

# 논 감수심에 영향을 주는 요인에 관한 연구

## A study of influence factors on water requirement in paddy fields

이상봉\* · 전종길 · 윤진하 · 강창호(농업공학연구소)  
Yi, Sangbong · Jeon, Jonggil · Yun, Jinha · Kang, Changho

### Abstract

The water requirement of transplanting culture(TC) consisting of 16 plots and direct seeding culture in a well-drained paddy field(DC) also having 15 plots were measured in order to clarify the influence factors on water requirement. Each plot was maintained under different cultivation conditions. Those varied cultivation conditions were classified into 7 items. Subsequently, the relationship between water requirement and 7 items were analyzed by evaluating the average water requirement in each condition to clarify the items influencing water requirement. From the analysis of the results, the water requirement of DC was determined to be 3.5 times of the TC. Furthermore, water requirement in DC and TC were influenced mainly by ponding depth and locational condition respectively.

### I. 서론

논의 감수심은 포장의 입지조건, 담수심 관리 방법, 토양 물리성 등 여러 가지 조건에 의해 변화한다. 또한 최근에는 재배의 생력화를 도모하기 위한 여러 가지 재배방식이 도입되고 있으며, 특히 우리나라와 포장조건 및 자연환경이 비슷한 일본에서는 건답직파재배의 도입에 따른 감수심의 증가 사례가 보고된 바 있다(川崎 1975, 坂田 2001, 李 2002).

본 연구는 건답직파 재배가 일부 도입된 논 지대를 대상으로 재배양식, 입지조건, 물관리 방법이 다른 각각 논포장(31개소)의 일감수심(日減水深)을 측정하여 재배양식의 변화 및 입지조건, 담수심 관리, 토양 물리성 등이 감수심에 미치는 영향을 정량적으로 평가함과 동시에 논 감수심에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

### II. 조사지대의 개요

일본 기후현 스나미(巢南) 지구의 논 31개 포장을 대상으로 2000년과 2001년의 2년간에 걸쳐 감수심을 관측하였다. 이 지구는 인근을 흐르는 이비(揖斐)강의 충적작용에 의해 형성된 평탄한 충적평야이다(그림1). 표고는 북부가 해발 12.5m, 남부가 7.5m로 약 1/1200 구배이며, 경지의 60%가 논, 24%가 과수지로 구성되어 있다. 해당 지구는 1972년에 기반정비사업이 완료되어 용·배수가 분리되어 있으며, 주된 재배품종은 만성종(晩成種)인 초상(初霜)이다. 감수심을 관측한 31개 포장의 토성은 대부분이 사양토(국제토양학회기준)로 점토분의 비율이 비교적 적다. Fig.1에 나타낸 것과 같이 선정된 조사포장은 건답직파 포장과 종래의 이양포장이 인접한 장소에 있기 때문에 건답직파와 이양포장의 수리조건은 거의 동일하다고 보았다. 또, 각 포장의 물 관리는 각각 포장의 소유농가에 의해 실시되었으며 건답직파재배의 경우 파종 후 발아율을 높이기 위해 전면에 깊이 20cm의 배수로를 10m간격으로 굴삭하여 발아기간의 배수성향을 피하였다. 조사대상이 된 논 포장의 개요와 실측한 평균감수심을 Table1과 Table2에 나타내었다.

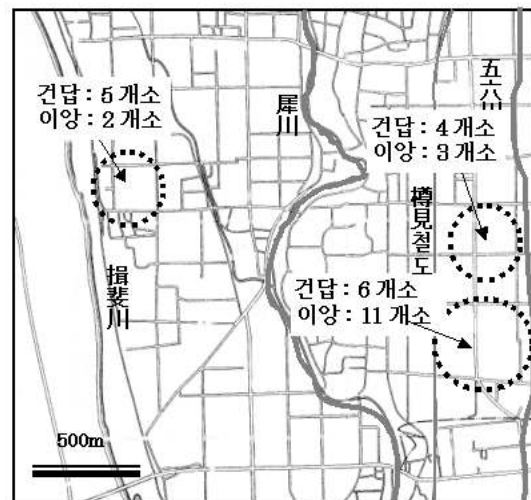


Fig1. Location of investigation

Table 1. Outline of each plot mean values of water requirement in depth  
(Direct Seeding culture in well-drained paddy fields)

조사 연도	포장 번호	전년도 재배방식	면적 (m <sup>2</sup> )	재 배 품 종	토 성	전면균평도 (표준편차, cm)	주변상황 (상·하류)	감수심 측정수	평균감수심 (mm/d)
2 0 0 0 년	D1	건답	1428	初霜	SL	2.2	논·논	3	17.1
	D2	건답	6324	고시히카리	SL	2.3	논·도로	3	31.1
	D3	건답	5040	初霜	SL	1.4	논·휴경	5	36.0
	D4	건답	5544	고시히카리	SL	3.4	도로·논	5	9.6
	D5	건답	1880	고시히카리	SL	1.6	밭·논	2	25.2
	D6	건답	2940	고시히카리	SL	1.4	도로·논	2	63.3
	D7	이앙	1781	初霜	SL	2.0	도로·논	6	21.5
	D8	이앙	4840	Milky Queen	SL	1.8	도로·논	6	49.0
	D9	이앙	3533	Milky Queen	SL	2.5	도로·논	9	84.4
	D10	이앙	2542	Milky Queen	SL	3.0	도로·논	10	57.9
	D11	건답	2493	고시히카리	SL	2.0	논·논	6	112.2
	D12	건답	977	고시히카리	L	1.8	논·논	3	9.8
	D13	건답	3175	고시히카리	CL	2.3	논·밭	1	2.0
	D14	이앙	1880	고시히카리	CL	1.4	밭·논	1	14.5
	D15	이앙	910	고시히카리	SL	2.8	논·논	1	14.5

Table 2. Outline of each plot and mean values of water requirement in depth  
(Transplanting culture)

조사 연도	포장 번호	전년도 재배방식	면적 (m <sup>2</sup> )	재 배 품 종	토 성	전면균평도 (표준편차, cm)	주변상황 (상·하류)	감수심 측정수	평균감수심 (mm/d)
2 0 0 0 년	T1	이앙	1020	初霜	SL	1.1	논·도로	3	7.6
	T2	이앙	2856	初霜	SL	1.5	논·밭	1	9.0
	T3	이앙	2244	初霜	SL	2.6	논·논	1	18.4
	T4	이앙	2520	初霜	SL	1.6	밭·밭	4	15.7
	T5	이앙	2856	初霜	SL	1.5	도로·논	5	6.1
	T6	이앙	2016	初霜	SL	1.2	논·논	5	6.5
	T7	이앙	1880	初霜	SL	0.9	도로·밭	6	16.4
	T8	이앙	2226	初霜	SL	1.5	도로·논	7	7.6
	T9	이앙	1868	初霜	SL	2.8	논·논	5	10.5
	T10	이앙	2275	初霜	L	1.4	논·밭	2	42.5
	T11	이앙	1002	初霜	L	1.2	논·논	2	33.0
	T12	이앙	3410	初霜	L	3.1	논·논	3	9.2
	T13	건답	1490	初霜	L	1.2	논·논	6	10.0
	T14	건답	880	初霜	CL	1.7	논·도로	3	15.7
	T15	건답	1621	初霜	L	1.2	논·논	3	14.7
	T16	건답	2721	初霜	L	1.5	밭·밭	4	27.9

### III. 조사 및 분석방법

#### 1. 감수심의 측정방법

조사포장의 취수 및 배수 측에 각각 2개, 합계 4개의 핀을 설치한 후 후크게이지를 이용하여 담수위의 변화를 0.1mm 단위로 측정하였으며, 4개의 평균치를 24시간으로 환산하여 일감수심을 구하였다. 측정은 농가에 의한 취수 및 배수 조작이 적은 오후 6시부터 다음날 오전 6시까지 12시간으로 하였다. 따라서 증발산량을 실제보다 과소하게 평가하게 되어, 측정된 감수심은 침투량에 가까운 값이라고 여겨진다.

감수심의 측정은 전면이 완전 담수되어진 조건하에 취수, 배수, 강우가 없는 날에 실시하였다.

2000년은 중간낙수 전후로 3번씩 합계 6회, 2001년은 중간낙수 전후로 5회씩 합계 10회의 측정을 실시하였지만 측정일의 용수관리상 상술한 조건에 적합하지 않을 경우 결측으로 처리하였기 때문에 포장별 데이터수가 각각 다르다. 또 수확 후에 각 포장의 레벨측량을 10m 간격으로 실시하여 전면 담수심의 기준이 되는 평균면표고를 측정하였다.

## 2. 분석방법

각 포장의 입지조건과 물관리 방법 등이 감수심에 미치는 영향 및 건답직파재배의 도입이 감수심에 미치는 영향을 구명하기 위하여 이하의 7개 요인을 선정하여 각 요인의 조건별로 감수심의 평균치를 분석했다. 더욱이 측정한 감수심과 각 요인과의 관계를 수량화이론 I류에 의해 분석해서 이양 논 및 건답직파 재배 논의 감수심을 검토하였다.

(1) 담수심 : 논에 담수심이 커지면 수압포텐셜의 상승과 동시에 하강 침투량과 논두렁 침투량의 증가가 예상된다. 따라서 감수심 측정시 담수심의 전 평균치를 경계로 하여 담수심이 큰 경우와 작은 경우로 구분하여 각각의 감수심을 비교함으로써 담수심의 대소가 감수심에 미치는 영향을 검토하였다.

(2) 주변상황 : 감수심의 일부를 구성하는 논두렁침투량은 용·배수로로의 침투량과 인접 포장으로의 침투량으로 구성된다. 즉, 논두렁 침투량은 배수로 수위 및 인접한 양측포장의 토지 이용조건(논, 밭, 휴경논, 도로)에 의해 변화한다. 논두렁을 경계로 양측이 논과 인접할 경우 「양측논」, 한쪽만 논과 인접한 경우 「한쪽논」, 양측모두 논과 접하지 않을 경우 「독립논」의 3가지로 분류해서 각각의 감수심을 비교하여 인접포장으로서의 논둑 침투량을 검토하였다.

(3) 포장면적 : 포장 면적과 감수심과의 관계를 파악하기 위하여 대상포장 전체의 평균치를 경계치로 하여 면적이 큰 경우와 작은 경우의 감수심을 검토하였다.

(4) 배수로수위 : 대상지구에서는 배수로에 단차를 설치하여 배수로 수위를 상승시킴으로써 논으로부터의 침투를 억제하는 물관리가 시행되고 있다. 배수로는 폭0.8m, 깊이0.7m의 3면 콘크리트수로로 수로의 상부와 논두렁까지의 배수로측면은 흙 사면이다. 이 경우 수로의 수위가 콘크리트수로 상단을 넘는 경우와 넘지 않는 경우로 나누어서 배수로 수위가 감수심에 미치는 영향을 검토하였다.

(5) 중간낙수 : 일반적으로 중간낙수를 실시하면 토양의 건조 수축으로 인해 토층내에 균열이 발생해 투수성이 커진다. 따라서 중간낙수 전후의 감수심을 비교함으로써 중간낙수가 감수심에 미치는 영향을 검토하였다.

(6) 재배이력 : 건답직파재배는 썩레질을 실시하지 않기 때문에 경반층이 약화되어 침투량이 증가할 것으로 예상되며 그 영향은 다음해의 재배까지 지속되리라 사료된다. 따라서 과거의 재배이력에 의한 감수심의 변화를 구명하기 위해 건답직파 재배의 경우, 전년도가 건답직파의 경우(DD)와 이양재배의 경우(TD), 이양재배의 경우 전년도가 건답직파일 경우(TD)와 이양재배일 경우(TT)로 구분하여 각각의 감수심을 분석하였다.

(7) 20%입경(D<sub>20</sub>): 하강침투량은 토양의 투수성에 의해 변화하며 토양의 투수성은 토양의 입도조성에 의해 크게 영향을 받는다. 입도가적곡선(粒度加積曲線)으로부터 구한 통과질량백분율 20%에 해당하는 입경 D<sub>20</sub>에 의해 토양의 입도조성을 파악하는 방법이 일본 토질공학회에 의해 고안되어 있다. 따라서 경반층을 대상으로 한 입도분석의 결과로부터 D<sub>20</sub>에 해당하는 입경의 중앙치를 구해 중앙치보다 작을 경우와 큰 경우에 발생한 감수심에 대해 분석하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 건답직파와 이양논의 감수심

2년간의 조사결과 31개소의 포장에서 123개의 감수심 데이터를 관측하였다. 결과로부터 건답직파재배가 감수심에 미치는 영향을 구명하기 위해서 건답직파와 이양 논에서 얻은 감수심의 평균치를 산출하였다(Table3). 이양 논에 대한 평균감수심이 13.7mm/day인 것에 비해 건답직파는 48.3mm/day로 3.5배에 달하는 큰 값을 나타내었다. 이 결과로부터 대상지구에 대규모로 건답직파

를 도입할 경우 지구용수조건에 큰 영향을 미친다는 점이 시사되었다. 더욱이 건답직과 논외 감수심은 표준편차가 40.7mm/day로 이앙 논외 13.6mm/day에 비해 큰 값을 나타내었으며, 이것은 건답직과 논외 감수심이 포장조건에 의해 크게 변화한다는 것을 의미한다.

Table 3. Mean values of daily water requirement in depth

	샘플수	최대치 (mm/d)	최소치 (mm/d)	표준편차 (mm/d)	평균 (mm/d)
건답	63	163.8	2.0	40.7	48.3
이앙	60	76.6	0.4	13.6	13.7

## 2. 건답직과 및 이앙 논외 포장조건별 감수심

건답직과와 이앙 논외 조건별 감수심의 평균치를 정리해서 Table 4와 Table 5에 나타내었다.

- (1) 담수심 : 건답직과, 이앙 논외 모두 담수심이 커짐에 따라 감수심이 증가하였으며 그 경향은 건답직과 논외에서 명료하게 나타났다. 이 것은 썩레질과 논두렁 바르기를 생략하는 건답직과 논외에서는 경반의 치밀성이 약화되어 수직 침투량과 논두렁 침투량이 증가하였기 때문이라고 사료된다.
- (2) 주변상황 : 건답직과 재배의 경우 독립 논외 없기 때문에 한쪽 논외와 양쪽 논외로 분류하여 감수심을 비교하였다. 인접하는 양측 포장으로의 논두렁 침투량이 감수심이 「독립논」 > 「한쪽논」 > 「양쪽논」의 순으로 예상하였으나 이러한 명료한 경향은 보이지 않았다. 그러나 이앙 논외의 경우 독립논외의 감수심이 한쪽논외와 양쪽논외에 비해 큰 값을 나타내었다. 독립논외는 인접한 논외로부

Table 4. Mean values of water requirement of each item  
(Direct seeding culture in well-drained paddy field)

요인명	구 분	요인평균치	데이터수	표준편차(mm/d)	감수심평균(mm/d)
담수심 [73mm]	고 (≥64mm)	102mm	32	42.3	57.8
	저 (<64mm)	44mm	31	36.5	38.6
주변상황	한쪽	—	50	36.5	45.5
	양쪽	—	13	52.3	59.1
면 적 [3280m <sup>2</sup> ]	대 (≥2659m <sup>2</sup> )	4574m <sup>2</sup>	31	39.4	48.5
	소 (<2659m <sup>2</sup> )	2026m <sup>2</sup>	32	41.9	48.2
배수로수위 [-44cm]	고	-30cm	9	30.0	29.2
	저	-52cm	54	41.4	51.5
중간낙수	전	—	36	38.3	46.2
	후	—	27	43.5	51.1
재배이력	DD	—	30	42.6	41.8
	TD	—	33	37.9	54.3
D <sub>20</sub>	대 (≥0.0072mm)	—	43	43.2	53.0
	소 (<0.0072mm)	—	14	23.5	31.8

[ ] 는 건답직과의 요인평균, ( ) 는 전체의 요인평균

터의 침입수가 없기 때문에 포장내의 지하수위가 저하하여 수직 침투량과 논두렁 침투량이 증가하였다고 사료된다.

(3) 포장면적 : 건답직과, 이앙 논외 모두 포장면적에 의한 차는 없었으며 거의 같은 값을 나타내었다. 이 결과로부터 면적의 대소에 의한 감수심의 차는 적은 것으로 추측된다.

(4) 배수로수위 : 건답직과 논외에서는 배수로 수위가 낮아짐에 따라 감수심의 증가가 현저하게 나타났다. 건답직과 논외에서의 이러한 현상은 논두렁 바르기의 생략에 의한 것으로 보인다. 한편, 이앙 논외에서는 배수로 수위의 저하에 따른 감수심의 변화는 크지 않았다.

Table 5. Mean values of water requirement of each item (Transplanting culture)

요인명	구 분	항목평균치	레이터수	표준편차(mm/d)	감수심평균(mm/d)
담수심 [55mm]	고 (≥64mm)	77mm	23	14.1	15.3
	저 (<64mm)	41mm	37	13.2	12.7
주변상황	독립	—	14	18.8	19.5
	한쪽	—	21	12.1	11.8
	양쪽	—	25	10.0	12.0
면 적 [2007m <sup>2</sup> ]	대 (≥2659m <sup>2</sup> )	2942m <sup>2</sup>	13	19.1	13.7
	소 (<2659m <sup>2</sup> )	1748m <sup>2</sup>	47	11.7	13.7
배수로수위 [-42cm]	고	-24cm	19	11.5	11.8
	저	-65cm	41	14.4	14.6
중간낙수	전	—	27	10.7	12.5
	후	—	33	15.6	14.7
재배이력	DT	—	16	16.4	16.4
	TT	—	44	12.3	12.7
D <sub>20</sub>	大(≥0.0072mm)	—	29	9.0	11.2
	小(<0.0072mm)	—	31	16.5	16.0

[ ] 는 이양논의 요인평균, < > 는 전체의 요인평균

(5) 중간낙수 : 중간낙수 후에 감수심의 격심한 증가를 예상했었지만 건답직파, 이양 논 모두 약간의 증가만 보일 뿐이었다. 이 사실로 부터 조사포장의 토양에 모래성분이 많이 함유되어 있는 것이 원인이 되어 중간낙수에 따른 균열발생이 크지 않았다는 것을 추측할 수 있다.

(6) 재배이력 : 이양 논에서는 전년도가 건답직파재배(DT)인 경우의 감수심이(16.4mm/day) 2년이 상 이양재배가 계속된 논(TT) 에 비해 큰 값을 나타내었다. 이 사실은 전년도의 건답직파 재배이 력이 다음해까지 영향을 미친다는 것을 시사한다. 한편 건답직파 논에서는 2년간 건답직파 재배를 계속한 논(DD)의 감수심(41.8mm/day)이 도입 1년째 논(TD)의 감수심(54.3mm/day)에 비해 약간 작아, 전년의 재배이력이 다음해에 그다지 영향을 미치지 않은 다는 것을 알 수 있었다. 또 TT(12.7mm/day)와 TD(54.3mm/day)를 비교함으로써 건답직파재배는 도입 1년째라도 감수심이 크게 증가함을 알 수 있었다. 더욱이 DD(41.8mm/day)와 DT와의 비교에서 건답직파에서 이양으로 전환하면 감수심이 큰 폭으로 감소한다는 사실을 예측할 수 있었다.

(7) 20%입경(D<sub>20</sub>)

일반적으로 통과질량백분율의 20%에 해당하는 입경(D<sub>20</sub>)이 클수록 투수성의 증가가 예상된다. 건 답직파 논에서는 D<sub>20</sub>이 큰 논이 작은 논에 비해 감수심이 증가하는 경향을 보였지만 이양 논에서 는 반대의 경향이 보여 일관된 경향을 파악할 수 없었다.

이상, 평균치를 이용한 분석에서는 다음과 같은 점들을 명확히 할 수 있었다. 건답직파 논에서는 담수심·배수로수위·중간낙수·재배이력·D<sub>20</sub>의 순으로 감수심에 큰 영향을 주는 요인으로 나타 났으며, 특히 담수심과 배수로 수위변화가 감수심에 큰 영향을 주었다. 한편 이양 논은 감수심은 면적을 제외한 모든 항목에 영향을 받는 것으로 나타났으며 특히, 주변상황에 의해 큰 영향을 받 았다. 또 건답직파, 이양 논 공히 면적과 중간낙수에 의한 영향은 적었다.

(참고문헌)

川崎哲朗,1975, 乾田ジカマキとタン水ジカマキ田の土壤物理性, 農業土木論文集  
 坂田賢,2001, 直播水田における圃場單位水利用に関する事例的研究, 農業土木論文集  
 李尙奉,2002, 不耕起乾田直播栽培が水田減水深に及ぼす影響, 農業土木論文集