

## 침수피해에 의한 벼 감수량 추정기법 개발

### Development of Estimation Technique for Rice Yield Reduction by Inundation Damage

박종민\* · 김상민\*\*\* · 성충현\*\*\* · 박승우\*\*\*\*

Park, Jong Min · Kim, Sang Min · Seong, Chung Hyun · Park, Seung Woo

#### Abstract

The amount of rice yield reduction due to inundation should be estimated to analyse economic efficiency of the farmland drainage improvement projects because those projects are generally promoted to mitigate flood inundation damage to rice in Korea. Estimation of rice yield reduction will also provide information on the flood risk performance to farmers. This study presented the relationships between inundated durations and rice yield reduction rates for different rice growth stages from the observed data collected from 1966 to 2000 in Korea, and developed the rice yield reduction estimation model (RYREM). RYREM was applied to the test watershed for estimating the rice yield reduction rates and the amount of expected average annual rice yield reduction by the rainfalls with 48 hours duration, 10, 20, 50, 100, 200 years return periods.

*Keywords* : inundation, rice yield reduction, drainage improvement, RYREM

#### I. 서 론

우리 나라의 농경지 배수개선대책은 주로 벼의 침수피해를 예방하기 위하여 수립하므로 대책의 경제성 분석을 위해서는 사업시행 전후의 침수분석을 실시하여 벼의 침수피해 감수량을 추정하는 것이

중요하다. 감수량 추정치는 벼농사를 하는 농가에 게는 수해에 의한 경영위기 관리에 필요한 정보가 될 수 있다.

벼는 관수 상태에서는 산소부족 현상으로 호흡기질의 소모가 많아지며 호흡 능률이 낮은 혐기호흡을 하게 되는데, 전분과 다당류 등 탄수화물은 일차적으로 호흡기질로 사용하고 관수기간이 길어지면 단백질질을 아미노산과 유기산으로 분해하여 2차 호흡기질로 소비함으로써 원형질이 파괴되어 식물체가 고사한다. 벼의 침수피해 정도는 벼의 생육시기, 품종, 침수시간, 물의 청탁, 수온, 재배방법, 배관리, 퇴수후의 일기 등에 따라 큰 차이가 있

\* 농림부 농촌개발국 농촌용수과  
\*\* 서울대학교 농업생명과학연구원, 선임연구원  
\*\*\* 동부엔지니어링 수자원환경부  
\*\*\*\* 서울대학교 농업생명과학대학  
\*\*a Corresponding author. Tel.: +82-2-880-4591  
Fax: +82-2-873-8725  
E-mail address: smkim97@plazal.snu.ac.kr

다.<sup>1),2),5),6),7)</sup>

벼의 침수피해 추정과 관련된 연구는 일본에서는 1901년 요시가와(吉川)가 조사 보고한 이래 많은 학자들에 의하여 조사 연구되어 왔다. 우리나라는 김유섭 등(1970)<sup>5)</sup>이 1966년부터 2년간에 걸쳐 전남 농촌진흥원 답작 포장에서 농립6호를 대상으로 관수의 정도가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향에 관한 조사를 실시한 이래 여러 연구원에 의해 벼 침수피해 추정과 관련된 연구가 이루어졌다. 그러나 우리나라에서 조사·연구된 벼 침수피해 관련 연구결과는 태풍 또는 집중호우시 현장에서의 벼의 침수피해 조사결과를 단편적으로 분석한 것이 대부분이다. 김천환 등(1982)<sup>4)</sup>과 손양 등(1987)<sup>7)</sup> 일부 연구자가 기존의 자료를 종합하여 분석한 실적은 있지만, 김천환 등(1982)의 연구결과는 일부 일본 자료를 이용하여 분석하였기 때문에 우리나라 벼의 침수피해 특성을 반영한다고 보기 어려우며, 손양 등(1987)<sup>7)</sup>은 1983년부터 1986년까지 4년간 영남작물시험장에서 벼 품종별, 생육기별 관수가 수량에 미치는 영향을 시험한 결과를 분석하여 보고하였으나, 분석에 이용된 자료의 수가 적고, 청수(淸水)로 관수처리하여 침수피해 관계를 도출하였기 때문에 홍수시에는 농경지가 대부분 탁수(濁水) 또는 반탁수에 의해 침수됨을 감안하면 현실적으로 적용하기 어려운 실정이다. 농업기반공사(2002)<sup>8)</sup>는 1970년대 중반에 작성한 것으로 알려진 벼 침수시간별 피해율 조건표를 만들어서 배수개선사업의 경제성 분석에 활용하고 있으나, 작성한 지 오랜 기간이 지났고, 벼의 생육시기가 고려되지 않았다.

본 연구에서는 우리나라에서의 벼 침수피해 관련 다양한 조사·연구 결과를 종합적으로 분석하여 벼의 침수피해 특성을 도출하고, 벼 침수피해 감수량 추정모형을 개발하였으며, 개발된 모형을 시험유역에 적용하여 감수율과 연간 벼 침수피해 감수량을 추정하므로써 벼농사 수해 위기관리에 필요한 정보를 제시하는 기법을 제시하였다.

## II. 벼의 침수피해 특성

침수에 의한 벼의 감수피해 특성을 도출하기 위하여 우리나라에서 1970년대부터 2000년까지 조사·연구된 126개의 침수피해 시험성적을 분석하였다. Table 1은 벼의 생육단계별 침수피해 특성을 도출하기 위하여 이용된 자료의 수를 나타낸 것이다. 벼의 생육단계를 분얼기(tillering stage, TS), 유수형성기(panicle formation stage, PS), 감수분열기(reduction division stage, RDS), 출수기(heading stage, HS), 등숙기(ripening stage, RS) 등 5단계로 구분하여 생육 단계별로 침수지속 시간과 벼 감수율과의 관계식을 도출하고, 선행연구 결과와 비교하였다.

Table 1 The number of data to be used to analyze the characteristics of rice flooding damage

Total	Tillering stage	Panicle formation stage	Reduction division stage	Heading stage	Ripening stage
126	22	29	24	28	23

### 1. 벼 생육단계별 침관수 지속시간과 감수피해율과의 관계

Fig. 1은 우리나라에서 조사·연구된 자료의 벼 생육시기별 침수피해율을 나타낸 것이다. 생육시기별로 벼의 침수에 의한 감수율은 품종과 조사자 등에 따라 차이가 크게 나타나고 있다. 이는 벼 침관수 피해의 정도가 조사자, 조사시기, 벼의 생육시기, 품종, 침수시간, 물의 청탁, 수온, 재배방법, 비배관리, 퇴수후의 일기 등에 따라 큰 차이가 있기 때문인 것으로 사료된다.

Table 2는 우리나라에서 조사·연구된 자료를 분석하여 추정한 생육단계별 침관수 지속시간과 감수율의 관계식을 나타내고 있으며, 생육단계별로 결정계수( $R^2$ )는 0.795~0.999의 범위를 보이고 있어 상관성이 높은 것으로 나타났다.

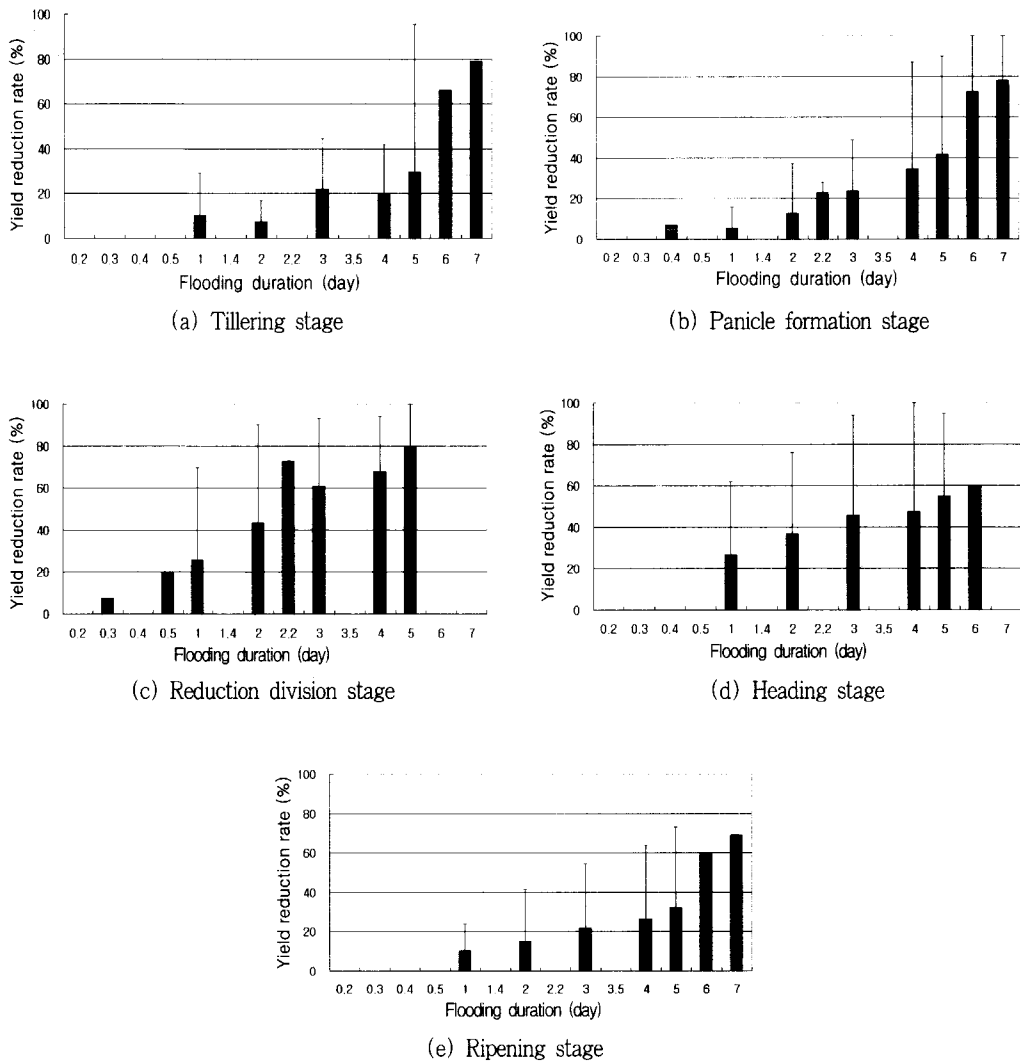


Fig. 1 Rice yield reduction rates according to flooding durations

Table 2 Relationships between inundated durations and yield reduction rates for different growth stages

Growth stage	Relationship	R
Tillering stage (TS)	$y^* = 32.472 \text{Ln}(x^{**}) - 6.1805$	0.795
Planicle formation stage (PS)	$y = 24.139 \text{Ln}(x) + 10.654$	0.835
Reduction division stage(RDS)	$y = 27.889 \text{Ln}(x) - 0.4072$	0.851
Heading stage (HS)	$y = 24.654 \text{Ln}(x) + 33.459$	0.978
Ripening stage (RS)	$y = 17.991 \text{Ln}(x) + 25.457$	0.999

\* y denotes yield reduction rate (%), \*\* x denotes inundated duration (day)

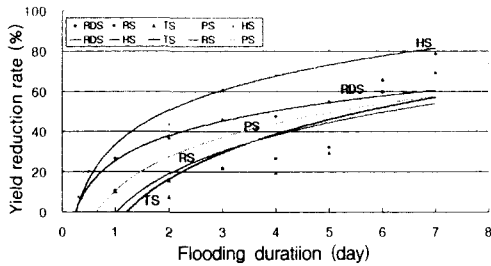


Fig. 2 Rice yield reduction rates according to inundated durations in different growth stages

Fig. 2는 본 연구에서 분석하여 추정한 벼 생육 단계별 침관수 지속시간과 감수율과의 관계를 그래프로 나타낸 것이다. 출수기(HS)와 감수분열기(RDS)에서의 감수율이 분얼기(TS)나 등숙기(RS)보다 큰 것으로 나타났다.

2. 선행 연구결과와의 비교

본 연구에서 추정한 출수기(HS)에서의 벼 감수율을 선행 연구자인 김천환 등(1982)의 연구결과와 농업기반공사(2002)에서 실무에서 적용하고 있는 조건표에 의한 침수피해율을 비교하였다.

김천환 등(1982)은 배수설계를 위한 벼의 관수심 및 관수피해율에 관한 연구에서 농촌진흥청의 시험연구보고서, 일본 농림성의 夏作減收推定尺度 및 관련 연구문헌 자료를 이용하여 벼의 생육시기별로 관수시간과 감수율과의 관계를 Table 3과 같

Table 4 Relationship between flooding durations and yield reduction rates presented by KARICO

Item	Relationship	R
Submersion (KARICO (1))	$y^* = 0.328x^{**} - 0.9606$	0.999
Submersion under water (KARICO (2))	$y = 0.7243x + 0.3372$	0.999

\* y denotes yield reduction rate (%),  
 \*\* x denotes Flooding duration (day)

이 유도하였으며, 관수피해는 출수기(HS) > 수잉기(BS) > 유수형성기(PS) > 분얼기(TS) > 이앙 직후(JTS) 순으로 큰 것으로 나타났다.

농업기반공사(2002)는 1970년대 중반에 만들어진 것으로 알려진 벼 침관수 시간별 피해율 조건표를 이용하여 배수개선사업의 경제성 분석에 활용하고 있다. Table 4는 농업기반공사에서 제시한 침수와 관수시의 벼 감수피해율에 대한 조건표로부터 추정된 침관수 지속시간과 감수율과의 관계식을 나타낸 것이다.

Fig. 3은 본 연구에서 추정된 출수기(PARK(HS))에서의 침수에 의한 벼 감수피해율과 김천환 등(1982), 농업기반공사(2002)의 선행연구결과를 비교하여 그래프로 나타낸 것이다. 본 연구에서 제시하고 있는 출수기의 침수지속시간별 감수율은 농업기반공사의 조건표보다는 높게 나타나고 있으며, 김천환 등이 제시한 출수기(HS), 수잉기(BS)에서

Table 3 Relationship between muddy water flooding durations and yield reduction rates for different growth stages presented by Kim et. al. (1982)

Growth stage	Relationship	R
Just after transplanting stage (JTS)	$y^* = 6.97 x^{**0.926}$	0.866
Tillering stage (TS)	$y = 11.12x^{0.908}$	0.814
Planicle formation stage (PS)	$y = 9.58x + 10.01$	0.808
Booting stage (BS)	$y = 39.66x^{0.558}$	0.839
Heading stage (HS)	$y = 41.94x^{0.589}$	0.723

\* y denotes yield reduction rate (%), \*\* x denotes inundated duration (day)

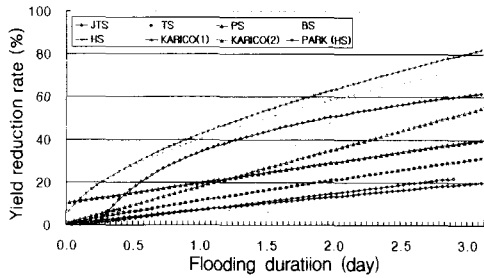


Fig. 3 Comparison of yield reduction rates induced by different researchers

의 감수율보다는 작게 나타났다. 그래프에서 보는 바와 같이 본 연구의 침수 지속시간별 감수율의 변화는 수렴현상이 뚜렷하게 나타나고 있으나, 김천환 등과 농업기반공사의 감수율 변화는 선형에 가까운 형태를 보이고 있는 것이 특징적이다.

김천환 등(1982)의 연구결과는 일부 일본 자료를 이용하여 분석하였기 때문에 우리 나라 벼의 침수피해 특성을 적절하게 반영한다고 보기 어려우며, 농업기반공사(2002)가 이용하고 있는 벼 침수 시간별 피해를 조건표는 작성한 지 오랜 기간이 지났고, 벼의 생육시기가 고려되지 않았으며, 김천환 등과 농업기반공사가 제시한 침수 지속시간에 따른 감수율 변화는 선형에 가까운 형태를 보이고 있는 점을 감안할 때, 우리나라에서 그 동안 조사연구된 침수피해 자료를 이용하여 벼 생육시기별 침수 지속시간에 따른 벼 감수피해율 관계를 제시한 본 연구결과를 실무에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### Ⅲ. 벼 침수피해 감수량 추정모형 (RYREM) 개발

벼 침수피해량은 수리·수문해석 모형을 이용하여 계산된 시간별 수위를 이용하여 논 의 표고별 침수 지속시간을 계산하고, Table 2에서 제시한 침수지속시간과 감수율 관계를 이용하여 논 의 표고별 감수율을 구한 후 논 의 표고별 면적과 감수율, 정상 상태에서의 벼 생산량을 곱하여 합산하면 침수피해

량을 계산할 수 있다.

식 (1)은 Table 2에서 제시한 침수지속시간에 따른 감수율 관계식을 간단하게 표현한 식이다.

$$DR = f(sd) \dots \dots \dots (1)$$

여기서 DR은 논 의 표고별 감수율이며, sd는 침수지속시간을 나타낸다.

벼 침수 피해량 계산식은 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

$$YR = NP \times \sum(paddy\ area \times DR) \dots \dots \dots (2)$$

여기서 YR은 벼 침수 피해량이며, NP는 정상상태에서의 단위 면적당 벼 생산량, paddy area는 표고별 논 면적을 나타낸다.

Fig. 4는 벼 침수피해량 추정 모형의 기본적인 계산 과정을 모식도로 나타낸 것이며, 단계별 계산 과정은 아래와 같다.

- ① 논 의 표고별 면적을 구한다(Fig. 4 윗부분의 왼쪽).
- ② 수리해석 모형을 이용하여 시간별 침수위를 구하고, 침수위 곡선에서 논 의 표고를 감안한 수위별 침수 지속시간을 구한다(Fig. 4 윗부분의 오른쪽).
- ③ 침수위 지속시간과 침수위와의 관계 그래프를 만든다. 이 그래프에서 침수위는 침수 수면의 표고이며, 벼의 초장은 침수 피해량을 추정하고자 하는 지역에서의 벼 품종, 생육시기 등을 감안하여 입력한다. 이 그래프의 침수위에서 벼의 초장을 차감하면 논 의 표고가 된다 (Fig. 4 윗부분의 가운데).
- ④ ③의 논 의 표고를 Fig. 4의 윗부분의 왼쪽에 위치하고 있는 논 의 표고-면적 관계로부터 논 면적을 구하고, ③의 침수 지속시간을 이용하여 Fig. 4의 아래 오른쪽에 위치하고 있는 침수지속시간-침수피해율 관계로부터 침수피해율을 구한다.
- ⑤ ④에서 구한 논면적과 침수피해율을 이용하여 Fig. 4의 아래 왼쪽에 위치한 그래프와 같이 논면

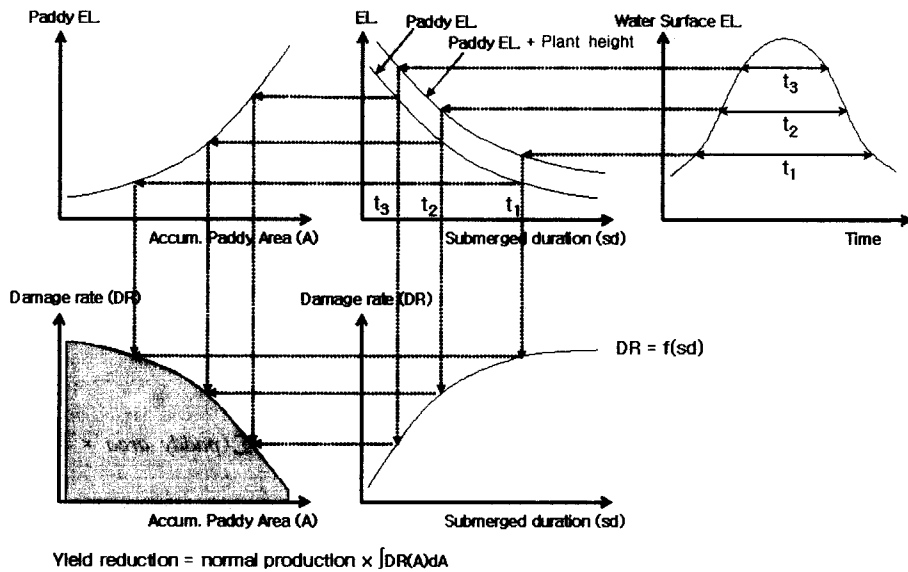


Fig. 4 Process for estimating the amount of rice yield reduction by flooding

적-침수피해율 관계를 구한다.

⑥ Fig. 4의 아래 왼쪽에 위치하고 있는 논면적-침수피해율 관계 그래프를 적분한 후 정상상태에서의 생산량을 곱하면 식 (1)의 침수피해량이 된다.

#### IV. 모형의 적용

경기도 화성군 발안면과 팔탄면에 걸쳐 위치하고 있는 발안유역의 HP#7 소유역을 선정하여 개발된 RYREM 모형을 적용하였다. 강우 지속시간이 48 시간이고 재현기간 10년, 20년, 50년, 100년, 200년인 확률강수량에 의한 시간별 농경지 침수상황을 개발되어 있는 HEC-HMS<sup>9)</sup>와 HEC-RAS<sup>10)</sup>를 이용하여 모의하고, 이로부터 RYREM 모형을 이용하여 농경지 침수에 따른 벼 침수피해 감수율을 추정하였다. 또한 벼 침수피해가 가장 큰 출수기에서 침수에 의한 벼의 연간 감수피해량을 추정하였다.

#### 1. 시험유역

Fig. 5는 소유역으로 구분된 발안유역을 나타내고 있으며, Table 5는 HP#7 소유역의 토지이용상황을 보여주고 있다.

Table 5 Land use state of the study watersheds (ha)

Total area	Paddy	Dry crop land	Farmstead	Forest
1,069	337	55	2	675

시험유역의 확률강수량은 한국건설기술연구원 (2001)이 제시하고 있는 수원지점의 확률강수량을 이용하였으며, 수원측후소의 지속시간이 48시간인 재현기간별 확률강수량은 Table 6과 같다.

Table 6 Probability rainfall in Suwon (mm)

Duration (hour)	Return period (year)					
	2	10	20	50	100	200
48	179.7	306.4	354.7	417.4	464.3	511.0

source : Korea Institute of Construction Technology (2001)

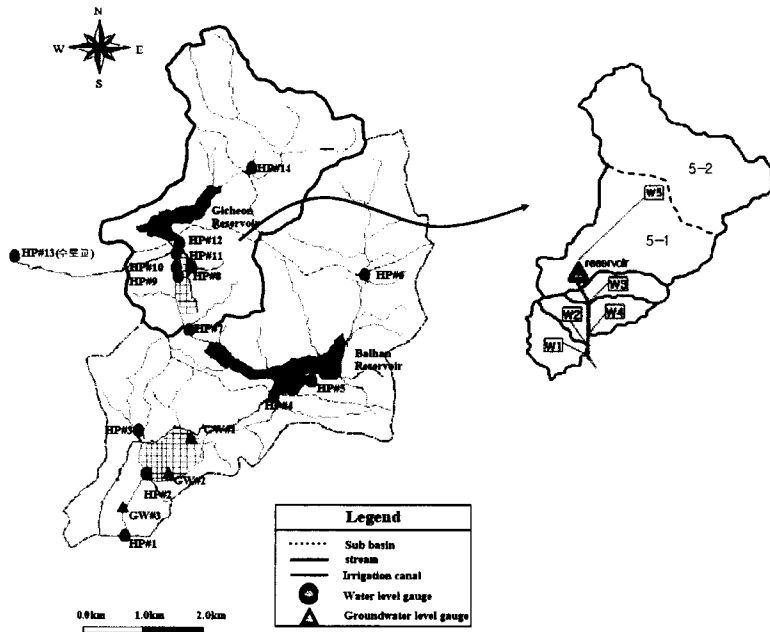


Fig. 5 Hydrological network of HP #7 subwatershed at Baran watershed

## 2. 모형의 적용결과

### 가. 침수에 의한 벼 감수율

벼의 생육단계중 침수에 의한 피해가 가장 큰 출수기에서의 확률강수량에 의한 벼 감수율을 계산하였다. Fig. 6은 HEC-HMS와 HEC-RAS를 이용하여 모의한 지속시간이 48시간인 빈도별 확률강수량에 의한 침수지속시간별 침수면적을 보여주었으며, 200년 빈도에서의 최대 침수면적은 5.6

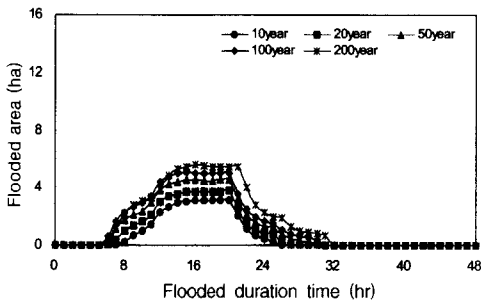


Fig. 6 Flooded area with flooded duration time by rainfalls (Early, HS)

ha인 것으로 계산되었다.

벼 품종에 따른 생육시기별 벼의 초장은 농촌진흥청(2002) 자료를 분석하여 이용하였다. Table 7은 벼 품종에 따른 생육시기별 이앙후 일수와 초장의 크기를 나타내고 있다.

RYREM모형을 이용하여 조생종 벼의 출수기에서의 확률강수량에 의한 감수율은 Fig. 7과 같다. 감수율은 침관수 지속시간을 고려하여 가중 침수면적으로 산정하였으며, 확률강수량에 대하여 침관수된 면적에서의 벼의 감수율은 7.64%~27.76%의 범위를 보였다.

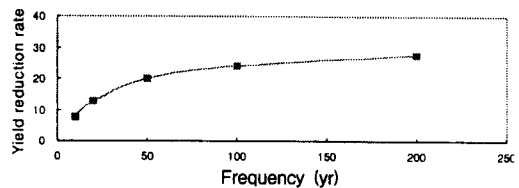


Fig. 7 Yield reduction rates according to return periods

Table 7 The number of days after transplanting date and the plant height according to the growth stage of rice

Growth stage	The number of days after transplanting date (days)			Plant height (cm)
	Early maturing variety	Medium maturing variety	Late flowering variety	
Tillering stage (TS)	40	51	61	26
Planicle formation stage (PS)	50	61	71	47
Reduction division stage(RDS)	58	69	79	68
Heading stage (HS)	73	84	94	70
Ripening stage (RS)	114	125	135	70

나. 연간 벼 침수피해 감수량 추정

침수에 의한 연간 벼 침수피해 감수량은 확률강수량의 초과확률과 연 생기확률을 구하고, RYREM 모형에 의하여 계산된 확률강수량별 감수율과 정상 상태에서의 쌀 생산량을 곱하여 감수량을 구한 후 이를 적분하여 연간 벼 침수피해 감수량을 계산하였다. 정상 상태에서의 벼 생산량은 경기도 화성시의 최근 5년간 연평균 쌀 생산량인 4,834 kg/ha를 적용하였다. Table 8은 지속시간이 48시간인 확률강수량에 의한 출수기에서의 연간 벼 침수피해 감수량 추정치를 나타내고 있다.

200년 빈도의 강수량에서 침수가 예상되는 5.6 ha의 농경지에서 연간 예상되는 감수피해량은 Table 8로부터 797 kg로 추정되었다. 이는 침수에 상면적에서 정상상태에서의 생산량 26,949 kg의

3% 수준인데, 이 지역은 배수도가 잘 정비되어 있고, 유역의 상류부에 위치하고 있기 때문에 침수에 의해 예상되는 연간 피해는 크지 않는 지역으로 사료된다. 농경지별로 연간 벼 침수피해 추정치를 제시하면 수해보험 도입시 이에 적용할 수 있으며, 농가는 수해 위기관리를 하는데 좋은 정보가 될 것으로 사료된다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 벼의 침수피해와 관련하여 우리나라에서의 다양한 조사·연구 결과를 종합적으로 분석하여 벼의 침수피해 특성을 도출하고, 벼 침수피해 감수량 추정모형을 개발하였다. 개발된 모형을 시험유역에 적용하여 연간 벼 침수피해 감수량을 추정함으로써 벼농사 수해 위기관리에 필요한

Table 8 Annual expecting amount of rice yield reduction

(unit : kg)

Return period (year)	Annual exceedance probability	Annual occurrence probability	Expected yield reduction by rainfall	Average expected yield reduction by rainfall	Annual occurrence probable yield reduction	Acc. yield reduction
0	1	-	0	-	-	-
10	0.1	0.9	1,160	580	522	522
20	0.05	0.05	2,341	1,750	88	610
50	0.02	0.03	4,427	3,384	102	711
100	0.01	0.01	5,952	5,190	52	763
200	0.005	0.005	7,482	6,717	34	797



정보를 제시하는 기법을 제시하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

① 1960년대 중반부터 2000년까지 우리나라 농촌진흥청 중심으로 조사·연구한 바 있는 벼 침수피해관련 126개의 시험성적을 이용하여 벼의 생육단계를 분얼기, 유수형성기, 감수분열기, 출수기, 등숙기 등 5단계로 구분하여 침수지속시간과 벼 감수율과의 관계를 도출하였다. 침수지속시간과 감수율과의 관계식의 생육단계별 상관계수( $R^2$ )는 0.795~0.999의 범위를 보였다.

② 생육단계별 침수에 의한 벼의 감수율은 출수기>감수분열기>유수형성기 순으로 높았고, 분얼기와 등숙기의 감수피해는 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다.

③ 본 연구에서 추정된 출수기에서의 감수율을 선행연구결과와 비교한 바, 농업기반공사(2000) 보다는 높았고, 김천환 등(1982) 보다는 작았다. 농업기반공사에서 이용하고 있는 자료는 1970년대 중반에 만들어져 오랜기간이 지났고, 김천환 등(1982)은 분석에 이용한 일부 자료를 일본 자료를 이용하였으며, 농업기반공사(2002)와 김천환 등(1982)이 제시한 침수 지속시간에 따른 감수율의 변화가 선형에 가까운 형태를 보이고 있는 반면 본 연구결과는 수렴현상이 뚜렷이 나타남을 감안할 때, 우리나라에서 조사·연구된 자료를 분석하여 침수지속시간과 감수율과의 관계를 제시한 본 연구결과를 실무에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

④ 본 연구에서 도출한 벼 생육기별 침수 지속시간에 따른 감수율 관계를 이용하여 침수에 의한 벼 감수피해량 추정 모형(RYREM)을 개발하였다.

⑤ 발안 HP#7 시험유역을 대상으로 기 개발된 HEC-HMS와 HEC-RAS를 이용하여 지속시간이 48시간이며 재현기간이 10년, 20년, 50년, 100년, 200년인 강수에 의한 농경지 침수 수위, 침수면적, 침수 지속시간을 계산하고, 출수기에서의 침수에 의한 벼 감수피해율을 추정한 결과, 침수면적에서의 벼 감수율은 7.64%~27.76%의 범위를 보였다.

⑥ 지속시간이 48시간인 확률강수량에 의하여 출수기에서의 침수에 의한 벼의 연간 감수피해량은 797 kg인 것으로 추정되었다. 이는 지속시간이 48시간인 200년 빈도의 강수에 의해 침수가 예상되는 면적 5.6 ha에서의 연평균 생산량의 3% 수준인데, 이 지역은 배수로가 잘 정비되어 있고, 상류지역에 위치하고 있어서 침수에 의해 예상되는 연간 피해는 크지 않은 지역으로 사료된다. 농경지별로 연간 벼 침수피해 추정치를 제시하면 수해보험이 도입될 경우 이에 적용할 수 있으며, 농가는 수해 위기관리를 하는데 좋은 정보가 될 것으로 사료된다.

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

## References

1. Cho, M. S., W. S. Kim, H. S. Cheon & J. K. Lee, 1972. Effects of submergency due to heavy rains on the yield of paddy, *Journal of the Korean Society of crop Science* vol. 12 : 63-69. (in Korean)
2. Choi S. J., 1983. Effects of submergence on growth and fertility drainage in rice, *Journal of the Korean Society of crop Science* 28(1) : 100-106. (in Korean)
3. Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation, 2002, Guidelines for agricultural economic survey and analysis : 149-150. (in Korean)
4. Kim, C. H., & S. W. Kim, 1982. Study on the rice yield reduction and over head flooding depth for design of drainage system, *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*, 24(4) : .69-79. (in Korean)
5. Kim, Y. S and D. J. Yoo, 1970. The effects of on growth and yield in rice flooding, *Annual Research Report(crops)* vol. 13,

- Rural Development Administration : 23-30. (in Korean)
6. Oh S. H., H. H. Kim , C. Y. Kim, B. J. Choi, C. S. Moon & T. H. Roh, 1991. Study on the flooding injury and regeneration of upper node tiller at reproductive stage in rice plant, Annual Research Report(crops), 33(1), Rural Development Administration : 51-61. (in Korean)
  7. Son Y., S. C. Kim, S. K. Lee & G. S. Chung, 1987. Studies on varietal difference of submergence tolerance and cultural practices for reducing submergence damage of rice plant, Annual Research Report(crops), 29(1), Rural Development Administration : 81-91. (in Korean)
  8. Rural Development Administration, 2002, The growth state of the crops : 9-46. (in Korean)
  9. U.S. Army Corps of Engineering, 2001. HEC-HMS (Version 2.1): Hydrologic Modeling System, User's Manual, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
  10. U.S. Army Corps of Engineering, 2001. HEC-RAS (Version 3.0): River Analysis System, User's Manual, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.