

# 북방농업지대에서 유효적산온도를 이용한 벼 해충의 발생시기 비교

김순일 · 엄기백 · 김대용<sup>1</sup> · 박형만\*

(주)나리소 기능성연구소, <sup>1</sup>연변대학교 농학원

## Comparison on the Time of Occurrence of Major Rice Insect Pests Based on Growing Degree Day in Northern Part of Korean Peninsula

Soon-Il Kim, Ki Baik Uhm, Da-Yong Jin<sup>1</sup> and Hyung Man Park\*

The Biological Activity Research Institute, Nareso Co., Ltd., Suwon 16614, Korea

<sup>1</sup>School of Agricultural Sciences, Agricultural College of Yanbian University, Yanji 133002, China

**ABSTRACT:** This study was carried out to compare on the time of occurrence of 6 major rice insect pests [*Lissorhoptrus oryzophilus* Kusche, *Oulema oryzae* Kuwayama, *Sogatella furcifera* (Horvath), *Nilaparvata lugens* Stal., *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee), *Mythimna separata* Walker] in northern part of the Korean peninsula. Using growing degree days of the insects, we evaluated the number of occurrence generations and the time of occurrence. Over-wintering insects such as *L. oryzophilus* and *O. oryzae* showed different occurrence periods in northern regions. The occurrence period of the first generation adults was later in northeast regions than in Korean middle regions and more later both in northern alpine and in northern parts of east sea. In addition, the first adults of *S. furcifera*, *N. lugens*, *C. medinalis*, and *M. separata* occurred between June and early August. However, from late August to September, these insects showed the different occurrence periods in northern regions. Especially, the second adults of *N. lugens* were not occurred and the second to third generation adults of *S. furcifera*, *C. medinalis*, and *M. separata* showed similar occurrence properties. Based on these properties, the occurrence of major rice insect pests will be less in northeast regions, northern regions of east sea, northern inlands, and northern alpine of the Korean peninsula. However, comparing with their occurrences in northern regions of Gyeonggi and Gangwon provinces, the rice insect pests may show similar occurrence pattern in mid-korean mountains except for pyunggang and yangduk regions as well as in the southern and northern regions of Suyang-san.

**Key words:** Growing degree day, Northern agriculture, Occurrence period, Rice insect pests

**초록:** 본 연구는 북방농업지대에서 벼 해충의 지역 간 발생상황을 비교하기 위하여 곤충의 발육에 필요한 온도를 이용하여 발생 시기를 추정하는 방법으로 발생세대수나 발생 시기 등을 비교하였다. 벼 해충 6종(벼멸바구미, 벼잎벌레, 흰등멸구, 벼멸구, 흑명나방, 멸강나방)에 대해 유효적산 온도를 이용하여 발생 시기를 추정한 결과 월동해충은 지역에 따라 발생 시기에 차이가 있었으며, 동북방향으로 갈수록 발생시기가 늦어져, 북부 고산이나 동해안북부에서는 발생시기가 가장 늦었다. 또한 해충의 발생시기가 6월부터 8월 사이에는 비례해충 1세대 성충 발생시기와 같이 지역 간 발생 시기에 차이가 적어 비슷한 시기에 발생하였으며, 기온이 낮아지는 8월부터 9월에 발생시기가 되면 지역 간 차이가 커져 벼멸구의 2세대 성충이 발생하지 못하거나, 흰등멸구, 흑명나방, 멸강나방 등의 2~3세대 성충의 발생이 안 되는 지역이 많아지고 있음을 알 수 있었다. 이러한 특징으로 보아 북방지역의 동북지역, 동해안북부, 북부내륙, 북부고산지역에서의 벼해충 발생은 적을 것으로 추정되며, 중부산간의 평강, 양덕을 제외한 동해안남부, 수양산 이남, 이북지역은 국내 경기, 강원북부지역과 비슷한 발생을 보일 것으로 추정되었다.

**검색어:** 북방농업, 벼 해충, 발생시기, 유효적산온도

국제정세의 변동에 따라 대북관계가 온냉을 거듭하면서 북

방농업지대에 대한 관심도 높아지고 있다. 이에 농촌진흥청을 중심으로 농업 협력사업의 일환으로 1995년부터 북한 주요 작물의 품종을 수집하여 벼, 콩, 옥수수 등 북한에서 실재 재배되는 작물의 생육특성에 대한 검정을 실시하였고, 2017년부터는

\*Corresponding author: [hmpark1143@naver.com](mailto:hmpark1143@naver.com)

Received July 1 2019; Revised August 28 2019

Accepted August 29 2019

수집 가능한 북한 27개 지역의 기후 자료 등의 분석을 통하여 각 지역에 재배 적합한 주요 식량 작물 품종을 선별하고 최적 재배 기술 개발을 목적으로는 한반도 북방지역 식량생산성 향상기술개발을 위해 사업을 추진하고 있다(Heu et al., 2018).

농림어업이 북한 경제에서 차지하는 비중은 2016년 21.7%로 약 7조 8,326억 원 규모이고, 북한의 농가인구는 1965년 약 5백만 명 수준에서 2008년 857만 명으로 증가하였으나, 그 비중은 감소하고 있는 추세이다(Ministry of Unification, 2019). 또한 북한의 농지면적은 2016년 191만ha로 추정되고 이중 논 면적이 32%, 밭 면적이 68%를 차지한다. 주요 해충으로는 이화명나방, 벼애잎굴파리, 흑명나방, 벼물바구미 등이 알려져 있을 뿐 벼에서 나타나는 해충들에 관한 정보는 거의 전무한 실정이다. 북한에서는 협동농장을 중심으로 논에서 발생하는 해충들에 대한 예찰조 또는 예찰초소를 조직하고 잠복소를 만들어 해충 예방에 필요한 공지와 예보활동을 벌이는 것으로 알려져 있다(KREI, 2005). 또한 북한 당국은 해충 방제 효과를 높이기 위해 식물성 농약 생산을 위한 생산설비 구비 및 주요 식량작물인 벼와 옥수수 종자를 피복 처리할 수 있는 종자처리제 생산에 노력하고 있다(KREI, 2018). 하지만 비래해충 등 예찰이 중요한 해충들의 연구 및 관리에 관한 정보는 거의 찾아보기 어려운 실정이다.

북방관련 농업해충에 대한 보고가 민간단체를 중심으로 단편적으로 이뤄졌으나, 작물에서 발생하는 해충에 관한 구체적인 정보가 부족하였다(Kwon and Choi, 2002). 즉, 한반도 북방지역 작물에 발생하는 해충에 대한 정보는 대부분 단편적인 것들로 지역 전체에 대한 정보는 많지 않아 해충들이 지역에서 어느 시기에 어느 정도 발생하는지, 어떤 해충들이 주요종인지에 대한 정보도 전무한 실정이다. 그래서 유효적산온도를 이용하여 벼에서 주로 발생하는 주요 해충들로 저온성 해충들인 벼물바구미(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kusche)와 벼잎벌레(*Oulema oryzae* Kuwayama) 그리고 비래해충인 흰등멸귀(*Sogatella furcifera* (Horvath)), 벼멸귀(*Nilaparvata lugens* Stal.), 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee)), 멸강나방(*Mythimna separata* Walker) 등의 발생시기를 비교함으로써 북방지역에서 해충발생에 대한 정보를 얻고자 하였다. 이들 해충들의 선정은 한반도 북방지역과 유사한 온도 특성을 나타내는 길림성과 요녕성의 벼 해충들과 국내에서 중요 벼 해충들로서 발육영점온도 및 유효적산온도를 활용 가능한 종들을 기준으로 하였다(Rye et al., 2013).

일반적으로 곤충의 발육은 온도와 밀접한 관계가 있고 발육 단계마다 발육을 위한 일정한 온량이 필요한데, 이를 유효적산온도라 하고 1일 평균기온에서 발육영점온도를 뺀 값을 누적시

키면 된다. 이를 이용하면 해충의 발육단계를 예측할 수 있는데, 사육온도가 증가함에 따라 발육속도는 직선적으로 증가하는 경향을 띤다(Kiritani, 2012). 이처럼 온도는 곤충의 발육, 생식, 생존 등에 영향을 미치는 가장 중요한 요인들 중 하나이다. 따라서 본 연구는 온도에 기반하여 북방지역 내 벼 재배지대를 7개 농업지대로 구분한 결과를 활용하여 벼의 월동해충 2종과 비래해충 4종의 온도에 따른 발생세대수와 발생 시기 등을 비교 및 지역적인 차이를 분석함으로써 향후 북방지역 벼 재배지에서 이들 해충들을 효율적으로 관리할 수 있는 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 기상자료

분석대상인 한반도 북방 27개 지역 및 경기강원 북부 7개 지역의 해충별 유효적산온도 분석에 필요한 기상자료는 기상청 국가기상종합정보(<http://www.weather.go.kr/weather/main.jsp>) 기후자료에서 2017년도 기상자료를 다운받아 사용하였다.

### 북방지역농업지대

본 조사에서는 벼 병해 및 벼 재배지역 등과 연관된 조사 결과와 연동하여 벼 해충 발생 정보를 활용할 수 있도록 북방지역 농업지대구분을 북한농업지대별 작물재배 및 기후특성에 따라 구분한 7개 농업지대 구분(수양산이남지대, 수양산이북지대, 동해안남부지대, 중부산간지대, 동해안북부지대, 북부내륙지대 및 북부고산지대)을 활용하였다(Yoon and Kim, 2006).

### 해충별 발육영점온도 및 유효적산온도 분석

분석 대상 벼 해충들은 한반도에서 보편적으로 발생하는 해충들 중에서 6종을 선택하여 분석에 사용하였다. 벼물바구미 월동성충이동시기는 14.9°C 이상을 적산하여 63.1일도까지, 신성충발생시기는 벼물바구미 본답이동 이후 매일 10.2°C 이상을 적산하여 780.9일도가 되는 일로 하였다(Kim et al., 1990). 벼잎벌레 성충의 산란최성기는 매일 11.5°C 이상을 적산하여 192.0일도, 신성충발생시기는 11.7°C 이상을 적산하여 268.3일도가 되는 일로 하였다(Lee et al., 1998). 비래해충인 흰등멸귀, 벼멸귀, 흑명나방은 2017년 농촌진흥청 농작물병해충조사에서 경기도 지역에 7월 8일 채집된 흰등멸귀 38마리를 기준으로

분석하였다. 왜냐하면 벼멸구, 흑명나방은 경기도, 강원도 지역에 비래 성적이 없기 때문이다. 멸강나방은 경기도 수원지역에서 성페로몬으로 조사한 주비래일 5월 31일을 기준으로 분석하였다. 흰등멸구(Park et al., 2013), 벼멸구(Uhm, 1991), 흑명나방(Park et al., 2014) 그리고 멸강나방(Ko et al., 2003)은 기준에 발표된 자료를 참조하였고, 온도에 따른 발육모형을 활용하여 발생 분석에 사용하였다.

## 결과 및 고찰

농업지대구분은 온도에 따라 벼 재배지대를 구분한 것으로 북방지역을 7개 농업지대로 구분한 것을 활용하여 월동성충 발생시기와 신성충 발생 시기 등으로 구분하여 추정하였다.

벼물바구미와 벼잎벌레는 국내에서 월동하는 해충으로 이른 봄 월동처에서 이양한 논으로 이동하여 피해를 주며, 흰등멸구, 벼멸구, 멸강나방, 흑명나방은 해외에서 비래하는 해충이다. 멸강나방의 비래시기는 벼 이양초기인 5월말~6월초로 벼물바구미나 벼잎벌레의 이동시기와 비슷하며, 흰등멸구, 벼멸구, 흑명나방은 6월말부터 7월에 비래하는 해충이다. 그 중 흰등멸구와 흑명나방은 비래 후 7월과 8월에 발생밀도가 가장 높아 피해도 이시기에 많으며(Choi, 1973; Kim and Choi, 1984; Kim and Park, 2018), 벼멸구는 계속 증식하여 8월말부터 9월에 걸쳐 벼 수확기까지 피해를 주는 해충으로 비슷한 시기에 비래하여도 피해를 주는 시기는 조금씩 차이가 있다(Hu et al., 2014).

## 월동해충

### 벼물바구미

벼물바구미는 1988년 국내에서 처음 발견된 후 분담초기 해충 중 주방제대상이 되었던 해충이다. 북방지역에도 비슷한 시기에 발견되어 많은 피해를 준 것으로 알려져 있다(KINU, 2000). 벼물바구미는 월동 후 월동처 부근에서 잡초를 먹으면서 날개근육을 발달시켜 근육이 일정한 크기 이상이 되면 이양한 논으로 이동하는데, 날개근육이 발달하는데 필요한 유효적산온도는 발육영점온도 14.9°C 이상 63.1일도가 필요하다(Gho et al., 1990). 4월 1일부터 14.9°C 이상을 적산하여 분석한 결과, 벼물바구미 월동성충 이동시기는 동해안 남부의 장진지역이 5월초로 가장 빠르고, 원산, 함흥과 수양산 이남북, 중부산간의 회천, 수풍지역과 북부내륙의 강계지역이 5월 중하순이었다(Table 1). 중부산간의 평강, 양덕 및 동해안북부의 신포는 6월 상순이었으며 동해안북부의 김책과 북부내륙의 중강, 북부고

산지역의 해산이 6월 중순이었으며, 동해안북부의 청진, 선봉이 6월 하순이었다. 가장 늦은 곳은 북부고산지역의 장진, 풍산, 삼지연의 7월상, 중순이었다. 국내의 경기 강원북부 지역은 5월초, 중순으로 북방지역의 동해안남부나, 수양산이남, 이북과 비슷하였다. 일본 혼슈 중부 지방에 위치한 아이치현(愛知縣)에서의 벼물바구미 발생소장은 기온 27°C 이상, 유효적산온도 850일도(DD) 등 모든 환경 조건이 충족된다면, 년 2회 이상 발생도 가능하지만 어린 벼가 없으면 월동처로 이동한다고 추정했다(Kobayashi et al., 1988).

동해안 남부, 수양산 이남, 이북지역과 중부산간의 수풍, 회천지역, 북부내륙의 강계지역에서는 7월 중하순에 성충이 출현하였으며, 중부산간의 평강, 양덕과 북부내륙의 중강지역, 동해안북부의 신포지역은 8월초에, 동해안북부의 김책, 청진과 북부고산의 해산지역은 8월 중하순에 신성충이 발생하였다. 신성충은 논에서 벼 잎을 먹은 후 월동처로 이동하므로 그 시기에 논에 벼가 있으면 발육하여 월동처로 이동하는데 지장이 없을 것이다. 북부고산지대는 해산지역을 제외한 3지역에서는 신성충까지 발육하지 못하였다. 이는 고산지대의 온도가 저지대에 비해 상대적으로 낮아 결과적으로 신성충의 발육에 필요한 적산온도에 이르지 못하기 때문이다. 신성충발생이 가장 늦었던 곳은 9월 상순의 선봉지역이었다. 북부 내륙의 강계지역은 수양산 이남 지역과 비슷하여 지대 구분에 따른 벼물바구미의 발생에서 상당히 특이적인 결과를 보였다. 국내의 중북부지역은 7월중하순에 신성충이 나와 동해안 남부, 수양산 이남, 이북과 비슷한 시기였다.

### 벼잎벌레

벼잎벌레는 성충이 논으로 이동한 후 산란을 하는데, 4월초부터 산란최성기까지 10°C 이상 67일도로 계산한 벼잎벌레 성충 산란최성기는 동해안 남부지역이 5월 중순으로 가장 빠르고, 수양산 이남, 이북지역이 5월 하순이었다. 중부산간지역과 북부내륙의 강계지역이 6월 상순, 동해안 북부, 북부내륙의 중강과 북부고산지역의 해산이 6월 중 하순이었다(Table 2). 북부고산의 장진, 풍산, 삼지연은 7월 상중순으로 가장 늦었다. 국내 경기 강원북부지역은 5월 중하순으로 수양산 이남, 이북 지역과 비슷하였다.

벼잎벌레 신성충 발생 시기는 산란 최성기 이후 약 한 달 후에 성충이 나와 성충 산란최성기와 비슷한 경향을 보였다. 동해안 남부, 수양산 이남, 이북 및 중부산간의 수풍은 6월중하순, 중부산간, 동해안북부 및 북부내륙지역은 7월 상 중순에 신성충이 나왔으며, 동해안북부의 김책, 청진, 선봉과 북부고산의

**Table 1.** Prediction on the time of occurrence of *Lissorhoptrus oryzophilus* migratory and new adults in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	The first day of migration	New-adults occurrence
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	5/24	7/23
	02. Haeju	5/23	7/23
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	5/29	7/27
	04. Singye	5/23	7/24
	05. Saliwon	5/19	7/18
	06. Nampo	5/22	7/21
	07. Pyongyang	5/19	7/19
	08. Anju	5/30	7/29
	09. Guseong	5/28	7/27
	10. Sinuiju	5/27	7/25
3. Southern of East sea	11. Jangjeon	5/06	7/15
	12. Wonsan	5/11	7/17
	13. Hamheung	5/18	7/20
4. Middle mountain of North Korea	14. Pyeonggang	6/02	8/06
	15. Yangdeok	6/04	8/05
	16. Hoecheon	5/30	7/29
	17. Supung	5/31	7/31
5. Northern of East sea	18. Shinpo	6/08	8/09
	19. Gimchaeg	6/17	8/19
	20. Cheongjin	6/22	8/26
	21. Seonbong	6/30	9/09
6. Northern inland	22. Kanggye	5/22	7/22
	23. Junggang	6/13	8/09
7. Northern alpine	24. Jangjin	7/05	<sup>b</sup>
	25. Poongsan	7/05	-
	26. Hyesan	6/20	8/28
	27. Samjiyeon	7/12	-
Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	5/31	7/31
	Dongducheon	5/20	7/20
	Sokcho	5/08	7/18
	Inje	5/20	7/19
	Cheolwon	5/24	7/25
	Paju	5/31	7/30

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

해산지대는 7월 중순, 북부고산의 장진, 풍산이 8월 중순에, 삼지연은 신성충까지 발육하지 못하였다. 국내 경기강원 북부지역은 6월 중하순으로 동해안남부, 수양산이남북과 비슷하였다.

월동해충인 벼물바구미와 벼잎벌레는 북방 7개 농업지대중 동해안남부, 수양산이남, 이북지역에서는 발생시기가 비슷하였으며, 국내의 경기, 강원북부지역과 비슷한 시기에 발생하였다. 벼물바구미의 경우 월동성충 이동시기는 동해안남부가 조금 빠르기는 하지만 동해안남부, 수양산이남, 이북 및 중부산간, 북부내륙의 강계까지가 5월말, 6월초로 북부내륙의 강계와 동해안남부의 함흥까지가 비슷하였으며, 중부산간의 평강, 양덕

및 동해안북부의 신포지역은 6월 상순으로 점차 시기가 늦어져 동북쪽으로 갈수록 점진적으로 늦어지고 있다. 이러한 경향은 신성충 발생 시기도 비슷하여 강계, 함흥까지가 7월말, 중부산간의 평강, 양덕 및 동해안북부의 신포, 북부내륙의 중강이 8월 상순이며, 해산, 청진이 8월말로 동북방향으로 갈수록 점차 늦어지고 있었다. 벼잎벌레의 경우도 비슷하여 동해안 남부, 수양산이남, 이북지역이 가장 빠르고 중부산간과 강계, 신포 6월 상순이며 이후 동북쪽으로 점차 시기가 늦어지고 있었다. 벼잎벌레 신성충 발생 시기도 비슷한 경향이였다.

**Table 2.** Prediction of the time of highest egg-laying and new adults occurring of *Oulema oryzae* in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	Highest egg-laying	New-adult occurrence
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	5/26	6/24
	02. Haeju	5/24	6/23
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	5/30	6/28
	04. Singye	5/25	6/24
	05. Saliwon	5/21	6/19
	06. Nampo	5/24	6/22
	07. Pyongyang	5/22	6/21
	08. Anju	5/31	6/28
	09. Guseong	5/31	6/27
	10. Sinuiju	5/30	6/26
3. Southern of East sea	11. Jangjeon	5/12	6/16
	12. Wonsan	5/15	6/18
	13. Hamheung	5/19	6/22
4. Middle mountain of North Korea	14. Pyeongyang	6/05	7/05
	15. Yangdeok	6/07	7/05
	16. Hoecheon	6/02	7/01
	17. Supung	6/02	6/30
5. Northern of East sea	18. Shinpo	6/07	7/07
	19. Gimchaeg	6/16	7/14
	20. Cheongjin	6/22	7/18
	21. Seonbong	6/29	7/25
6. Northern inland	22. Kanggye	6/01	7/02
	23. Junggang	6/13	7/07
7. Northern alpine	24. Jangjin	7/08	8/11
	25. Poongsan	7/07	8/10
	26. Hyesan	6/22	7/18
	27. Samjiyeon	7/14	- <sup>b</sup>
Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	5/30	6/29
	Dongducheon	5/21	6/20
	Sokcho	5/14	6/19
	Inje	5/26	6/28
	Cheolwon	5/26	6/26
	Paju	5/31	6/29

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

## 비래해충

### 흰등멸구

흰등멸구는 국내에서 월동이 불가능하며 매년 비래하여 벼에 정착한 후 2~3세대를 경과하면서 벼의 생육과 품질에 영향을 미치는 중요한 벼의 해충 중 하나이다(Uhm, 1991). 비래해충의 경우 비래 후 시간에 따른 밀도 변동과 충태의 변화를 정확하게 예측하는 것이 방제 시기와 방제 수단을 결정하는데 중요한 정보가 된다.

대부분지역에서 흰등멸구는 비래후 3세대 성충까지 발생하였다(Table 3). 수양산 이남, 이북, 동해안 남부지역, 중부산간, 동해안북부 일부지역 및 북부내륙지역까지 7월말~8월초에 제 1회성충이 발생하였고, 이는 경기, 강원 북부지역과 비슷하였다. 북부고산지대의 장진, 풍산, 삼지연지역만 8월 중순에 1회 성충이 발생하였다. 2세대 성충은 대부분 지역에서 8월 중하순에 발생하였으나 동해안 북부 선봉지역과 북부고산 해산지역은 9월에 발생하였으며, 북부고산지역의 장진, 풍산, 삼지연은 2세대 성충까지 발생하지 못하였다. 이는 이들 3개 지역들 중 삼지연은 8월 중순, 장진과 풍산은 8월 하순이면 평균온도가 15°C

**Table 3.** Prediction of the time of adults occurring of *Sogatella furcifera* in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	1st adult	2nd adult	3rd adult	
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	7/29	8/19	9/16	
	02. Haeju	7/29	8/18	9/13	
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	7/29	8/20	9/20	
	04. Singye	7/30	8/22	9/24	
	05. Saliwon	7/28	8/18	9/15	
	06. Nampo	7/28	8/18	9/15	
	07. Pyongyang	7/28	8/18	9/15	
	08. Anju	7/30	8/21	9/22	
	09. Guseong	7/30	8/22	9/27	
	10. Sinuiju	7/29	8/19	9/15	
3. Southern of East sea	11. Jangjeon	7/28	8/22	9/19	
	12. Wonsan	7/29	8/23	9/21	
	13. Hamheung	7/29	8/23	9/24	
4. Middle mountain of North Korea	14. Pyeonggang	8/01	8/27	(10/28) <sup>c</sup>	
	15. Yangdeok	7/31	8/25	(10/11)	
	16. Hoecheon	7/30	8/22	9/27	
	17. Supung	7/30	8/22	9/26	
5. Northern of East sea	18. Shinpo	7/31	8/24	9/25	
	19. Gimchaeg	8/01	8/26	9/28	
	20. Cheongjin	8/02	8/30	(10/28)	
	21. Seonbong	8/03	9/04	(-)	
	22. Kanggye	7/30	8/23	(-)	
6. Northern inland	23. Junggang	7/31	8/23	(-)	
	24. Jangjin	8/11	(-) <sup>b</sup>	(-)	
7. Northern alpine	25. Poongsan	8/12	(-)	(-)	
	26. Hyesan	8/03	9/09	(-)	
	27. Samjiyeon	8/16	(-)	(-)	
	Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	7/30	8/21	9/19
		Dongducheon	7/29	8/19	9/17
Sokcho		7/28	8/21	9/18	
Inje		7/31	8/24	(10/4)	
Cheolwon		7/30	8/22	9/26	
Paju		7/30	8/21	9/24	

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

<sup>c</sup>The date in parentheses indicates that second or third adults can occur, but incomplete development.

이하로 떨어져 온도가 상대적으로 낮아 2세대 성충이 온전하게 발육하기 어렵기 때문이다. 3세대 성충은 대부분지역에서 발생하였으나 중부산간의 평강 양덕, 동해안 북부의 청진은 10월에 발생하였으며, 동해안북부의 선봉, 북부내륙, 북부고산지역은 3세대 성충까지 발육하지 못하였다. 일부지역에서 10월중에 3회 성충이 발생하였으나 이 시기는 벼 수확 이후가 되므로 의미는 없을 것으로 추정된다. 경기, 강원북부지역은 9월 중순까지 3회성충이 발생하여 수양산 이남북 및 동해안남부지역과 비슷하였다.

## 벼멸구

벼멸구는 흰등멸구와 같이 매년 해외에서 비래하는 해충으로 국내에서도 경기도지역은 10년에 한번정도 대발생하여 피해를 주었던 해충이다. 주로 비래 후 2세대 성충이 발생하여 산란한 약충이 흡즙할 때 고사현상이 일어나는 것이 보통이다 (Baek, 1996). 7월 상순 비래하였을 때는 북방지역에서는 대부분지역에서 8월 상, 중순에 제1세대 성충이 발생하였으며, 동해안북부의 선봉, 북부고산지역의 혜산은 8월 20일경에 성충이 발생하였다(Table 4). 그러나 북부고산의 장진, 풍산, 삼지연지

**Table 4.** Prediction of the time of adults occurring of *Nilaparvata lugens* in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	1st adult	2nd adult
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	8/08	9/20
	02. Haeju	8/08	9/16
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	8/08	9/24
	04. Singye	8/09	9/27
	05. Saliwon	8/07	9/18
	06. Nampo	8/07	9/17
	07. Pyongyang	8/07	9/17
	08. Anju	8/09	9/29
	09. Guseong	8/11	(-)
3. Southern of East sea	10. Sinuiju	8/09	9/18
	11. Jangjeon	8/09	9/23
	12. Wonsan	8/10	9/26
4. Middle mountain of North Korea	13. Hamheung	8/10	(10/03) <sup>c</sup>
	14. Pyeongyang	8/14	(-)
	15. Yangdeok	8/12	(-)
	16. Hoecheon	8/10	(-)
5. Northern of East sea	17. Supung	8/10	(-)
	18. Shinpo	8/12	(10/03)
	19. Gimchaeg	8/14	(-)
	20. Cheongjin	8/17	(-)
	21. Seonbong	8/21	(-)
6. Northern inland	22. Kanggye	8/11	(-)
	23. Junggang	8/12	(-)
7. Northern alpine	24. Jangjin	(-) <sup>b</sup>	
	25. Poongsan	(-)	
	26. Hyesan	8/20	(-)
	27. Samjiyeon	(-)	
Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	8/09	9/23
	Dongducheon	8/07	9/19
	Sokcho	8/08	9/23
	Inje	8/11	(-)
	Cheolwon	8/09	(10/03)
	Paju	8/09	(10/01)

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

<sup>c</sup>The date in parentheses indicates that second or third adults can occur, but incomplete development.

역에서는 신성충이 발생하지 못하였다. 벼멸구 제2세대 성충은 수양산이남, 북 및 동해안 남부지역에서만 2회 성충이 발생하였으며, 동해안남부의 함흥, 동해안북부의 신포는 10월 상순에 발생하였으나 수양산이북의 구성, 중부산간 및 동해안북부, 북부내륙, 북부고산에서는 2회 성충이 발생하지 못하였다. 이들 지역의 평균온도가 8월말이면 20°C 이하로 낮아져 발육에 불리한 조건이 되기 때문에 2회 성충까지 정상적인 발육은 어려울 것으로 보인다. 수양산이남, 북 및 동해안 남부지역도 시기가 9월 중순으로 성충이 산란하여 다음 약충이 발육할 시기가 부족하여 피해를 줄 가능성은 매우 낮아 북방지역에서는

1세대성충이 낳은 약충 까지만 피해를 줄 수 있을 것이다. 국내에서는 대량비레 한 경우와 후기 기온이 높아져 2회 성충이 8월 말이나 9월초에 산란을 하여 대량으로 약충이 발육하면서 고사 현상이 일어나는 것이 보통이다(Baeck, 1996). 그러나 유효적산온도로 본 2회 성충 발생시기가 9월 중, 하순이면 피해를 줄 수 없을 것이다. 분석에서 중부산간, 동해안 북부, 북부내륙은 1회 성충만 발생하였고, 북부 고산지역은 1회 성충도 일부지역에서만 8월말에 발생하는 것으로 보아 북방지역에서는 벼멸구에 의한 피해는 거의 없을 것으로 추정된다. 왜냐하면, 거주인 벼의 생육기를 감안하면 벼멸구 발생에 따른 피해는 거의 예상

하기 어렵기 때문이다. 경기, 강원북부지대에서도 수양산이, 남북과 비슷하게 9월 중순에 2회 성충이 발생하였다.

### 흑명나방

흑명나방은 7월 상순 비래한 경우 대부분의 지역에서 8월 상순에 1세대 성충이 발생하였으며, 북부고산지역의 장진은 9월 상순에 성충이 발생하고, 풍산, 삼지연은 1회성충이 발생하지 못하였다(Table 5). 2세대 성충은 수양산이남, 이북, 동해안남부,

중부산간의 수풍, 회천, 동해안북부의 신포에서는 8월말~9월 상순에 발생하였으나 중부산간의 평강, 양덕, 동해안북부의 청진, 북부내륙의 증강지역은 9월 하순에 발생하였다. 흑명나방은 대부분 지역에서 3세대 성충까지는 발육하지 못하는 것으로 분석되었다. 이는 이들 지역들의 온도가 9월 상순이 되면 15°C 이하로 떨어져 흑명나방의 발육이 정상적으로 이뤄지기는 어려울 것으로 보이므로, 흑명나방의 1회 성충 또는 3세대 성충의 발육까지 이르기에는 적당하지 않기 때문일 것이다. 나방류 성충은 9월 중순 이후에는 산란을 하지 않고 이동하므로 9월 이후

**Table 5.** Prediction of the time of adults occurring of *Cnaphalocrocis medinalis* in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	1st adult	2nd adult	3rd adult
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	8/02	8/30	(10/28) <sup>c</sup>
	02. Haeju	8/02	8/28	(10/08)
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	8/02	9/02	-
	04. Singye	8/03	9/04	-
	05. Saliwon	8/01	8/29	-
	06. Nampo	8/02	8/31	-
	07. Pyongyang	8/02	8/30	-
	08. Anju	8/03	9/04	-
	09. Guseong	8/04	9/08	-
3. Southern of East sea	11. Jangjeon	8/02	9/02	-
	12. Wonsan	8/03	9/05	-
	13. Hamheung	8/03	9/07	-
4. Middle mountain of North Korea	14. Pyeongyang	8/06	9/22	-
	15. Yangdeok	8/05	9/15	-
	16. Hoecheon	8/03	9/06	-
	17. Supung	8/03	9/06	-
5. Northern of East sea	18. Shinpo	8/05	9/08	-
	19. Gimchaeg	8/06	9/11	-
	20. Cheongjin	8/08	9/21	-
	21. Seonbong	8/11	-	-
6. Northern inland	22. Kanggye	8/04	9/14	-
	23. Juggang	8/05	9/21	-
7. Northern alpine	24. Jangjin	9/09	-	-
	25. Poongsan	- <sup>b</sup>	-	-
	26. Hyesan	8/10	-	-
	27. Samjiyeon	-	-	-
Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	8/03	9/02	-
	Dongducheon	8/02	8/31	-
	Sokcho	8/02	9/02	-
	Inje	8/05	9/13	-
	Cheolwon	8/03	9/05	-
	Paju	8/03	9/05	-

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

<sup>c</sup>The date in parentheses indicates that second or third adults can occur, but incomplete development.



성충발생은 다음세대로 이어지지 않을 것으로 추정된다. 경기 강원 북부에서도 8월 상순 1세대 성충, 8월말-9월 상순 2세대 성충이 발생하였으며, 3세대 성충까지는 발육하지 못하였다. 국내에서 흑명나방 성충 발생은 2004년에는 비래 후 1세대 성충의 최고 발생은 8월 21일이었고, 2005년에는 비래 후 1세대 성충과 2세대 성충이 각 8월 4일과 9월 14일에 가장 많았다 (Park et al., 2014). 본 분석의 추정 결과가 북방지역의 흑명나방 성충의 아의 발생 시기와 일치한다면, 북부고산지역의 장진이나 풍산, 삼지연 등을 제외한 대부분 지역에서 8월 상순 1세대 성충들의 밀도가 높을 것으로 보인다. 하지만 2세대 성충의 발생은 9월에 가능하겠지만, 현실적으로 벼 생육기를 감안한다면 북방지역에서 2세대 흑명나방의 발생은 1세대 성충에 비해 훨씬 더 적을 것이다.

비래해충들의 1세대 성충 발생시기에서는 벼물바구미나 벼잎벌레와는 다른 경향을 보였다. 월동해충인 벼물바구미와 벼잎벌레의 월동 성충 및 신성충 발생시기는 국내의 경기, 강원 북부지역과 북방 동해안남부, 수양산이남, 이북지역은 비슷하였다. 또한 북방지역의 벼물바구미와 벼잎벌레의 월동충 및 신성충의 발생시기는 동북방향으로 갈수록 점차 늦어지는 경향을 보였다. 흰등멸구 1세대 성충은 북부고산지대인 장진, 풍산 삼지연만 8월 중순으로 다른 지역보다 늦었으나 대부분의 지역에서는 7월말-8월 상순으로 차이가 크지 않았다. 2세대성충도 동해안 북부의 청진, 선봉과 북부고산지역만 늦거나 발생하지 못하였으나 그 외 지역에서는 발생 시기에 큰 차이가 없었다. 이러한 경향은 벼멸구, 멸강나방, 흑명나방의 1세대 성충 발생시기에서도 비슷한 경향이였다. 그러나 벼멸구 2세대 성충 발생시기에서는 지역 간 큰 차이가 있었다. 동해안남부의 함흥과 수양산이북의 구성을 제외한 동해안남부, 수양산 이남, 이북에서 9월중-하순에 2회성충이 발생하였으며 그 외 지역에서는 2회성충이 발생하지 못하였다. 북방지역에서 9월 중순에 2회성충이 발생한다고 하여도 산란 후 부화까지의 시간이 필요하여 실제 피해로 이어지지 않을 가능성이 높아 벼멸구에 의한 고사 피해는 없을 것으로 추정된다.

## 멸강나방

멸강나방은 멸구류와는 다르게 이른 봄 5월말~6월초에 비래하여 유충이 벼과 작물에 피해를 주는 해충으로 알, 유충, 번데기가 겨울에 경기 지방에서 생존이 불가능하고(Choi and Cho, 1976), 중국과 일본에서는 1월 평균 기온이 각 약 0°C 이상 및 4°C 이상인 남쪽 지역에서 월동이 가능하다(Li et al., 1964; Hirai, 1995). 따라서 국내에서 발생하는 멸강나방은 해외에서

유입된 개체군으로 주로 중국에서 비래하는 것으로 알려져 있고(Lee and Uhm, 1995), 유효적산온도를 적용하여 발생시기를 추정하면 4월-6월초까지 관찰되는 성충은 비래한 것들이고, 7월 이후 10월까지 발생하는 대다수 개체군들 역시 비래한 성충들로 국내에 정착한 전 세대의 후손들로 인해 대발생하는 경우는 드문 것으로 알려졌다(Jung et al., 2013).

멸강나방은 5월말 비래 후 수양산이남, 이북과 동해안 남부 지역에서는 7월 상순에 1회성충이 발생하였고, 중부산간 일부와 동해안 북부 및 북부내륙에서는 7월 중순, 북부고산지대는 해산만 7월 중순이며, 장진, 풍산은 8월초, 삼지연은, 8월 중순에 1회 성충이 발생하였다(Table 6). 2회 성충은 대부분 지역에서 8월 중하순에 발생하였으며, 동해안북부의 청진, 선봉은 9월 상순, 북부고산은 해산에서만 9월에 발생하였으며, 장진, 풍산, 삼지연에서는 2회성충이 발생하지 못하였다. 3세대 성충은 9월말-10월에 성충이 발생하였으며, 일부 중부산간과 동해안 북부, 북부내륙지대에서는 3회 성충까지 발육하지 못하였다. 3세대 발육에 필요한 유효적산온도가 이들 지역에서는 10월 하순 이후로 북방지역의 기온 특성을 고려할 때, 멸강나방 3회 성충의 발육은 어려울 것으로 추정된다. 경기, 강원북부지역에서는 수양산 이남, 이북 지역과 비슷하게 발생하여 7월 상순, 8월 중순, 9월 하순에 각각 성충이 발생하였다.

이와 같이 대부분의 지역에서 7월중에 1세대 성충, 8월 중에 2세대 성충이 발생하여 멸강나방이 정상적으로 발생하는 것으로 추정된다. 그러나 북부고산지대에서는 1세대 성충만 나오고 동해안 북부나 북부내륙에서는 8월 하순에 2세대 성충이나와 완전한 2세대를 보내기는 어려운 것으로 추정되며, 보통 9월 10일 이후 성충발생은 다음세대로 이어지지 않아 피해로 연결되지 않을 것으로 추정된다. 또한 한반도에 유입된 비래 개체군이 발육하는 생애가 아직 불분명하고, 비래시기나 기원지에 관한 상세한 정보가 미흡하여 비래한 멸강나방이 정착하여 다음세대 개체군 발생에 영향을 미치는 지에 대한 연구 등이 필요하다. 비록 본 연구가 북방지역에서 발생하는 벼 해충들에 대한 직접적인 발생 예측용으로 활용은 불가능할지라도, 북방 지역 벼 재배 지대에 따른 각 해충 발생 시기를 추정하고 그 정보를 제공함으로써 향후 북방 지역 벼 해충 관리 대책 수립을 위한 기초자료로서 간접적으로 활용할 수 있으리라 생각한다.

이상과 같이 벼 해충 6종에 대해 유효적산온도를 이용하여 발생 시기를 추정한 결과 월동해충은 지역에 따라 발생 시기에 차이가 있었으며, 동북방향으로 갈수록 발생시기가 늦어져, 북부고산이나 동해안북부에서는 발생시기가 가장 늦었다. 또한 해충의 발생시기가 6월부터 8월 사이에 비래해충 1세대성충 발생시기와 같이 지역 간 발생 시기에 차이가 적어 비슷한 시기에

**Table 6.** Prediction of the time of adults occurring of *Mythimna separata* in rice-cultivation zones<sup>a</sup> of northern part of the Korean peninsula using the growing degree day

Zone	Area	1st adult	2nd adult	3rd adult
1. Southern of Suyang-san	01. Gaesong	7/09	8/13	9/28
	02. Haeju	7/09	8/12	9/25
2. Northern of Suyang-san	03. Yongyeon	7/10	8/14	(10/05) <sup>c</sup>
	04. Singye	7/10	8/15	(10/08)
	05. Saliwon	7/08	8/11	9/26
	06. Nampo	7/09	8/13	9/28
	07. Pyongyang	7/08	8/12	9/27
	08. Anju	7/10	8/15	(10/09)
	09. Guseong	7/09	8/15	(10/21)
	10. Sinuiju	7/09	8/13	9/29
3. Southern of East sea	11. Jangjeon	7/11	8/18	(10/05)
	12. Wonsan	7/11	8/20	(10/11)
	13. Hamheung	7/11	8/20	(10/21)
4. Middle mountain of North Korea	14. Pyeonggang	7/14	8/24	(-)
	15. Yangdeok	7/13	8/22	(-)
	16. Hoecheon	7/10	8/16	(10/27)
	17. Supung	7/10	8/16	(10/28)
5. Northern of East sea	18. Shinpo	7/14	8/23	(10/28)
	19. Gimchaeg	7/17	8/28	(-)
	20. Cheongjin	7/20	9/04	(-)
	21. Seonbong	7/23	9/10	(-)
6. Northern inland	22. Kanggye	7/12	8/20	(-)
	23. Junggang	7/14	8/22	(-)
7. Northern alpine	24. Jangjin	8/01	(-) <sup>b</sup>	(-)
	25. Poongsan	8/03	(-)	
	26. Hyesan	7/20	9/11	(-)
	27. Samjiyeon	8/16	(-)	
Northern Gyeonggi & Gangwon	Ganghwa	7/11	8/16	(10/05)
	Dongducheon	7/08	8/11	9/27
	Sokcho	7/12	8/18	(10/04)
	Inje	7/13	8/21	(-)
	Cheolwon	7/10	8/15	(10/09)
	Paju	7/11	8/16	(10/10)

<sup>a</sup>The zone and area in northern part of the Korean peninsula were classified by Yoon and Kim (2006).

<sup>b</sup>Incomplete development of adults.

<sup>c</sup>The date in parentheses indicates that second or third adults can occur, but incomplete development.

발생하였으며, 기온이 낮아지는 8월부터 9월에 발생시기가 되면 지역 간 차이가 커서 벼멸구의 2세대성충과 같이 발생하지 못하거나, 환등멸구, 흑명나방, 멸강나방 등의 2~3세대 성충의 발생이 안 되는 지역이 많아지고 있음을 알 수 있었다. 이러한 특징으로 보아 북방지역의 동북지역, 동해안 북부, 북부내륙, 북부고산지역에서의 벼 해충 발생은 적을 것으로 추정되며, 중부산간의 평강, 양덕을 제외한 동해안남부, 수양산 이남, 이 북지역은 국내 경기, 강원북부지역과 비슷한 발생을 보일 것으로 추정된다. 따라서 본 연구는 향후, 북방 지역 벼 재배 지대에

따른 각 해충 발생 시기를 추정하고 그 정보를 제공함으로써 향후 북방 지역 벼 해충 관리 대책 수립을 위한 기초자료로서 간접적으로 활용할 수 있으리라 생각한다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구개발사업(과제번호: PJ0126 81022019)의 지원에 의해 수행되었다.

## Literature Cited

- Baeck, U.W., 1996. Insect pests, Hwangmunsa, Seoul.
- Choi, K.M., 1973. *Cnaphalocrocis medinalis* G. rice leaf folder. Literature review of Korea rice pests, Inst. Agric. Sci. O.R.D. 17-18.
- Choi, K.M., Cho, U.H., 1976. Studies on the factors of occurrence of the oriental armyworm and development of its artificial diet, in: 1975 Research Report, Agricultural Sciences Institute, RDA, Suwon, pp. 103-135.
- Gho, H.K., Kim, Y.H., Lee, J.O., Lim, G.S., Lee, J.Y., 1990. Development of flight muscles and ovary of rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzaophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae) during the period of migration. Res. Rep. RDA 32, 14-18.
- Heu, S.G., Moon, H.P., Jeong, U.K., Yang, U.H., Lee, J.K., Kim, T.Y., 2018. The study for crop production increase in the northern regions of the Korean peninsula. Autumn Annual Conference of the Korean Society of Crop Science, 18 pp.
- Hirai, K., 1995. Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in East Asia in relation to weather and climate. III. Japan, in: Drake, V.A., Gatehouse, A.G. (Eds.), Insect migration: tracking resources through space and time. Cambridge, New York, pp. 117-130.
- Hu, G., Lu, F., Zhai, B.P., Lu, M.H., Liu, W.C., Zhu, F., Wu, X.W., Chen, G.H., Zhang, X.X., 2014. Outbreaks of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in the Yangtze river delta: immigration or local reproduction? PLoS ONE 9, e88973.
- Jung, J.K., Seo, B.Y., Cho, J.R., Kim, Y., 2013. Monitoring of *Mythimna separata* adults by using a remote-sensing sex pheromone trap. Korean J. Appl. Entomol. 52, 341-348.
- Kim, K.C., Choi, C.S., 1984. Studies on the bionomics and analysis of damage of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* G. in South region of Korea. Rural Dev. Rev. 19, 25-32.
- Kim, K.M., Park, Y.H., 2018. Studies of the life cycle and rearing methods of whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera* Horváth). J. Life Sci. 28, 357-360.
- Kim, Y.H., Choi, Y.M., Lim, G.S., Chang, Y.D., 1990. Occurrence of rice weevil, *Lissorhoptrus oryzaophilus*, by feeding scars on the leaves of weeds in the overwintering sites. Res. Rep. RDA 32, 7-11.
- KINU (Korea Institute for National Unification), 2000. The status of agricultural industry and the characteristics of agricultural sectors of North Korea In The study on interaction and cooperation of agricultural techniques of South and North Korea, 239 pp.
- Kiritani, K., 2012. The low development threshold temperature and the thermal constant in insects and mites in Japan (2nd edition). Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci. (Jpn.) 31, 1-74.
- Ko, H.R., Back, H.W., Kim, G.H., 2003. Effect of temperature on development and reproduction of the rice armyworm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). Korean J. Appl. Entomol. 42, 53-56.
- Kobayashi, S., Kimura, D., Matsui, S., 1988. Forecast of occurrence times of overwintering adults at overwintering site. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 32, 13-19.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2005. Quarterly agricultural trends in North Korea, Kyeongheejengbo, Seoul, 7, 1-170.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2018. Quarterly agricultural trends in North Korea, Cricommunication, Seoul, 20, 1-112.
- Kwon, T.J., Choi, B.S., 2002. Agricultural trend of North Korea in analysis on agriculture and agricultural policy of North Korea, Korea Rural Economic Institute, Naju city, 258 pp.
- Lee, J.H., Uhm, K.B., 1995. Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in East Asia in relation to weather and climate. II. Korea, in: Drake, V.A., Gatehouse, A.G. (Eds.), Insect migration: tracking resources through space and time. Cambridge, New York, pp. 105-116.
- Lee, K.Y., Kim, Y.H., Chang, Y.D., 1998. Effect of temperature on the oviposition, larval and pupal development of *Oulema oryzae* (Coleoptera: Chrysomelidae). Korean J. Appl. Entomol. 37, 159-162.
- Li, G.B., Wang, H.X., Hu, W.X., 1964. Route of the seasonal migration of the oriental armyworm moth in the eastern part of China as indicated by a three-year result of releasing and recapturing of marked moths. Acta Phytophylacica Sin. 3, 101-110.
- Ministry of Unification, 2019. Information portal of North Korea, Agriculture Industry, [http://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/overview/nkOverview.do?sumryMenuId=MENU\\_65](http://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/overview/nkOverview.do?sumryMenuId=MENU_65).
- Park, C.G., Kim, K.H., Park, H.H., Lee, S.G., 2013. Temperature-dependent development model of white backed planthopper (WBPH), *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera: Delphacidae). Korean J. Appl. Entomol. 52, 133-140.
- Park, H.H., Ahn, J.J., Park, C.G., 2014. Temperature-dependent development and population dynamics of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Crambidae). J. Asia-Pac. Entomol. 17, 83-91.
- Rye, Y.S., Kim, D.Y., Yoon, S.J., Kwon, Y., 2013. Rice insect pests, in: Rye, Y.S., Kim, D.Y. (Eds.), Insects of Northeast China (focusing on Northeast insect pests). China Agricultural Press, Beijing, pp. 194-222.
- Uhm, K.B., 1991. Characteristics of phenology of and damage by the white backed planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath) and the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) in Korea. Doctoral Dissertation, Seoul National University, Korea.
- Yoon, S.T., Kim, J.H., 2006. Crop Cultivation and climate characteristics of different agricultural zone in North Korea. J. Korean Soc. Int. Agric. 18, 7-16.