRI, 2006; Yoo and Park, 2004).

세계 곡물시장의 불안에 대응하여 간척지토양에서 벼 재배 보다는 원예작물을 재배하거나 수입대체작물을 재배할 것을 권장하고 있어 농어촌공사를 중심으로 간척지의 다각적 활용방안을 활발하게 전개하고 있으며 (RRI, 1998, 2006, 2007a, 2007b; Yoo and Park, 2004), 최근에 간척지에서의 밭작물재배를 위한 연구가 많이 보고되고 있다 (NICS, 2002; Shon et al., 2009a, 2009b, 2009c, 2009d, 2010a, 2010b). 특히 최근에는 기후변화가 극심하여 해마다 국제

접수 : 2011. 5. 9 수리 : 2011. 7. 21

*연락처 : Phone: +82314001836

E-mail: sym0203@chol.com

곡물가가 치솟는 곡물파동이 빈번하기 때문에 수입농산물의 가격등락이 심하여 사회문제화되고 있다. 우리나라에서 대량으로 소비되는 밀, 옥수수 등은 국내 생산은 미미하고 거의 대부분은 수입에 의존하기 때문에 식량안보 면에서 문제점이 많다 (MAF, 2006). 특히 밀은 우리나라 젊은 층을 중심으로 쌀 대신에 국수, 빵 등 대체 식품으로 자리를 잡고 있기 때문에 밀 자급은 식량안보 측면에서 매우 의의가 깊고 식량자급률 개선에도 매우 중요하다. 간척지에서의 밀 재배연구는 NICS (2002)가 우리나라 간척지의 대표토양중의 하나인 문포토 (수확당시 염농도 0.43%)에서 173 kg 10a⁻¹의 수량을 얻었다고 보고한 이외에는 찾아보기 어렵다.

Sohn et al. (2009a, 2009b, 2009c, 2010a, 2010b)은 간척지에서의 전작물재배나 과수원조성 시 제염과 더불어 배수문제가 가장 핵심적 애로기술로 보고하였고 같은 필지 내 지점에 따라 토양염농도의 변이가 심하여 수량차이가 많이 난다고 보고 한 결과로 볼 때, 밀재배 역시 같은 문제에 봉착될 가능성이 높다.

본 연구는 국내 밀 자급률을 늘리기 위해 수입대체작물로 간척지에서 밀을 재배할 경우 봉착할 수 있는 기술적 장애요인과 개선점을 탐색하고 밀 생산가능성을 검토하기 위한 일환으로 우선 간척지 주변 농가에서 수도용 복비를 발작물에 사용하는 통상적 시비방법이 수량성이 낮은 문제점을 전 시 홍보함과 동시에 그 개선책으로 퇴비 및 질소추비의 증비가 밀수량에 미치는 영향을 보고자 새만금과 화옹간척지에 시험포장을 조성하여 시험을 수행한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험토양의 특성분석 새로 조성된 간척지가 아직 필지구획을 위한 경지정리가 미완성 단계인 관제로 화옹간척지 (화성시 우정읍 주곡리 메마위로 237-9번지 서편 800 m 지점)와 새만금간척지 (김제시 광활면 창제리 창제2길 142번지 서편 500 m 지점)에 각각 5,000 m² 규모의 임시 시험포를 조성하여 수행하였다. 새만금 및 화옹간척에서 시험포장의 위치는 Fig. 1과 같다.

토양물리성 분석용 시료는 표토 (0-20 cm)와 심토 (20-40 cm)로 구분하여 채취한 것을 사용하여 농촌진흥청 표준분석법 (NIAST, 2000)에 따라 분석하였다. 토성은 피펫법으로 입경분포비를 분석한 뒤 토성삼각법으로 판정하였다. 시험토양의 보수력측정을 위해 포장용수량은 pressure porous plate chamber, 위조계수는 sansage casing membrane chamber를 이용하여 측정하였고 재배기간 중 토양수분은 시기별로 토양시료를 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm로 구분·채취하여 건조중량법으로 조사하였다 (NIAST, 2000). Table 1은 시험토양의 물리성을 분석한 결과이다.

시험토양의 화학성 분석은 시험 전·후에 표토 (0-20 cm)를 채취하여 건조·조제한 후 농촌진흥청 표준분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온 Mg, Ca, K 및 Na는 1N-ammonium acetate (pH7.0) 용액으로 침출하여 inductively coupled plasma

Fig. 1. Location of experimental sites in the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Table 1. Physical properties of the experimental soils before crop cultivation at the experimental sites of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Site	Depth	Particle distribution			Soil texture	Soil moisture	
		Sand	Silt	Clay		FC [†]	WM [‡]
	cm	----- % -----				----- % -----	
Saemangeum	0-20	76.0	23.2	0.8	LS	15.9	4.8
	20-40	77.8	21.9	0.3	LS	14.9	4.0
Hwaong	0-20	7.6	83.7	8.7	Si	30.5	14.1
	20-40	36.5	53.5	10.0	SiL	27.8	8.7

[†]FC: Field moisture capacity, [‡]WM: Wilting moisture.

Table 2. Chemical properties of the experimental soils before and after crop cultivation at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Sampling time	Site	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
		(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----
Before exp.	Hwaong	8.8	14.3	48	14	4.7	1.5	5.2	5.0
	Saemangeum	7.1	1.9	20	44	0.9	1.8	0.68	3.2
After exp.	Saemangeum								
	Control [†]	7.1	0.12	21	51	0.9	2.0	0.63	1.4
	Treat. 1 [‡]	6.7	0.08	38	44	1.3	2.2	0.50	0.5
	Treat. 2 [§]	6.5	0.12	72	49	2.1	2.3	0.40	0.7

[†]Control was farmer's conventional method treated by 8.4-3.6-4.0 kg 10a⁻¹ for N-P₂O₅-K₂O as basal fertilizer and 6 kg 10a⁻¹ for N as first additional fertilizer.

[‡]Treat. 1 was treated by application of 600 kg 10a⁻¹ of compost, 6 kg 10a⁻¹ for N as second additional fertilizer and others were same as control.

[§]Treat. 2 was treated by 1,800 kg 10a⁻¹ of compost and others were same as Treat. 1.

spectrometer (ICP, GBC Integra XMP, GBC Scientific Equipment Pty Ltd Victoria, Australia)로 측정하였다. 작물재배 중 토양염농도의 지표인 EC는 토양시료를 표토로부터 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm로 구분·채취하여 토양과 종류수를 1:5로 하여 EC를 측정하고 (NIAS, 2000), 이 측정값을 5배수 한 것을 토양의 EC로 하였다. 시험토양의 시험후 토양화학적 분석은 화웅간척지의 경우 수확이 불가능할 정도로 수량이 거의 없었고 처리간의 수량차이도 거의 없기 때문에 토양분석의 필요성이 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 분석하지 않았고, 새만금간척의 토양은 처리별로 화학분석을 실시하였다. Table 2는 시험전·후 토양의 화학적 특성이다.

시험 재배법 및 수량조사 시험품종은 금강밀, 조정밀, 조품밀 등 3개 품종이었다. 파종은 종자를 전면에 살포기로 살포한 다음 명거배수가 잘 되도록 120 cm 간격으로 배수로를 두어 휴림광산파 (150 × 120 cm)식으로 하였고, 파종시기는 화웅간척지가 2009년 11월 19일, 새만금간척지가 11월 25일로 적기에 비하여 상당히 늦었다. 파종량

은 만파인 점을 감안하여 13 kg 10a⁻¹ (적기)보다 많은 20 kg 10⁻¹이었고 (NICS, 2001), 화웅간척지에는 발아촉진 및 월동중 보온을 위하여 파종직후 겨울동안 흰색비닐을 피복처리하였다.

밀재배는 간척지주변 농민들이 주로 사용하는 시비법을 관행시비구로 하여 질소추비증비와 퇴비의 시용량에 따라 처리 1과 2를 두어 3개 처리로 시험을 수행하였다. 관행시비구에는 지역농민들이 작물별 표준시비량을 사용하기보다는 농협에서 지역별로 공급되는 시판 복비를 사용하여 시비하는 관습에 따라 가장 많이 이용하는 비중인 복합비료 (N-P₂O₅-K₂O-MgO-B = 21-9-10-2)로 시비하도록 한 결과 시비량이 질소 8.4, 인산 3.6, 칼리 4.0 kg 10a⁻¹ 수준으로 기비되었고 월동직후 분얼기에 질소 6 kg 10a⁻¹을 추비되었다. 처리 1과 2는 관행시비구와 동일하게 1차 추비한 후 출수기에 질소 6 kg 10a⁻¹의 2차 추비를 하여 질소의 시비총량이 관행구보다 약 40% 더 많게 처리하였다. 또 퇴비는 처리 1에 600 kg 10a⁻¹, 처리 2에 1,800 kg 10a⁻¹을 기비처리 시 함께 포장 전면에 살포하여 로타리 작업으로 처리하였다. 본 시험에서 농민의 관행시비법인 관행구의

Table 3. Amount of applied fertilizer for wheat cultivation at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Treat.	Basal			Additional N		Total			Compost
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1st	2nd	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	kg 10a ⁻¹								
Control	8.4	3.6	4.0	6.0	-	14.4	3.6	4.0	0
Treat 1	8.4	3.6	4.0	6.0	6.0	20.4	3.6	4.0	600
Treat 2	8.4	3.6	4.0	6.0	6.0	20.4	3.6	4.0	1,800

Table 4. Chemical characteristics of compost used in the experiment.

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	OM	Water
g kg ⁻¹					
14.42	16.73	4.88	11.66	396	270

시비량은 보리의 표준시비량에 비하여 질소와 칼리는 비슷하지만 인산시비량은 표준시비량의 50%에 지나지 않은 불균형시비의 문제점에 대한 간척지 관리적 정보획득을 위하여 시험·적용되었다 (NIAST, 1999). Table 3은 처리구별 시비량이며, Table 4는 사용된 퇴비의 화학성을 나타낸 것이다.

밀의 수량은 처리구 반복별로 각각 1.7 m² (1.7 × 1.0 m) 내 식물체를 수확하여 10a 단위로 환산하였고, 수확물 중 약 2 kg을 풍건하여 건물율을 조사하여 10a 단위로 건물량으로 환산하였다. 생육조사에서 초장은 10개체 평균으로, 수수와 경수는 30 × 30 cm 넓이의 개체를 조사하여 1 m² 단위로 환산하였다. 유효경비율은 총분얼수에 대한 이삭이 맺힌 분얼수의 비율로 계산하였고, 수확지수는 뿌리를 제외한 지상부 총 건물중에 대한 종실중의 비율로 계산하였다 (RDA 1997). 상대생장률은 시험지별 품종별 평균 생장량에 대해 조사지점 생장량의 백분율로 조사하였다. 시험구배치는 밀 품종을 주구로 하고 시비방법을 세구로 한 분할구 배치법으로 시험을 수행하여 성적을 구하였다.

결과 및 고찰

시기별 토양염농도의 변화 밀 파종후 생육기간동안 화옹 및 새만금간척지의 염농도 변화를 조사한 결과 시기별 공간별 변이가 큰 것으로 나타났으며, 대체로 새만금간척지는 전 생육기간 4.0 dS m⁻¹ 이하의 염농도를 보인 반면에 화옹간척지는 8 dS m⁻¹ 이상을 나타내었고 공간적 변이성이 매우 심하고 생육도 좋지 않았다. 밀은 가을에 파종하여 6월에 수확하는 동작물인 관계로 토양이 매우 건조한 기간 중에 생육하기 때문에 작물생육장애에 대한 염농도의

영향은 우기의 여름작물에 비하여 더욱 크다 (Sohn et al., 2009b, 2009c). 시험작물의 작기 중 토양의 염농도 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

시험전·후 토양의 염농도를 비교하면 새만금의 경우 시험전에 비하여 시험후의 토양염농도가 약간 낮아졌지만 처리 간에 차이가 있는 것은 퇴비나 추비의 영향이라기 보다는 공간변이성에서 기인된 것으로 추정되며, 생육중 염농도 변화를 보면 월동직전 표토의 염농도는 새만금간척지 내 전 지역의 경우 2 dS m⁻¹ 이하를 나타내 출현에 전혀 문제가 없었을 것으로 생각되었다. 그러나 화옹간척지는 8–20 dS m⁻¹로 변이가 현저하고 높기 때문에 출현과 초기생육에 큰 영향을 주었을 것으로 추정되었다. 또 월동후 생육기간중 표토의 염농도는 새만금간척지가 5월 29일 짧은 기간 일부 지점에서 7 dS m⁻¹로 약간 높게 나타났지만 대체로 전 지점 모두 3 dS m⁻¹ 이하를 나타내 염피해는 거의 없었을 것으로 추정된다. 그러나 화옹간척지는 최고 20 dS m⁻¹이었고 평균 5–13 dS m⁻¹로 높아서 밀 생육에 큰 장애를 주었을 것으로 추정된다.

토심별 토양염농도는 심토로 갈수록 약간 높은 경향이었고 새만금간척지는 토심 40–60 cm에서도 최고 염농도가 4 dS m⁻¹ 보다 낮았지만 화옹간척지는 밀의 염해기준인 4 dS m⁻¹ 이상으로 훨씬 높은 8–35 dS m⁻¹로 매우 높은 경향을 보여주었다. Yoo et al. (2000)이 염에 민감한 작물은 2–4 dS m⁻¹에서 수량이 떨어질 수도 있지만 영향이 미미하기 때문에 4 dS m⁻¹을 작물의 생육에 미칠 수 있는 임계값으로 보고 있으며, Knott (1962)는 밀은 중염정도의 작물로서 4–12 dS m⁻¹범위의 염적응성을 가진다고 한 보고와 관련지어 볼 때 새만금간척지는 염해가 거의 없었고 화옹간척지는 염해가 심각하였을 것으로 판단된다.

Fig. 2. Changes in soil salinity during growing period of wheat at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Fig. 3. Changes in plant height and tillers during growing period of wheat at the experimental sites of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

밀의 생육과 토양염농도 새만금간척지는 토양염농도가 임계저해농도 4.0 dS m^{-1} (Yoo et al., 2000)보다 낮아 출현율도 좋았고 생육도 좋아 초장이 65–74 cm, 최고 분얼기의 분얼경수도 $889\text{--}1,244 \text{ No. m}^{-2}$ 로 염해를 받지 않은 정상적인 생육으로 판단되었다. 화웅간척지는 토양염농도가 임계저해농도 4.0 dS m^{-1} 보다 높아 출현기에는 8.0

dS m^{-1} 이상, 생육기간 중 평균 5 dS m^{-1} 이상으로 유지되어 출현율이 매우 불량하였고 출현개체의 초장도 29–38 cm, 최고분얼기의 분얼경수도 $129\text{--}304 \text{ No. m}^{-2}$ 에 지나지 않아 염에 의한 장애가 심하였다고 판단되었다. Fig. 3은 새만금간척지와 화웅간척지에 파종한 밀의 경수와 초장 변화를 조사한 것이다.

Fig. 4. Relationship between soil salinity and relative growth rate at the experimental sites of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Table 5. Rainfall data recorded at Buan and Suwon stations of the Korea Meteorological Administration near two reclaimed lands.

Site	Rainfall in 2009		Rainfall in 2010					
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
	mm							
Buan [†]	24.1	61.4	34.7	93.1	68.5	79.1	119.0	21.8
Suwon [‡]	68.2	18.7	26.9	56.7	78.7	58.6	100.7	116.1

[†]Buan is the nearest city of the Saemangeum reclaimed land.

[‡]Suwon is the nearest city of the Hwaong reclaimed land.

화옹간척지와 새만금간척지의 염농도 차이가 밀의 생육에 미친 영향을 보기 위하여 생육기간 중 표토의 최고 염농도와 밀의 상대생육비율 (수수 및 종실중)을 회귀관계로 조사하였다. 상대생육비율은 각 처리별 품종별 평균에 대한 비율을 100으로 한 수치로 나타내었다. Fig. 4는 토양염농도와 밀의 상대생장률 (수수 및 종실중)의 관계를 나타낸 것이다.

수수와 종실수량은 염농도가 3 dS m⁻¹이하로 낮은 새만금의 경우 염농도의 변화에 일정한 관계를 보이지 않았지만 화옹간척지의 경우 염농도가 4 dS m⁻¹이상 유지됨에 따라 일관성있게 감소되는 경향을 보였다. 화옹간척지의 경우 그림에서 종실수량이 0으로 나타나는 토양염농도는 약 13 dS m⁻¹이다. Lee et al. (2003)은 염농도가 8.4 dS m⁻¹이하일 때 발작물 생육이 양호하였다고 보고하였고, Shon et al. (2009c)는 보리, 호밀 및 귀리가 6.0 dS m⁻¹이하에서 관리되었을 때 정상적인 생육을 보였다고 보고한 것과 비교할 때 새만금간척지는 염농도가 3 dS m⁻¹이하로 염해는 전혀 없었다고 판단되었다. 밀 생육량이 매우 저조한 화옹간척지는 염농도가 8~20 dS m⁻¹로 저해농도 4 dS m⁻¹보다 높게 유지되어

생육이 매우 불량한데, 목화나 보리와 같이 내염성이 강한 작물도 10~15 dS m⁻¹에서 50% 이상 감소되는 염해를 받는다는 보고 (USSSL, 1954)와 밀과 같이 중염정도의 작물은 염적응성 범위가 4~12 dS m⁻¹로 구분하고 있는 보고 (Knott, 1962)와 관련지어 볼 때 화옹간척지는 현저하게 생육량이 떨어질 뿐만 아니라 고농도에서도 시험 품종의 종류에 관계없이 시험된 모든 품종에서 생육량이 지속적으로 감소되는 경향을 보인 점으로 보아 화옹간척지는 아직 제염이 충분치 않아서 밀재배가 불가능할 것으로 판단되었다.

밀의 생육과 토양수분 밀은 대체로 우리나라의 건조기에 해당하는 10월부터 5월 사이에 재배되기 때문에 한발의 영향을 받기 쉽다. 한발피해 여부는 밀재배기간중 강우량과 관계가 있다. Table 5는 간척지 인근의 기상관측소에서 측정한 강우량 기록이다.

강우량은 토양수분의 변화와 직결되어 작물의 생육에 영향을 준다. Fig. 5는 밀에 대한 한발의 피해를 예측하기 위하여 밀 생육기간 중 토양수분을 조사한 결과이다.

Table 1에서 본 바와 같이 시험토양의 위조수분 함량은

Fig. 5. Changes in soil water content (weight %) during growing period of wheat at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Table 6. Grain yield and yield components of wheat cultivated at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Site	Cultivar	Grain number	Weight of 1,000 grains	Spike number	Grain yield
		No. spike ⁻¹	g	No. m ⁻²	kg 10a ⁻¹
Saemangeum	Chopum	17.7	35.3	391	291
	Chogyung	14.3	37.8	440	300
	Geumgang	15.4	38.2	353	270
Hwaong	Chopum	4.1	9.0	12	1.0
	Chogyung	8.8	14.1	12	5.8
	Geumgang	12.7	19.9	22	7.2

새만금토양이 표토 4.8%, 심토 4.0%이고, 화옹토양은 표토 14.1%, 심토 8.7%이다. 토양수분 변화를 보면 새만금은 생육기간 중 토양수분이 5% 이상을 보여 고사수준까지 가는 심각한 한발은 없었다고 판단되나 화옹간척지는 밀생육이 가장 왕성한 4, 5월의 토양수분이 10~19%로 위조함수량에 근접하여 한발 피해가 심하였고 토양염도도 매우 높아 대부분 고사되었을 것으로 판단되었다. Lee et al. (1997)은 추파보리가 9 dS m⁻¹이하에서 정상적인 생육을 보인다고 한 보고와 Kim et al. (1993)이 염농도 0.8% (약 12.5 dS m⁻¹) 까지 발아율이 80% 이상 유지되었다고 한 것과 비교할 때 보리와 같은 중정도의 내염성 작물인 밀이 화옹간척지에서 염해가 심한 것은 수분부족에 의한 한발스트레스가 겹쳐 삼투포텐셜이 더욱 낮아지기 때문에 생기는 결과로 해석되었다 (Hasegawa et al., 2000).

밀의 수량 및 수량구성요소 새만금간척지는 토양 염농도가 저해농도 4.0 dS m⁻¹보다 낮게 유지되고 토양수분도 위조계수 이하로 감소하지 않아서 출현율과 생육상태가 좋아 270~300 kg 10a⁻¹의 종실수량을 얻었다. 그러나 화옹간척지는 토양염농도가 저해농도 4.0 dS m⁻¹보다 높은 출현기 8.0 dS m⁻¹이상, 생육기간 중 평균 5 dS m⁻¹이상으로 유지되고 토양수분도 낮게 유지되어 출현율과 초장이 작아 생육상태가 매우 불량하였고 수확도 거의 하지

못하였다. Table 6은 새만금간척지와 화옹간척지에서 품종별 수량 및 수량구성요소를 조사한 것이다.

우리나라에서 재배되는 밀 품종은 품종개발 당시 수량이 대체로 전작 500~600 kg 10a⁻¹, 답리작 300~500 kg 10a⁻¹을 나타내고 있는 것과 비교할 때 염피해가 심하였던 화옹간척지는 물론 염해가 거의 없었던 새만금간척지 역시 수량이 낮은 경향이다 (NICS, 2001). 간척지에 대한 밀의 적응성을 검토하기 위하여 간척지 간 및 품종 간 차이에 대한 통계적 영향을 분석하였다. Table 7은 간척지간 및 품종 간 차이가 밀의 생육에 미친 효과를 알기 위하여 분산분석에 의한 통계적 유의성 (F-검정)을 조사한 결과이다.

종실수량과 수수에 대한 통계분석결과 종실중의 F-value는 품종 0.71^{ns}, 지역 822.9^{**}였고, 수수의 F-value는 품종 0.65^{ns}, 지역 183.5^{**}로 나타나 품종차이에 대한 통계적 유의차는 없으나 지역 간 (간척지 간)에는 고도의 유의성이 인정되었다. 이러한 결과는 화옹간척지는 염농도가 염해를 받을 정도로 높은 반면 새만금간척지는 염해 임계농도인 4.0 dS m⁻¹이하로 낮게 유지되어 지역 간 높은 유의성을 나타낸 것으로 판단되었다. 그러나 품종 간 유의성은 없는 것으로 나타나서 시험에 공시된 3개 밀 품종은 염농도에 대한 감수성이 비슷한 것으로 판단되었다. 또 시비처리간의 경향을 보면, 화옹간척지의 경우 염해가 심하여 생육이 빈약하고 불균일하여 처리 간 차이가 없었지만, 새만

Table 7. F-test of analysis of variance for grain yield and number of spike of wheat cultivated at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum and Hwaong tidal lands.

Character	Factor	d.f	SS	MS	F-value
Grain yield	Total	5	120063		
	Variety	2	205	102.5	0.71 ^{ns}
	Site	1	119568	119568	822.9 ^{**}
	Error	2	291	145.3	
	Total	5	219712		
Spike number	Variety	2	1519	759.5	0.65 ^{ns}
	Site	1	215841	215841	183.5 ^{**}
	Error	2	2352	1176	

^{ns} and ^{**} indicate non-significance and significance at 5% and 1% level, respectively.

Table 8. F-test of analysis of variance for grain yield of wheat experimented by split plot design consisting of three cultivars, three fertilizer levels and three replications at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum tidal lands.

Factor	d.f	SS	MS	F-value
Block	2	7885	3942.5	
Cultivar(A)	2	4320	2164.5	3.53 ^{ns}
Error(a)	4	2450	612.5	
Main plot	8	14664		
Fertilizer(B)	2	61679	30839.5	34.3 ^{**}
AB	4	15129	3782.3	4.2 [*]
Error(b)	12	10875	906.3	
Subplot	18	89235		
Total	26	103899		

^{ns} and ^{*} indicate non-significance and significance at 5% level, respectively, and ^{**} indicate significance at 1% level.

금간척지의 경우 염해가 없어 비교적 균일한 생육을 보였고 시비처리 간 유의성이 인정되었다. Table 8은 새만금간척지에서 종실수량에 대한 통계적 유의성 검정 결과이다.

통계분석결과 (F-검정) 공시된 조품, 조광 및 금강 품종 간에는 수량차이가 통계적 유의성이 없었지만 질소질 비료의 추비와 퇴비 사용량을 달리하여 처리한 시비법 간에는 통계적 유의성이 인정되었다. 따라서 퇴비와 질소비료의 증비는 간척지에서 안정된 수량확보에 중요한 것으로 판단되었지만 품종간 유의성은 없는 것으로 나타나서 시험에 사용된 3개 밀 품종은 시비에 대한 감수성이 비슷한 것으로 판단되었다. 시험에 공시된 새만금간척지의 경우 퇴비가 600 kg 10a⁻¹ 이상으로 사용되고 추비량도 증가시키고 분시는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 수량증가에 기여한 수량구성요소를 알기 위하여 시비처리간 품종별 평균 수량 및 수량구성요소를 조사하여 최소유의차 검정 (LSD)을 하였다. Table 9는 새만금간척지에서 품종 간 및 처리 간 평균 수량 및 수량구성요소를 조사하고 최소유의차 검정 (LSD)을 한 결과이다.

표 9에서 LSD 검정결과 수량구성요소 중 수량증가에 기

여한 요소는 수수와 일수립수였고, 천립중, 유효영양, 수확지수는 수량증가에 기여하지 못한 것으로 판단되었다.

새만금간척지에서 처리별 수량을 보면 품종 간에는 평균 270~300 kg 10a⁻¹로 통계적 유의차가 없었지만 시비방법 간에는 227~344 kg 10a⁻¹로 통계적 유의차가 인정되었다. 농민수준으로 재배한 관행시비구는 평균 227 kg 10a⁻¹로 우리나라 평균 333 kg 10a⁻¹의 68%수준에 불과하지만 처리 1 (퇴비 600 kg 10a⁻¹ 처리 및 2차 질소추비)는 289 kg 10a⁻¹로 87%에 이르고 처리 2 (퇴비 1,800 kg 10a⁻¹ 처리 및 2차 질소추비)는 344 kg 10a⁻¹로 103%로 거의 우리나라 평균 수량에 근접하거나 적었다 (MAF, 2006). 염농도가 낮은 새만금간척지에서도 대체로 수량이 불량한 것은 수도용 복비를 맥류재배에 전용한 관행시비법이 농촌진흥청이 제시한 표준시비량보다 인산과 칼리성분이 적게 되어생긴 결과로 추정된다 (NIAST, 1999). 그러나 본 시험의 퇴비와 질소 추비 증가처리에서 증수된 결과로 볼 때 퇴비와 추비를 구분·처리하지 않아서 어느 것이 수량증가에 더 기여하였는지는 결론 맺기가 쉽지 않지만 퇴비 사용량으로 유추한다면 사용된 퇴비 중에 함유된 성분량

Table 9. Comparisons of fertilizer treatments and cultivars for yield and yield components of wheat cultivated at the experimental site of the newly reclaimed Saemangeum tidal land (Mean values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by the least significant difference test, LSD).

Yield component	Unit	Fertilizer			Cultivar		
		Control [†]	Treat 1 [‡]	Treat 2 [§]	Chopum	Chogyung	Geumgang
Yield	kg 10a ⁻¹	227a	289b	344c	291a	300a	270a
Biomass(DM)	kg 10a ⁻¹	1,087a	1,190a	1,472b	1,301a	1,255a	1,194a
Spike number	No. m ⁻²	303a	409b	470c	391a	440a	352a
Grain number	No. spike ⁻¹	15.8ab	15.3a	16.3b	17.7a	14.3b	15.4b
1,000 grain weight	g	35.4a	38.1a	37.7a	35.3a	37.8a	38.2a
Effective tiller ratio	%	25.1a	26.3a	28.4a	27.7a	29.5a	22.5a
Harvest index	%	22.4a	24.5a	23.5a	23.4a	24.1a	22.8a

[†]Control was farmer's conventional method treated by 8.4-3.6-4.0 kg 10a⁻¹ for N-P₂O₅-K₂O as basal fertilizer and 6 kg 10a⁻¹ for N as first additional fertilizer.

[‡]Treat. 1 was treated by application of 600 kg 10a⁻¹ of compost. 6 kg 10a⁻¹ for N as second additional fertilizer and others were same as control.

[§]Treat. 2 was treated by 1,800 kg 10a⁻¹ of compost and others were same as Treat 1.

(Table 4 참조)이 P₂O₅가 16.73 g kg⁻¹, K₂O가 4.88 g kg⁻¹로서 퇴비로 공급된 양분은 처리 1에서 P₂O₅가 10 kg 10a⁻¹, K₂O가 3 kg 10a⁻¹이고, 처리 2에서 P₂O₅가 30 kg 10a⁻¹, K₂O가 9 kg 10a⁻¹에 달하여 화학비료 사용량을 합할 경우 수도용 복비를 맥류재배에 사용한 표준구의 인산과 칼리부족량을 보충하고도 남는 많은 양의 인산과 칼리성분을 공급해준 결과가 되어 증수된 것으로 판단된다. 따라서 농민들이 관행적으로 수도용 복비 (N-P₂O₅-K₂O-MgO-B = 21-9-10-2)를 맥류재배에 전용하는 관행시비법은 인산과 칼리성분이 부족하여 우리나라 평균수량에도 미치지 못하지만 퇴비를 사용할 경우 이러한 문제점을 어느 정도 해소시켜 증수되는 것으로 해석된다. 또한 시험 후 토양의 유기물함량이 처리 1과 처리 2에서 시험 전에 현저하게 증가된 것은 유기물사용이 간척지토양의 개량에 지속적인 효과가 있음을 나타낸다고 생각된다. 이러한 시험결과로 볼 때 수도용 복비의 전용 문제는 간척지 주변농가의 계도에 반드시 다루어야 할 문제점으로 생각되며, 퇴비의 병용이 수반되는 것이 유리함으로 제염이 많이 진행된 새만금간척지에서 정상적인 밀 생산을 위해서는 균형시비와 퇴비사용을 병행하고 정상적인 맥류전용 복비를 사용할 경우 일반 밭과 대등한 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 아직 제염상태가 불량한 화웅간척지에서의 밀 재배는 당분간 어려운 것으로 생각되었다.

결 론

간척지 범용화의 일환으로 밀의 재배기술개발을 위하여 화웅간척지와 새만금간척지에 시험포장을 설치하여 조품밀, 조경밀 및 금강밀을 공시품종으로 간척지 주변농가의 관행시비를 대비로 하여 퇴비사용과 질소증비효과를 조

사·연구하였다. 화웅간척지는 토양염농도가 생육기간 중 2.0~20.9 dS m⁻¹의 범위에서 변화하며 평균 8 dS m⁻¹이상으로 경과하여 염해가 심하였고, 토양수분도 매우 낮게 유지되어 수량을 거의 얻지 못하였다. 새만금간척지는 염농도가 3 dS m⁻¹이하로 제염되었고 토양수분도 낮지 않아 한발피해가 없었기 때문에 우리나라 평균 333 kg 10a⁻¹의 68~103%정도인 227~344 kg 10a⁻¹의 수량을 얻었다. 처리별 효과를 보면 2차 질소추비와 퇴비사용량을 증가시킨 처리 1과 처리 2의 수량은 대조구 (관행시비구) 수량 227 kg 10a⁻¹보다 27% 및 52%가 높은 289와 344 kg 10a⁻¹를 보여 우리나라 평균 333 kg 10a⁻¹에 근접하거나 약간 많았고 통계적 유의성도 인정되었다. 이러한 결과는 퇴비와 추비를 구분·처리하여 퇴비와 추비의 기여도를 분석하여 최종 결론을 맺어야 하나 본시험에서는 구분처리하지 않아서 어느 것이 수량증가에 더 기여하였는지는 결론 맺기가 쉽지 않지만 퇴비 사용량으로 유추한다면 사용된 양분량이 처리 1에서 P₂O₅는 10 kg 10a⁻¹, K₂O는 3 kg 10a⁻¹이고, 처리 2에서 P₂O₅는 30 kg 10a⁻¹, K₂O는 9 kg 10a⁻¹에 달하여 화학비료 사용량을 합할 경우 수도복비를 사용한 표준구의 인산과 칼리부족량을 보충하고도 남는 많은 양의 인산과 칼리성분을 공급해준 결과를 보였다. 따라서 퇴비의 증수효과가 더 크게 나타난 것으로 추정되며, 일반적으로 알려진 퇴비나 추비의 효과가 간척지에도 유효한 것으로 추정할 수 있는 결과로 해석되었다. 또 시험 후 토양의 유기물함량이 처리 1과 처리 2에서 시험 전에 비해 현저하게 증가된 것은 유기물사용이 간척지토양의 개량에 지속적인 효과가 있음을 보여주고 있다. 본 시험에서 수량증가에 기여한 수량구성요소는 수수와 일수립수였고 천립중, 유효경율, 수확지수는 수량증가에 기여하지 못한 것으

로 분석되었다. 그러나 시험에 사용된 밀 3개 품종은 염농도가 현저히 차이가 있는 2개 지역 간과 시비처리 간에 통계적 유의차를 보이지 않는 것으로 보아서 염농도와 시비량에 비슷한 감수성을 가지는 유사 특성을 가진 품종으로 판단되었다.

결론적으로 토양염농도가 높은 화옹간척지에서의 밀재배는 아직 불가능한 것으로 판단되며, 토양염농도가 낮은 새만금간척지의 경우 작물별표준시비량을 적용하거나 맥류 전용복비를 이용하여 균형시비를 하고 퇴비사용을 병행하면 일반 밭과 대등한 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 본 시험결과 간척지 주변 농가에서 수도용복비의 성분특성을 알지 못한 채 무분별하게 관행적으로 시비하는 관행시비법이 밀에서도 감수되는 것으로 나타나 수도용 복비를 남용하는 문제점은 시급히 개선되어야 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Hasegawa, P., R.A. Bressan, J.K. Zhu, and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 51:463-499.
- Kim, C.S., J.W. Cho, and S.Y. Lee. 1993. Mechanism of salt tolerance in crop plants. I. Physiological response of barley rye and italian ryegrass seed germination to NaCl concentrations. *Korean J. Crop Sci.* 38(4):371-376.
- Knott, J.E. 1962. Handbook for vegetable growers. p44~45. J.W. Wiley & sons, Inc.
- Lee, G.S., S.Y. Choi, and W.Y. Choi. 1997. Effect of desalinization on early seedling growth of winter barley in new tideland. *Korean J. Crop Sci.* 42(1):112-118.
- Lee, S.H., B.D. Hong, Y. Ahn, and H.M. Ro. 2003. Relation between growth condition of six upland-crops and soil salinity in reclaimed land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(2):66-71.
- MAF. 2006. Agricultural statistics (In Korean). Ministry of Agriculture and Forest, Korea
- NIAST. 1999. Standard fertilizer application level for various crops (In Korean). National Academy of Agriculture Science. RDA, Suwon, Korea.
- NIAST. 2000. Analysis of soil and plant (In Korean). National Academy of Agriculture Science. RDA, Suwon, Korea.
- NICS. 2001. Guidebook for wheat and barley cultivation (In Korean). National Institute of Crop Science, RDA. Suwon, Korea.
- NICS. 2001. Scientific information for environmentally friendly cultivation of wheat and barley (In Korean). National Institute of Crop Science, RDA. Suwon, Korea.
- NICS. 2002. Agriculture of the reclaimed tidal land in Korea (In Korean). National Institute of Crop Science, RDA. Suwon, Korea.
- RDA. 1997. Dictionary of agricultural terms (In Korean). Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RRI. 1998. Development of cultivation techniques for upland crops in the reclaimed land (In Korean). Res. Rpt. Rural Research Institute. pp. 90-116, Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- RRI. 2006. Agricultural complex development for upland & Horticultural crops in the Seamangeum reclaimed farmland (In Korean). Res. Rpt. Rural Research Institute. pp. 1-504, Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- RRI. 2007a. Development method of the future agriculture complex in reclaimed land (In Korean). Res. Rpt. Rural Research Institute. pp. 1-400. Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- RRI. 2007b. Multiple utilization of tidal reclaimed farmland for advanced agriculture (In Korean). Rural Research Institute, KARICO in Korea.
- Sohn, Y.M. G.Y. Jean, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009a. Effect of spatial soil salinity variation on the growth of soiling and forage crops seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(3):179-186.
- Sohn, Y.M. G.Y. Jean, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009b. Effect of soil salinity and flooding on the growth and yield of rape-castor bean cropping system in the newly reclaimed tidal land of western seaside of Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(5):355-363.
- Sohn, Y.M. G.Y. Jean, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009c. Effect of soil salinity variation on the growth of barley, rye and oat seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(6):415-422.
- Sohn, Y.M. G.Y. Jean, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009d. Effect of drip irrigation on soil salinity control and growth of cabbage at the newly reclaimed tidal lands in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(6):492-499.
- Sohn, Y.M. G.Y. Jean, J.D. Song, J.H. Lee, D.H. Kim, and M.E. Park. 2010a. Effect of soil salinity and soil-wetting by summer-rising of water table on the growth of fruit trees transplanted at the Saemangeum reclaimed tidal land in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(1):8-15.
- Sohn, Y.M. H.T. Kim, G.Y. Jeon, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2010b. Effect of flooding treating on the desalting efficiency and the growth of soiling and forage crops in a sandy soil of the Iweon reclaimed tidal lands in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(1):16-24.
- USSL. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. pp1-6.
- Yoo, S.H. and M.E. Park. 2004. Proposal of land-use planing for agricultural use of the Saemangeum reclaimed land (In Korean). *J. Soc. Agr. Res. on Reclaimed Lands* 2:68-91.
- Yoo, S.H. et al. 2000. Soil Dictionary. Press of Seoul National University.