

감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 자낭포자 비산에 영향을 주는 환경요인

권진혁* · 강수웅 · 정부근 · 박창석¹
경상남도농촌진흥원, ¹경상대학교 농과대학

Environmental Factors Affecting Ascospore Release of *Mycosphaerella nawae*, the Causal Organism of the Spotted Leaf Casting of Persimmon

Jin Hyeuk Kwon*, Soo Woong Kang, Bu Keun Chung and Chang Seuk Park¹
Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chinju 660-370, Korea
¹College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT : Factors affecting on the ascospore release of *Mycosphaerella nawae*, the causal organism of persimmon leaf casting disease, were investigated. The ascospore release of the pathogen occurred following the precipitation of rain. The ascospore release started from the beginning of raining, reached maximum at 2 hours after the precipitation of rain, and then decreased abruptly. When the inoculum source (a file of infected leaves) was submerged in water to imitate raining conditions, 92.5% of the total ascospores were released within 1 hour after submerging, 5.8% were after 2 hours, 1.4% were after 4 hours, 0.1% were after 8 hours, and none detected after 10 hours. The inoculum source overwintered in the field released ascospores much more and earlier than the inoculum source kept in the greenhouse. The first ascospore release was about 10 days earlier, and the amount of the total liberated spores was 3~4 times higher in the field inoculum source than the greenhouse inoculum source. The early defoliated leaves (in early October) in the previous year produced ascospores twice more than the late defoliated leaves (in early November) produced.

Key words : *Mycosphaerella nawae*, ascospore release, overwintering, precipitation.

감나무 둥근무늬낙엽병은 우리나라 감 재배지의 어느 곳에서나 흔히 발생하는 병해 중의 하나로서, 특히 남부 단감 재배지에서는 해에 따라 대발생되어 커다란 피해를 가져오는 병이다(6, 7, 9, 10). 이 병은 2차 전염이 일어나지 않으므로 월동 후 1차 전염원의 동태를 정확히 파악하는 것이 본 병의 방제에 있어서 매우 중요한 일이다(5). 이 병의 병원균(*Mycosphaerella nawae*)은 자낭균에 속하며 전년도 감염된 이병엽의 조직 내에서 균사 또는 균사덩어리 형태로 겨울을 지냈다가 이듬해 봄 이병조직 내에서 형성된 자낭각이 성숙하면 자낭을 형성하고, 자낭이 성숙되면 자낭포자가 방출되는데 이것이 1차 전염원이 된다(8). 1차 전염원의 활동에 영향을 미치는 기상요인은 多久田 등

(1~4)에 의해 자세한 연구결과가 보고되었다. 이 보고에 의하면 자낭각 형성에서 자낭포자가 비산하기까지의 균의 활동에 관여하는 가장 중요한 요인은 온도와 습도라고 하였다. 온도는 7.5~25°C 범위로 비교적 낮은 온도에서도 균의 활동이 시작되는 것으로 밝혀져 있으나 습도는 100% 가까운 조건이 가장 좋은 조건이라고 하였다. 姜 등(9)의 보고에 의하면 경상남도 진주 지방에서 1차 전염원의 자낭각 형성 시기는 4월 중순부터였고 이로부터 약 30일 후에 자낭포자가 비산되었는데, 이 자낭포자의 비산이 빠르고 늦음은 그 해의 강우시기에 따라 차이가 있었다고 하였다. 본 연구에서는 감나무 둥근무늬낙엽병의 발생에 가장 큰 영향을 미치는 1차 전염원의 비산에 관여하는 요인에 있어서 1일 강우중 시기별 포자비산과 이병엽 수침치리후 경과시간별 포자비산 그리고 전염원 월동상태와 낙엽

*Corresponding author.

시기에 따른 자낭포자 비산량을 조사하여 분석한 결과를 정리하였다.

재료 및 방법

1일 강우중 자낭포자 비산량 조사. 1993년 경상남도농촌진흥원 구내 단감 포장(0.5 ha, 식재거리 : 4×4 m, 15년생)에서 낙엽 직후 수집한 감나무 둥근무늬낙엽병 이병엽을 1×1×0.2 m되는 구덩이를 파내고 10 cm 두께로 채워 월동시켰다. 1994년 6월 18일 05시 강우 시작 전에 glycerin jelly를 바른 slide glass를 전염원내 3개소에 포자채집 할 수 있는 사각형 막대기(3×3 cm)를 50 cm 크기로 잘라서 꽃아 10 cm 높이 수직으로 설치하여 2시간 간격으로 교환하면서 채집된 자낭포자를 광학현미경 300배 하에서 cover glass(18×18 mm)내 전체를 조사하여 3회 평균한 것이다. 기상자료는 진흥원에 설치된 농업 자동 기상관측 장비에 의한 자료이며 포장과의 거리는 200 m 이내이다.

이병엽 수침처리후 경과시간에 따른 자낭포자 비산. 자연상태에서 강우가 포자비산을 유도하는 1차적인 요인이라는 것을 증명하기 위하여 1993년도 수집한 이병엽을 플라스틱 용기 안에 넣어 1시간 동안 수침시킨 후 건져내어 46×31×9 cm 크기의 플라스틱 상자에 60 g 소정량씩 담아 3회 반복하여 나무 그늘에 두고 거기에 glycerin jelly를 바른 slide glass를 플라스틱 상자 내벽에 3개소 10 cm 높이로 설치하고, 설치후 10시간까지 2시간 간격으로 위의 방법으로 비산량을 조사하였다.

전염원 월동상태에 따른 자낭포자의 비산조사. 1993년과 1994년 2년 동안 이병엽을 낙엽직후 수거하여 일부는 야외에 방치하여 월동시켰고, 일부는 동작물 재배로 15°C로 기온되는 유리온실에서 월동시킨

후 4월 1일 야외 포장에 노출시켰다. 채집한 이병엽을 각각 50×50×20 cm되는 구덩이를 파내고 10 cm 두께로 채워 넣고 조사는 5월 상순부터 8월 상순까지 glycerin jelly를 바른 slide glass를 전염원 3개소에 10cm 높이 수직으로 설치하여 매일 10시에 교환하면서 채집된 포자수를 광학현미경 300배 하에서 조사하였다.

낙엽시기에 따른 자낭포자 비산조사. 1993년과 1994년 2년간 감나무 둥근무늬낙엽병이 심하게 발병된 단감과원에서 발병이 심하여 10월 초순 수확전에 떨어진 조기낙엽과 조금 발병되어 11월 초순 수확후 떨어진 후기낙엽을 따로 수거하여 야외에서 월동시켰다. 4월 1일부터 처리별 50 m 이상 떨어진 곳에 50×50×20 cm의 구덩이를 파내고 10 cm 두께로 채워 넣고, 전염원을 설치한 후 조사는 5월 상순부터 8월 상순까지 glycerin jelly를 바른 slide glass를 전염원내 3개소 10 cm 높이로 설치하여 매일 오전 10시에 교환, 회수하여 slide glass에 채집된 포자를 광학현미경 300배 하에서 조사하였다.

결과 및 고찰

1일 강우중 자낭포자 비산상황. 포장내 이병엽을 완전 제거한 후 감나무 둥근무늬낙엽병균 자낭포자의 1일 강우중 시간별 비산상황을 자낭포자가 가장 많이 비산하는 6월 중순에 3일간 연속 비산하는 포자량을 조사하여 Table 1과 같은 결과를 얻었다.

6월 18일은 06시, 08시, 14시, 16시 및 20시 등 5차례에 걸쳐 총 6.0 mm의 강우가 있었다. 이때 18×18 mm slide glass위에 채집된 자낭포자수는 06시, 08시 조사에서 112, 137개였고 강우가 끝난 2시간 후인 10시 조사에서도 143개로 상당히 많은 양의 포자가

Table 1. Ascospore release of *Mycosphaerella nawae* from the inoculum source (the files of infected leaves) on rainy or humid days, 1994

Observation date	No. ascospores trapped on a slide glass (18×18 mm) ^a												Total
	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	02	04	
June 18	112 (1.5) ^b	137 (2.0)	143	41	31 (1.5)	12 (0.5)	4	2 (0.5)	1	5	9	2	499.0
June 19	25 (1.5)	26 2	130 (1.0)	3	3	0.3	0	1	0.3	0	0	0	188.6
June 20	5		24	6	6	3	0	0	0	0	0	0	46.0

^a Three slide glass traps with glycerin jelly coated were constructed at the height of 10 cm around the inoculum source (files of fallen leaves infected with *Mycosphaerella nawae*). Numbers are average of three replications.

^b Amount of rainfall (mm) recorded in the previous 2 hours.

채집되었다. 그러나 강우가 끝난 후 4시간 후인 12시 조사부터는 채집량이 급격히 줄어들었다. 06시, 10시 2차에 걸쳐 2.5 mm 강우가 있는 6월 19일에는 6월 18일의 현상과 비슷한 경향으로 강우가 있었던 06시와 10시 조사에서는 포자채집량이 급격히 증가하였다. 그리고 흐린 상태로 비가 내리지 않은 6월 20일에는 오전 10시 조사에서는 채집량이 24개 정도였으나 그후 조사에서는 채집량이 아주 적었다. 같은 날 새로운 강우가 있더라도 더 이상 많은 자낭포자는 채집되지 않았고 24시간 이상 경과되었을 때 또다시 많은 포자가 채집되었다. 이것은 성숙된 자낭각에서 자낭포자 비산후 또 다시 성숙하여 포자를 방출할 수 있을 때까지는 어느 정도의 시간이 소요되기 때문으로 생각된다.

이와 같이 자낭포자의 채집량은 강우에 의하여 민감하게 변동 하는 것을 알 수 있는데 자낭포자의 비산 시기와 양은 근본적으로 자낭각의 형성에서 자낭포자 비산까지의 각 단계가 외부 환경에 의해 얼마나 일찍 다량이 성숙되는지에 따라 달라질 것으로 추정할 수 있다. 이에 관련한 외부 환경요인에 대해 多久田 등(2, 3, 4)은 자낭각 및 자낭의 성숙 온도는 7.5~25°C로 비교적 저온에서도 균의 활동이 시작되는데, 단 습도는 95% 이상의 높은 습도를 요구하는데 가장 알맞은 습도는 100%라고 하였다. 姜 등(9)에 의하면 진주 지방에서 자낭각 성숙은 4월 중순부터 시작되며 포자비산은 5월 중순부터 일어난다고 보고하였다. 이 시기의 평균 기온은 10~17°C정도가 되므로 온도는 균의 활동에 충분한 범위에 속한다. 그러나 강우는 해에 따라 시기와 양의 차이가 클 수 있으므로 이로 인한 포자비산의 시기의 조만과 비산량은 강우요인에 따라 차이가 있을 것으로 생각된다.

이병엽 수침처리후 경과시간에 따른 자낭포자 비산

Table 2. Number of ascospores of *Mycosphaerella nawae* trapped from the inoculum source (infected leaves) after the inoculum was submerged in water

Trial	No. ascospores collected after submerging / 18 × 18 mm ²					
	1	2	4	6	8	10 hrs
I	483.0	9.0	0.3	0	0	0
II	90.0	34.0	10.0	3.0	1.0	0
III	165.0	3.0	1.0	0	0	0
Average	246.0	15.3	3.8	1.0	0.3	0

^a Slide glass traps were constructed around the inoculum source at the height of 10 cm. Numbers are average of three replications.

상황. 인위적으로 이병엽을 수침처리한 후 경과시간에 따른 자낭포자 비산량을 조사하였다(Table 2). 그 결과 동일한 방법으로 3회 조사한 결과의 평균을 보면 수침처리 후 1시간 내에 비산량이 246개였고, 2시간 후 15.3개, 4시간 후 3.8개, 6시간 후 1.0개로 수침처리 후 시간이 경과함에 따라 채집량은 급속히 감소하는 경향이였다. 이것은 이병엽에 형성된 자낭이 성숙되어 수분 흡수에 의해서 언제라도 자낭포자가 비산할 준비가 되어 있음을 말해 준다. 따라서 자낭포자의 비산은 수침처리 후 곧 일어나며 시간이 경과함에 따라 포자채집량의 감소는 이병엽에 형성된 성숙한 자낭각수와 관련이 있을 것으로 추정된다.

전염원 월동상태에 따른 자낭포자 비산. 전염원 월동상태에 따른 자낭포자 비산상황을 1993년과 1994년 2년간 시기별로 조사하였다(Fig. 1). 최초로 포자가 채집된 시기는 야외에 방치한 이병엽이 5월 중순이었으나 온실에서 보관한 이병엽은 6월 상순으로 야외 방치한 이병엽에서보다 평균 2순 정도 늦었는데 1993년에는 30일, 1994년에는 16일정도 늦게 시작되었다. 조사기간중 자낭포자의 총채집량은 온실에서 보관한 이병엽이 307개였으나 야외에 방치한 이병엽에서는 온실보관 이병엽에서 보다 3.6배나 많은 1,092개로 채집량이 월등히 많았다. 이와 같이 온실에 보관한 이병엽이 포자비산 시기가 늦고 비산량이 적은 것은 이 균의 특성상 월동중 일정기간 저온으로 경과되어 야만 자낭각 형성하는데 야외방치는 저온을 경과하지만 온실보관은 15°C로 가온되는 유리온실에 보관하였기 때문에 전염원 생산능력이 떨어지고 비산시기도 늦은 것으로 추정할 수 있다. 또한 온실에서 보관하는 경우는 건조상태가 일정기간 지속되므로 병원균의 발

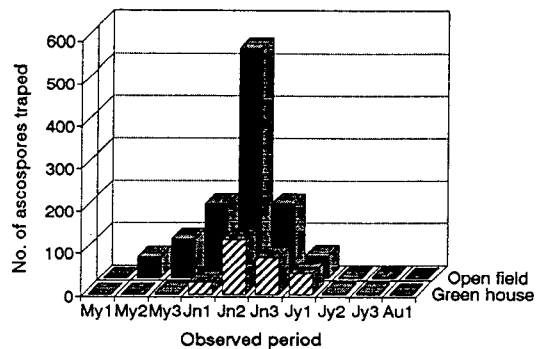


Fig. 1. Ascospore release of *Mycosphaerella nawae* from the inoculum source overwintering in greenhouse and open-field conditions. Numbers are averages of ascospores / 18 × 18 mm collected in 1993 and 1994.

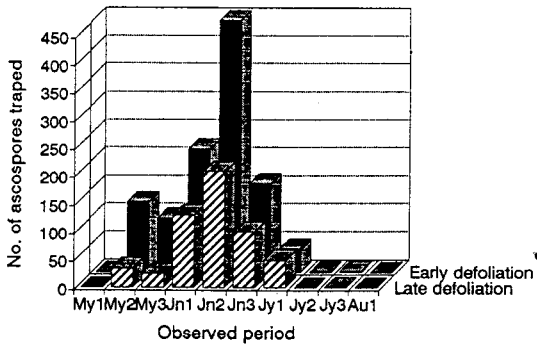


Fig. 2. Ascospore release of *Mycosphaerella nawae* from the inoculum source (files of infected leaves) which were defoliated early (in early October) and late (in early November) in the previous year. Numbers are averages of ascospores / 18 × 18 mm collected in 1993 and 1994.

육이 늦게 시작되거나 사멸율이 다소 높을 수도 있을 수도 있을 것으로 생각된다.

이병엽 낙엽시기에 따른 자낭포자 비산상황. 이병엽 낙엽시기에 따른 자낭포자의 비산상황을 1993년과 1994년 2년간 5월 상순에서 8월 상순까지 매일 10시에 조사한 결과를 평균하여 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서와 같이 10월 초순에 낙엽된 이병엽이나 11월 초순 후기낙엽된 이병엽간에 자낭포자의 최초로 비산된 시기는 모두 5월 중순으로 낙엽시기 간에 차이가 없었다. 그러나 채집량은 비산초기에서 후기까지 큰 차이가 있었다. 5월 중순과 하순 초기비산 수는 후기낙엽 이병엽에서 34개와 25개인데 비하여 조기낙엽 이병엽이 125개, 96개로 초기 채집량이 월등히 많은 경향이었고, 조사기간중 총 채집량도 후기낙엽 이병엽이 546개인데 비해 조기낙엽 이병엽이 1,100개로 월등히 많은 편이었다. 그러나 시기별 채집경향은 낙엽시기에 관계없이 비산최성기가 6월 상순에서 6월 하순사에 일어났다. 따라서 심하게 발병되어 10월 초순 조기낙엽된 이병엽이 11월 초순 후기낙엽된 이병엽보다 전염원량이 많은 것으로 생각되었다.

이상의 결과를 보면 자낭포자의 비산은 강우 의혜 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었고, 이병엽의 월동상태와 이병엽 낙엽시기도 이듬해 자낭포자 비산에 관여하는 요인이 되었다. 우리나라 남부지방에서 자낭포자 비산시기는 5월 중순부터 시작된다(9). 이 시기의 온도는 균의 활동에 충분한 범위의 15~17°C로 경과되므로 특이한 해를 제외하고는 온도가 포자비산 제약조건이 될 수 없다. 그러나 강우는 해와 장소에 따라 차이가 있으므로 이로 인한 포자비산의 조만과

비산량의 차이는 해에 따라 달라질 것으로 생각된다.

요 약

전년도 발병된 이병엽에서 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 제1차 전염원의 비산에 영향을 주는 요인을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1일 강우중 자낭포자 비산은 강우 직후에 일어났으며 강우 2시간 이상 경과 후에는 채집량이 급격히 줄어들었으며, 이병엽을 인위적으로 물에 담근 후 포자 비산을 조사한 결과 수침처리 후 1시간 이내에 전체의 92.5% 비산되었고 2시간 후가 5.8%, 4시간 후 1.4%, 6시간 후 0.4%, 8시간 후 0.1%, 10시간 후에는 채집되지 않았다. 이병엽 월동상태에 따른 자낭포자 비산을 보면 야외에 방치한 것이 온실에 보관한 것에 비해 최초로 채집된 시기가 16~30일 정도 빨랐고, 비산량도 3.6배나 많았다. 이병엽의 낙엽시기에 따른 포자비산 차이는 일찍 떨어진 이병엽(10월 초)이 늦게 떨어진 이병엽(11월 초)보다 총 비산량이 2배정도 많았다.

참고문헌

1. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1977. 카키圓星落葉病의生態と防除に關する試驗. 島根農試報告: 164-169.
2. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1978. 카키圓星落葉病菌子のう胞子の放出に關する二, 三の條件. 日植病報 44(3): 375.
3. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1980. 카키圓星落葉病菌子のう胞子の飛散について. 日植病報 46(1): 98.
4. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1980. 카키圓星落葉病菌子のう, 子のう胞子形成に關する二, 三の條件とその形成時期. 日植病報 46(3): 373.
5. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1980. 카키圓星落葉病의發生生態と防除對策. 農藥. 35-39
6. 하호성, 박창석, 강성모, 추호렬, 최홍림. 1991. 단감 과원의 재배환경과 과수 영양생리에 관한 연구. 경상대 농업연구소보 25(2): 149-213.
7. 강수웅, 박정규. 1985. 단감주요병해충 발생 상황조사. 경남농진보, pp. 491-492.
8. 北島博. 1989. 果樹病害各論, pp. 463-467. 養賢堂. 日本 東京.
9. 강수웅, 권진혁, 이유식, 박창석. 1993. 단감 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 월동후 자낭 각 형성과 자낭포자 비산에 미치는 기상요인. 농업 논문집 35(1): 337-343.
10. 박창석, 정영민, 하호성. 1992. 단감과원의 주요병 발생실태와 발병환경에 관하여. 경상대 농업연구소 보 26: 91-99.