

동해안 냉해풍지역의 벼 생육환경 연구

김정일*[†] · 이지윤** · 박동수** · 박노봉* · 권오덕* · 장재기* · 이지훈* · 김상열** · 강항원**

*국립식량과학원, **국립식량과학원 기능성작물부

Study on Rice Growing Environment Against Cold Sea Wind in Eastern Coastal Area of Korean Peninsula

Jeong-Il Kim*[†], Ji-Yoon Lee**, Dong-Soo Park**, No-Bong Park*, Oh-Deog Kwon*, Jae-Ki Chang*,
Ji-Hun Lee*, Sang-Yeol Kim**, and Hang-Won Kang**

*National Institute of Crop Science, RDA, Suweon 441-857, Korea

**Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

ABSTRACT This study was conducted to analysis a major cause of rice yield reduction in 4 research points, 1, 2, 3, and 5km, from coastline in the East Sea. There were great changes of temperature in each research point, though the average temperature a day was no difference between each research point. Each temperature in 1, 2, and 3km research points was 8, 7, and 4°C lower than in 5km when cold salty wind was generated due to cold pool. As it was close in coastline, its soil was abundant sand components, little silt and clay soil components and lacking in cation exchange capacity(CEC). And plant height became a smaller, heading date was delayed for 3~4 days, and dry weight was reduced. Also, it was to be down percent of fertile grain. As cultivation site was close in seaside, its decline was larger because of reduction of panicle number per hill. It was "Samdeog-byeo" that was variety adapted in cold salty wind, having yield potential more than 90% in 2km.

Keywords : rice, cold sea wind, coastline, East sea, temperature

우리나라 동해안지역은 태백산맥이 남북으로 뻗어 있어서 해양성기후와 내륙성기후의 영향을 동시에 받고 있기 때문에 다양한 기후대를 형성하고 있다. 특히 동해로부터 불어오는 한랭하고 과습한 바람과 태백산맥을 넘어서 불어오는 고온 건조한 바람의 피해는 벼의 수량감소에 중요한 요인이 되고 있다.

동해안 지대의 공통적인 기상특색은 내륙에 비하여 최고 기온은 낮고 최저기온은 다소 높아 기온교차가 적은편이며

바람이 강한 것들을 들 수 있다. 이 지역은 하계에 북태평양 고기압기단이 발달하면 동해안 지역에 여름철 저온현상을 일으켜, 유수형성기 및 수잉기와 출수기에 지연형 냉해를 초래하여 쌀수량과 품질을 크게 떨어뜨린다. 또한 동해는 일반적으로 수심 20 m 이상에서 냉수가 존재하고 있으며 남서·남동 계절풍이 지속적으로 불게 되면 바다표층의 더운물이 밀려가고 아래층 냉수가 용승하여 냉수대(Cold Pool)가 발생한다. 표층수온이 주변해역보다 5°C 이상 낮게 분포하는 냉수대는 주로 하절기에 출현이 빈번하고, 냉수대 발생시 연안지역의 벼 생육은 해안거리 및 년차에 따라 변이가 커지고 재배 안정성이 낮아진다. 이상과 같은 여건에서 동해연안지역의 해안거리별 기상, 토양 및 벼 생육변화를 조사 분석하여 벼 수량감소의 원인규명 및 기상재해 대응책 수립의 기초 자료로 활용코자 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2006년부터 2008년까지 경북 영덕군에 위치하고 있는 국립식량과학원 영덕출장소의 동해안 냉해풍지역에서 해안거리에 따른 벼 생육환경 및 반응을 조사 분석하고 벼 수량감소의 원인을 규명코자 실시하였다. 시험품종은 품미벼, 삼덕벼, 주남벼 등 3품종을 해안선으로부터 1, 2, 3, 5 km의 4지점에 공시하여 4월25일 파종한 35일묘를 5월30일에 재식거리 30×15 cm로 1주 3분씩 손이앙 하고, 시비량은 N - P₂O₅ - K₂O = 9 - 4.5 - 5.7kg/10a로 하였으며, 그 밖의 재배관리는 국립식량과학원의 벼 표준재배법에 준하여 재배하였다.

벼의 주요특성은 농업과학기술 연구조사 분석기준에 따

[†]Corresponding author: +82-54-732-0385

(E-mail) kimji000@korea.kr <Received February 9, 2010>

라 출수기, 간장, 수장, 수수, 수당립수, 등숙비율 및 천립중을 조사하였으며 쌀수량은 100주를 3반복으로 수확하여 10a당 수량으로 환산하였다. 기상관측은 미국의 Spectrum Technologies 회사제품 Watch Dog Model 2900ET를 사용하여 기온, 지온, 수온, 습도, 일사량 등을 10분 단위로 자동 측정하였다.

결과 및 고찰

해안거리별 기상변화

벼 생육기간 중(5.30~10.15)의 동해연안 1, 2, 3, 5 km의 4개 지점의 기상성적을 2006~2008년 3개년동안 측정하 값은 표 1과 같다. 평균기온은 21.3~21.4℃로 해안거리에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며, 일사량도 일정한 경향을 보이지 않았다. 그러나 습도는 82.4~84.7%, 수온 22.0~23.1℃, 지온(지하 10 cm) 22.0~22.6℃로 해안에 가까울수록 높은 경향이었다

해안거리별 일 기온변화를 그림 1에서 보면, 평상시는 04:00~05:00시경이 일 최저기온이 되고, 06:00시경부터 기온이 올라가기 시작해서 14:00~15:00시경이 되면 일 최고기온을 보였고 해안거리별 1, 2, 3, 5 km지점의 기온양상도 거의 비슷한 온도를 나타내었다.

그러나 냉해풍 발생시 해안거리별 온도변화는 극심하여 5 km 지점에서 13:00시경에 26.5℃이던 기온이 1 km지점에서는 18.5℃로 8℃가 낮아졌으며, 2 km지점은 7℃가, 3 km지점은 4℃가 떨어지는 현상을 보였다. 이런 현상은 여름철에 냉수대가 출현할 때 마다 나타났고, 온도하강의 정도 차이는 있지만 하루에도 수차례 발생하였다(그림 2).

일 평균기온에서는 해안거리별 온도차를 감지할 수 없었으나, 10분 단위로 기상을 자동 측정함으로써 냉해풍 발생으로 인한 온도변화를 포착할 수 있었다. 이러한 냉수대 출현에 의한 온도변화의 영향이 다음 항의 토양변화와 함께 동해연안지역의 벼 생육부진 및 수량감소의 주된 요인인 것으로 추정되었다

Table 1. A change in the weather during rice growth duration according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula(2006-2008).

Distance from sea	Mean air temperature (°C)	Cumulative temperature (°C)	Mean humidity (%)	Intergrated solar radiation (W/m ²)	Mean water temperature [†] (°C)	Soil temperature [‡] (°C)
1 km	21.4	2,903	84.7	23,149	23.1	22.6
2 km	21.3	2,876	84.7	21,162	22.4	22.4
3 km	21.3	2,885	83.7	21,115	22.2	22.0
5 km	21.4	2,906	82.4	21,904	22.0	22.0

[†]Mean : 2007-2008, [‡]Top layer : below 10 cm

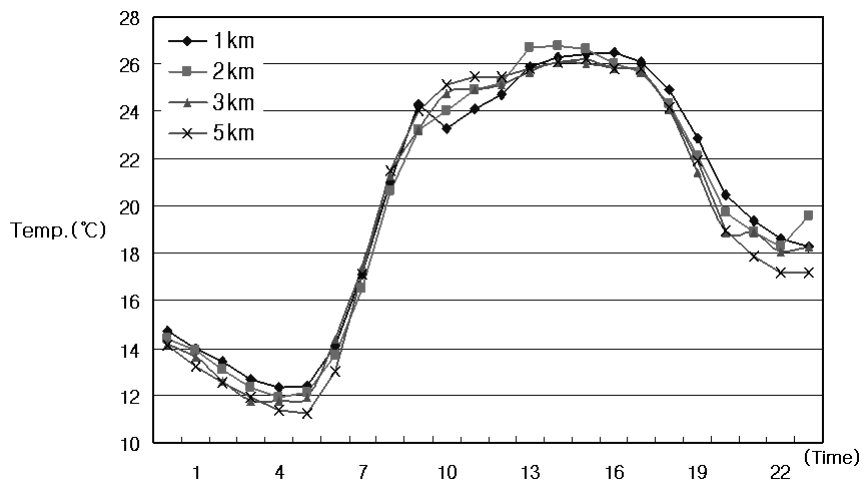


Fig. 1. A change in a daily temperature according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

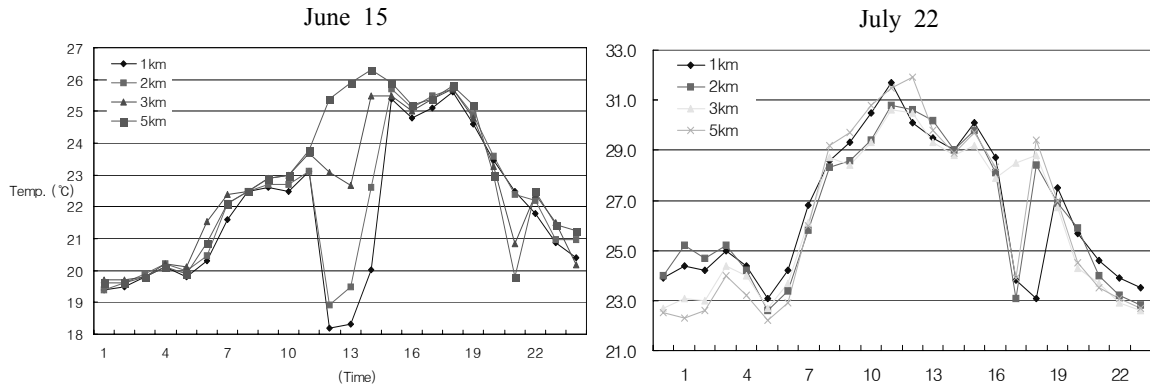


Fig. 2. A change of temperature in cold salty wind according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

Table 2. A change of physical properties of soil according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

Distance from sea	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
1 km	77.7	20.6	1.7
2 km	65.6	32.7	1.7
3 km	56.2	42.1	1.8
5 km	53.1	44.9	1.9

Table 3. A change of chemical properties of soil according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

Distance from sea	pH	EC (ds/m)	OM (%)	Available phosphoric acid (mg/kg)	exchangeable positive ion (cmol/kg)				CEC (cmol/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
1 km	6.3	0.30	2.17	14	1.10	7.25	2.28	0.29	10.1
2 km	5.4	0.26	2.82	52	0.08	3.42	1.07	0.25	10.8
3 km	5.6	0.53	5.89	41	0.14	8.04	1.88	0.31	12.4
5 km	5.4	0.30	2.72	77	0.12	3.35	0.91	0.23	12.5

해안거리별 토양특성 변화

해안으로 가까이 갈수록 토양물리성 중 모래함량은 53.1%에서 77.7%로 점차 높아지고, 미사함량은 44.9%에서 20.6%로, 점토함량은 1.9%에서 1.7%로 각각 점차 낮아지는 경향을 나타내었다(표 2).

해안거리에 따른 토양화학성의 변화는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나, CEC함량은 해안에 가까울수록 12.5%에서 10.1%로 낮아졌다(표 3). 따라서 바다에 가까운 벼 재배지역일수록 미사와 점토 함량은 적고, 모래함량은 높으며, CEC 함량은 감소하여, 토양의 비료성분을 유지 흡착할 수 있는 능력이 떨어지는 것으로 나타났다.

벼 생육변화

이앙당시 모 생육

이앙당시의 모 생육은 초장이 14.7~18.5 cm, 엽수는 3.6~3.9개였고 건물율은 19.3~20.5%로 모두 양호하였다. 벼 품종간에는 초기 신장성이 좋은 품미벼의 모 생육이 삼덕벼, 주남벼보다 초장 및 엽수가 더 크고 많은 편이었으며 품종별 모 생육은 모두 균일하였다(표 4).

출수전 시기별 벼 생육변화

이앙당시에는 벼 생육이 균일하였던 3품종이 이앙후 재배지역이 해안에 가까울수록 초장은 작아지고, 경수도 줄어드는 경향을 보였으며 생육시기가 경과할수록 그 차이는 더

Table 4. Growth and development of nursery plant on transplanting time(2006-2008).

Variety	Culm length (cm)	Number of leaves	Fresh weight (g/100plant)	Dry weight (g/100plant)	Percentage of dry matter(%)
Punmibyeyo	18.5	3.7	22.0	4.5	20.5
Samdeogbyeyo	17.5	3.9	19.2	3.7	19.3
Junambyeyo	14.7	3.6	19.1	3.9	20.4

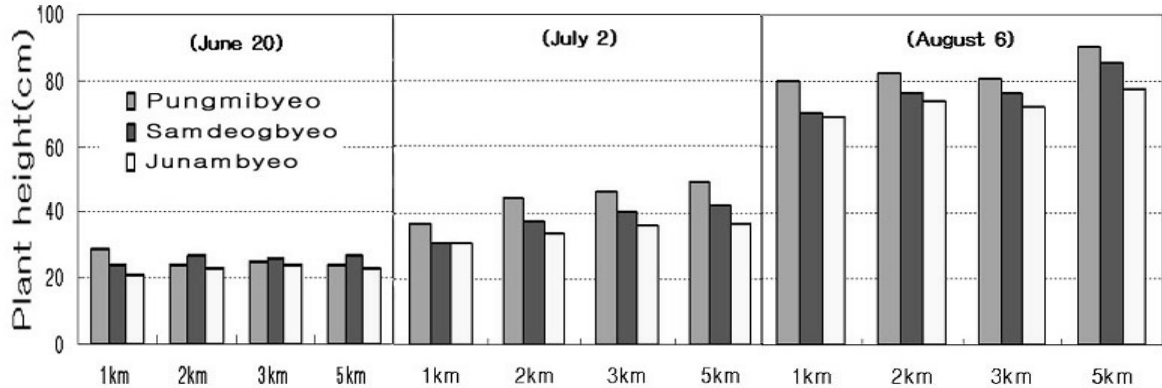


Fig. 3. A change of plant height in a period according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

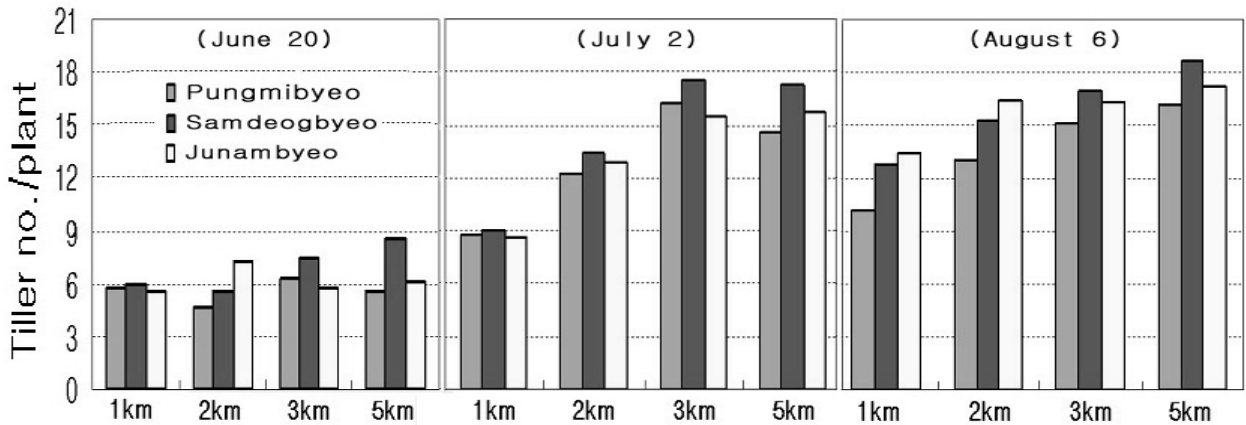


Fig. 4. A change of number of tiller in a period according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

속 커지는 경향을 확연히 나타내었다(그림 3, 4).

출수후 20일의 벼 생육상황

해안거리에 따른 품종별 출수기는 5 km지점보다 해안 1 km지점에서 준조생종인 품미벼는 8월11일에서 8월14일로 3일 지연되었으며, 중생종인 삼덕벼는 4일, 중만생종인 주남벼는 4일 지연되었다. 또 출수후 20일의 벼 건물중은 잎, 줄기, 이삭 모두 해안에 가까운 재배지역에서 가벼웠으며 5 km지점에서 주당 52.4~64.7g이던 벼 건물중이 1 km지점

에서는 주당 49.5~52.9g으로 크게 감소하였다. 또한 임실 비율도 해안에 가까운 재배지역에서 낮아져 5 km지점에서 89.9~95.1%, 1 km 87.9~90.9%로 해안에 가까울수록 더 불임율이 높았다(표 5). 따라서 동해연안지역의 벼생육은 해안에 가까운 지역일수록 출수기는 3~4일까지 지연되고 건물중은 12.5%, 임실율은 3.5%까지 감소되는 벼 생육에 불리한 재배환경임을 나타내었는데 이는 냉수대 출현에 의한 냉해풍 발생과 비료유실이 많은 사질토양이 주 원인인 것으로 판단되었다.

Table 5. Dry weight and percent of fertile grain in 20 days after heading date according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

Variety	Distance from sea	Heading date (m. d)	Dry weight(g/plant)				Percent of fertile grain (%)
			Leaf	Culm	Panicle	Total	
Pungmibeyo	1 km	8.14	8.3	23.4	21.2	52.9	90.9
	2 km	8.13	9.7	24.3	21.3	55.4	93.7
	3 km	8.12	11.1	25.1	21.3	57.4	94.7
	5 km	8.11	10.5	25.2	22.5	58.3	95.1
Samdeogbyeo	1 km	8.22	8.5	26.2	14.7	49.5	87.9
	2 km	8.21	9.3	26.4	14.7	50.5	89.0
	3 km	8.19	10.0	27.3	13.7	51.0	89.4
	5 km	8.18	9.8	27.9	14.6	52.4	89.9
Junambyeo	1 km	8.26	9.4	27.8	14.0	51.1	89.1
	2 km	8.25	9.9	29.3	15.6	54.7	90.4
	3 km	8.23	11.4	30.6	18.8	60.8	91.2
	5 km	8.22	11.5	32.4	20.7	64.7	92.6

Table 6. yield potential and component in different rice varieties according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula(2006-2008).

Variety	Distance from sea	No. of tiller per plant	No. of grain per spike	ripened grains (%)	1000grain weight (%)	Yield(kg/10a)	
						Milled rice	Index
Pungmibyeo	1km	9.8	99	83.9	20.5	337	68
	2km	12.1	103	85.2	21.0	405	82
	3km	13.1	99	87.4	21.2	430	87
	5km	14.5	100	87.7	20.5	495	100
Samdeogbyeo	1km	10.3	109	87.2	21.5	407	73
	2km	13.8	104	88.7	22.1	511	91
	3km	14.3	104	89.4	22.0	538	96
	5km	15.8	105	91.0	21.9	561	100
Junambyeo	1km	10.0	113	84.2	22.9	376	64
	2km	13.6	111	85.7	23.0	484	83
	3km	14.6	110	87.0	23.8	535	92
	5km	15.4	112	89.4	23.7	583	100

수량 및 수량구성요소

표 6은 동해연안지역의 해안거리별 쌀수량 및 수량구성요소의 2006년~2008년 3개년간의 평균치 성적이다. 쌀수량은 3품종 모두 해안에 가장 가까운 1 km지점에서 10a당 337~407 kg으로서 5 km지점의 495~583 kg보다 27~36% 감소하였으며, 2 km지점에서는 9~18%, 5 km지점에서는 4~13% 감소하여 해안에 가까운 재배지역일수록 쌀수량 감소폭이 더 크다는 것을 분명히 나타내었다.

수량구성요소를 살펴보면 수당립수와 현미천립중은 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 주당수수는 해안에 가까울수록

현저히 감소하여 분명한 차이를 나타내었고, 등숙비율은 일정하게 미미한 감소경향을 나타내었다. 먼저 주당수수는 1 km지점에서 9.8~10.3개로 5 km지점의 14.5~15.8개보다 35~32%감소율을 보였으며, 2 km지점에서 17~12%, 3 km지점에서 10~5% 감소하여 쌀수량 감소율과 거의 비슷한 감소폭을 보여 수량감소의 주된 요인임을 시사하였다.

또 등숙비율은 1 km지점에서 83.9~87.2%로 5 km지점의 87.7~91.0%보다 4~6% 감소하였으며, 2 km지점에서 3~4%, 3 km지점에서 1~3% 감소하여 해안으로 갈수록 등숙비율은 미미하게 감소하는 경향을 나타내었다.

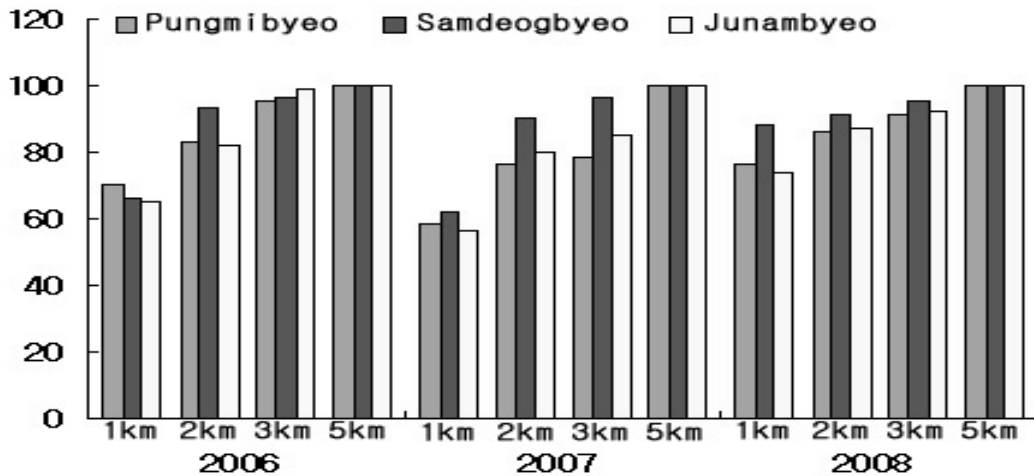


Fig. 4. A change of yield index according to the distance from the seaside in eastern coastal area of Korea peninsula.

해안거리에 따른 쌀수량 변화를 품종별로 살펴보면 5km 지점보다 1~3 km지점의 쌀수량 감소율은 품미벼 13~32%, 삼덕벼 4~27%, 주남벼 8~36%로 삼덕벼의 감소율이 가장 적었으며, 또 해안 2 km지점에서 90%이상의 수량성을 나타낸 품종은 냉해풍지역의 적응품종인 삼덕벼였다 (그림 4).

적 요

동해연안지역의 벼 생육부진 및 수량감소의 주된 요인분석을 위하여 해안으로부터 1, 2, 3, 5 km의 4개 지점의 기상, 토양 및 벼 생육반응을 조사 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 해안거리별 일 평균기온은 차이가 거의 없었으나, 냉수대 출현에 따른 냉해풍 발생시 온도변화는 뚜렷하여 5 km에서보다 1 km지점에서 8°C, 2 km지점 7°C, 3 km지점 4°C까지 온도가 낮아졌으며 냉해풍은 하루에도 수차례 발생하였음.
2. 해안거리별 토양특성은 해안에 가까울수록 모래성분이 많고 미사 및 점토성분은 적었으며, 양이온 치환용량이 적어서 작물이 비료성분을 섭취할 수 있는 흡착력이 낮아졌음.
3. 해안에 가까운 재배지역일수록 초장은 작아지고 경수는 적었으며, 출수기는 3~4일 지연되었고, 벼 건물중 및 입실율은 낮아졌음.
4. 수량은 5 km보다 1 km지점에서 27~36% 감소되어, 해안에 가까운 재배지역일수록 감소폭이 더 컸으며, 주된

감수요인은 주당수수의 감소가 가장 크게 영향을 미쳤고, 해안 2 km지점에서 90%이상의 수량성을 나타낸 품종은 냉해풍지역의 적응품종인 삼덕벼였음.

인용문헌

박성태, 김순철, 이수관, 김철용, 1988 수도주요생육시기별 풍해양상, 영남지역작물기상재해 : 165-179.

장순덕, 1979. 내륙과 연해지역 기상환경 차이가 수도 생육과 수량구성요소에 미치는 영향. 농시보고 21(작물) : 189-198

최돈향, 한세기, 이동석, 김달수. 1981. 영동해안과 영남내륙의 기상환경이 수도생육 및 수량형질에 미치는 환경. 최현옥박사 회갑기념논문집. p. 213-222.

최상진, 박래경. 1981. 벼 출수기 풍해의 발생요인과 양상에 관한 연구. 최현옥박사 회갑기념논문집. p. 207-212.

강양순, 김철용, 노영팔, 정연태, 손양, 박래경. 1982. 내륙과 동해안지역간의 답지온의 차이가 수도생육 및 출수기에 미치는 영향. 농시연보(작물) 24:117-127.

김철용, 박성태, 이재생, 박래경. 1983. 동해안 냉해풍지역의 수도생육 특성과 풍해실태에 관한 연구. 농시보25(작물) : 124-133.

_____, _____, _____, 임상중. 1986. 중남부 동해안지역 기상의 특수성과 풍해를 받은 벼의 생육특성에 관한 연구. 농시논문집(작물) : 28(1) : 48-54.

영남작물시험장. 1979. 태풍 “어빙호”에 의한 벼 백수현상 피해조사. 영남농시보(수도) : 473-498

_____. 1982. 태풍 “엘리스호” 통과 직후 건조풍에 의한 벼수피해 실태조사. 영남농시보(특수지역연구) : 138-143.

_____. 1985. 풍해저항성 실내 검정방법 시험. 영남농시보(수도) : 631-633.