

1999년에 발생한 기상재해 유형별 벼 수량반응조사 연구

주영철 · 임갑준 · 한상욱 · 박종수 · 조영철 · 김순재

경기도 농업기술원
(2000년 1월 10일 접수)

Yield Response of Rice Affected by Adverse Weather Conditions Occurred in 1999

Young-Cheoul Ju, Gab-June Lim, Sang-Wook Han, Jung-Soo Park,
Young-Cheol Cho and Soon-Jae Kim

Kyonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-970, Korea.
(Manuscript received 10 January 2000)

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate weather conditions which induced discolored grains and viviparous germination, and to evaluate yield responses following viviparous germination during mid- and late- ripening stage, the submergence during reproductive growth stage, and lodging in the yellow ripe stage. Weather conditions which caused glume discoloration at heading stage were 21.3-26.4°C in average temperature, 75.2-98.4% in relative humidity, 19.3 in transpiration coefficient and 10.8-13.8 m/sec. in wind speed. Yield reduction was 26-27% and 10~17%, respectively, when the glume discoloration rates were 63.2-65.7% and 38.3-45.2%, obviously due to the decrease in percent of fertile grain and ripening ratio. Weather conditions during continuous rain for 7 days were 96% in relative humidity, 18.9°C in average temperature, 21.9°C in maximum temperature, and 16.8°C in minimum temperature, causing the most viviparous germination in Juanbyeon(45.5%), followed by Jinbubyon(14.5%), Bongkwangbyeon(14.2%), and Obongbyeon(12.6%). Lateral tillers started to occur when the submergence at the depth of 1.5-2 m lasted one day during the reproductive growth stage. The submergence for 2-3 days at 3-4 m of water depth induced 269-571 lateral tillers/m², supporting 32-52% of the total yield. The rice yield in the paddy fields which were left under the lodging conditions until harvesting was not different compared to that of the paddy fields which were kept upright by tying them together after lodging, but perfect grain ratio decreased about 9.1% in the transplanting culture and 12.5% in the direct seeding culture on dry paddy field because of the increase in immature grains.

Key words : Rice, Viviparous germination, Lodging, Glume discoloration, Weather

I. 서 언

벼는 세계적으로 100여개 나라에서 재배되며 지리적으로는 북위 53°에서 남위 40°에 걸쳐 분포되고 있다 (IRRI, 1983; IRRI, 1987). 특히 해발 2000 m부터 수심 5 m나 되는 지역까지 자라는 식물로서 재배환경

이 어느 식물보다 다양하고 광범위하다. 비록 벼가 이와같이 다양한 입지환경 조건하에서 생육이 가능하지만 품종 생태형별로 생육에 필요한 적당한 환경범위가 있어 이 환경범위를 벗어나게 되면 생육에 직·간접적으로 크게 영향을 받게 된다.

최근 우리나라의 기상은 엘니뇨, 라니냐 현상으로 국

지적인 폭우와 태풍 등으로 모든 작물에서 기상재해 피해가 급증하고 있다. 수도권에 있어 1982년도부터 최근까지 엘니뇨현상이 5회 발생하여 평년대비 쌀수량이 3회 걸쳐 감소되었다고 보고되고 있다(농촌진흥청, 1999). 1999년 7월 31일부터 8월 3일까지 경기북부 일부 지역에서 700 mm이상의 집중호우로 22,426 ha의 벼가 침관수되어 수량감소에 주요인이 되었고, 1999년 8월 3일 태풍 Olga의 영향으로 경기도에서 출수기 전후의 발육단계에 있는 벼에서 약간의 백수현상과 영화의 변색립현상이 3,146 ha 발생하였으며(경기도농업기술원, 1999), 전라남도 일부 해안지역에서 조풍피해가 25,667 ha 발생되었다(농촌진흥청, 1999). 1999년 9월 17일에서 9월 21일에 태풍 Ann으로 인하여 전국적으로 19,580 ha의 도복 피해를 받았고 또한 9월 18일부터 9월 24일까지 연속강우로 인하여 수발아현상이 일어났으며, 1999년 9월 22일에서 24일까지 태풍 Bart의 영향으로 전국적으로 5,538 ha의 수확직전인 벼가 쓰러졌다.

따라서 본 연구는 영화의 변색립과 수발아를 유발시킨 기상환경을 구명하고 출수기의 변색립, 등숙 중·후기의 수발아, 생식생장기의 침관수, 황숙기의 도복에 따른 수량반응을 구명하기 위하여 피해를 받은 농가 포장 및 경기도농업기술원 답작포장에서 조사한 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

2.1. 영화의 변색립

연구에 활용된 기상자료는 수원기상대에서 관측한 자료를 분석하였으며 변색립은 화성, 평택, 안성 지역에서 8월 10일에 달관으로 변색정도가 甚, 中, 小인 포장을 선정하여 8월 20일에 변색율과 입실비율을 조사하였고 수확기에 수량구성요소 및 수량을 농촌진흥청 조사기준으로 조사하였다.

2.2. 수발아

1999년 9월 18일부터 9월 24일까지의 기상자료는 경기도농업기술원 기상관측소에서 관측된 자료를 활용하였으며 수발아율은 경기도농업기술원 답작포장의 보통기 보비로 재배된 장려품종선발시험 포장에서 품종별 5이삭을 9월 27일에 채취하여 농촌진흥청 조사기준으로 조사하였다.

2.3. 침관수

연천과 파주 지역에서 침관수후에 관수깊이와 관수일수를 농가청취로 조사하였으며 겉가지 발생수와 수량구성요소 및 수량은 수확기에 농촌진흥청 조사기준으로 조사하였으며, 9월 1일부터 10월 15일까지의 겉가지이삭 등숙기간중의 기온은 연천과 파주농업기술센터 기상관측소에서 관측한 자료를 활용하였다.

2.4. 도복

태풍 Bart로 인한 도복은 경기도농업기술원 답작 시험포장에서 완전도복된 중묘기계이양답과 건답직파답을 선정하여 9월 27일 일으며 세운처리구와 방치처리구를 3반복으로 처리하여 수확기에 수량구성요소 및 수량과 현미품위비율을 농촌진흥청 조사기준으로 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 출수기 태풍시 변색립 발생에 따른 수량반응

1999년 8월 3일 태풍 Olga의 영향으로 벼 생육단계가 출수기에 해당되는 대진벼, 오대벼, 신석벼에서 변색립이 발생하였고, 발생지역은 주로 경기도의 서부해안지역 중심으로 3,146 ha에서 발생하였다. 1999년 8월 3일 태풍 Olga가 통과할 때의 기상을 보면(Fig.1) 풍속은 20-23시에 10.9-13.8 m/sec로 8월 3일중 가장 강하게 불었고, 이 때의 평균기온은 21.3-26.4°C로서 주간온도보다 높았고, 상대습도는 75.2-98.4%로 주간보다 약간 낮게 경과되었으며, 증발계수는 19.3으로 주간보다 상당히 높게 경과되었다. 백수현상은 1986년 8월 28일 태풍 Vera 통과시 발생되었는데 이때의 기상은 평균기온은 21.2-24.6°C, 상대습도는 80%이하, 풍속은 초당 3-5 m, 증발계수는 100이었다고 보고되었는데(농촌진흥청, 1986), 태풍 Olga 통과시는 상대습도가 높고 증발계수가 낮아 백수현상이 유발되지 않는 기상조건이었으나, 풍속이 강하여 영화가 변색될 수 있는 기상조건이었다. 벼 출수기의 영화는 생리적으로는 완전한 벼알의 형태는 갖추고 있으나 물리적으로는 구조가 약한 시기이므로 이 시기에 풍속이 강한 바람을 맞았을 경우 어린 영화간 기계적인 마찰로 벼알이 변색된다(농촌진흥청, 1986).

변색립 발생에 따른 입실비율 감소와 수량반응률 조

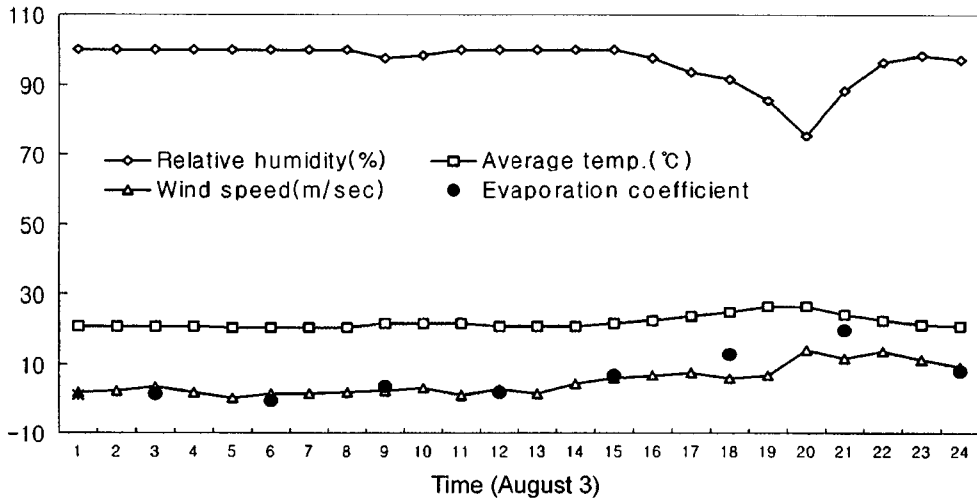


Fig. 1. Weather conditions of August 3, 1999 under the influence of typhoon “Olga”.

사하기 위하여 화성, 평택, 안성 지역에서 8월 10일에 달관으로 변색정도가 甚, 中, 小인 포장을 선정하여, 8월 20일에 변색립율 및 임실비율을 조사한 결과(Table 1) 변색립율이 甚한 포장에서는 63.2-65.7%, 中인 포장에서는 38.3-45.2%, 적은 포장에서는 9.0-11.4%가 발생되었고, 임실비율은 변색립율이 甚, 中, 小인 포장에서 각각 72.0-73.8%, 77.6-78.8%, 82.6-86.7%로 정상답에 비하여 각각 18.8-19.3%, 13.7-13.8%, 6.1-8.7%로 낮았다.

등숙비율은 임실비율이 감소함에 따라서 낮아졌는데 정상답에 비하여 변색립율이 甚한 포장은 18.0-

21.3%, 中인 포장은 12.7-14.2% 감소되었고, 현미천립중은 변색립율이 甚한 포장에서만 다소 가벼웠다. 수량은 정상답에 비하여 변색립율이 甚한 포장에서는 26-27%, 中인 포장은 10-17%, 적은 포장은 4-10% 감소되었는데, 이는 변색립율이 높을수록 임실비율이 저하되고 그 결과 등숙비율이 감소한 것으로 판단되었다.

3.2. 등숙 중 · 후기 연속 강우에 의한 수발아 발생

등숙 중 · 후기에 수발아가 발생되면 쌀의 품위가 저하되는 동시에 수량을 감소시킨다. 1998년도에 경남,

Table 1. Yield and yield components according to the degree of glume discoloration caused by typhoon during the heading stage

Location	Degree of discoloration	Discolored rate of glume (%)	Fertile grain (%)	Ripened grain (%)	1000-grain wt. of hulled rice (g)	Rice yield (ton/ha)	Yield reduction (%)
Hwasung	High	63.2	72.0	70.8	19.0	4.02	26
	Medium	45.2	77.6	75.9	20.0	4.51	17
	Low	9.3	82.6	82.1	20.5	5.18	5
	Normal	-	91.3	89.6	20.5	5.45	-
Ansung	High	65.7	73.8	69.4	20.2	3.82	27
	Medium	38.4	78.8	76.5	21.4	4.66	11
	Low	11.4	85.2	83.2	21.9	4.71	10
	Normal	-	92.6	90.7	21.7	5.24	-
Pyung-taek	Medium	38.3	78.8	77.6	21.3	4.70	10
	Low	9.0	86.7	85.3	21.4	5.00	4
	Normal	-	92.8	90.3	21.4	5.23	-

전남 지역에서 등숙후기에 도복으로 인하여 재배면적의 8%에서 수발아가 발생하여 미질이 나빠져 수매등급기준 등외품이 총생산의 2%를 차지한다고 보고되었다(농림부, 1998).

1999년 9월 18일부터 9월 24일까지 7일간 연속강우로 경기도농업기술원 답작 시험포장에서 수발아현상이 일어났는데, 이 때의 기상을 경기도농업기술원 기상관측소에서 관측된 자료를 보면 (Fig. 2) 7일간의 총강수량은 429.4 mm, 평균상대습도는 96%이상이었으며, 평균, 최고, 최저기온은 각각 18.9°C, 21.9°C, 16.8°C이었다. 9월 27일에 품종별 수발아율을 조사한 결과(Table 2) 주안벼 45.5%, 진부벼 14.5%, 봉광벼 14.2%, 오봉벼 12.6%가 수발아되어 수발아율이 높은 품종이었고, 안다벼, 농안벼, 일품벼, 추청벼, 다산벼, 동진벼, 흑진주벼는 전혀 수발아가 발생되지 않아 수발아율이 낮은 품종이었다.

3.3. 생식생장기 관수깊이 및 기간에 따른 발생 결가지의 수량보상효과

1999년 7월 31일부터 8월 3일까지 연천, 파주 등 경기 북부지역에 700 m 이상의 집중호우로 침관수 피해면적이 22,426 ha이었는데, 벼 생육단계는 조생종은 출수기-유숙기, 중생종은 수잉기, 중만생종은 유수형성기 후기 상태이었다. 벼 관수에 따른 생육단계별 피해 정도는 관수시 수질과 관수된 기간에 따라서 차이가 있으나 출수기>감수분열기>유수형성기>분얼기>등숙기 순으로 피해가 크다고 알려져 있다(김 등 1986, 오 등 1991, 손 등 1984).

관수깊이와 관수기간에 따른 결가지 발생양상과 결가지의 수량보상 정도를 조사하기 위하여 관수피해가 심한 연천, 파주지역에서 조사한 결과(Table 3) 연천에서는 관수시 벼 생육단계는 출수전 8-10일로서 수잉기였고 수질은 탁수이었다. m²당 결가지수는 2 m 수심

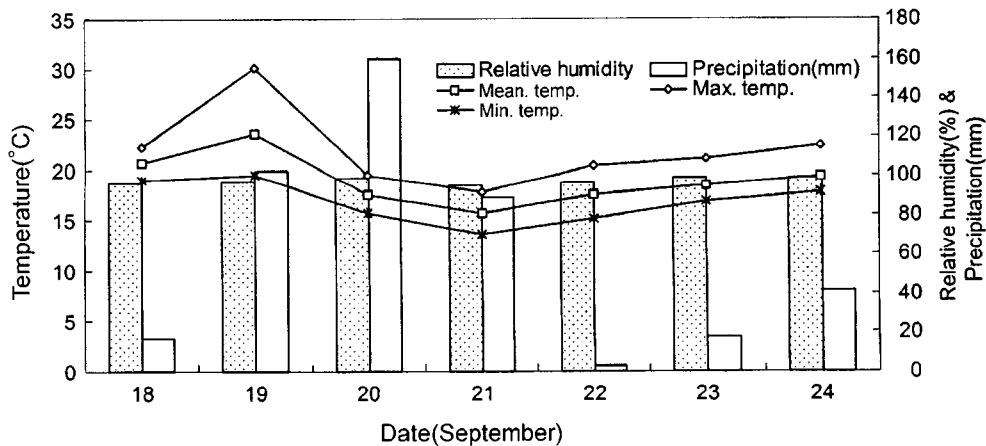


Fig. 2. Weather conditions from Sept. 18, to Sept. 24, 1999 in Hwasung, Kyonggido.

Table 2. Viviparous germination rate caused by continuous rain during mid- and late-maturing stage

Varieties	Viviparous germination (%)	Varieties	Viviparous germination (%)	Varieties	Viviparous germination (%)	Varieties	Viviparous germination (%)
Andabyeo	0.0	Kwanganbyeo	0.4	Daejinbyeo	2.0	Hwasunchalbyeo	8.4
Dasanbyeo	0.0	Janganbyeo	0.8	Sinsunchalbyeo	2.0	Seoanbyeo	9.5
Nonganbyeo	0.0	Hwamyongbyeo	0.8	Hwasungbyeo	2.5	Odaebyeo	9.9
Ilpoombyeo	0.0	Hwajungbyeo	0.8	Soorabyeo	3.0	Obongbyeo	12.6
Chuchungbyeo	0.0	Daeanbyeo	0.9	Naepoongbyeo	3.3	Bongkwagbyeo	14.2
Dongjinbyeo	0.0	Seojinbyeo	1.1	Anjungbyeo	3.7	Jinbubyeo	14.5
Heukjinjubyeo	0.0	Hwajinbyeo	1.2	Ansanbyeo	7.4	Juanbyeo	45.5

Table 3. Effects of submergence during the reproductive growth stage on the occurrence of lateral branches and yield

Location	Days of submergence	Flooding depth (m)	Varieties	Origin of panicle	No. of panicles/m ²	No. of grains/panicle	Ripened grain (%)	1000-grain wt. of hulled rice (g)	Rice yield (ton/ha)
Yeonchun (turbid water) ¹⁾	1	2	Bongkwangbyeo	Main stem(A)	326	77	91.0	21.0	4.48
				Lateral branch(B)	67	33	90.2	17.6	0.28
				A+B	393	-	-	-	4.76
				B/A(%)	17.0	-	-	-	5.9
	2	4	Bongkwangbyeo	Main stem(A)	195	68	79.4	20.5	2.48
				Lateral branch(B)	378	32	65.7	20.0	1.17
				A+B	574	-	-	-	3.65
				B/A(%)	65.9	-	-	-	32.1
	3	15	Hwasungbyeo	Main stem(A)	0	0	0	0	0
				Lateral branch(B)	326	35	81.2	21.7	1.75
				A+B	326	-	-	-	1.75
				B/A(%)	100	-	-	-	1.75
Paju (turbid water)	1	1.5	Chuchungbyeo	Main stem(A)	324	74	89.0	19.7	3.55
				Lateral branch(B)	80	55	89.8	18.8	1.00
				A+B	404	-	-	-	4.55
				B/A(%)	19.8	-	-	-	22.0
	2	3	Daeanbyeo	Main stem(A)	138	76	86.2	18.3	1.93
				Lateral branch(B)	269	44	85.3	17.8	2.05
				A+B	406	-	-	-	3.98
				B/A(%)	66.3	-	-	-	51.5
	3	4	Seoanbyeo	Main stem(A)	113	44	82.9	21.5	1.31
				Lateral branch(B)	571	26	72.8	18.0	0.86
				A+B	684	-	-	-	2.17
				B/A(%)	83.5	-	-	-	39.6

¹⁾Water quality during submergence.

1일간 관수는 67개, 4m 수심 2일간 관수는 378개, 15m 수심 3일간 관수는 정상이삭은 완전고사되었고 곁가지는 326개가 발생하였으며 ha당 곁가지 수량은 각각 0.28톤, 1.17톤, 1.75톤 얻을 수 있었다. 곁가지의 수당입수는 32-35개로 정상이삭 수당입수의 50% 수준이었으며, 현미천립중은 정상이삭에 비하여 다소 가벼운 경향이었다. 9월 1일부터 10월 15일까지의 곁가지이삭 등숙기간중의 평균기온은 20.1°C로서 완전등숙 한계온도 22°C(작물시험장, 1994)보다 1.9°C 낮게 경과되어 등숙비율은 65.7-90.2%로 나타났다.

파주 지역에서는 관수시 벼 생육단계는 서안벼는 출수 10일전으로 수잉기이었고, 대안벼와 추청벼는 출수 12-18일전로서 유수형성기 후기 단계이었으며 수질은 탁수이었다. m²당 곁가지수는 1.5m 수심 1일간 관수는 80개, 3m 수심 2일간 관수는 269개, 4m 수심 3일간 관수는 571개 발생하였고 ha당 곁가지 수량은 각각 1톤, 2.05톤, 0.86톤을 얻을 수 있었다. 곁가지의 수당입수는 26-55개로 정상이삭의 50%이상 수준이었으며, 현미천립중은 정상이삭에 비하여 다소 가벼운 경향이었다. 9월 1일부터 10월 15일까지의 곁가지이삭 등숙기간중의 평균기온은 19.1°C로서 완전등숙 한계온도 22°C(작물시험장, 1994)보다 2.9°C 낮게 경과되어 등숙비율은 72.8-89.8%로 1-2일간 관수는 정상이삭과 대차없었으나 3일 관수는 다소 낮아졌다.

연천, 파주 두 지역에서 조사된 결과를 종합하여 보면 생식생장기에 1.5-2m 수심에 1일간 관수되어도 곁가지가 발생되었으며, 3-4m 수심에 2-3일간 관수는 곁가지가 269-571개 발생되어 총이삭 대비 65.7-83.5% 차지하였고, ha당 곁가지 수량이 0.86-2.05톤으로 전체 수량에 32.1-51.5% 정도 기여하였다. 곁가지의 수당입수는 26-55개로 정상이삭의 50%수준이었으며 등숙비율은 65.7-90.2%, 현미천립중은 2-3일간 관수에서 다소 가벼운 경향이었다. 농촌진흥청(1998)은 추청벼에서 출수전 15-20일에 관수되었을 때 m²당 곁가지 발생은 2일간 관수는 212개, 4일간 관수는 695개 발생하여 ha당 각각 0.05톤, 0.32톤의 수량을 얻을 수 있다고 하였는데, 본 조사와는 관수일수별 곁가지 발생수는 대차 없었으나 본 조사에서 곁가지의 수량보상 효과가 큰 것은 관수시의 도체 영양상태, 관수깊이, 수온 등 관수되었을 때의 환경요건 및 등숙기간중 기상 차이인 것으로 생각된다.

3.4. 황숙기 도복벼 세움 및 방치시 수량반응

1999년 9월 17일에서 9월 21일까지 도래한 태풍 Ann에 의해서 전국적으로 19,580 ha의 벼가 도복피해를 받았는데 반도복과 완전도복의 비율은 각각 50.3%와 49.7%로 비슷한 비율을 나타내었고, 1999년 9월 22일에서 24일까지 도래한 태풍 Bart는 전국적으로 5,538 ha의 벼를 쓰러지게 하였으며 완전 도복면적이 약 66.3%로 반도복 면적보다 많았으며, 경기도에서도 태풍 Ann의 영향으로 4,269 ha의 벼가 도복이 되었다(조정환 등, 1999)

태풍 Ann과 Bart가 도래한 9월 하순경은 조생종은 수확기, 중생 및 중만생종은 황숙기에 해당되므로 이 시기에 완전도복이 일어날 경우 재배농가에서는 방치할 것인지 또는 일으켜 세워야 하는가를 망설이게 된다. 도복된 벼를 방치할 경우 수발아로 수량감소와 더불어 미질이 저하되며 콤팩인 수확시 정조 손실량이 ha당 무도복 0.103톤에 비하여 4.7배 많으며 콤팩인 작업시간도 무도복 ha당 4.3시간에 비하여 완전도복시 1.8배가 소요된다고 하였다(농촌진흥청, 1998). 따라서 황숙기에 도복시 방치한 것과 일으켜 세운 것에 대하여 수량반응을 조사하기 위하여 경기도농업기술원 답작포장에서 중묘기계이앙답과 건답직파답에서 조사한 결과는 다음과 같다(Table 4).

조사답의 벼 품종은 화명벼, 도복시기는 출수 28-29일후로 황숙기이었으며, 수발아를 방지하기 위하여 도복직후에 완전 배수하였고 도복된 벼를 일으켜 세운시기는 도복 3일후이었다. 중묘기계이앙답에서 처리간의 수량은 ha당 무도복 58.6톤에 비하여 도복후 세움처리는 93%, 방치처리는 90% 수준의 수량을 얻을 수 있었으며 두 처리간에는 세움처리에서 다소 많았으나 큰 차이라고 볼 수 없었다. 건답직파답에서는 수량은 ha당 무도복 54.6톤에 비하여 도복후 세움처리와 방치처리 모두 90% 수준의 수량을 나타내었고 두 처리간에는 수량이 같았다. 등숙비율 및 현미천립중은 무도복에 비하여 도복후 세움과 방치처리는 다소 저하되었으나 세움과 방치처리간에는 큰 차가 없었다. 그러나 현미품위는 두 재배양식 모두 무도복에 비하여 세움과 방치처리는 미숙립이 증가로 완전미비율이 낮아졌는데 특히 미숙립의 경우 세움처리는 중묘기계이앙답 6.7%, 건답직파 5.9%에 비하여 방치처리는 16.3%, 17.7%로 많아 완전미비율이 세움처리에 비하여 각각 9.1%, 12.5

Table 4. Yield response when rice plants¹⁾ were kept under lodging conditions or kept upright after lodging

Cropping patterns	Classification	Rice yield (ton/ha)	Ripened grain (%)	1000-grain wt. of hulled rice(g)	Quality of hulled rice(%)		
					Perfect kernel	Immature kernel	Immature opaque kernel
Transplanting	No lodging	5.86 (100)	88.2	22.6	94.6	3.3	2.1
	Kept upright after lodging ²⁾	5.42 (93)	83.8	21.5	89.9	6.7	3.4
	Left under lodging condition	5.24(90)	82.6	20.7	80.8	16.3	2.9
Direct seeding on dry paddy	No lodging	5.46 (100)	86.7	21.2	93.9	3.0	3.1
	Kept upright after lodging ²⁾	5.04 (93)	83.3	20.2	92.0	5.9	2.1
	Left under lodging condition	5.04 (93)	82.7	19.1	79.5	17.7	2.9

¹⁾Tested variety was Hwamyeongbyeo.

²⁾Lodging occurred 29 and 28 days after heading, respectively, in the transplanting culture and in the direct seeding culture on dry paddy surface.

% 낮았다. 따라서 황숙기에 도복이 발생 할 경우 도복후 방치와 세움처리간에 수량 및 현미품위 반응을 두 재배양식간 종합하면 수량은 일으켜 세워드 방치와 비슷한 수준이었고, 현미의 완전미율은 일으켜 세울 경우 방치보다 훨씬 높았다.

수시는 m²당 269-571개 발생하여 전체수량에 32-52% 기여하였다. 벼 황숙기 도복시 일으켜 세움과 방치시 수량 차는 대차없었으나 방치시 미숙립 증가로 완전미비율이 세움에 비하여 중묘기계이양답은 9.1%, 건답직파답은 12.5% 낮아졌다.

IV. 적 요

인용문헌

본 연구는 변색립, 수발아를 유발시킨 기상환경을 구명하고 출수기의 변색립, 등숙 중·후기의 수발아, 생식생장기의 칩관수, 황숙기의 도복에 따른 수량반응을 구명하기 위하여 피해를 받은 농가 포장 및 경기 도농업기술원 포장에서 조사한 결과는 다음과 같다.

벼 출수시기에 영화변색 발생시의 기상조건은 평균 기온은 21.3-26.4°C, 상대습도는 75.2-98.4%, 증발계수는 19.3, 풍속은 10.8-13.8 m/sec.이였으며, 영화변색 비율이 63.2-65.7%, 38.3-45.2%일 때 임실비율과 등숙비율 저하로 수량이 각각 26-27%, 10-17% 감소하였다. 벼 등숙 중·후기에 포장에서 연속강우에 의한 수발아 발생 기상조건은 7일간 연속강우로 상대습도가 96% 이상이였고 7일간의 평균기온은 18.9°C, 최고기온은 21.9°C, 최저기온은 16.8°C이였으며, 수발아율이 높은 품종은 주안벼(45.5%), 진부벼(14.5%), 봉광벼(14.2%), 오봉벼(12.6%) 등 이었다.

벼 생식생장기 관수시 결가지는 1.5-2 m 수심에 1 일간 관수부터 발생하였고, 3-4 m 수심에 2-3일간 관

경기도농업기술원, 1999: 집중호우에 따른 농작물 수해대책 추진. 4pp.
 김일수, 김영신, 배현석, 1986: 수도 생육 Stage별 관수처리가 생육 및 수량구성요소에 미치는 영향. 전남농업기술연구, 1 : 49-39.
 농림부, 1998: 올해의 쌀 생산(보도자료).
 농촌진흥청, 1999: 주요 농작물 기상재해 경감기술. 10pp.
 농촌진흥청, 1999: '98농업과학기술 연구개발결과 농촌지도사업 활용자료. 71pp.
 농촌진흥청, 1999: '98농업과학기술 연구개발결과 농촌지도사업 활용자료. 74pp.
 농촌진흥청, 1999: '99농촌진흥사업 종합보고자료. 229pp.
 농촌진흥청, 1986: 한국의 농업기후특징과 수도기상재해 대책. 163pp.
 손양, 김순철, 이수관, 1984: 수도 주요생육시기별 관수가 생육 및 수량에 미치는 영향. 영남작물시험장 시험연구보고서(수도.식물환경연구): 321-331.
 오세현, 김현호, 김창영, 최병준, 문창식, 노태홍, 1991: 벼 생식생장기 관수피해와 재생양상연구.농시논문집(수도). 33(1): 51-61.
 작물시험장, 1994: 벼의 냉해생리학. 229pp.
 조정환, 이정택, 심문교, 윤성호, 황규홍, 전태웅, 1999: 태풍에 의한 벼 도복현황과 관개수심에 따른 도복정도,

- 한국농림기상학회('99 가을학술발표회), 29pp.
- IRRI, 1983: Potential productivity of field crops under different environments. Int. Rice Res. Inst, Los Banos, Philippines. 526pp.
- IRRI, 1987: Weather and rice. Int. Rice Res. Inst, Los Banos, Philippines. 323pp.