

# 집중호우에 의한 ‘후지’/M.26 사과나무의 침수 피해 분석

최성용\* · 허민순

경상북도농업기술원

## Analysis of Flooding Damage by Heavy Rain on ‘Fuji’/M.26 Apple Tree

Seong Yong Choi\* and Min-Soon Huh

Kyongbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea

\*corresponding author

**ABSTRACT** This survey was carried out to investigate the effect of flooding by heavy rain on growth characteristics and disease incidence of ‘Fuji’/M.26 mature apple tree in 1998 at Kyongbuk province. The surveyed regions were Andong, Uisung, and Gunwi area. The six orchards were selected from one area, totally 18 orchards were surveyed. The flooded depth of surveyed orchards was from 70 to 350 cm, and the flooded duration was from 6 to 72 h. Defoliation ratio, number of abnormal budding, and flowering per tree were increased along with the increment of flooded depth and duration. Rooting ratio was decreased rapidly with the increment of flooded duration, and dead root ratio was 16.2% in flooded orchards. Marssonnia blotch (*Diplocarpon mali*), white rot (*Botryosphaeria dothidea*) of fruit, and phytophthora fruit rot (*Phytophthora cactorum*) incidence were increased in flooded orchards. The analysis results of pearson correlation coefficient among surveyed items showed that higher relationship of abnormal growth characteristics and increment of disease incidence of ‘Fuji’/M.26 apple trees with flooded duration than with flooded depth. With these results, the flooded depth was found to be the main factor for the abnormal growth characteristics and disease incidences of ‘Fuji’/M.26 apple trees.

**Additional key words:** blooming, budding, defoliation, marssonnia blotch, phytophthora fruit rot, white rot

### 서 언

우리 나라의 연 평균 강우량은 1,300mm 정도 되지만, 대부분의 강우량이 6월-10월에 집중되어 있어 수해가 많이 발생한다. 최근 기후의 온난화로 국지적인 게릴라성 집중호우에 따른 농작물의 침수 피해가 많이 발생되며, 특히 사과는 하천 부지에 개원된 곳이 많아 타 과종에 비해 그 피해가 많은 실정이다.

수해의 발생 기작은 토양이 침수되면 가스교환이 현저하게 감소되어 혐기 상태로 되므로 침수 후 1-2시간 경과되면 토양중의 산소는 뿌리와 미생물의 호흡 작용에 의해 거의 소진되고 (Patric과 Mahapatra, 1968), 지표면의 극히 얇은 토층에 산소가 약간 존재할 뿐 그 이하 부위는 거의 무산소 상태로 된다(Phillips, 1964). 이러한 토양 통기성의 감소는 식물체에 여러 가지 장애를 유발한다 (Bradford와 Yang, 1961). 침수로 인한 과수의 생육 장애는 신초의 생장 억제, 위조, 황화, 조기낙엽, 뿌리의 흑변 고사, 부정근 형성 등 여러 가지로 나타난다(Jackson, 1955; Kozlowski, 1982). 그러나 국내에서는 집중호우에 의한 사과원의 침수 시 발생하는 여

러 가지 문제점에 대해 보고된 바가 없는 실정이다.

따라서 본 논문은 1998년 8월 경북 지역의 집중호우에 의한 사과원의 침수 예를 기초로 하여 사과나무의 생육과 피해 양상을 조사하여 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

본 조사는 1998년 8월 16일 하루 동안 경북 북부지역의 사과 주산단지에서 단시간에 발생한 집중호우로 하천이 범람하여 침수 피해를 당한 과수원을 대상으로 사과 ‘후지’/M.26 성목의 생육 및 병 발생 상황을 9월 21일부터 23일까지 3일간 조사하였다. 조사 대상은 군위·의성·안동 지역의 하천변이나 계곡 사이에 위치한 사과원을 지역별 6개소씩 모두 18개 포장에서 침수 깊이와 기간을 설문조사 하였고, 수체 생육과 주요 병해의 이병률은 포장당 10주씩 임의로 선정하여 조사하였으며, 침수 기간은 무침수, 6-12시간, 24-48시간, 72시간 이상으로, 침수 정도는 무침수, 70cm, 100-170cm, 200-270cm, 300cm 이상으로 구분하여 조사하였다.

\* Received for publication 11 April 2001. Accepted for publication 12 July 2001.

생육조사는 낙엽률, 개화수, 발아수, 뿌리 상태 등을 조사하였는데, 낙엽률은 침수된 나무의 수관을 임의로 상·중·하부로 나누어 부위별로 달관조사하였고, 개화수와 발아수는 카운터를 이용하여 나무별로 조사하여 평균값을 구하여 표시하였다. 지하부의 뿌리 상태는 나무별로 동·서·남·북 4개 지점을 30×30×50cm(가로×세로×깊이) 크기로 굴취하여 총 뿌리 수, 새뿌리 발생 수 및 뿌리 고사 수를 조사하여 총 뿌리 수에 대한 백분율로 표시하였다.

주요병해 조사는 침수 과수원에서 발생이 많았던 병을 중심으로 실시하였는데 이중에서 갈색무늬병(*Diplocarpon mali*) 이병엽률과 사과 겹무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*) 이병과율은 침수 나무의 수관을 상·중·하로 임의로 나누어 전체 잎이나 과실에 대한 이병엽과 과실수를 조사하여 백분율로 표시하였다. 과실 부위의 역병(*Phytophthora cactorum*)은 피해 나무에 착과된 총 과실에 대한 이병과 수를 조사하여 백분율로 표시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지역별 피해 상황

조사 지역의 강우량은 8월 16일 하루 동안 지역에 따라 111.8-255.5mm의 집중 호우로(Fig. 1), 지역별 평균 침수 깊이는 군위가 228.3cm, 의성이 198.6cm, 안동이 159.8cm 순이었고, 평균 침수 기간은 의성이 33.0시간, 군위가 30.0시간, 안동이 28.2시간 순이었다(Table 1). 침수에 따른 '후지'/'M.26 사과 성목의 피해 정도는 군위가 3개 조사지역 중 피해가 가장 심한 지역으로 조사되었는데, 낙엽률이 34.8%, 가을철 이상 개화된 꽃이 7.2개/주, 이상발아가 64.9개/주, 뿌리 고사율이 19.2%였고, 새 뿌리 발생률은 1.0%로 가장 많은 피해를 보였다(Table 1).

조사 지역별 침수과수원에서 가장 많이 발생한 주요 병해 조사에서(Table 1), 잎에 발생하는 갈색무늬병 이병엽률의 경우 군위가

65.8%로 타 지역의 22.7%와 26.8%에 비해 월등히 높았으며, 과실에 발생하는 겹무늬썩음병의 이병과율은 군위가 27.9%로 안동의 25.7%와는 차이가 없었으나, 의성의 1.0%에 비해 월등히 높은 경향이었고, 과실역병 발생과율도 군위가 37.4%로 안동의 14.3%와 의성의 1.1%에 비해 월등히 높은 경향을 보였다. 이는 집중호우 시 군위 시내가 침수되어 많은 생활 오염물질이 유입되었고, 과수원 토양이 대부분 식양토였기 때문으로 생각되며, 안동의 침수깊이 및 기간이 의성에 비해 낮거나 짧았지만, 새 뿌리 발생률이 낮고 뿌리 고사율이 의성보다 높은 것은 낙동강 유역에 위치한 과수원에 다량의 토사가 유입되어 뿌리의 호흡 작용이 상대적으로 저하되었기 때문으로 생각된다.

### 2. 침수 정도와 사과나무 생육 상황

전체 조사 과수원에서 침수 기간별 '후지'/'M.26 사과 성목의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 2), 주당 낙엽률은 수관 부위별로 하부 쪽으로 갈수록, 침수기간이 길어질수록 증가하는 경향이

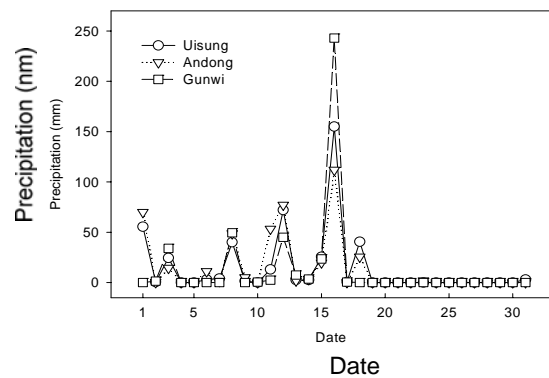


Fig. 1. Precipitation of surveyed area in August, 1998.

Table 1. Effect of flooding by heavy rain on growth characteristics and disease incidence of 'Fuji'/'M.26 apple trees in surveyed region.

Surveyed region	Average depth of flooding (cm)	Average duration of flooding (h)	Defoliation ratio	No. of blooming (flowers/tree)	No. of budding (buds/tree)	Rooting ratio	Dead root ratio	Marssonnia blotch (%)	White rot (%)	Phytophthora fruit rot (%)
Andong	159.8	28.2	23.0 b <sup>z</sup>	0.8 b	22.5 b	12.8 a	16.9 a	22.7 b	25.7 a	14.3 b
Uisung	198.6	33.0	24.0 b	1.5 b	35.6 b	17.7 a	11.4 a	26.8 b	1.0 b	1.1 c
Gunwi	228.3	30.0	34.8 a	7.2 a	64.9 a	1.0 b	19.2 a	65.8 a	27.9 a	37.4 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Effect of flooded duration on the growth characteristics of 'Fuji'/'M.26 apple trees after heavy rains in surveyed orchards.

Flooded duration (h)	Defoliation ratio				No. of blooming (flowers/tree)	No. of budding (buds/tree)	Rooting ratio	Dead root ratio
	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean				
72	25.5	45.0	73.4	48.0 a <sup>y</sup>	14.6 a	77.6 a	2.1 c	57.1 a
24-48	12.7	35.2	49.0	31.2 ab	2.5 b	47.9 b	11.5 b	14.7 b
6-12	10.6	14.3	23.6	16.1 b	0.0 c	7.9 c	29.1 ab	0.0 c
0	1.5	4.9	12.2	6.2 b	0.0 c	0.0 d	43.0 a	0.0 c

<sup>z</sup>Portion of canopy.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

었다. 이상개화 현상은 1일 이하의 침수 시 발생하지 않았고, 24-48시간 침수 시 2.5개/주, 72시간 침수 시에는 14.6개/주로 침수 기간이 길어질수록 증가하였다. 이상발아 현상은 침수 기간이 길어질수록 증가하는 경향으로 침수 피해를 받지 않은 과원에서는 이상발아 현상이 없었고, 6-12시간 침수 시 7.9개, 24-48시간 이상 침수 시 47.9개, 72시간 침수 시에는 77.6개였다. 식물체는 침수가 되면 ABA와 ethylene 함량이 크게 증가하는 반면 GA, cytokinin 및 auxin 함량은 급격히 줄어들고(Chanan, 1999), GA는 신초선단부, 뿌리선단부 및 발육중인 종자에서 합성되는데(Krishnamoorthy, 1981), 사과, 배, 포도 등에서 지베렐린은 개화를 억제시킨다는 보고(Wareing과 Phillips, 1981)로 보아, 침수가 되면 식물체내의 GA 함량이 줄어들고, 또한 침수기간이 길어질수록 뿌리의 갈변 고사율이 증가하여 수체 생육이 크게 저하되었기 때문에 이상 개화현상이 침수기간이 길어질수록 증가하는 것으로 생각된다. 새 뿌리 발생률은 침수기간이 길어질수록 억제되는 경향으로 침수 피해를 받지 않은 과원의 43%에 비해 72시간 침수 과원에서는 2.1%로 매우 낮은 경향을 보였다. 침수에 의한 뿌리 고사율은 12시간까지는 고사된 뿌리가 없었으나, 침수 기간이 24시간 이상 장기화될수록 뿌리 고사율이 급격히 증가하여 72시간 침수 시에는 57% 정도의 뿌리가 고사되는 현상을 보였다.

전체 조사 과수원에서 침수 깊이와 생육 관계를 조사한 결과 (Table 3), 낙엽률은 일정한 경향은 없었으나 침수 깊이가 100cm 이상일 경우 24.3-36.8%로 침수 피해를 받지 않은 과원의 6.3%에 비해 크게 증가하였고, 침수 기간과 같이 수관 하부 쪽으로 갈수록 낙엽률이 증가하였다. 이는 사과 '후지' 품종에 침수처리를 하였을 때 하부엽부터 황화되면서 낙엽이 되고(Lee와 Lee, 1989), 아보카도에 침수처리 하였을 때 낙엽률이 증가한다(Ploetz와 Schaffer,

1989)는 보고와 일치하는 경향으로 침수처리 기간이 길어질수록 뿌리 활력이 저하되어 낙엽률이 증가한다고 하였고, 침수 후 배수가 되더라도 수관 하부 쪽은 상대적으로 침수 기간이 길어지고, 투광량과 통풍량이 적어 Table 4에서 보는 바와 같이 갈색무늬병 발생이 많아 수관 하부 쪽으로 갈수록 낙엽률이 증가하였던 것으로 생각된다. 가을철 이상개화 현상은 100-170cm 침수 과원에서 가장 많은 23.4개/주로 조사되었다. 이상발아 현상은 침수 깊이가 깊어질수록 급격히 증가하여 300cm 이상 침수 과원에서는 119.7개/주로 침수되지 않은 과원의 0개/주에 비해 크게 증가하였다. 새뿌리 발생은 일정한 경향은 없었으나 침수된 과원에서 발생이 4-27.1%로 침수 피해가 없는 과원의 43%에 비해 크게 억제되었고, 뿌리 고사율은 100cm 이상 침수 과원에서 12.2-24.6%로 70cm 침수 과원이나 침수되지 않은 과원의 0%에 비해 크게 증가하는 경향을 보였다. 이는 사과 대목별 침수시험에서 왜성대목은 정도의 차이는 있었지만 뿌리의 활력과 뿌리 발생률이 대조구에 비해 크게 감소하고 침수 기간이 길어지면 뿌리 부패율이 증가하고(Lee 등, 1982), 아보카도나무에 침수처리를 하였을 때도 뿌리가 부패하며(Ploetz와 Schaffer, 1989), 복숭아나무를 침수 처리하였을 때 뿌리의 건물중이 크게 감소한다(Lee와 Lee, 1989)는 여러 연구자들의 보고로 볼 때 M.26에 접목한 '후지' 사과나무의 뿌리도 침수에 의해 활력과 새 뿌리 발생률이 크게 저하되고 고사되었음을 알 수 있었다.

### 3. 주요 병해의 발생 정도

전체 조사과수원에서 침수 기간에 따른 주요 병해의 발생 정도를 보면(Table 4), 잎에 발생하는 갈색무늬병 및 과실에 발생하는 검무늬썩음병은 수관 하부로 내려올수록, 침수 기간이 길어질수록 증가하는 경향으로 수관 하부에서는 각각 100%와 48.7%, 72시간

**Table 3.** Effect of flooded depth on growth characteristics of 'Fuji'/M.26 apple trees after heavy rain in surveyed orchards.

Flooded depth (cm)	Defoliation ratio				No. of blooming (flowers/tree)	No. of budding (buds/tree)	Rooting ratio	Dead root ratio
	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean				
>300	22.8	35.4	52.1	36.8 a <sup>y</sup>	7.0 b	119.7 a	7.0 b	24.6 a
200-270	20.1	36.9	41.2	32.7 a	0.9 bc	25.5 b	4.0 b	12.2 b
100-170	18.6	29.4	51.3	33.1 a	23.4 a	15.4 b	27.1 ab	16.6 b
70	1	2	6.7	3.2 b	0.0 c	0.0 c	9.6 b	0.0 c
0	1.5	4.9	12.2	6.2 b	0.0 c	0.0 c	43.0 a	0.0 c

<sup>z</sup>Portion of canopy.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 4.** Incidence of several diseases by different flooded duration on 'Fuji'/M.26 apple trees after heavy rains in surveyed orchards.

Flooded duration (h)	Marssonnia blotch (%)				White rot (%)				Phytophthora fruit rot (%)
	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean	
72	50	58.5	100.0	67.0 a <sup>y</sup>	33.5	36.0	48.7	39.4 a	40.0 a
24-48	30.7	37.8	52.2	40.2 a	12.8	17.1	33.7	21.2 a	12.9 bc
6-12	15.8	50.4	51.8	39.3 a	1.9	2.6	3.9	2.8 b	25.0 b
0	1.7	5.2	8.2	5.0 b	0.5	0.5	0.4	0.5 c	0.0 c

<sup>z</sup>Portion of canopy.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

침수 시 각각 67%와 39.4%로 조사되었다. 과실의 역병 발생률은 침수 기간에 따른 일정한 경향은 없었으나, 72시간 침수 시 40%의 높은 감염률을 보였고, 침수된 모든 조사 과수원에서 발생하였다.

전체 조사과수원에서 침수 깊이별 이병률을 보면(Table 5), 전 조사 항목에서 침수 깊이에 따라 일정한 경향은 없었으나 70cm 이상 침수된 과원에서 갈색무늬병은 32.9% - 56.8%, 겹무늬썩음병은 1.2% - 38.3%, 과실역병은 12.5% - 23.7%로 급격히 증가하였고, 갈색무늬병과 겹무늬썩음병은 침수 기간과 마찬가지로 수관 하부로 갈수록 증가하는 경향을 보였다. 이는 수관 하부는 상부에 비해 상대적으로 침수 기간이 길었고 배수 후에도 상부에 비해 수관이 복잡하여 통풍과 투광량이 적기 때문에 병 발생에 유리한 조건이 되었기 때문으로 생각된다. 반면 과실 역병은 반대 경향을 보여 300cm 이상 침수 과원에서 12.5%, 200 - 270cm 침수 과원은 21.3%, 100 - 170cm 과원에서는 23.7%로 침수 깊이가 낮아질수록 높은 경향을 보였다. 역병은 토양전염성병으로 침수나 관수에 의해 전염되고(Mircetich 등, 1985), Wilcox(1993)의 침수 처리에 의한 사과대목의 역병발생이 크게 증가한다는 보고와, Park 등 (1998)의 포도 '캠벨얼리' 품종에서 집중호우로 인한 침수가 과실 부패병의 발생이 무침수 과원에 비해 크게 증가하였다는 보고와 일

치하였는데, 과실 역병은 침수깊이보다 침수기간에 더 많은 영향을 받았고 일단 침수가 되면 전반적으로 역병 발생이 많은 것으로 판단되었다.

#### 4. 침수 상태와 피해 정도와의 관련성 분석

이상에서의 분석결과를 기초자료로 하여 침수 시간과 깊이가 사과나무의 피해에 미친 정도를 알기 위하여 조사 요인 간에 상관분석 결과, 침수 깊이와 주당 발아수( $r = 0.52^*$ )가, 침수 기간과는 뿌리 고사율( $r = 0.80^{**}$ ), 주당 개화수( $r = 0.64^{**}$ ), 낙엽률( $r = 0.55^*$ ), 겹무늬썩음병 이병과율( $r = 0.52^*$ ) 및 새 뿌리 발생률( $r = -0.52^*$ ) 등과 높은 상관을 보였고(Table 6), 조사 항목 간 상관분석에서 낙엽률은 갈색무늬병과 고도의 정의 상관( $r = 0.82^{**}$ )을 보여 갈색무늬병이 낙엽 발생의 주 원인이라고 생각된다. 개화수는 발아수( $r = 0.63^{**}$ ), 근고사율( $r = 0.57^*$ ) 및 낙엽률( $r = 0.53^*$ ) 사이에 높은 상관을 보였고, 개화수와 갈색무늬병( $r = 0.58^*$ )과도 상관이 인정되었는데 이는 갈색무늬병이 낙엽률과 고도의 상관을 보인 것과 관계가 있을 것으로 생각된다(Table 7).

이상의 결과를 종합하여 볼 때 사과 '후지' 품종의 침수에 의한 이상생육과 이병률 증가가 침수 깊이보다는 침수 기간에 더 많은

**Table 5.** Incidence of several diseases by different flooded depth on 'Fuji'/M.26 apple trees after heavy rains in surveyed orchards.

Flooded depth (cm)	Marssonnia blotch (%)				White rot (%)				Phytophthora fruit rot (%)
	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean	Upper <sup>z</sup>	Mid.	Low	Mean	
>300	40.9	55.9	77.5	56.8 a <sup>y</sup>	3.6	3.8	28.9	12.1 a	12.5 b
200 - 270	9.1	32.4	57.1	32.9 ab	0.1	0.3	3.4	1.2 ab	21.3 a
100 - 170	41.5	49.2	54.4	48.4 a	28.6	36.1	50.1	38.3 a	23.7 a
70	1.0	3.7	5.0	3.2 b	0.1	0.3	0.7	0.6 b	0 c
0	1.7	5.2	8.2	5.0 b	0.5	0.5	0.4	0.5 b	0 c

<sup>z</sup>Portion of canopy.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 6.** Correlation coefficient between degree of flooding and growth characteristics and disease incidence on 'Fuji'/M.26 apple trees.

Flooding	Rooting ratio	Dead root ratio	Defoliation ratio	No. of blooming	No. of budding	Marssonnia blotch (%)	White rot (%)	Phytophthora fruit rot (%)
Depth (cm)	-0.433	0.153	0.267	0.225	0.523*	0.443	-0.007	0.229
Duration (h)	-0.519*	0.804**	0.554*	0.664*	0.213	0.404	0.523*	0.396

\*, \*\* Significant at 5 or 1% level, respectively.

**Table 7.** Pearson correlation matrix between surveyed items in flooded 'Fuji'/M.26 apple trees in September 1998.

Item	Defoliation ratio	No. of blooming	No. of budding	Rooting ratio	Dead root ratio	Marssonnia blotch (%)	White rot (%)	Phytophthora fruit rot (%)
Defoliation ratio	1.000							
No. of blooming	0.529*	1.000						
No. of budding	0.431	0.631*	1.000					
Rooting ratio	-0.202	-0.303	-0.289	1.000				
Dead root ratio	0.303	0.567*	-0.027	-0.294	1.000			
Marssonnia blotch (%)	0.824**	0.575*	0.473	-0.258	0.165	1.000		
White rot (%)	0.609*	0.322	-0.067	-0.013	0.489	0.482	1.000	
Phytophthora fruit rot (%)	0.116	0.326	-0.164	-0.212	0.509	0.405	0.496	1.000

\*, \*\* Significant at 5 or 1% level, respectively.

영향을 받는 것으로 판단되었다.

## 초 록

1998년 8월 중순 경북 북부지역에 있었던 집중호우에 의한 하천 범람으로 침수된 과수원을 군위, 의성, 안동에서 지역별 6개 과수원씩, 총 18개 과수원을 대상으로 '후지' 사과나무의 생육 상황과 주요 병해 이병률을 조사하였다. 조사 과수원의 침수 깊이는 70cm-350cm였고, 침수 기간은 6시간-72시간이었다. 침수 피해 사과원의 낙엽률, 발아율 및 이상개화 현상은 침수 깊이가 깊을수록, 침수 기간이 길어질수록 증가하였다. 새 뿌리 발생은 침수 기간이 길어질수록 급격히 감소하였고, 침수로 인한 뿌리 고사율은 16.2%로 나타났다. 잎의 갈색무늬병, 과실의 부패병, 역병 발생이 무침수 과원에 비해 크게 증가하였고, 조사 항목 간 상관분석 결과, 침수에 의한 이상 생육과 발병 증가가 침수 깊이보다는 침수 기간에 더 큰 영향을 받는 것으로 조사되었다.

추가 주요어 : 개화, 낙엽, 발아, 갈색무늬병, 역병, 겹무늬썩음병

## 인용문헌

- Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1961. Physiological responses of plants to waterlogging. HortScience. 16:25-26.
- Chanani I. 1999. Plant responses to environmental stresses. p. 287-301. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Jackson, W.T. 1955. The role of adventitious roots in recovery of shoots following flooding of the original root systems. Amer. J. Bot. 43:816-819.
- Kozłowski, T.T. 1982. Water supply and tree growth. Academic Press Inc. Orlando, FL. USA.
- Krishnamoorthy, H.N. 1981. Plant growth substances including applications in agriculture. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. New Delhi, India.
- Lee, C.H., A. Sugiura, and T. Tomana. 1982. Effect of flooding on the growth and some physiological changes of young apple rootstocks. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 51:270-277.
- Lee, D.K and J.C. Lee. 1989. Studies on flooding tolerance and its physiological aspects in fruit trees. 1. Flooding tolerance by cultivars in different fruit species. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 30: 215-223.
- Mircetich, S.M., G.T. Browne, W. Krueger, and W. Schreder. 1985. *Phytophthora spp.* isolated from surface water-irrigation sources in California. (Abstr.). Phytopath. 75:1346-1347.
- Park, S.H., H.S. Byun, Y.K. Roh, T.S. Park, and B.S. Choi. 1998. The influence of submersion by heavy rain on quality of 'Campbell Early' grape. RDA. J. Hort. Sci. 40:36-40.
- Patric, W.H. and I.C. Mahapatra. 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. Adv. Agron. 20:323-359.
- Phillips, I.D.J. 1964. Root-shoot hormone relation. II. Changes in endogenous auxin concentration produced by flooding of the root system in *Helianthus annuus*. Ann. Bot. 28:38-45.
- Ploetz, R.R and B. Schaffer. 1989. Effects of flooding and phytophthora root rot on net gas exchange and growth of avocado. Phytopath. 79:204-208.
- Wareing, P.F., and I.D.J. Phillips. 1981. Growth and differentiation in plants. p. 255-256. Pergamon Press. 3rd ed., Oxford, U.K.
- Wilcox, W.F. 1993. Incidence and severity of crown and root rots on four apple rootstocks following exposure to *Phytophthora* species and waterlogging. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:63-67.