

벼주요품종의 질소시비수준에 따른 도복저항성 정도

박중수*[†] · 이원우* · 주영철* · 김영호*

*경기도농업기술원

Field Lodging Degree of Rice Varieties according to Nitrogen Application Rate

Jung-Soo Park*[†], Won-Woo Lee*, Young-Cheoul Ju*, and Young-Hoo Kim*

*Kyonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasong 445-972, Korea.

ABSTRACT : This experiment was to evaluate lodging characteristics of 35 recommended rice varieties of Kyonggi-do at normal (110 kg N/ha) and heavy (220 kg N/ha) nitrogen application rates during 1999 to 2000. At heavy N fertilization rate, varieties that were highly resistant to lodging were Obongbyeo, Daejinbyeo, Naepoongbyeo, Nonganbyeo and Ipumbyeo. Fourteen varieties including Daeanbyeo were moderately resistant and 11 varieties including Jinbubyeo were susceptible to lodging. The lodging-related characters which showed the highest effect on lodging at lodging degree of 9 were culm length and height of center gravity, culm length at lodging degree of 5, and culm length and the third internode length at lodging degree of 3 or below. The difference in rice yield between normal and heavy nitrogen fertilization rate was within 5% in early-maturing varieties but there was great yield difference in mid- and late-maturing varieties depending on the degree of lodging. Consequently, stable rice yield could be obtained by selecting lodging-resistant varieties and lowering fertilization rate, specially in the paddy field where lodging occurrence is common.

Keywords : rice, rice varieties, lodging resistance, lodging index.

우리나라는 온대 몬순 대륙성기후 지대에 속하여 여름철에 무덥고 비가 많이내려 벼 농사에 알맞은 기후여건을 갖추고 있으나, 남태평양지역에서 발생하여 불어오는 태풍의 빈도수(1904~1998년)는 년평균 3회 정도로 비가 출수되어 이삭이 무거워지는 8~9월에 집중되어 벼에 대한 도복피해의 우려도 크다(이 등, 1991). 도복은 쌀 수량과 품질에 미치는 영향이 대단히 클 뿐만아니라 벼 수확작업에도 많은 불편을 초래하여 주곡의 지속적인 안정생산과 양질미 생산 및 생산비 절감

측면에서 매우 중요하게 다루어져야 할 기상재해이다.

도복의 발생원인은 크게 두가지로 태풍, 폭우 등과 같이 기상환경에 의해 직접적으로 물리적 피해를 주는 것과 품종, 시비량, 시비시기, 분시방법, 재식밀도, 물관리, 병충해 피해 등과 같은 재배방법에 따라 간접적으로 발생하는 것으로 대별될 수 있다(임 등, 1992). 직접적인 요인인 기상환경은 인위적으로 조절할 수 없으나 간접적인 요인인 재배방법은 인위적으로 조절가능하므로 많은 연구자들이 이를 개선하기 위해 노력해 왔다.

'70년대에는 식량 증산시책의 일환으로 비교적 단간이면서 내비성이 큰 다수성인 통일형 벼 품종이 개발 보급되어 질소를 어느정도 증비하여도 도복에 대한 문제가 심각하지 않았다(농진청, 1998). 그러나 '81년이후 경제발전과 소득향상에 따라 소비자들은 양질의 쌀을 선호하게 되었는데 양질쌀로 알려진 일반계 품종들은 통일계보다 줄기가 가늘고 길어 도복이 발생하기 쉬운 특성을 지니고 있다. 그럼에도 불구하고 일부농가에서는 다수확을 위하여 일반계 품종에도 통일계와 같은 많은 질소질 비료를 시비하는 경향으로 도복의 위험성이 증가되고 있는 실정이다.

경기도 농가의 평균 질소시비량이 ha당 147 kg(농진청, 1993)으로 기준시비량보다 30%이상 증비하고 있고, 태풍으로 인한 집중호우 및 강풍시에는 항상 도복의 위험이 내재되어 이에 대한 대책이 필요하며, 특히 오수 유입지 등과 같이 인위적으로 재배환경의 개선이 곤란한 도복상습지역에서는 도복 피해에 대비한 품종선발과 재배법개선 등과 같은 사전대책이 더욱 필요할 것이다. 품종특성표상 장려품종의 내도복성은 강·중·약의 3단계로 표시되어 있고 육성당시 각각 다른 기상환경에서 검토가 이루어져 이를 동일 조건에서 내도복성을 종합적으로 검토하는 것은 재배적 측면에서 매우 중요하다고 생각된다.

따라서 벼 수량의 안정성 확보와 쌀 단수 제고를 위해 도내 주요 장려품종에 대해서 질소수준에 따른 포장 도복저

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-229-5772 (E-mail) park5772@hanmail.net

<Received April 23, 2002>

Table 1. Growth stage of rice at the time of lodging.

Year	Time of lodging	Maturity of varieties	Growth stage at lodging time			
			Headingdate	Milk-ripe stage	Dough stage	Yellow ripe stage Harvesting stage
1999	1st lodging (Sep. 20), typhoonAnn: heavy rain	Early Medium Mid- and late			○	○
	2nd lodging (Sep. 23), typhoonBart: heavy rain and strong wind	Early Medium Mid- and late			◎	◎
2000	1st lodging (Aug. 24) heavy rain	Early Medium Mid- and late	○	○	○	
	2nd lodging (Aug. 31), typhoonPrapiroon heavy rain	Early Medium Mid- and late		◎	◎	◎
	3rd lodging (Sep. 14), typhoonSaomai strong wind	Early Medium Mid- and late			●	● ●

* ○, ◎ and ● indicate 1st, 2nd and 3rd weather conditions, respectively, which could induce lodging in the year.

항성 정도를 조사 분석하여 벼 재배시 내도복성 품종선택 기준자료로 활용함과 동시에 도복 상습지역이나 질소 과비 우려지역에서 쌀 생산의 안정화를 기하고자 본 연구를 수행 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 '99년부터 2000년까지 2년에 걸쳐 경기도 농업기술원 답작 시험포장에서 수행하였으며, 시험품종은 통일계 초다수 품종을 제외한 경기지역 장려품종을 대상으로 '99년에는 대안벼 등 26품종, 2000년에는 신규로 선정된 새 추청벼 등 4품종을 추가하여 총 30품종으로 하였다. 질소 시비수준은 표준량인 보비(110 kg/ha)와 포장도복이 발생되기 쉬운 다비(220 kg/ha) 조건하에서 검토 하였으며, 시험구 배치는 질소수준별 난괴법 3반복으로 수행하였다. 인산과 가리의 시비량은 질소 수준과 관계없이 ha당 각각 45 kg 57 kg로 동일하게 사용하였으며, 분시비율은 질소는 기비 50%, 분얼비 30%, 수비 20%, 인산은 전량기비, 가리는 기비 70%, 수비 30%로 하였다.

이앙은 35일묘를 사용하여 30×15 cm의 밀도로 5월 20일에 하였다. 도복관련형질의 조사방법으로 간태와 간벽의 두께는 다이얼 게이지로 측정하였으며, 좌절중은 좌절중 측정기(DT-10, Jer)를 이용하여 출수후 20일에 지점간 거리를 6 cm로 하여 벼 3, 4절간의 줄기가 부러질때의 강도로 측정하였고, 간기중은 간기부로부터 10 cm 절단하여 생체중을 조사하였다. 기타 조사는 농촌진흥청 시험연구 조사기준에, 시험포장의 재배관리는 경기도농업기술원 표준재배법에 준하였다.

결과 및 고찰

기상환경, 출수기 및 도복시기별 도복정도

시험기간 중 도복과 관련된 기상환경은 Table 1과 같이 '99년에는 9월 20일에 폭우를 동반한 태풍(Ann)과 9월 23일에는 강풍과 강우를 동반한 태풍(Bart)이 내습하였는데, 이때 벼의 생육단계는 조생종은 수확완료 단계, 중생종은 황숙기, 중만생종은 호숙기에 해당되었다(경기도원, 1999). 2000년에는 8월과 9월에 3차례의 집중호우 및 태풍이 내습하였는데 1차 집중호우시 조생종은 호숙기, 중생종은 유숙기, 중만생종은 출수기에 해당되어 이삭이 무거운 조·중생군의 품종들이 도복되기 쉬운 조건이었으며, 2차 도복시기는 태풍(Prapiroon)에 의한 집중호우로 조생종은 황숙기, 중생종은 호숙기, 중만생종은 유숙기 단계로, 주로 중생종과 중만생종군의 품종들이 해당되었고 3차 도복시기는 태풍(Saomai)에 의한 강풍으로 호숙기에 있는 중만생종의 품종들이 도복발생의 호조건으로 경과되었다(경기도원, 2000).

출수기 및 도복시기별 도복정도는 '99년의 경우 9월 중·하순에 집중된 2회에 걸친 태풍의 영향으로 도복이 거의 일시에 발생되었으므로, 도복발생에 미친 외부 기상요인이 시기적으로 다양했던 2000년의 도복상황을 중심으로 기술코자 한다 (Table 2).

도복정도는 조생종에서 흑진주벼와 진부벼 등은 질소 다비 수준에서 1차 외부 도복요인에 의해 도복정도가 9로 완전도복되었으나, 출수기가 며칠 늦은 대진벼는 1, 2, 3차에 걸친 외부 도복요인에도 도복정도가 3으로 나타나 품종간에 뚜렷한 차이를 보였다. 중생종은 대부분의 품종들이 2차 요인에 의해

Table 2. Lodging degree of rice varieties by heading date and lodging time in the year 2000.

Varieties	Nitro. rate	Heading date	Lodging time [†]			Varieties	Nitro. rate	Heading date	Lodging time		
			1st	2nd	3rd				1st	2nd	3rd
Heugjinjubyeco	Nor.	July.18	5	9	Har [§]	Anjungbyeco	Nor.	Aug. 7	0	0	0
	Hea.	July.19	9	9	"		Hea.	Aug.10	0	3	9
Jinbubyeco	Nor.	July.18	2	3	"	Jinpoongbyeco	Nor.	Aug. 7	0	1	3
	Hea.	July.20	9	9	"		Hea.	Aug. 8	8	9	9
Odaebyeo	Nor.	July.22	0	3	"	Bonggwangbyeco	Nor.	Aug. 9	0	4	6
	Hea.	July.24	0	7	"		Hea.	Aug.11	9	9	9
Obongbyeco	Nor.	July.22	0	0	"	Sujinbyeco	Nor.	Aug. 8	0	1	4
	Hea.	July.24	0	2	"		Hea.	Aug.11	2	8	9
Daejinbyeco	Nor.	July.27	0	0	0	Juanbyeco	Nor.	Aug. 9	0	0	0
	Hea.	Aug. 1	0	2	3		Hea.	Aug.12	0	3	7
Ansanbyeco	Nor.	July.28	0	2	3	Ansungbyeco	Nor.	Aug. 9	0	0	0
	Hea.	Aug. 3	0	3	8		Hea.	Aug.13	0	3	9
Neapoongbyeco	Nor.	Aug.27	0	0	0	Suanbyeco	Nor.	Aug. 9	0	0	0
	Hea.	Aug. 3	0	3	3		Hea.	Aug.13	0	7	9
Junganbyeco	Nor.	July.30	1	3	4	Hwajungbyeco	Nor.	Aug.10	0	1	4
	Hea.	Aug. 4	8	9	9		Hea.	Aug.14	3	9	9
Nonganbyeco	Nor.	Aug. 3	0	0	0	Hwajinbyeco	Nor.	Aug.12	1	5	8
	Hea.	Aug. 7	0	1	3		Hea.	Aug.14	5	9	9
Hwasunchalbyeco	Nor.	Aug. 4	0	4	5	Deanbyeco	Nor.	Aug.10	0	1	2
	Hea.	Aug. 6	1	9	9		Hea.	Aug.12	0	3	5
Gwanganbyeco	Nor.	Aug. 5	0	1	2	Hwameongbyeco	Nor.	Aug. 9	1	3	8
	Hea.	Aug. 8	1	9	9		Hea.	Aug.10	1	5	9
Hwasungbyeco	Nor.	Aug. 7	0	3	4	Dongjinbyeco	Nor.	Aug.14	0	4	6
	Hea.	Aug. 9	6	8	9		Hea.	Aug.16	1	6	9
Surabyeco	Nor.	Aug. 7	0	0	0	Ilpumbyeco	Nor.	Aug.15	0	0	0
	Hea.	Aug. 9	0	1	8		Hea.	Aug.16	0	0	2
Sinsunchalbyeco	Nor.	Aug. 7	1	4	5	Chucheongbyeco	Nor.	Aug.16	0	6	8
	Hea.	Aug. 8	6	9	9		Hea.	Aug.16	1	4	9
Janganbyeco	Nor.	Aug. 7	0	1	2	Saechucheonbyeco	Nor.	Aug.16	0	6	7
	Hea.	Aug. 9	0	9	9		Hea.	Aug.16	1	6	9

*Lodging degree was measured at the scale of 0(no lodging) to 9(complete lodging)

[†]Time of lodging : 1st lodging (Aug. 24)heavy rain, 2nd lodging (Aug. 31)typhoon Prapiroon, 3rd lodging (Sep. 14) typhoon Saomai.

[‡] : Indication of lodging time and lodging degree above 7.

[§]Har. : harvested.

도복 되었으나 봉광벼, 중안벼, 진품벼 등은 1차에서 부터 거의 완전도복 되었으며 내풍벼, 농안벼 등은 3차 까지도 강한 도복저항성을 나타내었다. 중만생종은 출수가 늦어 이삭무게가 가벼운 상태에서 1, 2차 도복요인을 맞아 대체로 도복발생이 경미하였으나 3차에는 도복저항성이 비교적 강한 특성을 보이는 대안벼와 일품벼를 제외하고는 질소 다비수준에서 대부분의 품종들이 완전도복 되었다. 이상의 결과에서 도복의 직접적인 외부요인이 발생하고, 간접적인 요인인 질소 다비 조

건에서도 품종간에는 도복저항성 차이가 현저히 나타남을 알 수 있었다.

벼는 출수 이후부터 탄수화물이 이삭으로 전류되면서 지상부의 무게 특히 이삭의 무게가 증가할수록 중심고가 높아 태풍 등 외부압력에 쉽게 도복되는 특성(大川 등, 1992)이 있어 본 시험의 결과에서와 같이 외부요인의 유발시점에 따라 품종간 도복양상이 다르게 나타나므로 벼 재배시 특정 품종의 편중된 재배보다는 품종의 다양화를 통한 출수기의 분산이 도복

Table 3. Lodging pattern of rice by lodging degree at heavy nitrogen application rate.

Year	Lodging degree (0~9)	Varieties	Pattern of lodging
1999	9	Heugjinjubyeeo, Jinbubyeeo	Breaking
	7	Hwasungbyeeo, Bonggangbyeeo, Hwajinbyeeo, Chucheongbyeeo	Breaking, Curvature
	5	Odaebyeo, Ansanbyeeo, Seojinbyeeo, Sinsunchalbyeeo, Seoanbyeeo, Hwajungbyeeo	Curvature
	3	Neapoongbyeeo, Surabyeeo, Janganbyeeo, Daeanbyeeo	"
	3	Nonganbyeeo, Hwasunchalbyeeo, Gwanganbyeeo, Anjungbyeeo	Tangled
	1	Obongbyeeo, Daejinbyeeo, Juanbyeeo, Ilpumbyeeo	"
2000	9	Heugjinjubyeeo, Jinbubyeeo, Junganbyeeo, Hwasunchalbyeeo, Gwanganbyeeo, Sinsunchalbyeeo, Hwasungbyeeo, Janganbyeeo, Bonggangbyeeo, Seojinbyeeo, Ansongbyeeo, Seoanbyeeo, Hwajungbyeeo, Hwajinbyeeo, Hwameongbyeeo, Dongjinbyeeo, Chucheongbyeeo, Saechucheongbyeeo	Breaking
	8	Anjungbyeeo, Jinpumbyeeo	Curvature, Breaking
	8	Ansanbyeeo, Surabyeeo	Curvature
	7	Odaebyeo, Juanbyeeo	"
	5	Daeanbyeeo	"
	3	Daejinbyeeo	"
	3	Neapoongbyeeo, Nonganbyeeo	Tangled
	2	Obongbyeeo, Ilpumbyeeo	"

피해 등 기상재해를 회피할 수 있는 방법으로 고려될 수 있을 것으로 생각된다.

질소 다비시 포장도복 정도에 따른 품종별 도복유형

질소 다비시 품종별 도복유형을 조사한 결과(Table 3), 주로 도복이 심했던 품종에서는 좌절형, 좌절과 만곡의 복합형 도복이 발생하였으며, 중정도 도복에서는 만곡형, 도복이 적었던 품종은 개장형으로 도복되었다. 연도별로 살펴보면 '99년에는 흑진주벼, 진부벼가 도복 9정도로 좌절도복 되었으며, 도복이 7정도로 나타난 화성벼 등 4품종은 좌절과 만곡의 복합 형태의 도복으로 나타났다. 기타 도복이 3정도인 내풍벼 등 8품종은 만곡 또는 개장도복, 도복이 1정도로 강한 오봉벼 등 4품종은 개장형 도복으로 나타났다. 2000년에는 도복정도가 9로 나타난 흑진주벼 등 20여 품종들은 좌절도복, 8에서 5정도로 나타난 안산벼, 대안벼 등 5품종은 만곡도복, 도복정도가 3으로 비교적 도복이 경미했던 대진벼 등은 개장형으로 도복되는 양상을 보였다. '99년에 비해 2000년에 좌절형 도복이 많았던 것은 '99년에는 외부 도복요인이 9월 중·하순에 발생한 태풍으로 벼의 도복시기가 늦고 비교적 일시에 영향을 받았으나, 2000년에는 전술한 바와 같이 3차에 걸친 외부 도복유발 요인이 시기적으로 발생하여 벼가 미처 회복되기도 전에 또 다른 외압을 받아 줄기가 급격히 약화되었기 때문으로 생각되었다.

이 등은(1991) 벼의 도복유형을 크게 좌절형, 만곡형, 전복형, 개장형의 4가지로 구분할 수 있으며 품종, 재배방법, 물관리, 도복시기 등에 따라 그 양상이 달라진다고 하였으며, 이 중 좌절 도복은 우리나라에서 가장 많이 나타나는 것으로 도

복이 되면 양·수분의 이동이 단절되어 회복이 어렵고 등숙과 수량 및 미질에 가장 크게 영향을 주는 도복 형태이며, 만곡 도복은 생육 초기에 도복 되면 어느 정도 회복되는 것이 특징으로 수량에 미치는 영향이 크지 않으며, 전복 도복 즉 뿌리도복은 뿌리 부분이 연약하여 지체부에서 도복이 되는 형태로 토양의 환원으로 근부현상이 심한 곳이나 직파재배에서 흔히 볼 수 있는 도복이고, 개장형 도복은 분얼수가 많거나 분얼각도가 커서 등숙이 진전됨에 따라 이삭이 무거워져 일어나는 도복 형태로 수량에 미치는 영향이 적다고 하였다.

품종 및 질소수준별 도복관련 형질

질소다비시 도복정도에 따른 품종 및 질소시비 수준별 도복 관련형질은 Table 4와 같이 질소보비에 비해 질소를 증비함으로써 간장이 길어지고 중심고는 높았으며 좌절중이 가볍고 도복지수가 증가되는 경향으로 특히, 질소다비시 포장도복 정도가 심할수록 도복지수의 증가폭이 컸다. 질소다비시 도복지수가 200이 넘는 품종을 도복정도별로 살펴보면 도복 5정도까지는 해당 품종이 없었으나 도복 6정도에서는 화선찰벼, 신선찰벼, 화중벼가, 도복 8정도에서는 화명벼를 제외한 화성벼 등 4품종이, 도복 9정도에서는 흑진주벼 등 6품종 모두 해당되는 것으로 나타났다. 이와같이 도복지수가 높은 품종들은 다른 품종에 비해 도복에 약할 뿐만아니라 질소 증비시 도복의 우려가 매우 높은 품종이므로 급후 이러한 품종에 대해서는 질소시비에 각별한 주의가 필요할 것으로 생각되었다. 또한 질소가 증비됨에 따라 유의성이 인정되는 도복형질도 품종에 따라 서로 달라 다양한 반응을 보였다. 김 등(2000)은 도복관련형

Table 4. Lodging characters as affected by varieties and nitrogen application rate.

FLD [†]	Varieties	Nitro. rate	Culm length (cm)	Center Ht. of gravity (cm)	Breaking strength (g)	Lodging index	FLD [†]	Varieties	Nitro. rate	Culm length (cm)	Ht. of center gravity (cm)	Breaking strength (g)	Lodging index
1	Obongbyeo	Nor.	67	36	817	113	6	Sujinbyeo	Nor.	83	43	826	162
		Hea.	70	38*	798	129			Hea.	88	47*	721**	195
2	Daejinbyeo	Nor.	74	41	1,045	128	6	Suanbyeo	Nor.	77	41	855	147
		Hea.	78*	43*	964	145*			Hea.	80	43	676	175
3	Neapoongbyeo	Nor.	73	37	1,066	107	6	Hwajungbyeo	Nor.	88	46	999	157
		Hea.	77**	39	828	143**			Hea.	92**	50*	735**	207**
4	Odaebyeo	Nor.	71	37	723	126	6	Dongjinbyeo	Nor.	89	47	962	172
		Hea.	73*	37	655	152			Hea.	91	50	879*	195
5	Surabyeo	Nor.	73	38	874	144	6	Hwasungbyeo	Nor.	82	40	979	134
		Hea.	80*	41*	745	165			Hea.	86	44*	659**	205**
6	Ansanbyeo	Nor.	69	39	727	155	6	Bonggwangyeo	Nor.	87	42	697	178
		Hea.	75*	41*	641	169			Hea.	91*	46*	554*	256*
7	Hwasunchalbyeo	Nor.	78	40	818	135	6	Hwajinbyeo	Nor.	83	43	773	176
		Hea.	87*	44**	695*	205*			Hea.	91*	48*	630*	237*
8	Gwanganbyeo	Nor.	86	43	981	171	6	Hwameongyeo	Nor.	82	43	848	149
		Hea.	90*	45*	967	183			Hea.	86	45	743	199*
9	Sinsunchalbyeo	Nor.	89	45	991	196	6	Chucheonbyeo	Nor.	89	45	810	176
		Hea.	97**	48	809*	232*			Hea.	93*	48*	557**	230*
10	Janganbyeo	Nor.	78	39	888	141	6	Heuginjubyeo	Nor.	80	46	527	204
		Hea.	84*	43	707*	189*			Hea.	85*	47	416*	292*
11	Anjungbyeo	Nor.	77	40	1,133	141	6	Jinbubyeo	Nor.	74	43	692	178
		Hea.	83*	45*	856	181*			Hea.	78*	45	525*	219
12	Jinpoongbyeo	Nor.	93	50	1,002	150	6	Junganbyeo	Nor.	93	49	1,002	150
		Hea.	97**	53*	967	183			Hea.	98	53*	575**	296*
13	Ansungbyeo	Nor.	91	46	952	222	6	Jinpoongbyeo	Nor.	91	46	952	222
		Hea.	96*	49**	878*	229			Hea.	96*	49**	878*	229
14	Saechucheongbyeo	Nor.	79	40	801	162	6	Ansungbyeo	Nor.	79	40	801	162
		Hea.	84**	45	549**	239*			Hea.	84**	45	549**	239*
15	Saechucheongbyeo	Nor.	94	47	582	208	6	Saechucheongbyeo	Nor.	94	47	582	208
		Hea.	95	48	533*	229*			Hea.	95	48	533*	229*

[†]FLD : Field lodging degree at heavy nitrogen application rate.
 *, **Significant difference at 5% and 1% probability, respectively.

질이 품종별로 서로 다르기 때문에 내도복성 품종육성을 위해서는 도복관련형질의 유전분석이 필요하다고 하였으며, 임 등(1992)은 도복관련 형질 중 유전력이 높은 형질은 간장(93.6%), 엽중(76.4%), 도복지수(97.6%)로 육종시 선발형질의 지표가 될수 있다고 하였다. 따라서 내비성과 도복저항성이 높은 품종을 선발하기 위해서는 다비시 간장, 중심고 등이 유의하게 증가되지 않는 품종을 선택해야 할 것으로 생각된다.

질소다비시 도복형질의 직접효과

질소다비시 도복형질 중 도복에 직접적으로 효과가 큰 형질은 Table 5와 같이 '99년에는 포장도복이 9정도로 심했던 품종들은 간장, 중심고, 7~5정도의 품종들은 간장, 간경, 간벽, 3

정도의 품종들은 간장과 하위절간이었으며, 2000년에는 도복발생이 심하여 도복 9정도의 품종들은 좌절중, 간장, 중심고, 간경, 8~7정도 품종은 간장, 중심고, 5~2정도 품종은 간장, 하위절간, 간경이었다. 이를 종합하여 보면 다비로 인하여 포장도복이 9정도로 심했던 품종은 간장이 길어 중심고가 높아진 것이, 도복이 3정도로 적었던 품종은 간장과 하위절간인 제 3절간이 길어진 것이 공통된 원인으로 해석되어 임 등(1992)의 도복에 관여하는 형질 분석 보고와 같은 경향이었다.

질소수준별 도복정도에 따른 등숙비율, 현미천립중 및 쌀수량

본 시험에서 공시된 경기도 장려 30품종의 누년 평균 도복

Table 5. Direct effects of lodging characters on rice lodging at the heavy nitrogen application rate as affected by lodging degree.

Year	Lodging degree (0-9)	Varities	Characteristics of lodging	Path coefficient
1999	9	Heuginjubyeo, Jinbubyeo	Culm length	0.924
			Central height 3rd internode length	0.861
			internode length	0.165
	7	Hwasungbyeo, Bonggangbyeo, Hwajinbyeo, Chucheongbyeo	Culm length Thickness of culm wall	0.367
			3rd internode length	0.255
			Stem diameter	0.127
	5	Odaebyeo, Ansanbyeo, Seojinbyeo, Sinssunchalbyeo, Seoanbyeo, Anjungbyeo	Central height	0.608
			Culm length	0.607
			Culm length	0.602
	3	Naepungbyeo, Surabyeo, Janganbyeo, Daeanbyeo, Nonganbyeo, Hwasunchalbyeo, Gwanganbyeo, Anjungyeo	Culm length	0.639
3rd internode length			0.625	
4th internode length			0.612	
2000	9	Heuginjubyeo, Jinbubyeo, Junganbyeo, Hwasunchalbyeo, Gwanganbyeo, Bonggangbyeo, Sinssunchalbyeo, Anjungbyeo, Jinpumbyeo, Janganbyeo, Seojinbyeo, Hwasungbyeo, Hwameongbyeo, Ansongbyeo, Seoanbyeo, Hwajungbyeo, Hwajinbyeo, Dongjinbyeo, Chucheongbyeo, Saechucheongbyeo	Breaking strength	-0.784
			Culm length	0.513
			Central height	0.462
			Stem diameter	0.424
	7~8	Ansanbyeo, Surabyeo, Odaebyeo, Juanbyeo	Culm length	0.781
			Breaking strength	-0.470
	5	Daeanbyeo	Culm length	0.678
			3rd internode length	0.457
	2~3	Daejinbyeo, Neapungbyeo, Nonganbyeo, Obongbyeo, Ipumbyeo	Stem diameter	0.334

정도와 농진청 품종특성표상의 품종별 내도복성을 살펴보면 (Table 6), 특성표상 화성벼가 중, 봉광벼 약, 동진벼 중, 추청벼 약으로 되어 있으나, 본 시험에서는 질소비비 수준에서 화성벼가 강, 봉광벼 강, 동진벼 강, 추청벼 중으로 나타나 년차간 내도복 특성이 다소 차이가 있었으며, 기타 품종들은 질소비비 수준에서 품종특성표상의 내도복성과 일치하였다. 그러나 질소 다비수준에서는 내도복성 정도를 품종특성표상 내도복성 정도와 비교해 보면, 품종특성표상 도복에 강한 품종은 오대벼 등 20품종, 중은 흑진주벼 등 8품종 그리고 약은 봉광벼 등 2품종으로 되어 있는데 비하여 질소 다비조건에서는 강한 품종이 오봉벼 등 5품종으로 15품종이 줄었으며, 중은 대안벼 등 14품종으로 6품종, 약은 흑진주벼 등 11품종으로 9품종이 증가되는 것으로 나타나 질소비료를 증비함으로써 품종간 차이가 있었으나 대부분의 품종들은 포장도복 저항성이 크게 낮아졌음을 알 수 있었다. 이와같은 결과로 볼때, 대농민 영농기술 지도시 품종특성표상의 도복저항성은 질소 보비수준에서만 적용하는 것이 바람직하며, 질소 과비 우려지역이나 도복상습지 등에는 질소다비 수준에서 검토된 품종별 도복저항성을 활용하는 것이 금후 도복발생 경감에 큰 도움이 될 것으로 판단되었다.

벼는 출수후 도복되는 시기가 빠르고 도복되는 정도가 클수

록 등숙비율과 립중의 저하로 수량의 감소폭이 크게 나타난다 (호남농시, 1996; 주 등, 2000). 도복정도에 따른 등숙비율, 현미천립중 및 쌀 수량은 Table 7, 8에서와 같이 품종별 질소수준에 따라 질소 다비시에는 도복이 심했던 흑진주벼, 진부벼, 봉광벼, 화진벼 등에서 등숙비율과 현미천립중이 현저히 낮아져 쌀수량이 크게 감소하는 경향을 보였다. 등숙비율은 질소수준간 도복정도가 비슷한 경우에도 보비보다 다비에서 현저히 저하되었으며 현미천립중도 감소되는 경향이였다.

쌀 수량은 이와같은 도복정도에 따른 등숙비율과 현미천립중의 영향으로 질소 보비에 대한 다비의 수량지수는 조생종인 흑진주벼, 진부벼, 오대벼, 오봉벼, 대진벼는 질소수준과 도복정도에 관계없이 수량지수가 5% 이내로서 쌀수량의 차이가 적었다. 이는 조생종의 출수기가 빨라 외부 도복요인인 폭우와 강풍에 대한 영향이 적었기 때문으로 생각된다. 그러나 중생종과 중만생종은 도복당시 생육단계 및 도복저항성 정도에 따라 쌀 수량이 크게 좌우되어 도복이 적었던 내풍벼, 농안벼, 대안벼, 일품벼 등을 제외한 기타품종은 다비시 도복이 증가되어 보비에 비해 다비시 수량차가 크게 나타났다.

이와같은 결과는 벼의 생육단계별로 완전도복의 경우 수량감수가 정상답에 비하여 유숙기 33%, 호숙기 28%, 황숙기 15% 정도이며, 도복피해는 유숙기>호숙기>황숙기 순으로 출

Table 6. Lodging degree as affected by nitrogen application rate.

Maturity	Varieties	Lodging character [†]	Lodging degree(0-9)							Lodging character [§] Sus.
			Normal N rate (110 kg/ha)			Lodging character [†]	Heavy N rate (220 kg/ha)			
			1999	2000	Mean		1999	2000	Mean	
Early maturing varieties	Heuginjubyeyo	Res.	3	9	6	Mod.	9	9	9	Sus.
	Jinbubyeyo	Res.	0	3	2	Res.	9	9	9	Sus.
	Odeabyeyo	Res.	0	3	2	Res.	5	4	4	Mod.
	Obongbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	1	2	1	Res.
	Daejinbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	1	3	2	Res.
Medium maturing varieties	Ansanbyeyo	Res.	0	3	2	Res.	5	8	6	Mod.
	Neapoongbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	3	3	3	Res.
	Junganbyeyo	Mod.	-	4	-	Mod.	-	9	-	Sus.
	Nonganbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	3	3	3	Res.
	Hwasunchalbyeyo	Res.	0	6	3	Res.	3	9	6	Mod.
	Gwanganbyeyo	Res.	0	2	1	Res.	3	9	6	Mod.
	Hwasungbyeyo	Mod.	0	4	2	Res.	7	9	8	Sus.
	Surabyeyo	Res.	0	0	0	Res.	3	8	5	Mod.
	Sinssunchalbyeyo	Mod.	0	6	3	Res.	5	9	6	Mod.
	Janganbyeyo	Res.	0	2	1	Res.	3	9	6	Mod.
	Anjungbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	3	9	6	Mor.
	Jinpumbyeyo	Res.	-	3	-	Res.	-	9	-	Sus.
	Bonggangbyeyo	Sus.	0	6	3	Res.	7	9	8	Sus.
	Seojinbyeyo	Res.	0	4	2	Res.	5	9	6	Mod.
	Juanbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	1	7	4	Mod.
	Ansungbyeyo	Res.	-	0	-	Res.	-	9	-	Sus.
	Seoanbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	5	9	6	Mod.
Hwajungbyeyo	Res.	0	4	2	Res.	5	9	6	Mod.	
Hwajinbyeyo	Mod.	0	8	4	Mod.	7	9	8	Sus.	
Mid-and late-maturing varieties	Daeanbyeyo	Res.	0	2	1	Res.	3	5	4	Mod.
	Hwameongbyeyo	Mod.	2	8	5	Mod.	7	9	8	Sus.
	Dongjinbyeyo	Mod.	0	6	3	Res.	5	9	6	Mod.
	Ilpumbyeyo	Res.	0	0	0	Res.	1	2	1	Res.
	Chucheongbyeyo	Sus.	0	8	4	Mod.	7	9	8	Sus.
	Saechucheongbyeyo	Mod.	-	7	-	Mod.	-	9	-	Sus.

*Presented data of Junganbyeyo, Ansungbyeyo, Jinpumbyeyo, Saechucheongbyeyo were results of one year experiment.

**Res. : Resistant(1-3), Mod. : Moderate(4-6), Sus. : Susceptable(7-9).

[†]Lodging character described at the time of variety registration.

[‡]Lodging character at normal nitrogen application rate.

[§]Lodging character at heavy nitrogen application rate.

수후 도복시기가 빠를수록 피해가 크다(이 등, 1991; 주 등, 2000)는 여러 연구결과 보고와 같은 경향이였다.

질소시비수준에 따른 품종별 포장도복 저항성 정도

질소시비 수준별 포장도복 저항성을 종합적으로 살펴보기 위하여 Table 9에 포장 도복정도를 나타냈다. 포장도복 정도는 질소 보비(ha당 110 kg) 시용시 도복저항성이 강한 품종은 25품종으로 조생종에서는 오봉벼 등 4품종, 중생종은 내품벼

등 18품종, 중만생종은 일품벼 등 3품종 이었으며, 중간정도인 품종은 5품종으로 조생종은 흑진주벼, 중생종은 화진벼, 중만생종은 추청벼 등 3품종으로 나타났다. 한편 질소시비량을 적정수준의 2배인 다비(ha당 220 kg) 조건에서는 도복저항성이 강한 품종으로 조생종은 오봉벼, 대진벼, 중생종은 내품벼, 농안벼, 중만생종은 일품벼 등 5품종으로 나타나 질소 보비(25 품종)에 비해 크게 줄었으며, 이들 품종들은 다른 품종에 비하여 내비성과 내도복성이 강한 품종으로 생각되었다. 보비수

Table 7. Ripened grain ratio and 1,000 grain weight as affected by nitrogen application rate.

Maturing	Varieties	Ripened grain ratio(%)				1,000 grain weight(g)			
		Normal N rate (110 kg/ha)		Heavy N rate (220 kg/ha)		Normal N rate (110 kg/ha)		Heavy N rate (220 kg/ha)	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Early maturing varieties	Heuginjubyeyo	82.4	73.2	78.2	65.8	20.1	18.5	18.6	16.5
	Jinbubyeyo	91.6	86.0	86.4	80.8	24.4	23.5	23.7	23.4
	Odeabyeyo	88.2	84.6	84.5	74.3	25.5	25.9	24.4	25.3
	Obongbyeyo	92.3	89.3	89.5	87.6	23.0	22.9	22.5	22.1
	Daejinbyeyo	89.8	84.8	87.6	80.9	22.9	23.9	21.4	23.2
Medium-maturing varieties	Ansanbyeyo	87.3	83.9	75.7	53.8	20.0	20.5	20.3	19.3
	Neapoongbyeyo	87.4	85.3	87.3	84.6	20.1	20.6	20.0	20.2
	Junganbyeyo	-	84.2	-	72.0	-	21.9	-	20.6
	Nonganbyeyo	80.0	78.1	79.7	73.9	18.3	18.7	18.3	18.1
	Hwasunchalbyeyo	86.6	86.5	85.2	72.2	21.2	21.4	20.3	19.7
	Gwanganbyeyo	91.6	83.8	87.3	64.4	22.8	21.9	21.7	21.8
	Hwasungbyeyo	93.0	86.1	89.8	67.6	21.4	21.9	20.7	20.6
	Surabyeyo	88.6	81.3	87.3	73.7	20.7	22.1	20.1	21.1
	Sinssunchalbyeyo	92.6	82.2	87.4	72.6	20.7	19.5	19.6	19.3
	Janganbyeyo	91.6	84.1	87.0	69.9	21.1	20.0	20.1	19.7
	Anjungbyeyo	89.5	82.1	87.0	70.1	22.5	23.0	21.4	21.8
	Jinpumbyeyo	-	86.9	-	70.9	-	22.5	-	21.2
	Bonggangbyeyo	91.1	84.4	87.9	70.1	22.0	22.1	21.0	20.2
	Seojinbyeyo	92.6	84.7	86.8	75.2	23.6	23.9	22.5	22.3
	Juanbyeyo	88.8	80.4	85.2	72.8	20.0	21.6	19.8	21.2
Ansungbyeyo	-	84.8	-	70.3	-	22.0	-	20.5	
Seoanbyeyo	89.8	85.1	86.0	65.3	22.2	21.1	21.3	20.4	
Hwajungbyeyo	90.3	80.5	84.1	73.6	22.7	22.6	21.6	20.6	
Hwajinbyeyo	88.7	80.1	83.3	66.6	20.3	20.1	19.2	19.4	
Mid-and latematuring varieties	Dacanbyeyo	87.2	83.7	86.0	78.5	22.4	22.4	22.7	20.3
	Hwameongbyeyo	84.2	75.4	84.5	64.2	20.5	20.7	20.9	20.5
	Dongjinbyeyo	92.6	78.8	89.0	62.2	23.0	23.8	22.9	22.1
	Ilpumbyeyo	85.3	79.8	85.1	73.3	22.3	22.8	22.9	21.7
	Chucheongbyeyo	91.5	77.9	87.6	62.9	22.0	21.8	21.3	20.3
	Saechucheongbyeyo	-	78.6	-	67.8	-	21.7	-	20.4

Table 8. Rice yield as affected by nitrogen application rate.

Maturing	Varieties	Milled rice yield(Mt./ha)						Index [†]
		Normal N rate (110 kg/ha)			Heavy N rate (220 kg/ha)			
		1999	2000	Mean	1999	2000	Mean	
Early maturing varieties	Heuginjubyeyo	3.67	2.95	3.31	3.17	3.11	3.14	95
	Jinbubyeyo	4.79	5.10	4.95	4.98	4.87	4.93	100
	Odeabyeyo	5.03	5.49	5.26	4.93	5.09	5.01	95
	Obongbyeyo	4.99	5.15	5.07	5.11	4.95	5.03	99
	Daejinbyeyo	5.24	5.45	5.35	5.46	5.42	5.44	102

Table 8. Continued

Maturing	Varieties	Milled rice yield(Mt./ha)						Index [†]	
		Normal N rate (110 kg/ha)			Heavy N rate (220 kg/ha)				
		1999	2000	Mean	1999	2000	Mean		
	Ansanbyeo	4.93	5.40	5.17	4.79	3.83	4.31	83	
	Neapoongbyeo	4.88	5.42	5.15	5.07	5.01	5.04	98	
	Junganbyeo	-	5.49	-	-	3.89	-	-	
	Nonganbyeo	4.72	4.71	4.72	4.94	4.55	4.75	101	
	Hwasunchalbyeo	4.76	4.87	4.82	5.19	3.88	4.54	94	
	Gwanganbyeo	5.11	5.34	5.23	5.50	3.81	4.66	89	
	Hwasungbyeo	4.97	5.12	5.05	5.04	3.73	4.39	87	
	Surabyeo	5.25	5.31	5.28	5.59	4.26	4.93	93	
Medium- maturing varieties	Sinssunchalbyeo	5.09	4.92	5.01	4.81	3.59	4.20	84	
	Janganbyeo	5.11	5.20	5.16	5.25	3.56	4.41	86	
	Anjungbyeo	5.09	5.37	5.23	5.36	3.34	4.35	83	
	Jinpumbyeo	-	5.42	-	-	3.64	-	-	
	Bonggangbyeo	4.94	4.95	4.95	4.82	3.31	4.07	82	
	Seojinbyeo	5.16	5.58	5.37	5.23	3.52	4.38	82	
	Juanbyeo	4.89	5.26	5.08	5.31	4.17	4.74	93	
	Ansungbyeo	-	5.27	-	-	3.06	-	-	
	Seoanbyeo	5.05	5.44	5.25	5.47	2.71	4.09	78	
	Hwajungbyeo	5.14	4.83	4.99	4.83	3.19	4.01	80	
	Hwajinbyeo	5.25	4.78	5.02	5.15	3.00	4.08	81	
	Mid-and latematur- ing varieties	Daeanbyeo	5.22	5.44	5.33	5.51	5.11	5.31	100
		Hwameongbyeo	5.23	4.67	4.95	5.21	3.80	4.51	91
Dongjinbyeo		5.11	5.20	5.16	5.01	3.50	4.26	83	
Ilpumbyeo		5.52	5.74	5.63	5.83	5.52	5.68	101	
Chucheongbyeo		5.03	5.00	5.02	5.07	3.49	4.28	85	
Saechucheongbyeo		-	5.18	-	-	3.78	-	-	

[†]Index of rice yield at heavy application rate compared to normal nitrogen application rate.

Table 9. Lodging resistance of rice varieties as affected by nitrogen application rates.

Nitrogen application rate	Lodging degree (0~9)	Early maturing varieties	Medium-maturing varieties	Mid- and late-maturing varieties
Normal N rate (110 kg/ha)	Resistant (1~3)	Obongbyeo(0), Daejinbyeo(0), Odaeyeo(2), Jinbubyeo(2)	Neapoongbyeo(0), Nonganbyeo(0), Juanbyeo(0), Surabyeo(0), Anjungbyeo(0), Seoanbyeo(0), Ansungbyeo(0), Gwanganbyeo(1), Janganbyeo(1), Ansanbyeo(2), Seojinbyeo(2), Hwajungbyeo(2), Hwaseongbyeo(2), Junganbyeo(2), Jinpumbyeo(2), Hwasunchalbyeo(3), Sinssunchalbyeo(3), Bonggang- byeo(3),	Ilpumbyeo(0), Daeanbyeo(1), Dongjinbyeo(3)
	Moderate (4~6)	Heuginjubyeo(6)	Hwajinbyeo(4)	Chucheongbyeo(4), Saechucheongbyeo(4), Hwameongbyeo(5)
Heavy N rate (220 kg/ha)	Resistant (1~3)	Obongbyeo(1) Daejinbyeo(2)	Neapoongbyeo(3), Nonganbyeo(3)	Ilpumbyeo(1)

Table 9. Continued

Nitrogen application rate	Lodging degree (0~9)	Early maturing varieties	Medium-maturing varieties	Mid- and late-maturing varieties
Heavy N rate (220 kg/ha)	Moderate (4~6)	Odaebyeo(4)	Juanbyeo(4), Surabyeo(5), Ansanbyeo(6), Hwasunchalbyeo(6), Gwanganbyeo(6), Janganbyeo(6), Seojinbyeo(6), Sinssunchalbyeo(6), Anjungbyeo(6), Seoanbyeo(6), Hwajungbyeo(6)	Daeanbyeo(4), Dongjinbyeo(6)
	Susceptible (7~9)	Heugjinjubyeo(9), Jinbubyeo(9)	Bonggangbyeo(8), Hwajinbyeo(8), Hwaseongbyeo(8), Ansongbyeo(9), Junganbyeo(9), Jinpumbyeo(9)	Chucheongbyeo(8), Hwamyongbyeo(8), Saechucheongbyeo(9)

* Presented data for Junganbyeo, Ansongbyeo, Jinpumbyeo, Saechucheongbyeo were results of one year experiment.

** Split application rate of nitrogen(basal dressing-tillering stage-panicle initiation stage) : 50-30-20%

준에서 강한 도복저항성을 보인 품종 중에서도 다비시 저항성이 약화되어 중간정도의 저항성을 나타낸 품종은 오대벼 등 14품종, 약해진 품종은 진부벼 등 11품종으로 나타나 다비시 도복정도가 증가하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼때, 중부지역 벼 주요 장려품종 중 다비에서도 도복저항성이 강한 품종은 오봉벼, 대진벼, 내풍벼, 농안벼, 일품벼 등 5품종으로 도복 발생 상습지역이나 질소 과비 우려지역에서는 이와같은 내비성과 도복저항성이 강한 5품종을 선택하여 재배함으로써 도복발생을 경감하여 쌀의 지속적 안정생산이 가능할 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 쌀의 지속적 안정생산을 위한 기상재해 경감기술 개발의 일환으로 중부지역 벼 주요 장려품종의 포장 도복저항성 정도를 질소 소비와 다비 조건에서 검토하여 도복발생 상습지역이나 질소과비 우려지역에서 벼 재배시 내도복성 품종의 선택 기준자료로 활용코자 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 질소다비시 도복저항성이 강한 품종은 오봉벼, 대진벼, 내풍벼, 농안벼, 일품벼의 5품종, 중 정도인 품종은 대안벼 등 14품종, 약한 품종은 진부벼 등 11품종이었다.
2. 질소다비시 도복정도별 직접효과가 큰 형질은 도복정도가 9로 심했던 품종은 간장과 중심고, 도복정도 5에서는 간장, 도복정도 3이하로 도복에 강했던 품종은 간장, 제3절간으로 나

타났다.

3. 쌀 수량은 질소비비에 대한 다비의 수량지수로 볼 때 조생종은 수량차가 5% 이내로 적었으나, 중생종 및 중만생종은 도복시기 및 도복저항성 정도에 따라 수량차가 크게 나타났다.

4. 이상에서와 같이 우리나라 중부지역 적용 벼 주요 장려 품종 중 도복저항성이 강한 품종을 도복발생 상습지역이나 질소 과비 우려지역에 재배함으로써 도복발생을 경감하여 쌀의 지속적 안정생산이 가능할 것으로 판단되었다.

인용문헌

호남농업시험장, 1996. 벼의 기상재해와 대책. pp.160-173.
 임준택, 이홍재, 조광석, 송동석. 1992. 벼 도복에 관여하는 형질 분석. 한작지. 37(1) : 78-85.
 주영철, 임갑준, 한상욱, 박중수, 조영철, 김순재. 2000. 1999년에 발생한 기상재해 유형별 벼 수량반응조사 연구. 한국농림기상학회지 2(1) : 1-8.
 김진도, 장재기, 손재근, 최 정. 2000. 벼 도복관련형질의 유전분석. 한육지 32(2) : 194-198.
 경기도농업기술원. 1999. 집중호우에 따른 농작물 수해대책 추진. 4p.
 경기도농업기술원. 2000. 2001 새해영농설계 교관교육 교재. pp.291-300.
 이문희, 오윤진, 박래경. 1991. 벼도복 발생요인과 피해경감 대책. 한작지(기상재해연구 II) : 383-393.
 농촌진흥청. 1993. 농가 시비실태 조사연구 보고서. 17p.
 농촌진흥청. 1998. '98 벼 농사재해대책 종합보고서.
 大川泰一郎, 石原邦. 1992. 水稻の耐倒伏性に關與する稈の物理的性質の品種間差異. 日作記. 61(3) : 419-425.