

한라산 구상나무 구과 해충 발생 현황

김도성 · 이영돈¹ · 좌명은² · 이차영³ · 남영우^{3*}

생물보전연구소, ¹제주특별자치도 세계유산본부 한라산연구부, ²제주특별자치도 세계유산본부 한라산국립공원관리소, ³국립산림과학원 산림병해충연구과

Occurrence status of cone insects on Korean fir (*Abies koreana*) in Mt. Halla

Dosung Kim, Yeong Don Lee¹, Myung Eun Jwa², Cha Young Lee³ and Youngwoo Nam^{3*}

The Institute for Conservation of Wild Species, Daejeon 34704, Korea

¹Hallasan Research Department, World Heritage Office, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 63341, Korea

²Hallasan National Park, World Heritage Office, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 63341, Korea

³Division of Forest Diseases & Insect Pests, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

ABSTRACT: In this study, to grasp the current status of cone insects occurrence on Korean fir (*Abies koreana*) in Mt. Halla, 117 cones damaged by cone insects in three areas in Mt. Halla were collected and placed in growth chamber until adults emerged from the cones from August to October on 2019. And species and numbers of adults emerged from the cones were identified. Also proportion of cones damaged by cone insects was examined at four study plots in Mt. Halla. As a result, total 233, 101, and 4 adults of *Dioryctria abietella* (Denis & Schiffermüller), *Cydia kamijoi* Oku, and *Scathophaga stercoraria* (L.) were identified from 117 collected cones, respectively. The average number of emerged adults per cone was 1.99 for *D. abietella* and 0.86 for *C. kamijoi*. And the average damage rate of cone insects in four study plots of Mt. Halla ranged from 49.7-80.1 percent, with differences between regions. Also, our results show that positive correlation between the damage rate per tree and the number of cones per tree, and between number of emerged cone insects and the size of cones were found. It suggests that the cone insects prefer host trees with lots of cones per tree and with larger size of cones.

Key words: *Abies koreana*, *Cydia kamijoi*, cone insect, *Dioryctria abietella*

초록: 한라산 구상나무 군락지에서 구과 해충의 발생 현황을 파악하기 위하여 2019년 8-10월에 3개 지역의 4개 조사구에서 구과 117개를 수집하여 생육상에서 우화시킨 후 출현종과 개체수를 확인하였다. 지역별 구과 해충의 피해율 조사를 위해 4개 조사구에서 93그루 1,235개 구과의 구과 해충 피해를 확인하였다. 조사 결과, 채집된 117개 구과에서 솔알락명나방 233개체, 구상애기잎말이나방 101개체, 똥파리 4개체가 확인되었다. 구과 당 평균 개체수는 솔알락명나방 1.99, 구상애기잎말이나방은 0.86개체로 솔알락명나방이 2배 이상 많은 것으로 나타났다. 그리고 한라산 4개 조사구 전체 구상나무 구과의 평균 피해율은 49.7에서 80.1%로 조사구별 차이를 보였다. 또한, 구과 피해율은 수목 당 구과 수가 많을수록, 피해 구과에서 우화하는 구과해충 수는 구과의 크기가 클수록 증가하는 것으로 나타나 본 연구에서 확인된 구과 해충은 수목 당 구과 수가 많으면서 상대적으로 큰 구과를 갖는 구상나무를 선호할 것으로 예상되었다.

검색어: 구과 해충, 구상나무, 구상애기잎말이나방, 솔알락명나방

구상나무(*Abies koreana*)는 러시아 극동의 해안부터 한반도의 고산을 따라서 제주도까지 분포하고 있다. 구상나무는 한라산의 구상나무림을 제외하면 대부분 지역에서 숲을 형성하지 못하고 소수의 개체만이 서식하고 있어, 세계자연보전연맹(IUCN)은 구상나무를 절멸 위기종으로 지정하였다(Lee, 1996;

IUCN, 2006). 지구온난화에 의해 구상나무가 쇠퇴하여 멸종위기에 처하게 될 것이라는 다수의 연구 결과들(Kim, 2002; Koo et al., 2001; Kong, 1998; Kim and Kil, 1996)이 보고된 바 있으며, 실제로 Kim et al. (2017)은 2006년에서 2015년까지의 한라산 구상나무림의 공간분포변화 조사에서 15.2%에 해당하는 112.3 ha가 감소하였음을 보고하였다. 이러한 구상나무의 쇠퇴는 구상나무의 치수 발생 감소로 천연 갱신이 원활히 이루어지지 않기 때문이라는 보고가 있으나(Song et al., 2019), 치수 발

*Corresponding author: orangmania99@korea.kr

Received August 24 2020; Revised November 16 2020

Accepted November 17 2020

생의 감소 원인에 대해서는 명확히 알려진 것은 없으며 침엽수 구과해충에 의한 구상나무 구과 피해가 관계가 있을 것으로 추정되고 있다.

침엽수 구과에는 다양한 해충이 피해를 주고 있다. 서유럽에서 *Abies* 속 구과를 가해하는 곤충은 4목 13과 30속 59종이 확인되었으며(Wood and Storer, 2009), 북부대륙(Holarctic)의 구과 가해 종 79종 중에는 나비목 솔알락명나방속(*Dioryctria*)이 35종을 차지할 정도로 나비목이 주를 이루고 있다(Hedlin et al., 1980; Turgeon et al., 1994). *Abies*속 구과 해충은 종자의 인편엽(scale), 씨(seed gall) 등에 피해를 주고 있으며(Hedlin, 1967), 그중 나비목(*Dioryctria amatella*, *D. zimmermani*, *D. clarioralis*, *Battaristis vittella*)은 구과 내에서 서식하면서 상당한 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Franklin and Coulson, 1968). 캐나다에서는 *Dioryctria abietivorella*가 잘 알려진 구과 해충 중 하나로 종자원에서 중대한 해충 관리 문제를 나타내고 있다(Whitehouse et al., 2011). 또한, 침엽수 구과 해충은 종자의 결실에 영향을 주어 종자 생산성과 크기를 감소시켜 상당한 경제적 손실을 초래하기도 한다(Chung, 1998; Zobel and Talbert, 1984). 본 연구는 한라산 구상나무의 치수 발생을 감소시킬 수 있는 구과해충의 발생 및 피해 현황을 파악하여 구상나무의 치수림 보전을 위한 기초자료를 마련할 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

조사지역

한라산의 윗세오름, 장구목, 남벽 3개 지역에서 구상나무에 피해를 주는 구과 해충 조사를 수행하였다. 윗세오름에서 2개 조사구(St. 1, St. 2), 장구목(St. 3)과 남벽(St. 4)에서 각각 1개씩 조사구를 선정하여, 총 4개 조사구를 조사하였다. 조사지역은 해발 1,600 ~ 1,700 m로 구상나무가 군락을 이루고 있으며 구상나무 하부림은 대부분 조릿대가 우점하고 있었다(see Suppl. Fig. 1).

구과 내 구과해충 및 피해를 조사

한라산 구상나무 구과에 피해를 주는 구과 해충을 확인하기 위하여 2019년 8월부터 10월까지 3개의 조사구(St. 1, 3, 4)에서 구과해충의 가해흔이 있는 구과를 월 1회 채집하여 총 117개를 수집하였다. 수집된 구과는 사각형 사육 상자(72 × 72 × 100 mm)에 1개씩 지역별로 나누어 넣은 후 생육상(Growth Chamber)에서 사육하였다. 생육상 사육조건은 사육 초기에는

온도 25°C, 습도 80 ~ 90%, 광주기 16L : 8D로 유지하다가 유충이 구과에서 번데기가 되기 위하여 구과에 탈출공을 뚫고 이탈하기 시작한 후부터는 온도 25°C, 습도 75 ~ 80%, 광주기 24L : 0D를 유지하여 빛에 의한 간섭을 줄여 유충이 원활히 번데기방을 만들도록 하였다. 생육상에서 1 ~ 2일 간격으로 우화 상황을 조사하였다.

한라산 구상나무 군락지 내 지역별 구과해충에 의한 피해율을 조사하기 위하여 구과 결실기인 2019년 10월에 4개 조사구에서 수목 당 전체 구과수와 피해구과 수를 조사하였다. 조사한 구상나무 본 수는 St. 1-4에서 각각 20, 34, 21, 그리고 18본으로 총 93본에 대해 피해율 조사를 수행하였다.

자료 분석

생육상 내 구과에서 우화하는 곤충의 동정은 논문과 도감(Bae et al., 2008; Shin et al., 2018)을 이용하였고, 우화하는 곤충의 종류와 개체수를 조사하여 조사구별 개체수와 평균 개체수 등을 산출하였다. 현장 조사에서는 각각의 수목 당 전체 구과수 및 피해구과 수를 토대로 피해율을 산출하였다. 또한, 구상나무 수목 당 구과수와 피해구과수, 구과의 크기와 해충 발생 개체수의 관계를 알아보기 위하여 SAS ver. 9.4 (SAS Institute, 2014)와 R-Studio ver. 1.2.5033 (RStudio Team, 2015) 통계프로그램을 이용하여 선형 및 비선형회귀분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

한라산 구상나무 구과 해충조사 결과

한라산 구상나무 군락지에서 수집한 117개 구과에서 우화한 곤충은 3종(솔알락명나방, 구상애기잎말이나방, 퐁파리)이었으며 총 334개체가 우화하였다(Suppl. Table 1 and Suppl. Fig. 2). 구상애기잎말이나방과 솔알락명나방은 구상나무의 구과를 가해할 수 있는 해충으로 알려져 있으나(Shin et al., 2018) 퐁파리는 구과를 가해하는 주요 해충은 아니며 솔알락명나방이나 구상애기잎말이나방이 가해한 구과 중 수액이 나오는 곳에서만 확인되어 직접적인 구과해충은 아닌 것으로 판단되었다.

솔알락명나방만 우화한 구과는 96개로 전체의 82%, 구상애기잎말이나방만 우화한 구과는 59개로 전체의 50%, 두 종 모두 우화한 구과는 46개로 전체의 39%였으며, 4개의 구과에서는 3종 모두 발생하였다(Suppl. Table 2). 구상나무 피해 구과에서 우화한 솔알락명나방 성충은 233개체로 구상애기잎말이나방 우화 성충 수 101개체보다 2배 이상 많은 개체수가 우화하여 솔

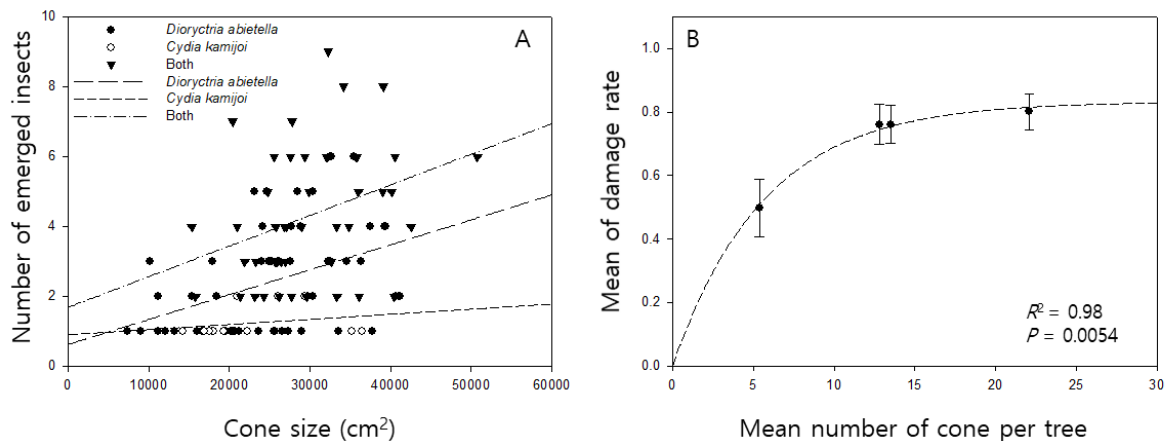


Fig. 1. Relationship between cone size and number of emerged insects (A), and between mean number of cone per tree and mean of damage rate (B).

알락명나방이 구상나무애기잎말이나방보다는 구상나무의 구과해충으로서 더 우점하는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 구상애기잎말이나방의 기주 범위가 *Abies* 속에 제한되는데 반해(Suzuki and Komai, 1984), 솔알락명나방은 소나무과 내 4개 속 21종의 기주를 가해할 수 있어(Bae et al., 2008) 구상나무 군락지 주변에 분포하는 소나무류 또한 기주로 활용할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

구과 크기에 따른 구과해충의 우화 개체수를 분석한 결과, 솔알락명나방과 구상애기잎말이나방이 한 구과에서 단독으로 우화한 경우와 한 구과에서 두 종 모두 우화한 경우 모두 구과의 크기가 커질수록 우화 개체수가 증가하는 경향이 나타났다(솔알락명나방: $df=1, 48; F = 9.6686; p = 0.0031; R^2=0.17$, 구상애기잎말이나방: $df=1, 11; F = 0.6716; p = 0.4299; R^2=0.06$, 두 종 모두: $df=1, 44; F = 5.5783; p = 0.0227; R^2=0.11$) (Fig. 1A). 이러한 결과는 한 구과 내에 여러 개체가 서식할 경우 제한된 먹이자원에 대한 종내 혹은 종간경쟁이 심화되기 때문에 구과의 크기가 큰 경우 경쟁압이 더 작아서 성장에 유리하기 때문인 것으로 판단된다.

한라산 구상나무 해충 피해율

조사구별 수목 당 구과 피해율은 St. 1에서 49.7%로 가장 낮았고 St. 4에서 80.1%로 가장 높았으며 전체 조사지역의 수목 당 구과 피해율은 70.5%로 나타났다(Supp. Table 3). 구상나무 구과 피해율과 수목 당 구과수와의 관계를 분석한 결과, 수목 당 구과수가 많아질수록 구과 피해율은 증가하다가 수렴하는 경향을 보였다($df=1, 2; F = 183.63; p = 0.0054; y=0.8320 * (1 - e^{-0.1754 * x})$) (Fig. 1B). 구과해충 개체군은 전적으로 먹이인 구

과의 수에 의존하기 때문에 구과해충의 밀도는 서식지 내 존재하는 구과 수에 의해 결정될 수 있다(Mattson, 1971). Dougalsfir의 구과 해충인 *Barbara colfaxiana*의 연구에서도 구과 수의 변동은 구과 해충의 군집 크기를 제한하는 것으로 나타났다(Miller et al., 1984). 따라서, 구상나무 군락지 중 구과의 결실이 많은 지역 혹은 구과가 많이 결실된 해에 구과 해충에 의한 구과 피해율이 높을 것으로 예상된다.

개잎갈나무속(*Cedrus libani*, *Cedrus brevifolia*)의 구과 해충으로 밝혀진 *Megastigmus schimitscheki*은 프랑스 남부에서 구과의 86.8% 피해를 주었으며 기주수목의 번식 가능성을 상당히 감소시킬 수 있다고 보고되었다(Fabre et al., 2004). *Abies* 속의 치수 성장은 구과의 중량이 무거울수록 향상되는 것으로 알려져 있다(Chung, 1998). 일반적으로 구과 해충은 구과의 결실에 영향을 주어 종자의 결실률과 크기(중량)에 영향을 주므로(Bates et al., 2000; Seifert et al., 2000) 구과해충에 의한 피해가 구상나무의 치수발생 감소와 관련이 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgements

본 연구는 국립산림과학원의 “산림병해충 발생조사 및 예측 연구 II, 과제번호 FE0703-2016-03”의 지원을 받아 수행되었습니다.

Supplementary Information

Supplementary data are available at Korean Journal of Applied Entomology online (<http://www.entomology2.or.kr>).

저자 직책 & 역할

김도성: 생물보전연구소, 대표; 실험설계 및 논문작성
이영돈: 제주 세계유산본부 한라산연구부, 연구사; 실험수행
좌명은: 제주 세계유산본부 한라산국립공원관리소, 주무관;
실험수행
이차영: 국립산림과학원, 박사연구원; 자료 분석
남영우: 국립산림과학원, 연구사; 실험설계, 자료 분석 및 논
문작성

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Bae, Y.S., Byun, B.K., Paek, M.K., 2008. Pyralid moths of Korea (Lepidoptera: Pyralidae). Pocheon. Korea National Arboretum, Seoul.
- Bates, S.L., Borden, J.H., Kermode, A.R., Bennett, R.G., 2000. Impact of *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) on Douglas-fir seed production. J. Econ. Entomol. 93, 1444-1451.
- Chung, Y.S., 1998. Effects of seed weight level on the germination and seedlings growth of *Abies koreana* W. Kon-Kuk J. Nat. Sci. Technol. 9, 7-14.
- IUCN. 2006. 2006 IUCN Red list of threatened species. www.incnredlist.org (assessed on 31 November, 2019).
- Fabre, J.P., Auger-Rozonberg, M.A., Chalon, A., Boivin, S., Roques, A., 2004. Competition between exotic and native insects for seed resources in trees of a Mediterranean forest ecosystem. Biol. Invasions 6, 11-22.
- Franklin, R.T., Coulson, R.N., 1968. Insects affecting seed production of shortleaf pine in the Georgia Piedmont. Can. Entomol. 100, 807-812.
- Hedlin, A.F., 1967. Cone insects of grand fir, *Abies grandis* (Douglas) Lindley, in British Columbia. J. entomol. Soc. Brit. Columbia 64, 40-44.
- Hedlin, A.F., Yates, H.O., III, Tovar, D.C., Ebel, B.H., Koerber, T.W., Merkel, E.P., 1980. Cone and seed insects of North American conifers. Environment Canada, forestry service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC, co-published by the United States Forest Service and Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 122 p.
- Kim, J.K., Koh, J.G., Yim, H.T., Kim, D.S., 2017. Change of spatial distribution of Korean fir forest in Mt. Hallsan for the past 10 years (2006-2015). Korean J. Environ. Ecol. 31, 549-559-6.
- Kim, C.S., 2002. Review on the factors causing change in the subalpine vegetation of Mt. Halla and conservation measure. The proceeding on the conservation and management of subalpine zone in Mt. Halls. pp. 26-55.
- Kim, J.U., Kil, B.S., 1996. Estimation for changes of net primary productivity and potential natural vegetation in the Korean peninsula by the global warming. Korean J. Ecol. 19, 1-7.
- Kong, W.S., 1998. The alpine and subalpine geoecology of the Korean peninsula. Korean J. Ecol. 21, 383-387.
- Koo, K.A., Park, W.K., Kong, W.S., 2001. Dendrochronological analysis of *Abies korean* W. at Mt. Halla, Korea. Effects of climate on the growths. Korean J. Ecol. 24, 281-288.
- Lee, W.T. 1996. Lineamenta flora Koreae. Academic Press. Seoul.
- Mattson, W.J., 1971. Relationship between cone crop size and cone damage by insects in red pine seed-production areas. Can. Entomol. 103, 617-621.
- Miller, G.E., Hedlin, A.F., Ruth, D.S., 1984. Damage by two Douglas-Fir cone and seed insects: Correlation with cone crop size. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia 81, 46-50.
- RStudio Team, 2015. RStudio: Integrated development for R. RStudio, Inc., Boston, MA.
- SAS Institute, 2014. SAS user's guide, version 9.4. 2nd ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Seifert, M., Wermelinger, B., Schneider, D., 2000. The Effect of spruce cone insects on seed production in Switzerland. J. Appl. Ent. 124, 269-278.
- Shin, Y.M., Nam, J.W., Kim, D.K., Byun, B.K., Kim, I.K., 2018. Two lepidopteran pests and damage on the cones of *Abies koreana* (Pinaceae) in Jeju Island, Korea. J. of Asia-Pac. Biodivers. 11, 80-86.
- Song, J.H., Han, S.H., Lee, S.H., Yun, C.W., 2019. Changes for stand structure of *Abies koreana* forest at the Yeongsil area of Mt. Hallasan for six years (from 2011 to 2017). J. Korean Soc. For. Sci. 108, 1-9.
- Suzuki, S., Komai, F., 1984. Microlepidoptera feeding on conifer trees in Hokkaido. Bull. Forest. Exp. Stn. 22, 85-129.
- Turgeon, J.J., Roques, A., de Groot, P., 1994. Insect fauna of coniferous seed cones - diversity, host-plant interactions, and management. Annu. Rev. Entomol. 39, 179-212.
- Whitehouse, C.M, Roe, A.D., Strong, W.B., Evenden, M.L., Sperling, F.A.H., 2011. Biology and management of North American cone-feeding Dioryctria species. Can. Entomol. 143, 1-34.
- Wood, D.L., Storer, A.J., 2009. Encyclopedia of insects, 2nd ed., Academic Press. Oxford.
- Zobel, B., Talbert, J., 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, Inc., New York.