

Note | Open Access

당근 검은잎마름병원균 *Alternaria dauci*의 포자 발아에 미치는 환경인자의 영향

박경훈 · 윤혜정 · 류경열 · 윤종철 · 김세리 · 김원일 · 김두호 · 권영석¹ · 차병진^{2*}
 국립농업과학원 유해생물과, ¹국립식량과학원 기획조정과, ²충북대학교 식물의학과

Influence of Environmental Factors on Conidial Germination of *Alternaria dauci*

Kyeong Hun Park, Hye Jeong Yun, Kyoung Yul Ryu, Jeong Chul Yun, Se Ri Kim, Won Il Kim, Doo Ho Kim, Young Seok Kwon¹ and Byeongjin Cha^{2*}

Microbial Safety Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

¹Planning and Coordination Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

²Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

(Received on October 7, 2011; Revised on November 22, 2011; Accepted on December 6, 2011)

Effects of temperatures, relative humidity, pH, and dry periods on conidial germination of *Alternaria dauci* were evaluated under *in vitro* conditions. Conidial germination was accelerated at over 95% relative humidity in 15°C to 25°C condition. Conidial germination was rapidly reduced at 5 regardless of relative humidity conditions. More than 50% of the conidial germination were initiated within 2 h at 25°C through pH 5 to 7. The highest conidial germination of *A. dauci* was on 0.2% of carrot leaf extract. Conidia could survive longer than 12 h, even though its germination decreased. After a 12 h dry period, around 10% of conidia revived and germinated when conidia were hydrated again. These results could be used as the useful information on conidial germination of *A. dauci* and ecology of *Alternaria* leaf blight.

Keywords : *Alternaria* leaf blight, *Daucus carota*, Environmental factor, Spore germination

미나리과(Umbelliferae)에 속하는 당근(*Daucus carota* var. *sativa*)은 아프카니스탄이 원산지인 두해살이풀로서 프로 비타민 A인 β-카로틴과 무기질 등 영양성분이 풍부하여 소비자에게 주목을 받고 있는 채소 중 하나이다. 중국, 러시아, 미국 등을 포함하여 전 세계적으로 80만 ha 이상 재배되고 있으며 당근 소비량은 매년 증가추세에 있다 (Rubatzky 등, 1999). 우리나라는 제주, 경남 양산, 강원 평창 지역이 주산지로서 재배면적은 2.5 ha로 알려졌다(Rural Development Administration, 2006). 당근은 재배과정에 검은잎마름병, 점무늬병, 흰가루병 등 7종의 진균병과 세균 병 2종, 모자이크병, 뿌리혹선충병이 발생하는 것으로 보고되었다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009).

검은잎마름병은 고랭지 재배지에서 심각한 피해를 주는 것으로 8월 이후 발병율이 70% 이상으로 최근 문제가 대두되고 있다(Kwon 등, 2007). 국내에서 당근에 관한 연구는 재배생리(Cho 등, 2001)와 육종(Park 등, 2002) 등에 치중되어 왔으며, 병해충에 관한 연구는 많지 않다. 검은잎마름병은 광합성을 저해하여 당근의 품질을 떨어뜨리며(Strandberg, 1983), 심할 경우 수확량을 40-60% 감소시키는 것으로 알려졌다(Vintal 등, 1999), 국내에서 발생생태에 관해 보고된 바 없다. 따라서, 본 연구는 검은잎마름병원균의 포자형성에 영향을 끼치는 온도 및 상대습도, pH, 건조시간 등 환경요인을 구명하여 병원균의 발생생태 및 방제에 대한 정보를 제공하기 위해 수행하였다.

병원균 분리 및 포자 형성. 당근 검은잎마름병의 전형적인 증상을 보이는 이병주를 강원도 평창군 대관령면에서 2007년에 채집하였다. 채집한 시료는 이병부위의 잎을

*Corresponding author

Phone) +82-43-261-2557, Fax) +82-43-271-4414

Email) bjcha@cbnu.ac.kr

절단하여 1% sodium hypochlorite에 1분간 표면 소독한 다음, 멸균수로 2회 세척하고 여과지에서 건조하였다. 표면 소독한 시료를 WA(water agar)에 올려놓은 다음 25°C 배양기에서 암조건으로 5-7일 배양하였다. 이 후에 현미경을 이용하여 균사 선단부에서 단균사를 분리하여 CLA(carrot leaf agar) 배지에 이식하거나 이병 앞에서 자란 분생포자를 해부 현미경을 이용하여 CLA 배지에 이식한 후 병원균을 분리하였다. 이병된 앞에서는 부생균이 섞여 나오는 경우가 많기 때문에 지속적으로 균총을 육안으로 관찰하고 현미경 검경을 통해 *A. dauci*의 분생포자를 확인하였다. 순수 분리한 균주는 분생포자 형성을 위하여 Strandberg(1977)의 방법과 같이 PCA(potato carrot agar) 중앙에 균사 조각을 올려놓고 10일간 배양한 다음 하루 18시간 광 처리하여 포자 형성을 유도하였다. 본 실험에서 분리한 균주 모두 균사에 격막이 있고 분지되었으며, 투명하고 열거나 어두운 갈색을 띠고 있었으며 Starndberg(1987)가 보고한 결과와 일치하였다. CLA배지에서 생성된 분생포자의 전체길이는 80-500 × 12-25 μm 크기로 4-12개의 횡격막과 1개 이상의 종격막과 몸통의 1.5배에서 2배 정도 길이의 부리를 가지고 있었다. HG542 균주의 분생포자는 대부분 하나씩 떨어져 있었으나, 경우에 따라서 1-3개의 포자 사슬을 형성하였다(Fig. 1A, B). 또한 미성숙한 분생포자의 경우는 2-3개의 횡격막을 가지고 있었으며 투명하거나 옅은 갈색을 띠는 것으로 보아, Yu (2001)가 보고한 *A. dauci*의 특징과 일치하는 것을 확인하였다. *A. dauci*는 환경변화에 민감하여 배지나 환경조건에 따라 분생포자의 형태가 쉽게 변화하는 것으로 알려져 있다(Strandberg, 1987). 특히 PDA 배지 상에서 배양할 경우, 분생포자의 부리가 짧아지고 짙은 갈색을 띠어 전형적인 분생포자의 모습과는 다르게 관찰되어(Fig. 1C), 단포자를 순수 분리하기에 적합하지 않은 것으로 보인다.

온도와 상대습도. 온도와 상대습도가 분생포자 발아에 미치는 영향을 조사하기 위하여, Harris 등(1970)과 Alderman와 Beute(1986)의 방법에 따라 2% WA배지를 사용하였다. 밀봉한 배지 내에 있는 상대습도는 Lang(1967)의 방법에 따라 NaCl로 0, 1.5 및 3.1 M의 농도로 조절하여 배지 안의 습도를 각각 100, 95 및 88.5%로 조절하였다. 각 농도로 조절한 2% WA배지를 멸균한 후 6 mm 정도의 공간이 남도록 페트리디쉬에 35 ml 씩 분주한 다음 클린벤치 안에서 건조시킨 후 사용하기 전에 5, 15, 25°C 온도에서 12시간 동안 각각의 상대습도를 유지시켰다. 2% WA배지를 뒤집은 다음 뚜껑 위에 멸균한 커버글라스를 올려놓고 1×10^5 conidia/ml의 농도로 조절한 *A.*

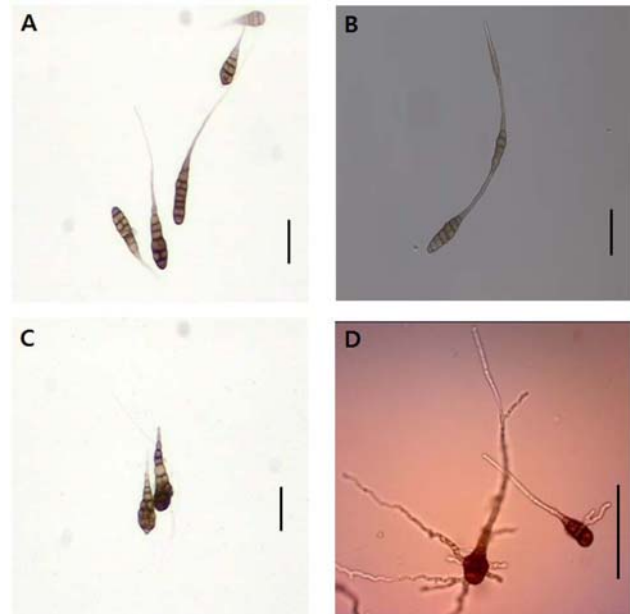


Fig. 1. Conidia of *Alternaria dauci*, HG542. (A): conidia formed on carrot leaf agar, (B): conidial chain, (C): conidia formed on potato dextrose agar, (D): conidial germination after 4-h incubation at 25°C and 100% RH. bar = 50 μm.

*dauci*의 포자현탁액 20 μl를 점적하였다. 배지를 밀봉한 후 5, 15와 25°C 배양기에서 4시간 배양 후 현미경으로 포자 발아 정도를 조사하였다. 모든 실험은 HG542 균주를 대상으로 3반복으로 수행하였으며, 포자 발아율은 100개의 분생포자 중 발아한 포자수로 계산하였다. 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System Ver. 9.1)을 이용하였으며, 처리간 유의성 검정은 Duncan 다중검정법으로 실시하였다. 온도와 상대습도가 분생포자 발아에 미치는 효과를 조사한 결과, 실험한 온도조건 모두에서 상대습도가 상승함에 따라 발아율이 증가하는 것으로 나타났다. *A. dauci*의 분생포자는 발아 시 몸체와 부리에서 발아관이 나와 시간이 지남에 성장하는 것으로 확인되었다(Fig. 1D). 상대습도가 88.5%의 경우에는 15°C와 25°C에서 발아율이 각각 56.6%와 59.30%로 유의적인 차이가 없었으며, 5°C에서는 발아율이 2.3%로 매우 낮았다. 상대습도가 95%일 경우 15°C와 25°C에서 분생포자의 발아율이 각각 66%와 78%로 유의한 차이가 없었으며 5에서 발아율이 3.6%로 확인되었다. 상대습도가 100%일 경우 5°C, 15°C와 25°C에서는 4시간 이내에 각각 분생포자가 9.6%, 78%, 91.3%가 발아하였으며 처리구간 유의적인 차이가 확인되었다(Fig. 2). 이러한 결과는 *A. dauci*의 성숙한 분생포자가 2% WA배지에서 2시간 내에 90% 이상 발아 한다는 보고(Strandberg, 1977)와 유사하였다. Doran과 Guba(1928)는 *A. dauci*의 분생포자가 자유수 조건에서 발아가 가장 축

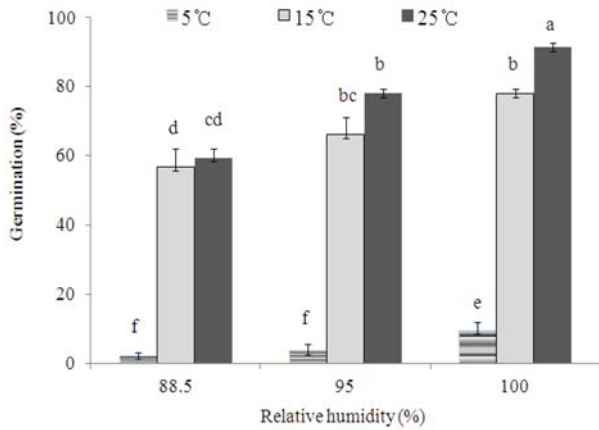


Fig. 2. Effect of relative humidity on conidial germination of *Alternaria dauci* HG 542 after incubation for 4 h at various temperatures.

진되고, Hooker(1944)는 병원균이 잎을 침해하는데 자유수분의 조건이 필요하다고 보고하였다. 검은잎마름병원균의 분생포자는 당근 잔재물, 토양, 이병종자 또는 야생당근에서 균사 또는 포자 상태로 월동하고 기주 식물에 분생포자를 형성하게 된다. 분생포자는 8-28°C 범위의 온도 조건에서 잎이 젖어 있거나 상대습도가 95-100% 경우 형성되며 6-10일 동안 성숙되어, 상대습도가 낮아지는 낮 동안에 2-3 m/s의 풍속조건에서 전반되는 것으로 알려졌다(Langenberg 등, 1977; Strandberg, 1977; Rotem, 1994). 위의 결과들을 미루어볼 때 검은잎마름병원균의 분생포자 발아율은 온도와 상대습도 조건에 의해 크게 영향을 받는 것으로 확인되었다.

pH. 분생포자 발아에 미치는 pH의 영향을 조사하기 위하여, 포자를 형성시킨 HG542 균주에 pH 4에서 pH 9까지 6단계로 조절한 멸균수를 넣고 멸균한 붓으로 긁어 3겹의 거즈로 거른 후 1×10^5 conidia/ml 농도로 조절하였다. 지름 90의 페트리디쉬에 여과지를 넣고 멸균수 3 ml로 적신 다음 화염 소독한 커버글라스를 위에 올려놓았다. 포자 현탁액 20 μ l를 커버글라스에 점적하고, 25 배양기에서 2시간 배양한 후 포자의 발아 정도를 조사하였다. HG542 균주의 분생포자는 산성 조건인 pH 4에서는 46.7%의 발아율을 보였지만, pH 5-7 범위에서 2시간 내에 50% 이상 발아하였으며 특히 pH 7에서는 발아율이 66.3%로 제일 높았다. pH 8이 넘을 경우 발아율은 48.3%로 저하되었으며 알칼리성 조건인 pH 9에서는 발아율이 28.3%로 급격히 감소되었다(Fig. 3). 24°C의 온도 조건에서 *A. dauci*의 포자생성이 pH 7에서 가장 우수하다는 보고(Strandberg, 1987)와 유사하게 포자 발아도 pH 7에서 촉진되며, 알칼리성 조건에서 발아율이 저하된다는

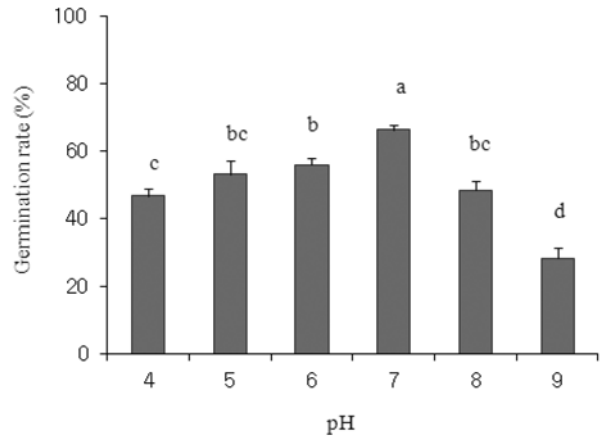


Fig. 3. Effect of pH on conidial germination of *Alternaria dauci* HG542.

것을 사실을 확인 하였다.

건조시간 PCA 배지에서 포자를 형성시킨 후 멸균수를 넣어 1×10^5 conidia/ml의 농도로 포자 현탁액을 만들어 실험에 사용하였다. 포자현탁액 5 μ l 커버글라스 위에 떨어뜨리고, 클린벤치 안에서 0.5, 1, 2, 4, 8 및 12시간 건조시킨 후 멸균수 20 μ l를 떨어뜨렸다. 커버글라스를 멸균수로 적신 여과지 위에 올려놓은 후 25 배양기에서 2시간 배양한 후 건조 시간에 따른 포자 발아 정도를 조사하였다. HG542 균주의 분생포자 발아는 건조시간이 길어질수록 발아율이 감소하였으며, 건조시간이 4-8시간 사이에 발아율이 급격히 낮아졌다. 건조를 하지 않은 무처리구의 발아율이 63%로 조사 되었으며, 건조시간이 30분 일 경우 발아율이 54%인데 반하여 1시간일 경우, 41.7%였으며, 4시간과 8시간일 경우, 각각 26.7%, 13.7%였다(Fig. 4). Kim 등(2005)은 *Sphaeropsis pyripitrescens*의 생태연구를 통하여 건조시간이 길어짐에 따라 병원균의 분생포자 발아율이 감소된다고 하였는데, *A. dauci*도 건조시간이 길어짐에 따라 분생포자 발아율이 유의적으로 감소하였다. 본 실험을 통해서 *A. dauci*의 분생포자는 수분 없이도 12시간까지 생존하는 것으로 확인되었으며, 12시간 이내에 수분이 다시 보충될 경우 10% 정도가 발아하는 것을 확인하였다. 이러한 사실은 *A. dauci*의 분생포자가 수분조건이 불리한 환경에서도 생존하여 당근에 피해를 줄 수 있는 가능성을 시사한다.

당근 잎 추출물. 당근 잎 추출물에 의한 분생포자의 발아정도를 조사하기 위하여, 강원도 평창군에 위치한 포장에서 당근 잎을 수확하여 상온에서 7일간 건조하였다. 건조한 당근 잎 20 g을 곱게 마쇄한 후 멸균수 11를 넣고 1시간 동안 추출한 다음 4겹의 거즈로 거른 후, 당근 잎 추출물을 0, 0.002, 0.02, 0.2, 0.6, 1, 2% 농도로 조절

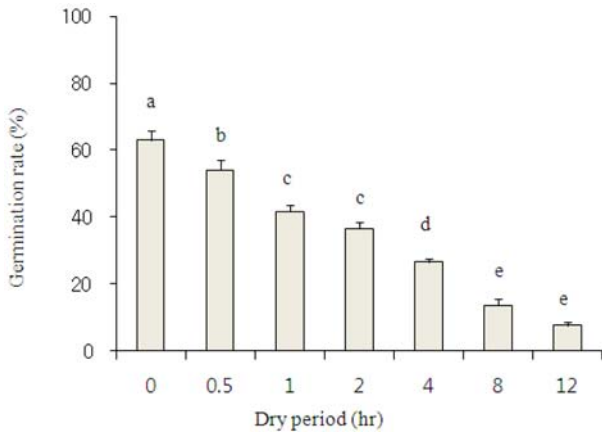


Fig. 4. Effect of dry periods on conidial germination of *Alternaria dauci* HG542.

한 후 0.45 μ l의 syringe filter로 여과하였다. 각 농도별로 조절한 당근 잎 추출물을 이용하여 포자현탁액을 1×10^5 conidia/ml으로 만든 후, 커버글라스에 20 μ l씩 점적하고 멸균수가 함유된 여과지위에 올려놓고, 25°C 배양기에서 2시간 배양한 후 포자 발아 정도를 조사하였다. 잎 추출물의 농도변화가 HG542 균주의 분생포자 발아율에 미치는 영향을 조사한 결과, 추출물 농도가 증가함에 따라 분생포자의 발아가 촉진되었다. 무처리와 추출물 0.002% 농도에서는 각각 54%와 51.3%의 발아율을 보여 처리구간의 차이가 없었으며, 0.02% 농도에서는 63.7%의 발아율을 보였다. *A. dauci*의 포자 발아율은 추출물의 농도가 0.2%와 0.6%의 경우 각각 76%와 75.3%의 발아율을 보였으며, 1%와 2% 농도에서는 각각 71%와 65%로 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 5). Strandberg(1977)는 영양성분의 증가가 분생포자의 발아율과 포자형성을 촉진하는 것으로 보고하였는데, 본 실험에서도 당근 잎 추출물이 첨가되었을 때 포자발아를 유의적으로 촉진하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 포자발아 및 병원성 접종 실험 등에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 보인다.

포장에서 *A. dauci*의 전반 정도는 접종원의 초기 밀도, 대기 온도, 습윤 지속시간 및 기주 특성에 의해서 결정된다(Gillespie와 Sutton, 1979). 식물체에 형성된 *A. dauci*의 분생포자는 낮 동안에 상대습도가 낮아지거나 표면 수분이 줄어 들 경우, 바람을 통해 쉽게 전반하여 당근 잎에 부착된다. 잎에 부착된 분생포자는 12–28°C의 조건에서, 상대습도가 높을 경우 발아관을 형성하여 당근 잎과 잎자루를 침입한다(Dugdale 등, 2000; Strandberg, 1988). 최적조건에서 병원균은 6–10일 안에 포자를 계속적으로 생산하여 2차 감염을 일으켜, 당근 재배시기 동안 지속적인 피해를 끼치는 것으로 알려졌다(Langenberg 등, 1977). 병

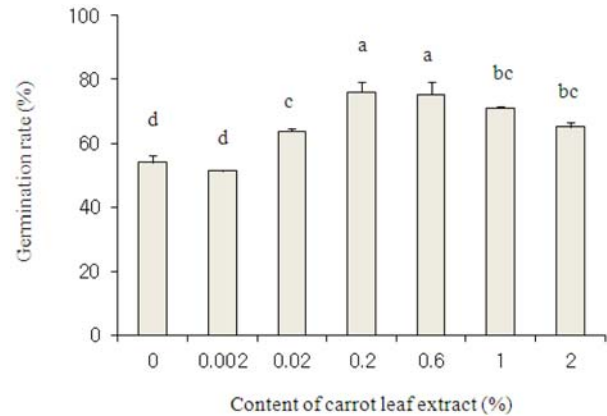


Fig. 5. Effect of content of carrot leaf extract on conidial germination of *Alternaria dauci* HG542.

원균의 밀도가 높을 경우 산형화과 식물의 잔재물 및 토양 내에서 장기간 생존할 수 있어 2차적인 피해가 발생하게 된다(Pryor 등, 2002). 양산, 구미 지역에서 재배되는 봄 작형의 당근 재배지에서는 생육후기인 5월 말에 검은잎마름병의 발병율이 10% 미만으로 조사되었는데(미발표자료), 이는 환경조건이 병 발생에 적합하지 않았기 때문으로 판단된다. 여름 당근재배 주산지인 대관령 지역은 6월에서 9월까지 평균기온이 15–20°C, 평균습도가 80–87% 내외의 저온 다습한 환경조건을 가지고 있어 검은잎마름병이 발생할 가능성이 높다. 또한, 이 지역은 식물체의 지상부가 서로 부딪쳐 상처를 유발할 수 있는 평균 풍속 2.7–3.7 m/s의 환경조건을 가지고 있다(Rural Development Administration, 2002). 가을에 검은잎마름병이 증가하는 이유 중 하나는 오래된 잎과 잎자루가 약화되어 병에 쉽게 걸리기 때문이다(Hooker, 1944). 이러한 사실들은 고랭지 당근재배지에서 검은잎마름병의 발병율이 8월 이후 70% 이상 된다는 결과(Kwon 등, 2007)를 뒷받침 한다. 당근 검은잎마름병원균의 발생 생태 및 방제에 관한 연구는 미국과 유럽 등에서 다방면으로 진행되고 있다(Mario와 Victor, 2008; Pryor 등, 2002; Rogers와 Stevenson, 2006). 하지만, 지금까지 국내에 검은잎마름병 발생생태 및 방제법에 대해 보고된 바 없다. 따라서 본 연구 결과는 *A. dauci*의 발생생태를 이해하는데 도움이 될 것으로 생각되며, 향후 검은잎마름병에 대한 발생 생태 및 방제에 관한 연구가 보완 되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

본 실험에서는 당근 검은잎마름병원균의 포자 발아 및 생존에 영향을 끼치는 온도, 상대습도, pH와 건조시간에 대

하여 조사하였다. 분생포자의 발아는 15–25°C 사이에서 95% 이상의 상대습도 조건에서 촉진되었으나, 5°C에서는 상대습도와 상관없이 발아율이 급격히 감소하였다. 병원균의 분생포자 발아를 촉진하는 최적 환경조건은 습도 95% 이상, 온도 15–25°C, pH 7.0 및 당근 잎 추출물 0.2%로 확인되었다. 또한 분생포자는 건조시간이 경과함에 따라 발아율이 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 분생포자는 수분 없이 12시간까지 생존 가능하였으며, 수분이 재공급될 경우에는 10% 정도의 발아율을 보였다. 이러한 결과는 *A. dauci*의 포자 발아 및 발생 생태를 이해하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This study was supported by a grant (Project No. PJ006911) from the research program of Agriculture Science & Technology Development, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Alderman, S. C. and Beute, M. K. 1986. Influence of temperature and moisture on germination and germ tube elongation of *Cercospora arachidicola*. *Phytopathology* 76: 715–719.
- Cho, J. L., Lim, J. M., Kang, S. M. and Kang, J. S. 2001. Conditions for solid matrix priming of carrot seeds and physiological changes in the seed during the treatment. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 19: 505–510. (In Korean)
- Doran, W. L. and Guba, E. F. 1928. Blight and leaf spot of carrot in Massachusetts. *Mass. Agric. Exp. Stn. Bull.* 271–278.
- Dugdale, L. J., Mortimer, A. M., Isaac, S. and Collin, H. A. 2000. Disease response of carrot and carrot somaclones to *Alternaria dauci*. *Plant Pathol.* 49: 57–67.
- Gillespie, T. J. and Sutton, J. C. 1979. A predictive scheme for timing fungicide applications to control *Alternaria* leaf blight in carrots. *Can. J. Plant Pathol.* 1: 95–99.
- Harris, R. F., Gardner, W. R., Adebayo, A. A. and Sommers, L. E. 1970. Agar dish isopiestic equilibration method for controlling the water potential of solid substrates. *Appl. Environ. Microbiol.* 19: 536–537.
- Hooker, W. J. 1944. Comparative studies of two carrot leaf disease. *Phytopathology* 34: 606–612.
- Kim, Y. K., Xiao, C. L. and Rogers, J. D. 2005. Influence of culture media and environmental factors on mycelial growth and pycnidial production of *Sphaeropsis pyripitrescens*. *Mycologia* 97: 25–32.
- Kwon, M. Ryu, K. Y., Kim, J. S. and Shin, G. Y. 2007. Occurrence pattern of pests in carrot fields and effect of plant debris removal after harvest at highland area. *Korean J. Hort. Sci.* 25: 316–321. (In Korean)
- Lang, A. R. G. 1967. Osmotic coefficients and water potentials of sodium chloride solutions from 0 to 40. *Aust. J. Chem.* 20: 2017–2023.
- Langenberg, W. J., Sutton, J. C. and Gillespie, T. J. 1977. Relation of weather variables and periodicities of airborne spores of *Alternaria dauci*. *Phytopathology* 67: 879–883.
- Mario, C. L. and Victor, C. M. 2008. Fungal plant pathogens in Portugal: *Alternaria dauci*. *Rev. Iberoam. Micol.* 25: 254–256.
- Park, Y. B., Kim, Y. D. and Moon, J. S. 2002. Evaluation of commercial varieties of carrot in Jeju island. *J. Bio-Environ. Control* 11: 144–148.
- Pryor, B. M., Strandberg, J. O., Davis, R. M., Nunez, J. J. and Gibertson, R. L. 2002. Survival and persistence of *Alternaria dauci* and carrot systems. *Plant Dis.* 86: 1115–1122.
- Rogers, P. M. and Stevenson, W. R. 2006. Weather-based fungicide spray programs for control of two foliar diseases on carrot cultivars differing in susceptibility. *Plant Dis.* 90: 358–364.
- Rotem, J. 1994. The genus *alternaria*-biology, epidemiology and pathogenicity. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN. 326 pp.
- Rubatzky, V. E., Quiros, C. F. and Simon, P. W. 1999. Carrots and related Umbelliferae. CABI Publ., New York.
- Rural Development Administration. 2002. Highland vegetable cultivation method. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 561 pp. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2006. Carrot cultivation. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 186 pp. (In Korean)
- Strandberg, J. O. 1977. Spore production and dispersal of *Alternaria dauci*. *Phytopathology* 67: 1262–1266.
- Strandberg, J. O. 1983. Infection and colonization of inflorescences and mericarps of carrots by *Alternaria dauci*. *Plant Dis.* 67: 1351–1353.
- Strandberg, J. O. 1987. Isolation, storage, and inoculum production methods for *Alternaria dauci*. *Phytopathology* 77: 1008–1012.
- Strandberg, J. O. 1988. Establishment of *Alternaria* leaf blight on carrots in controlled environments. *Plant Dis.* 72: 522–526.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea, 5th ed. 853 pp. (In Korean)
- Vintal, H., Ben-Noon, E., Shlevin, E., Yermiyahu, U., Shtienberg, D. and Dinor, A. 1999. Influence of rate of soil fertilization on *Alternaria* Leaf blight (*Alternaria dauci*) in carrots. *Phytoparasitica* 27: 1–8.
- Yu, S. H. 2001. Korean species of *Alternaria* and *Stemphylium*. National Institute of Agricultural Science and Technology. pp. 58–61.