

水稻作의 冠水深 및 冠水被害率 決定에 對한 考察

金 千 煥*

1. 머리말

토양중의 수분이 과다하면 공기의 소통이 차단되거나 감소하여 산소의 공급이 적어지고 肥料成分의 분해가 저해되어 養分吸收能力이 떨어지고 유해물질이 發生하여 作物生育이 원활하지 못하게 되어 收量이 감소하고 作業效率이 떨어져 영농비가 증가되므로 人工의으로 과잉토양수분을 제거하는 地下排水가 필요하게 된다.

많은 강우에 의하여 낮은 지역의 농경지에 물이 고여서 作物에 피해를 주는 浸水被害 또는 施設의 파괴, 유실, 매몰등의 파괴적 피해를 방지하기 위하여 地表排水가 필요하며, 干拓地의 염해와 공업의 발달에 따른 水質오염등에 의한 해독수로부터 作物을 보호하기 위하여도 排水가 필요하게 된다.

食糧의 增産은 물론 營農環境改善이란 次元으로 排水改善事業을 발전시키기 위하여서 뿐만아니라 급속히 발전된 사회 경제적 여건을 감안하고 今後의 경제성에 합당하고 보다 合理的인 排水施設의 設計를 위하여 現設計基準을 재검토할 필요성이 있다고 판단되어 우선 地表排水施設規模 결정에 가장 큰 인자인 水稻作의 冠水深 및 冠水被害에 對하여 考察하게 된 것이다.

2. 現設計基準과 그 問題點

農地改良事業 計劃設計基準(排水編)에 「……벼의 침수에 의한 피해도는 표-1 벼의 풍수해 감수 추정 척도에 제시한 바와 같다. 침수피해가 가장 큰 시기는 수잉기인 8월 중하순이며…… 보통 허용담수심은 30cm 이하로 하고 있으며 30cm를 초과할 때

는 담수시간이 24시간을 넘지 않도록 계획한다……」로 되어 있어 표-1에 의하여 수도작의 침수에 의한 감수율을 추정토록 되어 있으나 이 「벼의 풍수해 감수 추정척도」는 1948년에 일본농림성 통계조사부에서 조사된 것으로 기후, 토양, 품종등이 한국 현실에 일치하지 못하며 피해시간 단위가 1~2일, 3~4일, 5~7일 등의 2일 단위로 되어 있다. 몇 시간 정도의 冠水時間 차이에서도 피해율은 크게 달라지기 때문에 2일 단위의 기준은 정확도가 작으며 경제적인 設計가 곤란할 것으로 생각된다. 浸水피해가 가장 큰 시기인 穗孕期가 8월 중하순으로 되어 있으나 品種에 따라 다르기는 하나 一般的으로 現在 韓國에서는 이 시기가 출수기에 해당되며 穗孕期는 8월 초가 될 것이다. (그림-1 참고)

3. 許容浸水深과 冠水深

벼는 浸水狀態에서 生育하는 作物이기 때문에 生育期間中의 一部를 제외한 全生育期間동안 어느 정도의 浸水는 벼 生育에 지장이 없거나 작기 때문에 事業計劃樹立時에 눈에 浸水を 許容시키는 限界浸水深을 許容浸水深이라 한다.

冠水深은 作物이 完全히 水中에 물히는 水深을 말하는데 作物의 草長(키)과 직접 관계가 있다. 벼의 경우 一般品種인 진흥은 草長이 116cm이나. 新品種인 수원 264號는 81cm 밖에 되지 않아 生育時期와 品種에 따라 차가 많기 때문에 事業計劃을 수립하고자 하는 지역의 재배품종을 조사하고 施行後의 作物體系를 감안한 草長을 基準으로 冠水深을 決定한다.

*農業振興公社 美湖川事業所 工務課長

水稻作의 冠水深 및 冠水被害率 決定에 對한 考察

표-1. 벼의 풍수해 감수추정척도(일본 농림성통계조사부)

피해시간	침수시간 침수상황	1~2일		3~4일		5~7일		7일 이상		비 고
		손상상황	감수율%	손상상황	감수율%	손상상황	감수율%	손상상황	감수율%	
분얼기 이후20 일 이후 수잉기 (穗孕期) 까지	청수관수 (清水冠水)	잎끝이 누 렇게 변함	10	분얼이 어진다	20	1. 분얼이 늦 어진다. 2. 무효 분얼 이 생긴다.	30	소수의 분 얼이 생기지 만 무효분얼 이 많음	85	1. 관수(冠 水) 10일 이 상이 되면 생 육이 쇠퇴하 고 새로 빈약 한 분얼이 생 긴다. 2. 관수 15 일이면 생장 이 정지된다. 3. 관수 20 일이상이 되 면 고사(枯死) 부패한다. 4. 잎끝이 노출할 정도 로 1~2일 침 수하면 관수 경우에 비 하여 감수율 정도는 3.5% 적어진다.
	혼탁수잎 끝노출		20	1. 출수가 늦 어짐 2. 쪽쟁이 량 이 증가함	50	1. 출수가 늦 어짐 2. 밀잎이 변 색하고 고 사함	85	1. 출수가 늦 어짐 2. 잎이 변색 하고 고사 (枯死)함	100	
수잉기	혼탁수관수	동상	70 (12시 간관수 에 서는 50)	동상	80	1. 가지 이 삭이 생겨 1~ 2할의 수량을 얻을 수 있는 나로부터의 수 량은 없다. 2. 피해 잎 은 줄기의 삭 이 고사함.	85	거의 이삭 이 나오지 않 음	90~ 100	이 시기에 풍해를 받으 면 엽초(葉 草)부분이 건 조고사한다.
	청수잎 끝 노출	동상	10	동상	30	1. 출수가 늦 어짐 2. 밀잎이 변 색고사한다	65	1. 출수가 늦 어짐 2. 밀잎이 변 색하여 는다.	90~ 100	
	청수관수	동상	25	동상	45	동상	80	동상	90~ 100	
출수기	탁수관수	이삭의 무 게가 약간 감 소함	30	밀잎이 누 렇게 변하여 고사함	80	밀잎이 누 렇게 변하여 고사함	90	밀잎이 누 렇게 변하여 고사함	90~ 100	1. 수잉기에 비하여 이삭 이 더 죽는다. 2. 이 시기에 풍해를 입 으면 그 후의 나락의 일부 는 재백색 또 는 흑갈색으 로 된다. 3. 출수 직후 에 강풍을 받 으면 하얗게 완전히 쪽쟁이 이삭이 된다.
	청수관수		15	밀잎이 누 렇게 변함	25	밀잎이 누 렇게 변함	30	밀잎이 변 색함	70	
성숙기	탁수관수	거의 손상 되지 않음	5		20		30		30	
	청수관수		0		15		20		20	

주: (1) 이 척도는 실험 성적을 기초로 하고 현지조사보고를 참고로 하여 작성한 것이며 침수기간중 물은 거의 정체상태의 것임.
 (2) "관수"라 함은 벼포기 전체가 완전히 물속에 잠겨버린 경우이며 "잎끝 노출"이란 수면에 잎끝이 9~15cm 나와 있는 경우이다.
 (3) 감수율은 물의 혼탁도(混濁度)가 심할때 수온이 높을 때 유속이 빠를 때는 증대한다. 또 잎끝이 빨리 수면에 노출한 경우에는 작아진다.
 (4) 손상상황은 물이 빠진 다음 5~20일에 조사한 것이다.

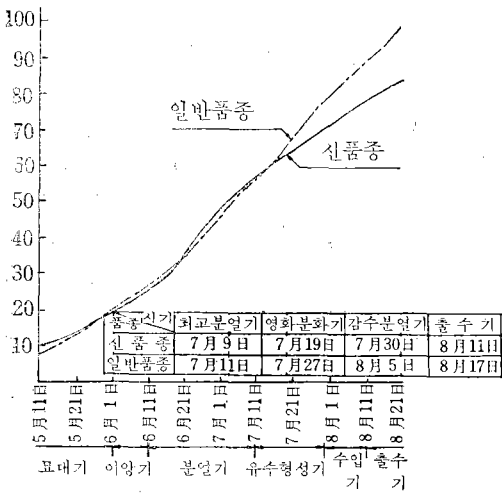


그림. 1. 벼의 生育時期別 草長

全國試驗畚(水原外 18個 地域)에서 14個 품종을 대상으로 파종후 10일 간격 또는 生育時期別로 調査된 草長을 밀양 23호의 6個 新品種과 아끼바레의 8個 一般品種으로 區分하여 5個年 平均値를 정리한 것을 보면 그림-1과 같다. 浸水の 피해가 가장 큰 穗孕期를 기준할 때 一般品種은 80cm 정도이고 新品種은 72cm 정도임을 알수가 있다. 만일 事業計劃을 樹立코져 하는 地區의 資料가 불충분하면 그림-1을 利用하여 草長을 결정한후 冠水深을 定하여도 무리가 없을 것이다.

4. 冠水被害

벼의 冠水被害는 品種, 生育時期, 水質에 따라 다를 뿐만 아니라 낮은 水温보다는 높은 水温이 경제수보다는 흐르는 물이 冠水時間이 길면 길수록 그 피해율이 커지고 退水直後에 잎에 묻어 있는 물을 씻어줄 정도의 비가 오거나 人工的으로 씻어 주면 피해가 적어지며 물관리의 조절로 피해를 줄일수도 있다.

生育期間中の 水稻가 冠水되면 空氣中에서 酸素供給이 중단되어 體內的 酸素결핍으로 呼吸基質로서 一次的으로 澱粉, 糖 및 多糖類의 소비가 증대되고 二次的으로 단백질이 아미노산을 거쳐 可溶態窒素로 消費되다가 결국 枯死 또는 부패하게 되어 피해가 커지지만 잎끝이 조금이라도 水面에 노출되면 氣孔을 통하여 酸素供給을 받을수 있기 때

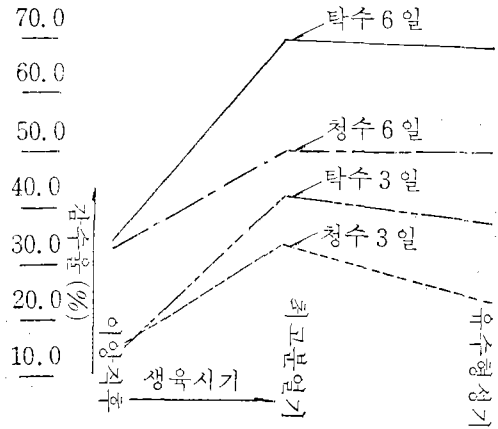


그림. 2. 청수와 탁수의 감수율비교

문에 피해가 적감된다. 林³⁾ 등은 이양직후에는 청수와 탁수에 대한 피해 차이가 적지만 3일간의 관수 경우 최고 분얼기 에는 탁수가 42.5%의 감수율을 보인데 비하여 청수는 33.5% 밖에 감수가 되지 않았다고 하였다.

生育期別로는 이양기나 이양직후는 退水後의 生育期間이 길어서 收量에는 영향이 적고 分蘖期, 幼穗形成期, 出穗期의 順으로 피해가 커지며 穗孕期가 가장 피해가 심한 시기이다.

표-2는 경기, 충남, 전남, 경남지방에서 시험 조사된 8個의 資料를 生育時期別로 정리하여 유도한 回歸方程式에서 計算된 水稻의 生育시기별 減收率率이다.

이 표에서 출수기의 피해가 일부 큰것으로 나타난 것은 처리된 자료가 출수초기의 것으로 수잉기에 가깝기 때문인 것으로 판단된다.

표-2. 水稻의 生育時期別 冠水日數對 減收率

單位: %

冠水일수	생육시기 이양 직후	분 얼 기	유수 형성기	수잉기	출수기
0.5일	—	—	6.2	43.8	35.5
1"	—	6.5	11.8	50.5	40.4
2"	5.9	18.0	23.0	63.8	60.2
3"	17.2	29.7	34.1	77.1	80.1
4"	28.5	41.3	45.3	90.4	99.8
5"	39.8	52.9	56.4	100	
6"	51.0	64.5	67.6		
7"	62.3	76.1	78.7		

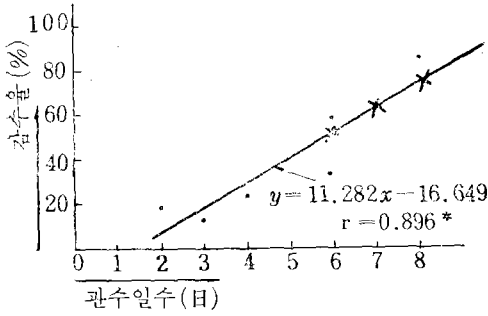


그림 3. 水稻의 冠水日數別 減收率(이앙직후)

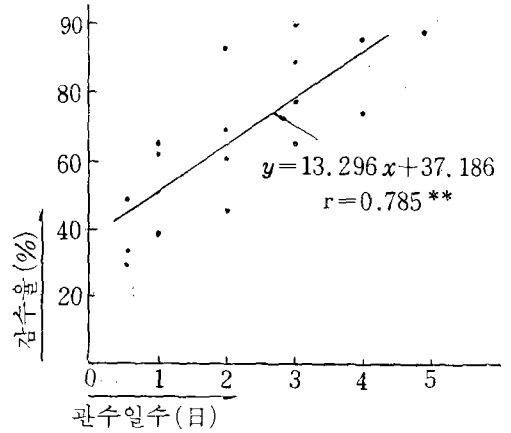


그림 6. 水稻의 冠水日數別 減收率(수잉기)

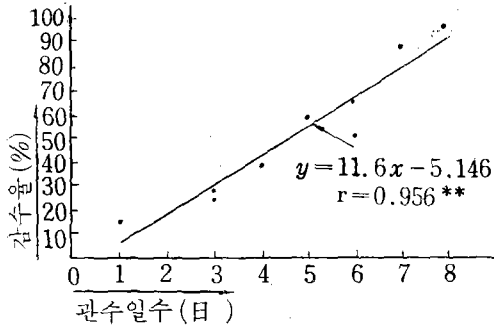


그림 4. 水稻의 冠水日數別 減收率(분얼기)

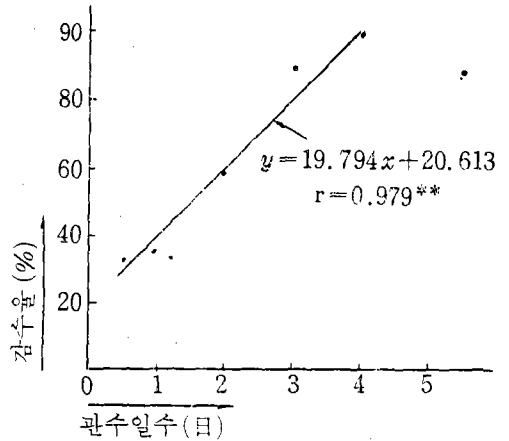


그림 7. 水稻의 冠水日數別 減收率(출수기)

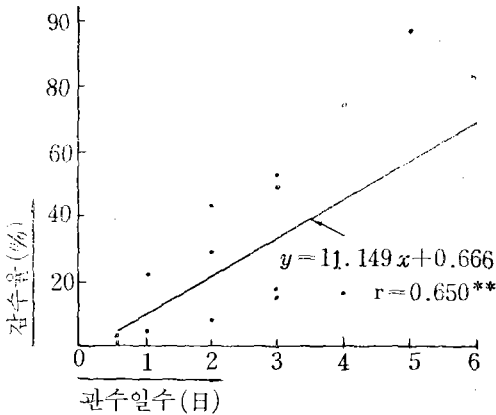


그림 5. 水稻의 冠水日數別 減收率(유수형성기)

5. 水稻穗孕期の 冠水被害

벼의 生産期間中 浸水被害가 가장 큰 時期는 穗孕期이며 이 穗孕期는 우리나라에서 큰 강우가 가장 많이 발생되는 時期인 것이다. 水稻의 孕穗期

浸水被害에 對하여 金²²⁾等은 1965~1966년 全南 광주에서 農林 6號를 供試品種으로 pot에 籼수를 관수처리한 결과 浸水피해상황이 浸水時間에 따라 차이가 있으며 48시간 이상 처리구에서는 60~70%의 枯死 및 부패현상이 나타나며 穗數는 무처리구 보다 3.7~9.3個가 많았지만 收量에 있어서는 24시간 이상의 처리구에서 피해가 크게 나타나는바(28.2~99.7% 감수) 이는 침수 당시 生育不振으로 退水後 새끼치기를 촉진시켜 穗數는 확보하였지만 出穗 지연으로 稈실 및 籾속율이 낮아 完全粒의 확보에 큰 영향을 끼쳤다고 하였으며

趙²³⁾等은 1972년 8월 경기도 지방에 큰 강우가 (345.5mm/2days) 있을때 김포, 부천, 평택지방의 農家畓에서 통일벼와 아끼바레를 대상으로 관수피해를 조사한바 冠水日數가 길어짐에 따라 收量, 登熟

稔實, 出穗도가 현저히 떨어지는 것이 고도의 有意성이 있다고 하였으며 收量은 표준구에 比하여 0.5 日間の 冠水時 32.6%, 4일간의 관수시는 94%의 減收率을 나타낸다고 하였고,

尹⁴⁾等은 1979년 8월 忠南 論山邑 부근의 農家畝에서 畦淹 23호를 대상으로 冠水被害를 調査한 결과

枝葉全體의 白葉枯病 감염과 상위절로부터 늦게 나온 이삭이 많으나 전부 不稔을 보였고 顯花의 퇴화 및 不稔의 증가로 1日間 冠水時에는 20%, 5일간의 관수에는 98%의 減收率을 나타내고 登熟比率도 1. 일 관수에는 65.6% 5일 관수일에는 4.2% 정도라고 보고 하였다.

표-3. 水穗孕期에 冠水被害資料

單位: %

관수일수			0.5일	1.0일	2.0일	3.0일	4.0일	5.0일	비고
감수율(%)									
자료구분									
자	료 1.	(3)	48.40	61.30	68.30	75.0	—	—	11.60은 유의성이 낮아 삭제
자	료 2.	(5)	28.20	62.10	94.50	99.70	—	—	
자	료 3.	(1)	32.60	35.70	59.5	88.90	94.40	—	
자	료 4.	(4)	—	(11.60)	45.80	66.0	73.20	96.50	
평	균	치	36.40	53.0	67.0	82.4	83.8	96.5	
계	산	치*	38.75	49.73	67.89	80.97	88.99	91.94	

* 계산치는 최소자승 법으로 계산한 회귀방정식(Parabolic Regression)에서 계산된 값임.

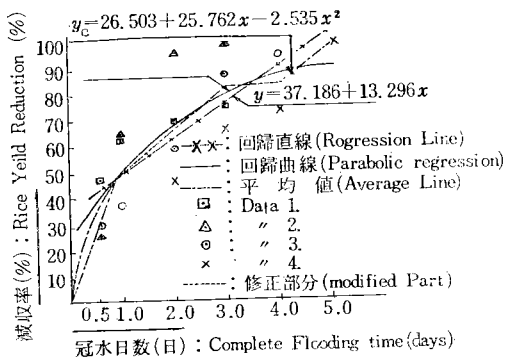


그림 8. 水稻의 冠水日數 對 減收率(穗孕期: 濁水)

이와같이 이삭의 수는 많으나 出穗의 지연으로 不稔率이 높고 登熟率이 낮아 收量이 떨어진다는 共通點이 있으나 被害 당시의 品種, 土壤, 施肥 狀態, 退水後의 氣象條件 및 관리상태等의 차이로 冠水日數別 減收率은 다르게 나타났다. 이들 資料들은 新品種과 一般品種에 對한 것들이고 生育時期가 모두 穗孕期이고 水質이 同一하게 濁水라는 點등은 充分히 實務設計에 利用할 가치가 있다고 생각되어 다음과 같은 몇가지 方法으로 整理하여 보았다.

먼저 최소자승법으로 $y_c = 37.186 + 13.296x$ 의 回歸直線을 도출하였으나 이 方程式은 理論적으로 관

수가 없어도($x=0$) 減收率이 37.186%가 있다는 結果일 뿐 아니라 冠水日數對 減收率이 직선변화 한다는 不合理性이 있으며

다음은 同一한 冠水日數의 調査 試驗資料의 算術平均値를 구하여 연결시켜 보았으나(그림-8) 이는 곡선이 아니고 몇개의 點을 直線으로 연결한 것이기 때문에 時間別 減收率 推定의 合理性이 떨어진다.

역시 최소자승법에 의한 二次回歸方程式 $y_c = 26.503 + 25.762x - 2.535x^2$ 을 유도하여 검토한 결과 冠水가 없어도($x=0$) 減收率이 26,503%가 있다는

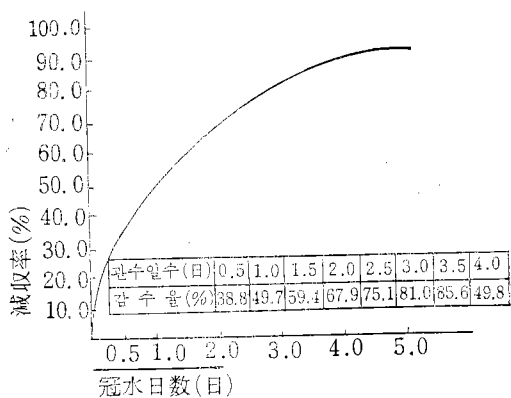


그림 9. 水稻의 冠水日數別 減收率推定曲線(穗孕期, 濁水)

理論上의 모순은 있으나 4日間 冠水時를 除外하고는 산술평균치와 거의 일치하며 各畝의 조사시험자료가 통계학상 가장 합리적으로 포함하여 나타나는 것은 回歸曲線이다. 初期冠水 10시간 이내는 實用性이 별로 없다고 생각되나 필요시 이 曲線을 使用할 수 있도록 그림-8에서 이 曲線의 冠水日數 0.5 일 전후를 修正하여 그림-9와 같이 水稻의 穗孕期에 冠水日數別 減收率 推定曲線을 유도한 것이다.

6. 맺 는 말

한국에서 조사 시험된 자료를 사용하여 作成된 水稻의 生育時期別 草長은 冠水深 決定에 유용하게 이용할 수 있으며 冠水時間別 減收率 推定曲線에 의하여 보다 정확하고 현실적인 減收量 판단이 가능할 것으로 본다. 한편 日本 및 대만에서 조사 연구된 자료가 입수되었으나 토양, 품종, 기후, 영농 조건등이 우리나라와 다른점을 감안하여 資料分析에 사용하지 않았음을 밝혀두며 浸水深別 浸水時間에 따른 피해에 대한 자료가 없어 이점을 규명하지 못한 것을 몹시 아쉽게 생각한다.

참 고 문 헌

1. 趙民新外 3人, “水稻의 冠水被害에 관한 調查研究, 韓國作物學會誌 Vol. 12 p.63~69, 1972
2. 농촌진흥청, 시험연구보고서(작황편) 1979
3. 金有燮外 2人 “冠水の 程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 영향에 관한 시험” 全南農試試研報 p.103~125, 1965
4. 윤성호외 3인 “벼생육후반기 관수에 의한 피해 조사” 作試試研報(水稻編) p. 484~488, 1979
5. 金有燮外 2人 “水稻冠水の 程度가 生育 및 收量에 미치는 영향에 관한 시험” 全南農試試研報 p.213~239, 1966
6. 農水産部, 農地改良事業 計劃設計基準(排水編) p. 13, 1970.
7. 김동수, 김동균, “침수일수가 수도생육 및 수량에 미치는 영향조사” 嶺南作試試研報 p.526~530, 1968,
8. 박신구, 권순목 “품종간 침수저항성에 관한 생리적 연구” 嶺南作試試研報 p.261~287, 1972.
9. 박신구, 권순목 “이양직후 침수정도가 벼생육및 수량에 미치는 영향 조사, 嶺南作試試研報 p.288~291 1972.
10. 朴來敬外 2人, “浸水程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 영향 조사시험” 嶺南作試試研報 p.145~159, 1965.
1. 趙民新外 3人, “水稻의 冠水被害에 관한 調查研