

양파 연작지의 분홍색뿌리썩음병 방제를 위한 담수처리 효과

문진성 · 이종태 · 하인종 · 황선경 · 송원두 · 천미건¹ · 이찬중^{2*}
 경남농업기술원 양파연구소, ¹경남농업기술원, ²농업과학기술원 응용미생물과

Influence of Soil Flooding on Control of Pink Root Disease in Onion Crop

Jin-Seong Moon, Jong-Tae Lee, In-Jong Ha, Seon-Gyeong Whang, Wan-Doo Song,
 Mi-Geon Cheon¹ and Chan-Jung Lee^{2*}

Onion Research Institute, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Changnyeong 635-821, Korea

¹Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-370, Korea

²Division of Applied Microbiology, National Institute of Agricultural Science and Technology,
 RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received on July 26, 2007)

Pink root disease of onion, a known worldwide constraint upon onion production, significantly reduces crop levels in the main Korea cultivation area. In order to examine the effect of flooding on incidence of pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris* and on onion growth and on populations of soil fungi, field experiments were conducted during two seasons, 2003/04 and 2004/05 at Onion Research Institute. Populations of soil fungi from fields were assayed on selective media. Flooding treatment was effective in reducing populations of *P. terrestris*, *Pythium* spp., and *Rhizoctonia* sp. in soil; fungal populations in soils flooded for 90 days were reduced to 1/2 to 1/3 of those in non-flooded soils. In nursery bed, protective activities of soils flooded for over 60 days were 93.5 to 99.2% and their pink root incidences were less than 5%, which were 1/11 to 1/18 of that in control. Increased yield of onion bulbs was associated with control of soil borne pathogenic fungi by flooding treatments. As flooding period was prolonged, bulb grade showed the tendency to increase. Soil flooding for over 60 days resulted in effective disease control, facilitated accurate planning of plant population in the field, extension of the growing-season and consequently higher yields of better quality.

Keywords : Flooding, Onion, Pink root, *Pyrenochaeta terrestris*

양파(*Allium cepa* L.)는 우리 식단에서 중요한 양념채소 중 하나로 식생활 수준의 향상으로 소비가 증가하고 있으며 최근 연구에서 암, 고혈압, 당뇨병 등 성인병 예방 및 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 소비가 증가하고 있는 실정이다(Lee 등, 2000; Ma, 2000; Rho와 Han, 2000; Sheo, 1999). 분홍색뿌리썩음병원균(pink root rot)은 토양 곰팡이로 토양속 뿌리나 잔재물에 생존한다. 발병 적온은 24~28°C이며 16°C 이하에서는 거의 발생되지 않는다. 종자전염은 하지 않고 양파의 뿌리 끝부분에 직접 감염되고 토양온도가 높은 사질토에서 많이 발생하며 물, 바람, 농기계류 등에 의해 전파된다. 분홍색뿌리썩음병 병원균

은 1917년 미국 텍사스에서 처음으로 보고되었고, Taubenhaus와 Mally(1921)는 이 병원균을 *Fusarium*의 한 종으로 생각하여 *Fusarium mallyi* Taub라 명명하였다. 그러나 Hansen(1929)는 양파 뿌리에서 직접 분리한 병원균에 대한 접종실험을 통하여 감염을 확인하였고 이 균을 *Phoma terrestris* Hansen이라고 명명하였다.

양파 재배주산지의 연작지에서 *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) Gorenz, J. C. Walker and Larson(Hansen, 1929; Gorenz 등, 1948)에 의한 분홍색뿌리썩음병이 많이 발생하고 있고 국내에서는 Kim 등(2003)에 의해 처음으로 보고되었다. 병원균에 감염된 양파의 뿌리는 초기에 얼은 분홍색에서 짙은 분홍색, 어두운 보라색으로 변하여 결국에는 썩어서 죽게 된다. 또한 새로운 뿌리도 감염되면 분홍색으로 변하여 결국 죽게 된다. 이와 같이 감염이 지속되면 양파의 성장은 멈추게 되고 수분과 영양분의 공급

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0367, Fax) +82-31-290-0209

E-mail) bio0001@hanmail.net

부족으로 지상부는 말라 고사하게 되며 구의 비대가 이루어지지 않아 수량 및 품질의 저하를 초래하게 된다 (Katan 등, 1980). 이병된 뿌리로부터 병원균을 분리할 경우 *P. terrestris*와 *Fusarium oxysporum* Schlectedd: Fr. f. sp. *cepae*(Hansen)가 함께 분리되는 경우가 많으며, *Fusarium*은 생육과 저장 중 양파의 인편에 근부병을 일으켜 많은 피해를 주지만, *P. terrestris*은 생육 중 양파의 뿌리만 가해할 뿐 저장 중 인편에는 피해를 주지 않는다(Davis와 Henderson, 1937; Kreutzer, 1941).

다양한 토양병원균과 잡초를 방제하기 위해 토양훈증소독과 태양열소독 등 새로운 접근방법이 개발되고 있다 (Katan 등, 1976). 태양열소독은 여름동안 투명비닐을 이용하여 병원균을 경감시키거나 사멸시키는 방법으로(Katan, 1980), 분홍색뿌리썩음병의 감염을 억제하기 위해서도 사용해 오고 있다(Katan 등, 1980; Rabinowitch 등, 1981). 토양훈증소독의 경우 meta sodium과 dazomet를 이용하고 있으나 토양 잔류나 처리비용이 많이 든다. 그러므로 토양 훈증소독이나 태양열소독의 경우 넓은 면적에 처리할 경우 비용이나 방제효과 측면에서 비효율적인 것으로 판단된다.

분홍색뿌리썩음병은 양파를 연작하는 육묘상이나 발토양에서 심하게 발생하지만 벼를 재배하는 논토양에서는 심하게 발생하지 않는다. 이는 벼 재배시 담수효과에 의한 병원균의 밀도감소에 따른 것으로 판단되지만, 아직까지 병 방제연구를 위한 담수기간이나 처리방법 등에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 양파 연작지 토양을 담수처리하고 담수기간에 따른 양파 분홍색뿌리썩음병의 발생 정도, 병원균의 밀도 변화, 그리고 양파의 생육 및 수량의 차이를 조사한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험 재료. 본 실험은 2003년 6월부터 2005년 6월까지 2년에 걸쳐 경남농업기술원 양파연구소내 병원균의 밀도가 높은 연작지 토양에서 수행하였다. 시험품종은 병원균에 감수성인 만생종 창녕대고를 9월 3일 파종하였으며, 정식은 투명 폴리에틸렌 필름을 멀칭한 후 재식거리 20×15 cm, 6조식으로 11월 3일 정식하여 다음해 6월 5일 수확하였다.

담수처리 조건. 담수는 양파를 수확한 후 6월에서 9월의 고온기에 실시하였고, 처리는 무담수, 30일, 60일 그리고 90일의 담수기간을 두고 6월에 동시에 처리하였다. 담수 포장은 처리기간 동안 포장용수량 이상의 충분한 처

리를 하였고, 담수처리를 하지 않은 포장을 대조구(무담수)로 두었다. 시험구당 면적은 25 m²(가로 5 m×세로 5 m)로 처리별 난괴법 3반복으로 배치하였다.

병 발생률 조사. 정식 전 양파묘와 수확 전 양파를 각 시험구로부터 55개체를 임의로 선별하여 50개체는 인편의 끝부분과 뿌리의 발병증상을 육안으로 조사하였고, 나머지 5개체는 Watson(1961)의 방법에 따라 멸균된 wheat straw에 핑크 색소 형성 유무로 *P. terrestris*의 감염여부를 확인하였다. 이때 시료의 뿌리는 증류수로 깨끗하게 세척한 다음 인편의 밑부분과 뿌리부분의 4 cm를 절단하여 90% 에틸알콜에 10초, 0.5% sodium hypochlorite에 45초간 침지 후 멸균증류수로 수회 세척하여 각 plate에 치상하였다. 이들 plate는 상온에서 26일간 배양한 후 핑크색소 형성유무를 조사하였다. 뿌리의 이병정도는 0에서 9로 표시하였으며, 0 = 무발생, 1 = 20% 이하 이병, 3 = 20~40% 이병, 5 = 40~60% 이병, 7 = 60~80% 이병, 그리고 9 = 80% 이상 이병으로 나타내었다.

토양 병원균 밀도 조사. 처리토양의 시료는 처리구별로 담수 전, 담수 후 그리고 수확 후 3번 채취하여 토양 병원균의 분포와 밀도를 조사하였다. 처리토양의 병원균 분포 조사는 각 처리구별로 10개 지점에서 깊이 20 cm의 토양을 채취하여 완전히 썩은 다음 절대수분 함량이 5% 정도되게 음건시킨 후 *Rhizoctonia* spp.는 multiple-pellet soil sampler(Henis 등, 1978)을 이용한 tannic-acid benomyl medium(Sumner와 Bell, 1982)을 약간 변형하여 사용하였고, *Pythium* spp.는 pimarin, ampicillin, rifampicin을 첨가한 PCNB medium(Jeffers와 Martin, 1986), *P. terrestris*는 멸균한 cheesecloth를 각 Petri dish 안에 넣고 3 g NaNO₃, 1 g MgSO₄·7H₂O, 0.5 g chloramphenicol 그리고 20 g agar을 증류수 1 l에 첨가하여 만든 배지 20 ml를 분주하여 핑크색소의 형성유무로 조사하였다(Strobel과 Lorbeer, 1990).

재배 및 품질조사. 파종은 휴폭 120 cm의 육묘상에 15 cm 간격으로 줄뿌림을 하였고, 55일 후 이병되지 않은 양파 묘를 각 처리구별로 정식하였으며 관수는 tensiometer에 의해 -30 kPa가 되었을 때 실시하였다. 시비량은 추파재배시의 표준시비량인 질소 240 kg, 인산 77 kg, 칼리 154 kg/ha을 사용하였고, 이때 질소는 요소를 이용하여 1/3량을 기비로 하고 나머지 2/3량은 추비로 2회 동량 사용하였으며 칼리는 황산칼리를 이용하여 40%는 기비로 나머지 60%는 질소 추비시 30%씩 2회 동량 분시하였다. 인산은 용성인비를 이용하여 전량기비로 사용하였다. 병해충 방제를 위해서 chlorothalonil과 spinosad제를 사용하였고, 양파가 80% 도복되었을 때 수확 하였다. 처리별 양파의 품질은 구중에 따라 150 g 이상, 150 g~

240 g 그리고 240 g~310 g 등 3등급으로 분류하여 조사하였다.

결과 및 고찰

토양 병원균 밀도 변화. 담수기간별 토양병원균의 밀도변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 제 1차년도(2004) 실험결과 무담수 초기에 균밀도는 전반적으로 비슷한 수준을 보였다. 담수 직후에는 균밀도가 감소하는 경향을 보였으며, 담수기간이 길수록 균밀도의 감소효과가 뚜렷하여 처리 후 90일에는 무담수에 비해 1/2~1/3 수준으로 감소하였다. 그러나 양파 재배후 균밀도는 담수직후 보다 전반적으로 증가하는 경향을 보였다.

제 2차년도(2005)의 실험 결과에서는 균밀도의 감소 경향이 더욱 뚜렷하였다(Table 1). 담수 전보다 담수 직후의 균밀도 감소 폭이 컸으며, *P. terrestris*의 경우 60일 이상의 담수처리구에서는 1/4~1/10 수준으로 감소하였고 *Pythium* spp.과 *Rhizoctonia* spp.도 비슷한 경향을 보였다. 이와 같이 담수기간이 길어질수록 균 밀도의 감소는 더욱 뚜렷한 경향을 보였다.

병 방제를 위한 담수조건으로 포화상태의 담수 및 담수기간이 중요하고, 담수에 의한 병원균의 사멸효과는 실내보다 포장조건에서 떨어지지만 1년간의 벼 재배에 의한 담수로 병원균의 사멸 효과가 있었다는 보고와 유사한 결과를 얻었다(Katan, 2000; Stover, 1979). 담수처리에 의한 토양병원균의 사멸효과는 산소 결핍, CO₂ 증가 그리고 혐기과정 중에 미생물의 상호작용에 의해 생성되는

병원균에 대한 독성물질에 의한다고 하였으나(Katan, 2000; Stover, 1979), Mitchell과 Alexander(1962)은 담수된 토양 시료를 혐기상태에 두는 것보다 공기 중에 두는 것이 균 밀도가 급격히 감소하였다고 했으며, 이는 전적으로 산소의 결핍이 담수상태에 있는 곰팡이의 밀도를 감소시킨다고 보기 어렵다고 하였다. Strandberg(1987)는 채소 재배지에 4~6주 동안 담수처리를 하였을 때 *Pythium* spp. 밀도가 급격하게 감소하였다가 배수나 작물 재배후 균의 밀도가 서서히 증가하였다고 보고하였다. 토양병 방제를 위한 담수처리조건으로 포화상태의 담수 및 담수기간이 중요하고(Katan, 2000; Stover, 1979), Park 등(1997)은 포장용수량 이상의 충분한 담수처리를 하지 않았을 경우 처리기간이 15주 경과하여도 인삼 뿌리썩음병균(*Cylindrocarpus destructans*)의 밀도감소 효과는 매우 낮았다고 하였다. 그리고 담수처리에 의한 병원균의 사멸효과는 실내보다는 포장조건에서 떨어지지만(Stover, 1979), Katan(2000)은 벼 재배를 위해 1년간 담수하였을 경우 병원균의 사멸효과가 있었다고 하였다.

양파 육묘상 분홍색뿌리썩음병 방제효과. 양파 육묘상 담수처리는 분홍색뿌리썩음병의 발생과 이병율을 효과적으로 줄일 수 있었다(Table 2). 제 1차년도(2004) 실험결과 무담수 토양의 경우 거의 모든 양파 묘에서 병이 발생하였고, 뿌리의 이병율도 80% 이상의 높은 감염율을 보였다. 반면 담수기간이 길어질수록 병발생 억제효과는 뚜렷하여 처리 후 90일에는 71.2%의 방제효과를 보였고, 뿌리이병율도 무담수에 비해 1/5 수준으로 감소하였다. 제 2차년도(2005)의 실험 결과에서는 병원균의 억제

Table 1. Population changes of three fungal phytopathogens in soil of onion field according to soil flooding period

Soil flooding period (day)	<i>P. terrestris</i> (CFU/g) ^{a,b}			<i>Pythium</i> spp. (CFU/g) ^{a,b}			<i>Rhizoctonia</i> spp. (CFU/100 g) ^{a,c}		
	10 Jul.	10 Oct.	15 Jun.	10 Jul.	10 Oct.	15 Jun.	10 Jul.	10 Oct.	15 Jun.
Experiment 1 (2004)									
Untreated	18a	17a	19a	40a	50a	77a	12a	10a	9a
30	16a	12b	14b	38a	33b	35b	13a	11a	11a
60	15a	10b	13b	43a	24b	32b	10a	6b	8a
90	19a	7b	11b	41a	21b	29b	12a	6b	9a
Experiment 2 (2005)									
Untreated	19a	21a	23a	77a	65a	72a	9a	10a	13a
30	14b	6b	8b	35b	15b	18b	11a	6b	6b
60	13b	3b	3b	32b	10b	10c	8a	4b	3b
90	11b	1b	1b	29b	6b	7c	9a	2b	3b

^aMeans followed by the same letter within columns do not differ significantly (Duncan's multiple range test, $P = 0.05$).

Soil was flooded on July 10, 2004.

^bCFU/g; colonies forming on selective media per gram of soil.

^cCFU/g; colonies forming on selective media per 100 g of soil.

Table 2. Effect of soil flooding on pink root and growth of onion seedlings naturally infested with *P. terrestris* in nursery bed

Soil flooding period (day)	No. of leaves ^a	Longest leaf length (cm) ^a	Pink root incidence (% of plant) ^{a,b}	Pink root severity ^{a,c}	Protective value (%) ^{a,d}
Experiment 1 (2004)					
Untreated	4.3a	32.9a	98.5a	9.0a	-
30	4.5a	40.6b	65.3b	4.7b	33.7
60	4.3a	40.5b	48.6c	2.9c	50.7
90	4.6a	40.9b	28.4d	1.8c	71.2
Experiment 2 (2005)					
Untreated	4.5a	33.1a	98.8a	9.0a	-
30	4.5a	39.8b	9.8b	2.8b	90.0
60	4.3a	40.6b	3.6c	0.8b	96.4
90	4.6a	40.5b	0.8c	0.5b	99.2

^aMeans followed by the same letter within columns do not differ significantly (Duncan's multiple range test, $P = 0.05$).

^bPercentage of plants exhibiting root discoloration.

^cVisual rating of plants; 0 = no roots discolored, 1 = <20%, 3 = 20 to 40, 5 = 40 to 60, 7 = 60 to 80, 9 = >80% of roots discolored.

^dProtective value = (% infected plant of untreated - % infected plant of treated)/% infected plants of untreated.

효과가 더욱 뚜렷하여, 담수 60일 이후에는 93.5~99.2%의 방제효과를 보였고, 이병율도 5% 미만으로 무담수에 비해 1/11~1/18 수준으로 크게 감소하였다. 이와 같이 담수년수와 담수기간이 길어질수록 병발생과 뿌리이병에 대한 억제효과도 높은 것을 알 수 있었다.

양파 묘 생육의 경우 엽수는 처리간에 유의한 차이가 없었으나, 초장에서는 무담수에 비해 담수처리에서 뚜렷한 증가를 보였다(Table 2). 양파 육묘상에서 분홍색뿌리썩음병의 방제효과가 높게 나타난 것은 담수처리에 의한 병원균의 밀도가 낮은 상태에서 파종 후 정식까지 기간이 55일 정도로 짧고 토양 온도 또한 야간에는 병원균의 발병온도 보다 낮은 상태를 유지하기 때문인 것으로 판

단된다.

양파 재배포장 분홍색뿌리썩음병 방제효과. 담수처리 는 양파 재배포장의 분홍색뿌리썩음병의 발병율과 뿌리 이병율을 줄이는데 매우 효과적이었다(Table 3). 제 1차년도(2004) 실험결과 무담수 토양의 경우 수확 전에는 거의 100%의 병 발생을 보였고, 뿌리의 이병율도 80% 이상의 높은 감염율을 보였다. 담수기간이 길어질수록 병 발생 억제효과는 뚜렷하였으나, 담수 30일의 경우 거의 100%에 가까운 발병율을 보였고, 뿌리이병율도 60% 이상의 높은 감염율을 보였다. 담수 60일 이후에는 88.5~95.3%의 높은 병발생율을 보였지만, 뿌리이병율은 무담수에 비해 1/2~1/4 수준으로 크게 감소하였다. 수확 후 처리별 양

Table 3. In field, effect of soil flooding on onion pink root naturally infested with *P. terrestris* and yield of onion

soil flooding period (day)	Pink root severity ^{a,c}	Pink root incidence (% of plant) ^{a,b}	Protective value (%) ^{a,d}	Bulb wt (g) ^a	Marketable yield (t/ha) ^a
Experiment 1 (2004)					
Untreated	9.0a	99.5a		164.3c	47.9c
30	7.3a	99.5a	0	179.6b	54.4b
60	3.8b	95.3a	4.7	208.9a	64.1a
90	2.5b	88.5b	11.5	211.5a	65.3a
Experiment 2 (2005)					
Untreated	9.0a	99.5a		120.0c	37.2c
30	1.3b	13.8b	86.2	153.3b	48.9b
60	0.8b	6.5b	93.5	165.1a	53.2a
90	0.1b	1.2b	98.8	170.8a	55.3a

^aMeans followed by the same letter within columns do not differ significantly (Duncan's multiple range test, $P = 0.05$)

^bPercentage of plants exhibiting root discoloration.

^cVisual rating of plants; ; 0 = no roots discolored, 1 = <20%, 3 = 20 to 40, 5 = 40 to 60, 7 = 60 to 80, 9 = >0% of roots discolored.

^dProtective value = (% infected plant of untreated - % infected plant of treated)/% infected plants of untreated.

과의 구중은 무담수에 비해 담수 30일에서 9%, 60일 이상에서는 27~29% 증가되었다. 처리별 상품수량은 무담수에 비해 담수 30일에서 14%, 60일 이상에서는 34~36% 증수되었다. 이상의 결과에서 1년간의 담수처리에서는 방제효과가 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만, 뿌리의 이병율은 크게 낮출 수 있었고, 수량 증수 효과도 뚜렷하였다.

제 2차년도(2005)의 실험 결과에서는 병원균의 억제효과가 더욱 뚜렷하여, 담수 30일 후에는 13.8%의 병발생율을 보였고, 60일 이후에는 6.5% 이하, 뿌리이병율도 5% 미만으로 크게 감소하였다. 수확 후 처리별 양과의 구중과 상품수량은 무담수에 비해 담수처리에서 높게 나타나 제 1차년도 결과와 비슷한 경향을 보였다. 구중은 무담수에 비해 담수 30일에서 28%, 60일 이상에서는 38~42% 증가되었고, 상품수량은 무담수에 비해 담수 30일에서 31%, 60일 이상에서는 43~49% 증수되어 제 1차년도의 수량 증가보다 훨씬 높은 증가를 보였다. 이와 같이 담수 연수와 담수기간이 길어질수록 분홍색뿌리썩음병의 발생과 뿌리이병에 대한 억제효과는 높았으며, 구중과 수량 또한 높은 증가율을 보였다. 지금까지의 결과들을 종합적으로 볼 때 양과 분홍색뿌리썩음병이 심하게 발생하고 있는 연작지에 양과를 정식하기 전에 담수처리 또는 벼재배를 할 경우, 적어도 2년간, 60일 이상 담수처리를 하였을 때 효과적으로 분홍색뿌리썩음병균의 밀도와 병발생을 경감시킬 수 있을 것이며, 정상적인 양과 생육에 의한 구비대로 구중의 증가에 의한 수량 증수효과가 클 것으로 판단된다.

Muller(1987)는 *Sclerotinia bulborum*, *Rhizoctonia tuliparum* 그리고 *Botrytis tulipae*에 의해 일어나는 곰팡이병은 6주 동안의 담수처리에 의해 완전히 억제되었고, *Stromatinia gladioli* 균핵의 발아를 50% 감소시켰다고 하였다. 바나나 *Fusarium*병의 경우 병원균(*F. oxysporum* f. sp. *cubensis*)의 밀도는 30~50일 담수처리에 의해 감소되었으나, 실제 병 방제를 위해서는 3~6개월의 담수처리를 해야 한다고 했다(Fly, 1982; Stover, 1979). Park 등(2001)은 인삼 연작지 토양에 유기물을 첨가하고 포화상태로 담수한 후 3개월 이상 수온을 30°C 이상 유지할 경우 뿌리썩음병 발생을 보다 경감시킬 수 있다고 보고하였다.

처리별 수확시 양과의 품질. 담수처리에 따른 수확시 양과의 품질을 조사하기 위해 구중에 따라 3등급으로 분류하여 조사하였다(Fig. 1). 제 1차년도 실험에서 무담수의 경우 구중 150 g 이하가 50%이상을 차지하여 소구 및 비상품의 비중이 높았지만, 담수 60일에서는 구중 150 g 이상이 거의 70%를 차지하여 상품의 비중이 높았다. 제 2차년도 실험에서도 비슷한 경향의 결과를 얻었으며, 무

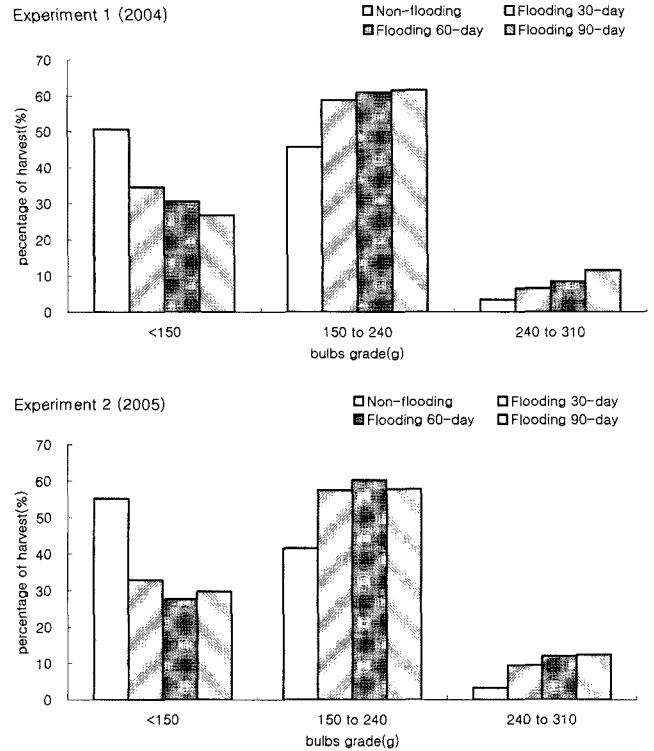


Fig. 1. Distribution of different bulb grades according to practices performed during the preceding season.

담수의 경우 구중 150 g 이하가 55% 이상을 차지하였지만 담수 60일에서는 150 g 이상이 70% 이상을 차지하여 제 1차년도 보다는 대구의 비율이 늘어 나는 경향을 보였다.

요 약

양과 연작지 토양의 담수기간에 따른 분홍색뿌리썩음병의 방제효과, 양과의 생육 및 수량을 조사한 결과 토양 병원균의 밀도변화는 담수기간이 길수록 균밀도의 감소효과가 뚜렷하여 처리 후 90일에는 무담수에 비해 1/2~1/3 수준으로 감소하였지만 양과 재배후 균밀도는 담수직 후 보다는 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 양과 육묘상 담수처리에 의한 분홍색뿌리썩음병의 방제효과는 담수 60일 이상 처리에서 93.5~99.2%였고, 뿌리이병율도 무담수에 비해 1/11~1/18 수준으로 크게 감소하였다. 양과 재배포장에서의 발병을 또한 담수 60일 이상 처리에서 5% 미만으로 크게 감소하였다. 양과의 구중과 상품수량은 무담수에 비해 담수처리에서 증가되었으며, 담수기간이 길어질수록 대구의 비율이 늘어 나는 경향을 보였다. 이와 같이 양과 분홍색뿌리썩음병이 심하게 발생하고 있는 연작지에 양과를 정식하기 전에 담수처리를 할 경우, 적어도 2년간, 60일 이상 담수처리를 하였을 때 효과적

으로 분홍색뿌리썩음병균의 밀도와 병발생을 경감시킬 수 있으며, 정상적인 양파 육묘 및 생육에 의한 구비대로 수량 증수효과가 클 것으로 판단된다.

참고문헌

- Davis, G. N. and Henderson, W. J. 1937. The interrelation of the pathogenicity of a *Phoma* and a *Fusarium* on onions. *Phytopathology* 27: 763-772.
- Fly, W. E. 1982. Physical and chemical techniques to suppress initial disease. In: *Principles of Plant Disease Management*, pp. 151-174. Academic Press, New York.
- Gorenz, A. M., Walker, J. C. and Larson, R. H. 1948. Morphology and taxonomy of the onion pink root fungus. *Phytopathology* 38: 831-840.
- Hansen, H. N. 1929. Etiology of the pink-root disease of onions. *Phytopathology* 19: 691-704.
- Henis, Y., Ghaffar, A., Baker, R. and Gillespie, S. L. 1978. A new pellet soil-sampler and its use for the study of population dynamics of *Rhizoctonia solani* in soil. *Phytopathology* 68: 371-376.
- Jeffers, S. N. and Martin, S. B. 1986. Comparison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. *Plant Dis.* 70: 1038-1043.
- Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Dis.* 64: 450-454.
- Katan, J. 2000. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. *Crop Prot.* 19: 725-731.
- Katan, J., Greenberger, A., Alon, H. and Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases by soilborne pathogens. *Phytopathology* 76: 683-688.
- Katan, J., Rotem, I., Finkel, Y. and Kaniel, J. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases on onions. *Phytoparasitica* 8: 39-50.
- Kim, Y. K., Lee, S. B., Shim, H. S., Lee, C. J. and Kim, H. D. 2003. Pink Root of Onion Caused by *Pyrenochaeta terrestris* (syn. *Phoma terrestris*). *Plant Pathol. J.* 19(4): 195-199.
- Kreutzer, W. A. 1941. Host-parasite relationships in pink root of *Allium cepa*: II. The action of *Phoma terrestris* on *Allium cepa* and other hosts. *Phytopathology* 31: 907-915.
- Lee, C. J., Kim, H. D., Choung, E. H., Suh, J. K., Park, C. W. and Ha, Y. L. 2000. Reduction effect of carcinogen-induced mouse epi-dermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 525-530.
- Ma, S. J. 2000. Inhibitory effect of onion seasoning on angiotensin converting enzyme. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 395-400.
- Mitchell, R. and Alexander, M. 1962. Microbiological changes in flooded soils. *Soil Science* 93: 413-419.
- Muller, P. J. 1987. Control of soil-borne diseases, nematodes and weeds in ornamental bulb cultivation by flooding. *Acta Botanica Neerlandica* 36: 111.
- Papavizas, G. G. 1967. Evaluation of various media and antimicrobial agents for isolation of *Fusarium* from soil. *Phytopathology* 57: 848-852.
- Park, K. J., Byen, J. S., Lee, I. H. and Park, H. S. 2001. Influence of soil flooding with organic matters amendment at various temperatures on changes of microbial populations in ginseng-replanting field soils. *Res. Plant Dis.* 7: 25-30.
- Park, K. J., Yun, H. Y. and Seung, H. O. 1997. Population variations of *Cylindrocarpus destructans* causing root rot of ginseng and soil microbes on the soil with various moisture contents. *Kor. J. Plant Pathol.* 13: 100-104.
- Rabinowich, H. K., Katan, J. and Rotem, I. 1981. The response of onions to solar heating, agricultural practices and pink?root disease. *Scientia Horticulturae* 15: 331-340.
- Rho, S. R. and Han, J. H. 2000. Cytotoxicity of garlic and onion methanol extract on human lung cancer cell lines. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 870-874.
- Sheo, H. J. 1999. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 28:94-99.
- Stover, R. H. 1979. Flooding of soil for disease control. In: *Soil Disinfection*, ed. By D. Mulder, pp. 19-28. Elsevier, Amsterdam.
- Strandberg, J. O. 1987. The effect of flooding on plant pathogen populations. In: Snyder GH (ed) *Agricultural Flooding of Organic Soils*(pp41-55) Technical bulletin 870, University of Florida, Gainesville, USA.
- Strobel, N. E. and Lorbeer, J. W. 1990. A novel differential medium for the quantification of *Phoma terrestris* in organic soils.(Abstr.) *Phytopathology* 80: 1008.
- Sumner, D. R. and Bell, D. K. 1982. Root diseases of corn induced by *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia zeae*. *Phytopathology* 72: 86-91.
- Taubenhaus, J. J. and Mally, F. W. 1921. Pink root disease of onions and its control in Texas. *Tes. Agr. Expt. Sta. Bul.* 273.
- Watson, R. D. 1961. Rapid identification of the onion pink root fungus. *Plant Dis. Rptr.* 45: 289.