



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

한라봉에 대한 차응애의 기주  
적합성 평가: 발육, 생명표 통계량  
및 선호성 검정

Evaluation of the suitability for 'Shiranuhi' as a host plant of *Tetranychus kanzawai*  
(Acarina: Tetranychidae): Development, Life table and Preference test

濟州大學校 大學院

農學科

玄熹政

2021年 2月

한라봉에 대한 차응애의 기주  
적합성 평가: 발육, 생명표 통계량  
및 선호성 검정




指導教授 金 桐 淳

玄 憲 政

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2020 年 12 月

玄憲政의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長           허해근             
          委          員           정용석             
          委          員           김종순           

濟州大學校 大學院

2020 年 12 月

# 목 차

List of Tables .....	iii
List of Figures .....	iv
ABSTRACT .....	v
I. 서론 .....	1
II. 연구사 .....	3
1. 차응애의 형태적 특성 .....	3
2. 차응애의 생존전략 .....	3
3. 차응애의 방제방법 연구 .....	4
III. 재료 및 방법 .....	5
1. 차응애 사육 및 기주식물 재배 .....	5
1-1 차응애 채집 및 사육 .....	5
1-2 기주식물 .....	5
2. 발육 및 산란실험 .....	6
2-1 발육실험 .....	6
2-2 산란실험 .....	7
2-3 기주 선호성 실험 .....	7
3. 분석방법 .....	8
3-1 발육기간, 산란수 및 성충 수명 .....	8
3-2 생명표 통계량 .....	8
3-3 기주 선호성 실험 .....	9

IV. 결과	
1. 발육기간 .....	12
2. 수명 및 산란수 .....	12
3. 생명표 통계량 .....	13
4. 기주 선호성 .....	13
V. 고찰 .....	24
VI. 적요 .....	32
VII. 인용문헌 .....	33

## List of Tables

Table 1. The results of two-way ANOVA for the duration of each developmental stage (d) of <i>T. kanzawai</i> in different temperature conditions and host plants .....	10
Table 2. The results of two-way ANOVA for the longevity (d), fecundity and daily fecundity of female adults of <i>T. kanzawai</i> in different temperature conditions and host plants .....	10
Table 3. The results of two-way ANOVA for the Life table parameters of <i>T. kanzawai</i> in different temperature conditions and host plants .....	11
Table 4. Life table parameters and their formula for calculation(Krebs, 1972) used in this study .....	11
Table 5. Immature development time (d, Mean $\pm$ SD) and survival rate of <i>T. kanzawai</i> according to host plants and temperatures. ....	15
Table 6. Longevity and fecundity of Female adults of <i>T. kanzawai</i> according to host plants and temperatures .....	16
Table 7. Life table parameters for <i>T. kanzawai</i> according to host plants and temperatures .....	17
Table 8. Comparison of the number of eggs and excretion blot produced by 10 female adults of <i>T. kanzawai</i> in 24h on each host arena in select test .....	18
Supp. Table S1. Immature development times, female longevity and fecundity of <i>T. kanzawai</i> in previous studies .....	30
Supp. Table S2. Life table parameters of <i>T. kanzawai</i> in previous studies .....	31

## List of Figures

Fig. 1. Survival rate curves of immature <i>T. kanzawai</i> on different hosts plants at constant temperatures. ....	19
Fig. 2. Age-specific survival rate and fecundity (No. eggs per female) of <i>T. kanzawai</i> female adults on different host plants at constant temperatures. ....	20
Fig. 3. The result of select test between 'Shiranuhi' young leaf and kidney bean leaf arena with 10 female adults of <i>T. kanzawai</i> . ....	21
Fig. 4. The result of select test between Japanese violet and kidney bean leaf arena with 10 female adults of <i>T. kanzawai</i> . ....	22
Fig. 5. The result of select test between 'Shiranuhi' young leaf and Japanese violet leaf arena with 10 female adults of <i>T. kanzawai</i> . ....	23

## ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the fitness of *Tetranychus kanzawai* Kishida on different host plants: young and old leaves of the mandarin orange 'Shiranuhi' (*Citrus unshiu* × *C. sinensis*) × *C. reticulata*), Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.) and kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The development and oviposition experiments were conducted at constant temperatures (20, 25 and 30°C) and a life table parameters were estimated. *T. kanzawai* could complete its development on 'Shiranuhi' young leaves, Japanese violet and kidney bean, while all died during the immature period on 'Shiranuhi' old leaves. The total developmental period of *T. kanzawai* feeding on 'Shiranuhi' young leaves was 17.4, 13.4 and 10.2 days at each temperature, respectively, which was longer than 16.1, 9.5 and 7.0 days of kidney bean. The female longevity of *T. kanzawai* on young leaves of 'Shiranuhi' were 19.1, 15.0 and 12.3 days at each temperature, respectively, and there was no significant difference from 22.1, 14.1 and 10.9 days investigated from kidney bean. The fecundity was 18.1, 23.9 and 17.8 eggs per female on young of 'Shiranuhi', which was less than them of Japanese violet and kidney bean at each temperature, respectively. As a result of estimating the life table parameters on such host plants based on the experimental data, intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) were significantly different from each other, and appeared in the following order: kidney (0.1542, 0.2563 and 0.3251), Japanese violet (0.1087, 0.2007 and 0.2673) and 'Shiranuhi' young leaves (0.0868, 0.1002 and 0.1217) at each temperature, respectively. As a result of the select test for each host plant, the average number of settled *T. kanzawai* followed; young leaves of 'Shiranuhi' : kidney(3.7 : 5.4), Japanese violet : kidney(1.3 : 6.8) and young leaves of 'Shiranuhi' : Japanese violet(6.5 : 2.2). The management strategy against *T. kanzawai* in citrus orchards was discussed based on these results.



# I. 서 론

차응애(*Tetranychus kanzawai* Kishida)는 응애목(Acarina) 잎응애과(Tetranychidae)에 속한다. 차나무를 비롯한 사과, 배, 딸기 등의 과수부터 장미, 수국 등의 원예작물까지 가해하는 잡식성 해충이다(Beyzavi et al., 2013). 이들은 일반적으로 잎과 줄기를 흡즙하여 잎을 고사시키거나 작물의 착과기에는 과실(감귤, 복분자 딸기)을 가해(Kang et al., 2017; Lim et al., 2011)하여 상품으로서의 가치를 떨어뜨린다. 따라서 차응애 피해가 큰 작물들을 대상으로 피해 양상, 해당 작물에서의 발육기간, 산란수 조사를 포함한 방제(시기) 결정에 관련된 실험들이 많이 이루어졌다.

Kondo and Takafuji(1985)는 강낭콩(*Phaseolus vulgaris*) 잎, Jo(2000)는 배나무 잎, Gotoh and Gomi(2003)은 차(*Camellia sinensis*), 수국(*Hydrangea macrophylla*), 일본배(*Pyrus pyrifolia*), 칩(*Pueraria lobata*), Hasanvand et al.(2019a, b)은 콩(*Glycine max*)과 사과(*Malus domestica*) 잎에서 차응애의 온도별 발육기간과 수명 및 산란수, 생명표 통계량에 대하여 보고하였다. Hasanvand et al.(2019a, b)은 콩(*G. max*)과 사과(*M. domestica*) 잎을 기주로 한 각각의 연구에서 선형모델 및 비선형 모델을 통해 차응애의 발육에 효과적인 온도를 제안하였다.

감귤의 경우 차응애의 가해 수준은 심각하지 않아(Kim et al., 2000), 이들에 관한 기초연구 자료가 부족한 실정이다. 제주도에서 온주밀감 다음으로 많이 재배하는 품종은 한라봉(222 ha)이다. 한라봉은 주로 가온재배나 비가림시설에서 재배한다(Lee et al., 2006). 제주도 감귤원에서 1998년부터 차응애가 발견된(Kim et al., 2000) 이후 시설하우스재배 감귤원에서 피해가 증가하고 있으나(Kang et al., 2017) 아직 감귤류에서 차응애에 대한 피해를 평가한 사례가 없는 실정이다.

감귤원에서 차응애의 생활사는 주변 잡초에서 월동한 후 감귤나무의 신초가 발생할 시기에 감귤나무로 이동을 하고 신초가 굳어지면 다시 주변 잡초로 이동하는 생활사를 가질 것이라고 예측하고 있다(Kang et al., 2017). 따라서 본 연구에서는 한라봉이 차응애의 기주가 될 수 있을지 평가하기 위하여 발육 및 산란 실험과 기주 선호성실험을 진행하였다. 발육과 산란실험에서는 실험 결과를 바탕으로 생명표를 작성하고 비교분석을 하였다. 실험에 사용된 식물은 한라봉, 감귤

원 지면에서 많이 발견되는 왜제비꽃(*Viola japonica* Langsd.)(RIJP, 2011), 차응애가 선호한다고 알려진 콩과식물의 강낭콩(Lee, 1999)이다. 또한, 기주와 차응애의 발육에 온도가 상호작용 효과를 미치는 영향을 조사하기 위하여 20℃, 25℃, 30℃에서 실험을 진행하였다. 기주 선호성을 비교하기 위해서는 이중엽원반 방법으로 한라봉 어린잎과 강낭콩 잎, 왜제비꽃 잎과 강낭콩 잎, 한라봉 어린잎과 제비꽃 잎을 짝지어 배치하여 선택실험을 수행하였다.

## II. 연 구 사

### 1. 차응애의 형태적 특성

차응애(*Tetranychus kanzawai*)는 응애목(Acarina) 잎응애과(Tetranychidae)에 속하며 알(egg), 유충(larva), 제1약충(protonymph), 제2약충(deutonymph), 성충(adult)의 발달 단계를 거친다. 각 단계 사이에는 휴지기가 있고 이 시기에는 움직임이 없으며 외피가 분리되기 시작한다. 잎응애과에 속하는 차응애와 점박이응애의 알은 구형이고 처음에는 투명하다가 시간이 지나면 약간 붉은 색을 띤다. 유충 단계에서는 3쌍의 다리가 있고 움직임이 적다. 알에서 부화한 직후에는 투명색이지만 먹이를 섭취한 후에는 소화기 내에 있는 내용물의 색에 따라 체색이 변한다. 제1약충은 4쌍의 다리가 있으며 움직임이 많아진다. 암컷보다 먼저 성충이 된 수컷은 제2약충 정지기에 있는 암컷 주변에서 암컷을 지키고 있다가 암컷이 탈피하면 바로 교미를 한다. 차응애와 점박이응애의 유충과 약충의 모습은 유사하며 육안으로 구별하기가 어렵다. 차응애의 기문 말단부는 갈고리 모양으로 점박이응애와 유사하나, 체색이 적색이고 수컷 삽입기의 머리 부분은 점박이응애보다 크고 등글며 선이 매끄러운 것을 특징으로 동정할 수 있다(Ehara, 1956).

### 2. 차응애의 생존전략

차응애 주요한 생존전략은 분산속도이다. 점박이응애는 분산속도가 느려 무리지어 생활하고 차응애는 발생원으로부터의 분산속도가 비교적 빨라 흩어져 생활한다. 이 특성은 차응애의 생존에 아주 유리하다. 떨어져 생활하기 때문에 다양한 포식자들이 있어도 생존할 수 있지만, 점박이응애는 뭉쳐있는 기간이 길어 다양한 포식자들이 있는 환경에서는 생존할 수 없다(Oku, 2002a). 차응애 성충들과 같이 자라는 차응애 미성숙 개체들은 미성숙 개체들만 자라는 개체군들에 비하여 분산속도가 빠르다(Oku, 2002b). 성충들과 같이 생육을 하는 개체들은 자라면서 신선한 먹이를 공급받지 못하기 때문에 다른 먹이를 찾기 위해 미성숙 개체들로부터 이루어진 개체군에서보다 빠르게 분산하게 된다(Oku, 2002b). 먹이인 잎이 시들어 떨어지면 차응애의 수가 급격히 줄어들게 된다(Gotoh and Gomi,

2000). Gotoh and Gomi(2000)은 수국에서 차응애의 수가 5~6월에 정점이고 이후에는 감소하며 9~10월에 다시 정점이 되고 감소하는 이유가 수국의 계절적 변화에 영향을 받기 때문이며 기주식물에 따라 개체군의 정점 시기가 달라진다고 보고하였다.

### 3. 차응애의 방제방법 연구

차응애 방제방법에는 식물추출물 방제법, 천적을 이용한 방제법, 화학적 방제법 등이 있다. 기존에 연구된 식물추출물을 이용한 방제법에서 추출물들을 단독 처리하거나 혼합하여 처리한다. Kim et al.(2015)는 멸구슬(*Melia azedarach*) 열매, 후추(*Piper nigrum*) 열매, 정향 (*Syringa velutina*) 열매 추출물을 Kang et al.(2018)은 주엽나무(*Gled itsia japonica* var. *koraiensis*) 열매, 차나무(*Camellia sinensis*) 열매, 계피(*Cinnamomum cassia*)와 란타나(*Lantana camara*)의 추출물을 이용하여 실험하였다. 실험결과 효과적인 배합비율은 멸구슬2+후추2+정향1과 멸구슬1+후추2+정향2(Kim et al., 2015), 주엽4+차나무2+계피3+란타나1과 주엽5+차나무2+계피2+란타나1(Kang et al., 2018)라고 언급하였다.

국내에서 차응애의 천적은 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi* Schicha), 긴꼬리이리응애(*A. ehaarai* Amitei et Swirski), 왕계응애(*Anystis baccarum* Linne), 애꽃노린재(*Orins sauteri* Poppius), 깨알반날개(*Oligota yasumatsui* Kistner) 등이 알려져 있으며 배 과원과 다원에서의 우점종은 긴털이리응애이다(Lee et al., 1995; Jo, 2000). Ryu et al.(1997)은 긴털이리응애와 긴털이리응애가 한국의 환경과 모든 식물형에 강한 적응력을 보였다고 보고하였다.

차응애의 화학적 방제에 이용되는 약제와 실험한 적정농도는 Cyenopyrafen 25% 83.3 ppm(Paik and Kim, 2010), Spirodiclofen 36% 90 ppm(Seo et al., 2004), Fluacrypyrim+tetradifon 36% 90 ppm(Seo et al., 2004), Emamectin benzoate 2.15% 5.38 ppm(Kuk et al., 2016)로 알려져 있다. Fenpyroximate(Kim and Paik, 1996), Tebufenpyrad (Kim et al., 1997), Pyflubumide(Kim et al., 2020)는 긴털이리응애에도 약간의 영향이 있었지만, 그 수준은 미비하고 차응애에 훨씬 더 큰 영향을 미쳤다.

### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 차응애 사육 및 기주식물 재배

##### 1-1 차응애 채집 및 사육

발육실험에 이용한 차응애(*T. kanzawai*)는 2018년 10월에 제주대학교 내 수국(*H. macrophylla*)에서 채집하였다. 채집한 차응애는 Ehara(1956)의 광학현미경을 이용한 동정특성에 따라 기문과 수컷의 생식기 모양으로 동정하였다. 추가로 배부분의 3, 4번 자모 사이의 주름 모양을 확인하였다. 채집한 차응애는 실험실 내 사육 상자의 강낭콩(*P. vulgaris*) 포트에 집중하고 일주일에 한 번씩 1개의 강낭콩 포트를 새로운 강낭콩 포트에 교체하면서 총 3개의 강낭콩 포트에 밀도를 유지하면서 사육하였다. 강낭콩은 이색포트(지름 10cm)에 상토(농우바이오, 상토2호)를 2/3 정도 채우고 강낭콩(소화농장, 유월양대, 2018) 2알을 파종하여 물을 줄 때는 포트 가득 물을 넣었고 그 후에는 물이 1/3 정도 채워진 쟁반 위에 놓고 12L:12D 조건으로 재배하였다. 강낭콩에서 8세대 이상 지난 차응애를 실험에 이용하였다. 산란실험에 이용한 차응애는 2019년 11월에 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소 내 차나무(*C. sinensis*)에서 채집하였다. 채집한 차응애를 강낭콩에서 3세대 이상 경과시킨 후 실험하였다. 발육실험과 산란실험에 이용한 차응애는 향온기(25℃, 16L:8D)에서 사육하였다.

##### 1-2 기주식물

발육실험에 이용한 왜제비꽃(*V. japonica*)은 2019년 3월에 제주특별자치도 서귀포시 남원읍의 감귤 노지재배 농가에서 채취하였다. 한라봉(*Citrus unshiu* × *C. sinensis*) × *C. reticulata*)의 어린잎과 성엽은 2019년 5월에 제주특별자치도 서귀포시 남원읍의 한라봉 시설 하우스재배 농가에서 일주일에 한 번씩 3회에 걸쳐 채취하였다. 어린잎은 새로 자란 신초에서 너비가 2~4cm 정도인 잎을 채취하였고, 성엽은 1년 이상의 나뭇가지에서 상단부 잎을 채취하여 사용하였다. 왜제비꽃 잎과 한라봉 어린잎 및 성엽은 채취 즉시 실험에 이용하였고 남은 잎들은 키친타

올로 감싸 3℃ 냉장고에 보관한 후 사용하였다.

산란실험에 이용한 왜제비꽃은 2019년 12월에 제주대학교 내에서 뿌리째로 채취하여 상토를 넣은 이색포트(지름 10cm)에 이식하고 12L:12D 조건으로 기르면서 사용하였다. 한라봉 2년생 묘목은 2019년 11월에 제주시산림조합 묘목 시장에서 구매 후 26±4℃, RH 40~75%, 14L:10D 조건에서 포트 재배하였다. 한라봉 어린잎은 새순이 돋아난 후 17일 이상 된 신초에서 잎의 너비가 2~4cm인 잎들을 채취하여 사용하였다. 산란실험의 경우 개체군들이 각 기주에서 약 15~20일 정도 발육을 한 후 접종하기 때문에 잎들의 신선도를 고려하여 직접 재배하여 발육실험에 사용한 잎들과 비슷한 상태에서 실험하였다.

발육실험과 산란실험에 대조군으로 이용한 강낭콩은 차응애 사육에 이용된 강낭콩과 같은 방법으로 실험실 내에서 재배하였다.

## 2. 발육 및 산란실험

### 2-1 발육실험

본 실험은 한라봉 어린잎과 성엽, 왜제비꽃 잎을 실험 기주로 하여 20℃, 25℃, 30℃에서 수행하였다. 각 기주마다 강낭콩을 대조군으로 하여 같은 조건에서 실험하고 결과를 기록하였다. 플라스틱 재질의 곤충사육용기(지름 10cm, 높이 4cm, SPL Life Sciences Co., Ltd., South Korea)의 크기에 맞는 직사각형 모양의 스펀지(높이 2cm)를 넣고 물을 충분히 머금도록 한 뒤 그 위에 탈지면을 올렸다. 탈지면 위에는 각 실험 기주의 잎 절편(지름 10mm)을 배치하였다. 온도별로 각 기주마다 3개의 곤충사육용기를 사용했고 각 용기에는 9개의 잎 절편들을 배치하여 총 27개 절편으로 실험하였다. 잎 절편마다 암컷 성충을 붓(화홍 320-0호, 1가닥만 남기고 나머지 모는 제거함)으로 1마리씩 접종하였다. 암컷 성충이 산란하면 잎 절편에 알 1개만 남도록 암컷 성충과 나머지 알은 제거하였다. 실험을 진행하면서 잎 절편의 상태에 따라 새로운 잎 절편으로 교체하였다. 각 발육실험은 각각의 실험온도에 맞추어 설정된 항온기(16L:8D)에서 수행되었으며, 실험에 이용된 곤충사육용기 안의 물은 용기의 1/3로 채워 습도를 유지하였다. 항온기 온도는 온습도기록계(HOBO Pro v2 Loggers, Onset, USA)를 이용하여 일정하게 유지되는

지 확인하였다.

발육상태는 알, 유충, 제1약충, 제2약충, 성충으로 구분하여 12시간마다 기록하였다. 유충은 다리가 3쌍, 약충은 다리가 4쌍인 특징과 단계마다 생기는 탈피각으로 발육단계를 구분하였다. 실험 중에 차응애가 잎 절편을 이탈하여 물에 빠져 사망하는 경우 발육기간 및 생존율 분석에서 제외하였고, 생존율은 잎 위에서 사망한 개체를 기준으로 계산하였다.

본 실험 시 한라봉 어린잎과 왜제비꽃 잎을 구한 시기가 다르므로 별도로 수행하였으나 각기 대조군으로 사용한 강낭콩 잎에서의 발육기간에 통계적 차이가 없었으므로(전체 발육기간 기준, 20℃ :  $df = 42$ ;  $t = 1.73$ ;  $P = 0.0903$ , 25℃ :  $df = 45$ ;  $t = -0.15$ ;  $P = 0.8807$ , 30℃ :  $df = 40$ ;  $t = 1.32$ ;  $P = 0.1938$ ) 같은 온도끼리는 자료를 종합하여 통계 처리하였다.

## 2-2 산란실험

본 실험은 한라봉 어린잎, 왜제비꽃 잎을 실험기주로 20℃, 25℃, 30℃에서 강낭콩을 대조군으로 하여 실험하였다. 차응애가 물에 빠져 죽는 경우를 줄이기 위해 발육실험 때보다 큰 지름 14mm인 잎 절편을 사용하였다. 온도별 각 기주마다 3개의 곤충사육용기를 사용했고 각 용기에는 잎 절편을 9개, 9개, 6개로 배치하여 24반복으로 설계하고 그 외의 실험조건은 발육실험과 같게 진행하였다. 붓을 사용하여 잎 절편에 수컷 성충 1마리와 제2약충 정지기에서 탈피한 후 1~2일 정도 지난 암컷 성충 1마리를 접종하고 24시간 간격으로 새로 산란한 알을 제거하면서 알의 수를 기록하였다. 잎 절편은 8일 간격으로 새것으로 교체하였다. 실험군과 대조군은 모두 16L:8D로 유지되는 항온기 내에서 각 20℃, 25℃, 30℃로 처리하였다. 온도는 발육실험과 같은 방법으로 측정하였다. 수컷이 물에 빠져 사망하는 경우 새로운 수컷을 접종하였고, 암컷이 이탈하여 사망하는 경우는 분석에서 제외하였다.

## 2-3 기주 선호성 실험

본 실험은 25℃에서 한라봉 어린잎, 왜제비꽃 잎, 강낭콩 잎 중 차응애가 선호하는 기주를 확인하기 위하여 수행하였다. 각각의 잎들을 지름 14mm인 잎 원형

절편으로 만든 후 2분의 1씩 자른 후 서로 다른 절편을 합쳐 하나의 원형으로 만들었다. 각각 18개의 한라봉 어린잎 : 강낭콩 잎, 왜제비꽃 잎 : 강낭콩 잎, 한라봉 어린잎 : 왜제비꽃 잎 절편들을 물에 젖은 탈지면을 깔아놓은 용기에 일정한 간격으로 배치하고 차응애 암컷 성충을 각 잎 절편에 10마리씩 접종하여 실험을 진행하였다. 실험 중 잎 절편을 이탈하여 사망하는 경우는 정착 개체수에서 제외하였다.

예비실험의 결과(결과 미제시) 대부분 5시간 후부터 한 기주로 물리는 경향을 보였기 때문에 접종 후 5, 7, 9, 11, 24시간마다 관찰하여 각 기주에 있는 차응애의 수를 기록하였다. 접종 후 24시간이 지났을 때 각 잎 절편에서 관찰한 차응애의 산란수 및 배설물 수를 기록하였다. 산란수는 알의 개수를, 배설물의 수는 알 크기의 1/4 정도의 크기로 비교하여 기록하였다.

### 3. 분석방법

#### 3-1 발육기간, 산란수 및 성충 수명

온도와 기주별 발육기간, 산란수 및 성충 수명의 분석은 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 평균 간 비교는 Tukey 검정을 시행하였다. 통계분석을 위한 원자료의 정규성을 검정하였으며 모두 정규분포의 가정에 적합하였다.

온도와 기주식물을 요인으로 한 이원분류 분산분석(two way ANOVA) 결과 분석항목(발육기간, 성충수명 등)에서 대부분 상호작용효과가 강하였기 때문에(Table 1, 2, 3) 처리온도별, 기주별로 자료를 분리하여 통계분석을 수행하였다.

분산분석 시 반복수가 균등하지 않았으므로 SAS 일반화모형(GLM, generalized linear model)을 적용하였다(SAS Institute, 2013).

#### 3-2 생명표 통계량

발육실험과 산란실험으로 얻은 약충기간, 약충생존율(알 포함), 암컷 일별산란수 및 생존율을 적용하여 차응애의 생명표 통계량을 추정하였다. 생명표 통계량 추정에 있어서 성비가 큰 영향을 미치고, 발육실험에서 얻은 성비는 안정된 연령



집단을 바탕으로 얻은 값이 아니었으므로 별도의 조사를 통하여 얻은 성비를 적용하였다. 발육과 산란실험에서와 같은 방법으로 각 잎에서 누대 사육하여 안정화된 집단에서 성충 15마리를 임의로 선발하여 2일간 받은 알을 사육(25℃)하여 각 기주마다의 성비를 얻었다. 성비를 전체에 대한 암컷의 비율로 나타냈을 때 왜제비꽃 = 0.78, 한라봉(어린잎) = 0.75, 강낭콩 = 0.73이었다. 온도에 따라 성비가 변동되지 않는다고 가정(Roy, 2003)하고 생명표 통계량 계산시 모든 온조조건에 동일하게 이 값을 적용하였다.

Birch(1948)가 제안한 방법을 기반으로 세대증가율( $R_0$ : Net reproductive rate), 평균세대기간( $T$ : Generation time), 내적자연증가율( $r_m$ : Intrinsic rate of increase), 기간증가율( $\lambda$ : Finite rate of increase), 개체군 배가기간( $DT$ : Doubling time)을 구하여 생명표를 작성하였으며, 계산은 Krebs(1972)의 방법을 적용하였다. 각 추정값의 통계적 차이 분석은 Meyer et al.(1986)가 고안한 Jackknife법을 이용하여 Maia et al.(2000)가 제안한 방법에 따라 수행하였다(Table 4).

### 3-3 기주 선호성실험

통계분석 시에는 선호성 실험쌍인 두 기주 간 차용애의 정착수에 차이가 있는지 확인하기 위하여 야트보정을 적용한 적합도 검정을 이용하여 산출된  $\chi^2$ -값을 비교하여 분석하였다(PASW Statistics 18, Microsoft Office Excel 2007).

기주 선호성실험시 얻어진 알과 배설물의 수는 t-test로 분석하였다.

**Table 1.** The results of two-way ANOVA for the duration of each developmental stage (d) of *T. kanzawai* in different temperature conditions and host plants

Stage	Source	df	F	P
Eggs	Temperature(Te)	2	2383.56	<0.0001
	Host(H)	2	47.55	<0.0001
	Te×H	3	5.74	0.0009
	Error	201		
Larvae	Temperature(Te)	2	162.64	<0.0001
	Host(H)	2	83.30	<0.0001
	Te×H	3	9.36	<0.0001
	Error	201		
Protonymphs	Temperature(Te)	2	50.71	<0.0001
	Host(H)	2	88.93	<0.0001
	Te×H	3	10.53	<0.0001
	Error	201		
Deutonymphs	Temperature(Te)	2	124.02	<0.0001
	Host(H)	2	18.79	<0.0001
	Te×H	3	3.29	0.0217
	Error	201		
Total	Temperature(Te)	2	1203.80	<0.0001
	Host(H)	2	179.52	<0.0001
	Te×H	3	23.25	<0.0001
	Error	201		

**Table 2.** The results of two-way ANOVA for the longevity (d), fecundity and daily fecundity of female adults of *T. kanzawai* in different temperature conditions and host plants

Stage	Source	df	F	P
Longevity	Temperature(Te)	2	53.10	<0.0001
	Host(H)	2	29.25	<0.0001
	Te×H	4	4.81	0.0012
	Error	122		
Fecundity	Temperature(Te)	2	0.20	0.8159
	Host(H)	2	150.29	<0.0001
	Te×H	4	1.04	0.3906
	Error	122		
Daily Fecundity	Temperature(Te)	2	35.14	<0.0001
	Host(H)	2	211.13	<0.0001
	Te×H	4	7.08	<0.0001
	Error	122		

**Table 3.** The results of two-way ANOVA for the Life table parameters of *T. kanzawai* in different temperature conditions and host plants

Stage	Source	df	F	P
GRR	Temperature(Te)	2	0.31	0.7324
	Host(H)	2	85.27	<0.0001
	Te×H	4	1.28	0.2833
	Error	122		
R <sub>0</sub>	Temperature(Te)	2	1.07	0.3477
	Host(H)	2	165.48	<0.0001
	Te×H	4	4.65	0.0016
	Error	122		
T	Temperature(Te)	2	354.11	<0.0001
	Host(H)	2	50.60	<0.0001
	Te×H	4	9.91	<0.0001
	Error	122		
r <sub>m</sub>	Temperature(Te)	2	235.60	<0.0001
	Host(H)	2	434.95	<0.0001
	Te×H	4	31.35	<0.0001
	Error	122		
λ	Temperature(Te)	2	1421.06	<0.0001
	Host(H)	2	1392.44	<0.0001
	Te×H	4	3004.76	<0.0001
	Error	122		
DT	Temperature(Te)	2	87.50	<0.0001
	Host(H)	2	204.29	<0.0001
	Te×H	4	3.86	0.0055
	Error	122		

**Table 4.** Life table parameters and their formula for calculation(Krebs, 1972) used in this study

Symbol	Parameter meaning	Formula
$x$	Age interval in days	-
$l_x$	Proportion of females surviving to start of age interval	-
$m_x$	Number of female eggs laid by the average female at age x	-
$R_0$	Net reproductive rate	$\sum l_x m_x$
$r_m$	Intrinsic rate of increase( $r$ )	$(\log_e R_0) / T$
$\lambda$	Finite rate of increase	$e^r$
$T$	Mean generation time	$\sum x l_x m_x / R_0$
$DT$	Doubling time	$(\log_e 2) / r$

## IV. 결 과

### 1. 발육기간

기주식물과 온도에 따른 차응애의 발육기간과 생존율은 Table 5와 같았다. 20℃에서 왜제비꽃 잎을 섭식한 경우( $df = 3, 104; F = 13.58; P < 0.0001$ )와 25℃에서 한라봉 성엽을 섭식한( $df = 3, 97; F = 20.29; P < 0.0001$ ) 차응애의 알 발육기간은 같은 온도처리 내의 다른 기주들에 비해 길었다. 20℃에서 한라봉 어린잎을 섭식한 차응애는 강낭콩과 비교하면 총 발육기간이 길었다( $df = 2, 80; F = 35.85; P < 0.0001$ ). 25℃와 30℃의 온도에서는 왜제비꽃 잎을 섭식한 차응애의 총 발육 기간이 한라봉 어린잎을 섭식했을 때보다 짧았다(25℃:  $df = 2, 73; F = 161.33; P < 0.0001$ ; 30℃:  $df = 2, 72; F = 93.38; P < 0.0001$ ).

성충 전까지 발육단계별 누적 생존율은 Fig. 1과 같이 발육단계별로 변동하였으나 한라봉 성엽에서는 생존할 수 없었다(Table 5).

### 2. 수명 및 산란수

기주식물과 온도에 따른 차응애의 수명 및 산란수는 Table 6과 같았다. 전체적으로 차응애 암컷 성충의 수명은 왜제비꽃 잎에서 길어지는 경향이었으며 한라봉 어린잎과 강낭콩 잎에서는 차이가 없었다(20℃:  $df = 2, 24; F = 10.17; P = 0.0006$ ; 25℃:  $df = 2, 54; F = 7.27; P = 0.0016$ ; 30℃:  $df = 2, 44; F = 8.92; P = 0.0006$ ). 총 산란수는 모든 기주와 비교하여 한라봉 어린잎의 경우 모든 온도에서 유의하게 적었다. 왜제비꽃 잎과 강낭콩 잎에서의 산란수를 비교하면 강낭콩 잎에서의 산란수가 많았지만 20℃를 제외한 나머지 온도에서는 통계적으로 유의하게 다르지 않았다(20℃:  $df = 2, 24; F = 43.75; P < 0.0001$ ; 25℃:  $df = 2, 54; F = 65.2; P < 0.0001$ ; 30℃:  $df = 2, 44; F = 47.7; P < 0.0001$ ). 모든 온도에서 기주식물에 따른 일일산란수는 강낭콩 잎, 왜제비꽃 잎, 한라봉 어린잎 순서로 감소하는 경향이 나타났다(20℃:  $df = 2, 24; F = 86.81; P < 0.0001$ ; 25℃:  $df = 2, 54; F = 86.48; P < 0.0001$ ; 30℃:  $df = 2, 44; F = 101.62; P < 0.0001$ ). 암컷 성충의 일별 생존율과 산란수는 Fig. 2와 같이 기주식물과 온도에 따라 다양한 양상을 보였다.

### 3. 생명표 통계량

기주식물과 온도에 따른 차응애의 생명표 통계량은 Table 7과 같았다. 차응애의  $GRR$ (Gross Reproductive Rate)은 모든 온도에서 한라봉 어린잎을 섭식했을 때 가장 낮았다.  $20^{\circ}\text{C}$ 를 제외한 온도에서  $GRR$ 은 왜제비꽃 잎과 강낭콩 잎이 한라봉 어린잎에서보다 높은 경향이었으나 통계적 차이는 나타나지 않았다( $20^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 24$ ;  $F = 73.08$ ;  $P < 0.0001$ ;  $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 38.12$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 21.6$ ;  $P < 0.0001$ ).  $R_0$ 에서도  $GRR$ 에서와 같은 경향이 나타났다( $20^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 24$ ;  $F = 43.86$ ;  $P < 0.0001$ ;  $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 85.74$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 55.47$ ;  $P < 0.0001$ ). 평균세대기간  $T$ 는  $25^{\circ}\text{C}$ 와  $30^{\circ}\text{C}$ 의 경우 강낭콩 잎에서 가장 짧았으며 한라봉 어린잎과 왜제비꽃 잎에서는 차이가 없었다( $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 29.76$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 30.15$ ;  $P < 0.0001$ ). 그러나  $20^{\circ}\text{C}$ 의 경우 왜제비꽃 잎에서의  $T$ 가 한라봉 어린잎과 강낭콩 잎보다 긴 것으로 나타났다( $df = 2, 24$ ;  $F = 12.24$ ;  $P = 0.0002$ ). 내적자연증가율  $r_m$ 은 전체적으로 강낭콩 잎, 왜제비꽃 잎, 한라봉 어린잎 순서대로 높게 나타났고( $20^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 24$ ;  $F = 64.27$ ;  $P < 0.0001$ ;  $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 200.42$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 283.2$ ;  $P < 0.0001$ ), 기간증가율  $\lambda$ 에서도 비슷한 경향이 나타났다( $20^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 24$ ;  $F = 66.41$ ;  $P < 0.0001$ ;  $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 193.92$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 252.77$ ;  $P < 0.0001$ ). 개체군 배가기간  $DT$ 는 모든 온도에서 한라봉 어린잎에서 가장 길었고 그다음은 왜제비꽃 잎, 강낭콩 잎 순이었다( $20^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 24$ ;  $F = 28.8$ ;  $P < 0.0001$ ;  $25^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 54$ ;  $F = 97.86$ ;  $P < 0.0001$ ;  $30^{\circ}\text{C}$ :  $df = 2, 44$ ;  $F = 190.6$ ;  $P < 0.0001$ ).

### 4. 기주 선호성

차응애의 평균 정착수는 한라봉 어린잎 : 강낭콩 (3.7 : 5.4), 제비꽃 : 강낭콩 (1.3 : 6.8), 한라봉 어린잎 : 제비꽃(6.5 : 2.2)으로 통계분석 결과 두 기주 사이에 명백한 선호성의 차이가 나타났다(한라봉 어린잎:강낭콩:  $df = 1$ ;  $x^2 = 5.52$ ;  $P = 0.015$ ; 제비꽃:강낭콩:  $df = 1$ ;  $x^2 = 66.23$ ;  $P < 0.0001$ ; 한라봉 어린잎:제비꽃:  $df = 1$ ;  $x^2 = 36.79$ ;  $P < 0.0001$ ).

기주 선호성실험 시 알과 배설물의 수는 Table 8과 같았다. 한라봉 어린잎 : 강낭콩 잎에서 알 수는 11.2 : 16.2, 배설물의 수는 9.7 : 8.8로 통계적 유의성이 나타나지 않았다(eggs:  $df = 24$ ;  $t = -1.67$ ;  $P = 0.1087$ ; excretion:  $df = 24$ ;  $t = 0.37$ ;  $P = 0.7158$ ). 왜제비꽃 잎 : 강낭콩 잎에서 알 수는 1.8 : 22.9, 배설물 수는 1.7 : 6.8이고, 한라봉 어린잎 : 왜제비꽃 잎에서 알 수는 11.9 : 1.8, 배설물 수는 9.2 : 1.8로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(왜제비꽃 잎-강낭콩 잎: eggs:  $df = 24$ ;  $t = -5.19$ ;  $P < 0.000$ ; excretion:  $df = 24$ ,  $t = -4.21$ ,  $P = 0.0007$ ; 한라봉 어린잎 - 강낭콩: eggs:  $df = 24$ ;  $t = 5.91$ ;  $P < 0.0001$ ; excretion:  $df = 24$ ;  $t = 6.25$ ;  $P < 0.0001$ ).

**Table 5.** Immature development time (d, Mean  $\pm$  SD) and survival rate of *T. kanzawai* according to host plants and temperatures

Temperature (°C)	Host plant <sup>1</sup> (Leaf)	n	Development time (d, Mean $\pm$ SD)				Total duration (Egg to adult)	Immature Survival rate (%)
			Egg	Larva	Protonymph	Deutonymph		
20	Japanese violet	18	7.9 $\pm$ 0.50a <sup>2</sup>	4.1 $\pm$ 0.67b	3.2 $\pm$ 0.69a	3.7 $\pm$ 0.67a	18.8 $\pm$ 1.41a	69.2
	‘Shiranuhi’ young	21	7.0 $\pm$ 0.25b	3.5 $\pm$ 0.79c	3.1 $\pm$ 0.89a	3.7 $\pm$ 1.18a	17.4 $\pm$ 1.76b	80.8
	‘Shiranuhi’ old		7.1 $\pm$ 0.73b (n=25)	6.0 $\pm$ 0.87a (n=3)	3.5 (n=1)	- <sup>3</sup>		0.0
	Kidney bean	44	7.1 $\pm$ 0.40b	3.1 $\pm$ 0.35d	2.5 $\pm$ 0.34b	3.4 $\pm$ 0.36a	16.1 $\pm$ 0.66c	88.0
25	Japanese violet	20	4.5 $\pm$ 0.30b	2.5 $\pm$ 0.46a	2.2 $\pm$ 0.24b	2.2 $\pm$ 0.37b	11.3 $\pm$ 0.52b	80.0
	‘Shiranuhi’ young	9	4.1 $\pm$ 0.33b	2.9 $\pm$ 0.53a	3.3 $\pm$ 0.50a	3.1 $\pm$ 1.36a	13.4 $\pm$ 1.45a	45.0
	‘Shiranuhi’ old		4.8 $\pm$ 0.50a (n=25)	2.8 $\pm$ 0.76a (n=7)	2.2 $\pm$ 0.67b (n=5)			0.0
	Kidney bean	47	4.1 $\pm$ 0.27c	1.9 $\pm$ 0.34b	1.6 $\pm$ 0.44c	1.9 $\pm$ 0.28b	9.5 $\pm$ 0.45c	88.7
30	Japanese violet	24	3.2 $\pm$ 0.24a	2.0 $\pm$ 0.53b	1.6 $\pm$ 0.48b	1.9 $\pm$ 0.47a	8.7 $\pm$ 0.94b	88.9
	‘Shiranuhi’ young	9	3.1 $\pm$ 0.17ab	2.6 $\pm$ 0.39a	2.5 $\pm$ 0.83a	2.1 $\pm$ 0.42a	10.2 $\pm$ 1.00a	56.3
	‘Shiranuhi’ old		3.1 $\pm$ 0.33ab (n=27)	1.9 $\pm$ 0.42b (n=9)	2.9 $\pm$ 0.63a (n=4)			0.0
	Kidney bean	42	3.0 $\pm$ 0.19b	1.3 $\pm$ 0.24c	1.2 $\pm$ 0.27c	1.5 $\pm$ 0.35b	7.0 $\pm$ 0.44c	87.5

<sup>1</sup> Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.) and ‘Shiranuhi’ (*[Citrus unshiu*  $\times$  *C. sinensis]*  $\times$  *C. reticulata*); young = young leaf and old = old leaf for ‘Shiranuhi’.

<sup>2</sup> Means with the same letters in a column at each temperature are not significantly different by Tukey test at  $P = 0.05$ .

<sup>3</sup> No available data.

**Table 6.** Longevity and fecundity of Female adults of *T. kanzawai* according to host plants and temperatures

Temperature (°C)	Host plant <sup>1</sup> (Leaf)	n	Female longevity (Days±SD)	Fecundity (Total eggs±SD)	Daily Fecundity (eggs/day±SD)
20	Japanese violet	6	35.7 ± 10.23a <sup>2</sup>	93.3 ± 22.05b	2.7 ± 0.77b
	‘Shiranuhi’ young	9	19.1 ± 6.35b	18.1 ± 8.87c	1.0 ± 0.53c
	Kidney bean	12	22.1 ± 6.20b	127.4 ± 35.68a	5.9 ± 1.05a
25	Japanese violet	16	19.3 ± 6.84a	105.8 ± 25.84a	5.9 ± 1.80b
	‘Shiranuhi’ young	14	15.0 ± 2.80b	23.9 ± 13.52b	1.5 ± 0.75c
	Kidney bean	27	14.1 ± 3.17b	121.0 ± 31.10a	8.7 ± 1.90a
30	Japanese violet	10	15.9 ± 4.93a	115.0 ± 29.17a	7.4 ± 1.30b
	‘Shiranuhi’ young	8	12.3 ± 2.76ab	17.8 ± 8.81b	1.5 ± 0.65c
	Kidney bean	29	10.9 ± 2.63b	117.1 ± 27.85a	11.0 ± 1.98a

<sup>1</sup> Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.) and ‘Shiranuhi’ (*[Citrus unshiu × C. sinensis] × C. reticulata*) young leaf.

<sup>2</sup> Means with the same letters in a column at each temperature are not significantly different by Tukey test at  $P = 0.05$ .



**Table 7.** Life table parameters for *T. kanzawai* according to host plants and temperatures

Temperature (°C)	Host plant <sup>1</sup> (Leaf)	Estimated parameters <sup>2</sup>					
		<i>GRR</i>	<i>R</i> <sub>0</sub>	<i>T</i>	<i>r</i> <sub><i>m</i></sub>	$\lambda$	<i>DT</i>
20	Japanese violet	90.4 ± 14.74b <sup>3</sup>	50.2 ± 11.87b	36.0 ± 5.52a	0.109 ± 0.0140b	1.115 ± 0.0157b	6.4 ± 0.80b
	‘Shiranuhi’ young	17.5 ± 7.84c	11.0 ± 5.39c	27.8 ± 2.67b	0.087 ± 0.0177c	1.091 ± 0.0192c	7.9 ± 1.65a
	Kidney bean	125.7 ± 27.64a	75.3 ± 21.10a	28.0 ± 2.82b	0.154 ± 0.0100a	1.167 ± 0.0116a	4.5 ± 0.29c
25	Japanese violet	122.7 ± 50.77a	66.0 ± 16.12a	20.9 ± 2.90a	0.201 ± 0.0294b	1.222 ± 0.0360b	3.4 ± 0.49b
	‘Shiranuhi’ young	19.2 ± 10.04b	8.1 ± 4.56b	20.9 ± 10.2a	0.100 ± 0.0253c	1.105 ± 0.0279c	6.9 ± 1.78a
	Kidney bean	112.1 ± 34.57a	76.8 ± 19.75a	16.9 ± 1.55b	0.256 ± 0.0188a	1.292 ± 0.0244a	2.7 ± 0.20c
30	Japanese violet	111.2 ± 40.04a	79.8 ± 20.25a	16.4 ± 1.86a	0.267 ± 0.0193b	1.306 ± 0.0253b	2.6 ± 0.18b
	‘Shiranuhi’ young	15.4 ± 9.83b	7.5 ± 3.70b	16.7 ± 1.98a	0.122 ± 0.0229c	1.129 ± 0.0259c	5.7 ± 1.09a
	Kidney bean	120.2 ± 44.93a	66.7 ± 15.86a	12.9 ± 1.28b	0.325 ± 0.0218a	1.385 ± 0.0302a	2.1 ± 0.14c

<sup>1</sup> Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.) and ‘Shiranuhi’ (*[Citrus unshiu* × *C. sinensis]* × *C. reticulata*) young leaf.

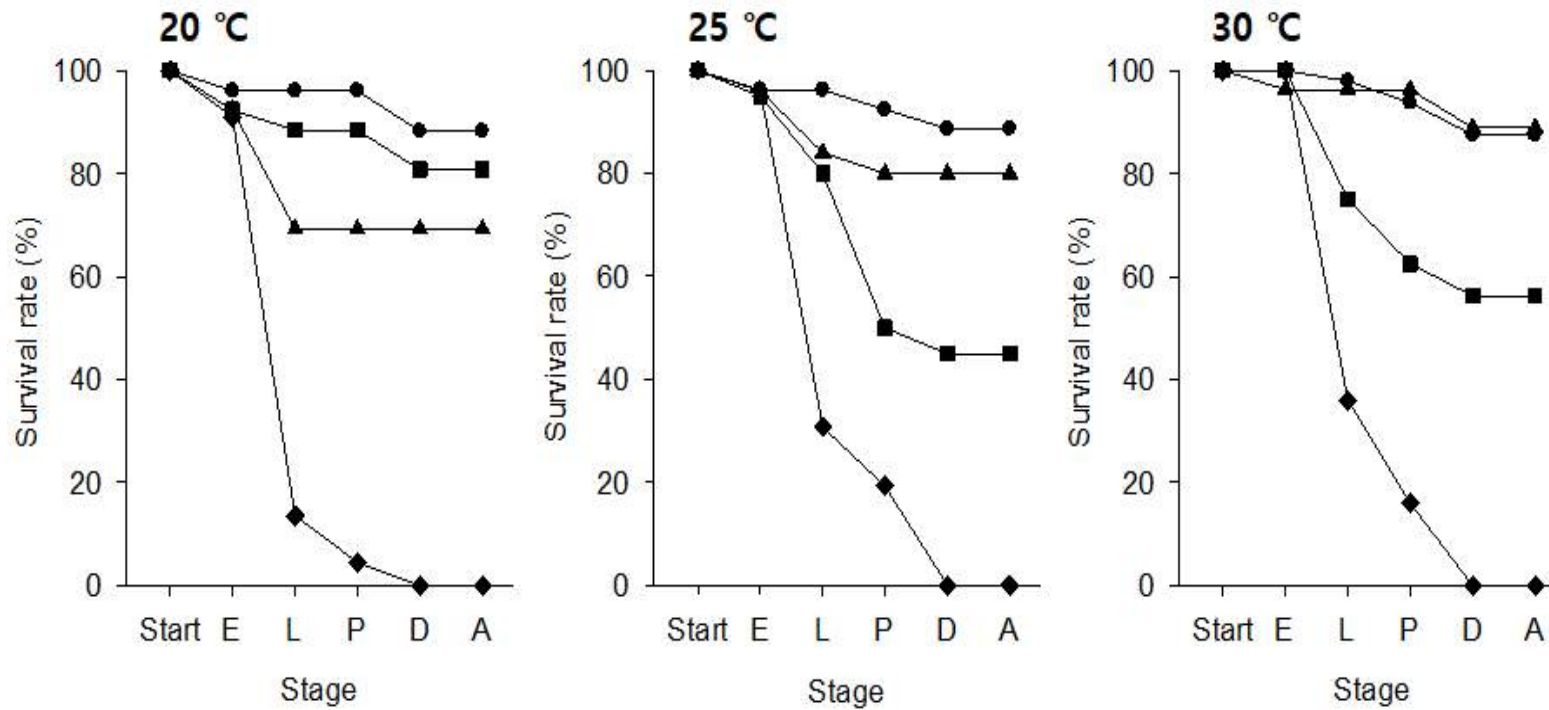
<sup>2</sup> Abbreviation: *GRR* (gross reproductive rate), *R*<sub>0</sub> (net reproductive rate), *T* (mean generation time), *r*<sub>*m*</sub> (intrinsic rate of increase),  $\lambda$  (finite rate of increase), and *DT* (population doubling time).

<sup>3</sup> Means with the same letters in a column at each temperature are not significantly different by Tukey test at *P* = 0.05.

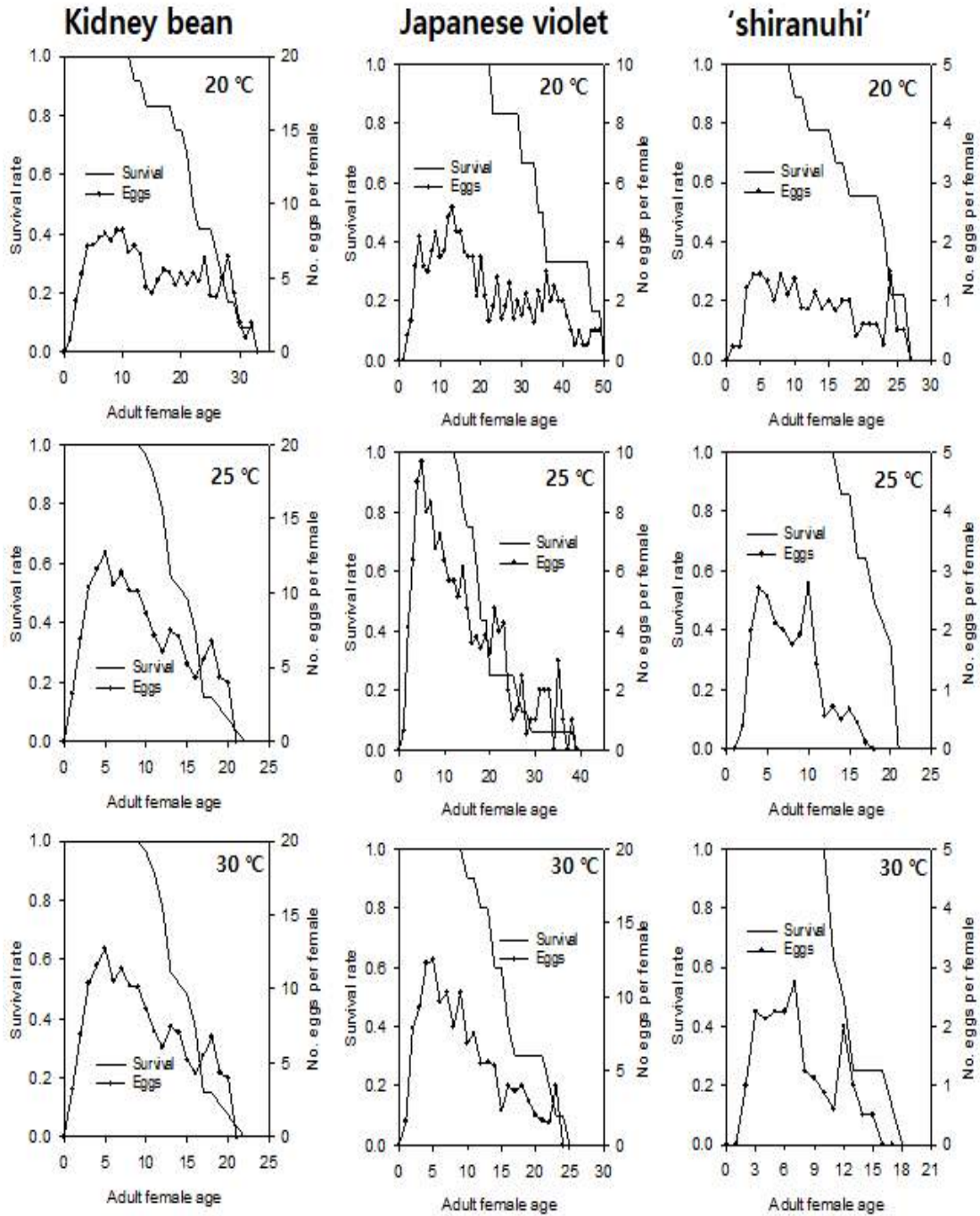
**Table 8.** Comparison of the number of eggs and excretion blot produced by 10 female adults of *T. kanzawai* in 24h on each host arena in select test.

Host plant (Leaf)	n	No. eggs after 24h (Mean $\pm$ SD)	No. excretion blot (about 1/4 of egg size) (Mean $\pm$ SD)
‘Shiranuhi’ young	13	11.2 $\pm$ 5.71 ns	9.7 $\pm$ 6.97 ns
Kidney bean	13	16.2 $\pm$ 9.19	8.8 $\pm$ 5.75
Japanese violet	13	1.8 $\pm$ 3.72	1.7 $\pm$ 1.60
Kidney bean	13	22.9 $\pm$ 14.15 *	6.8 $\pm$ 4.04 *
‘Shiranuhi’ young	13	11.9 $\pm$ 5.63 *	9.2 $\pm$ 4.36 *
Japanese violet	13	1.8 $\pm$ 2.59	1.8 $\pm$ 1.75

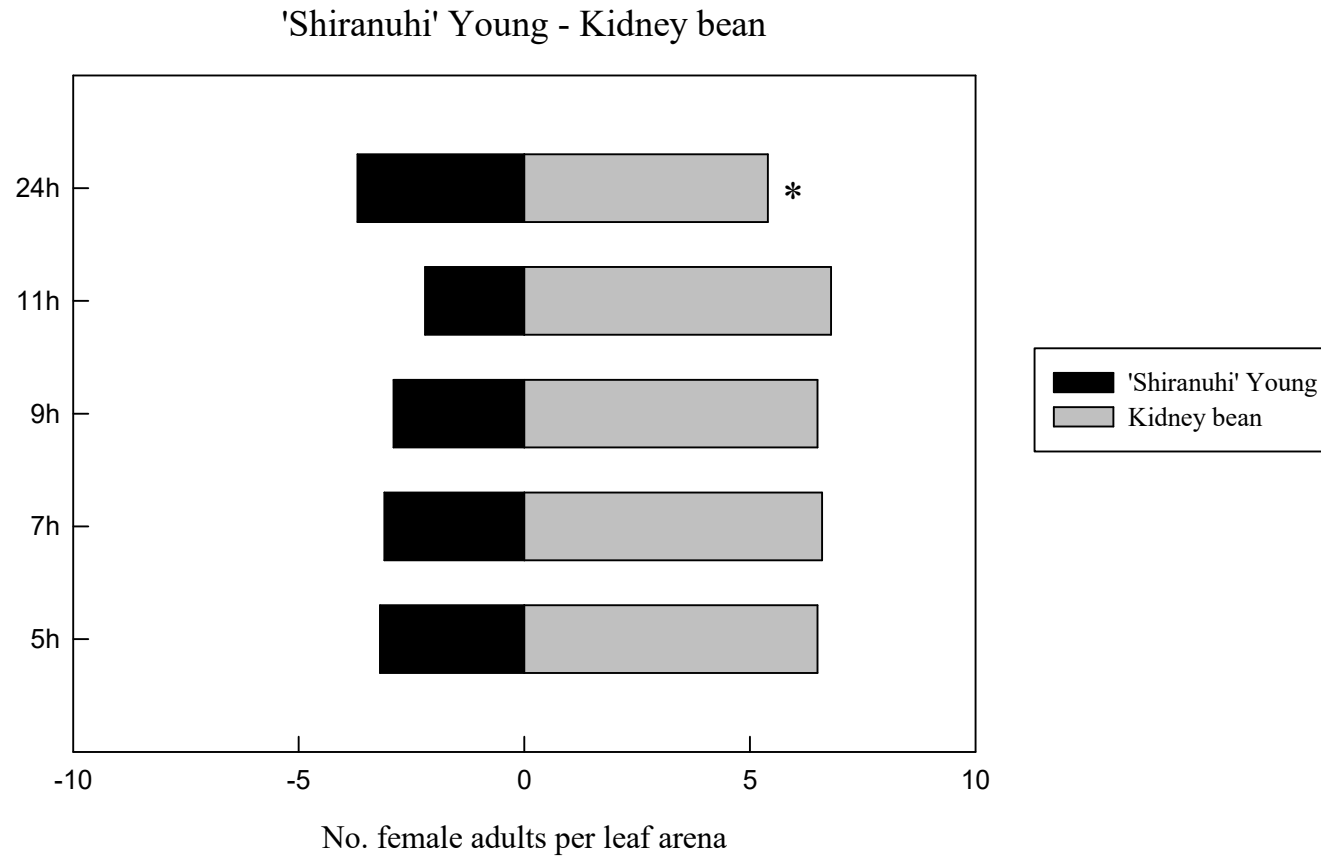
<sup>1</sup> The two means (the number of eggs or excretion) obtained from each select test are compared by t-test, and the statistical result represented as followed; ns: not significantly different from each other and \*: significantly different at  $p = 0.05$



**Fig. 1.** Survival rate curves of immature *T. kanzawai* on different hosts plants at constant temperatures. Symbols: ● = Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), ■ = Young leaf of 'Shiranuhi' (*[Citrus unshiu × C. sinensis] × C. reticulata*), ▲ = Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.) and ◆ = Old leaf of 'Shiranuhi'. E = Eggs, L = Larvae, P = Protonymphs, D = Deutonymphs and A = Adults.

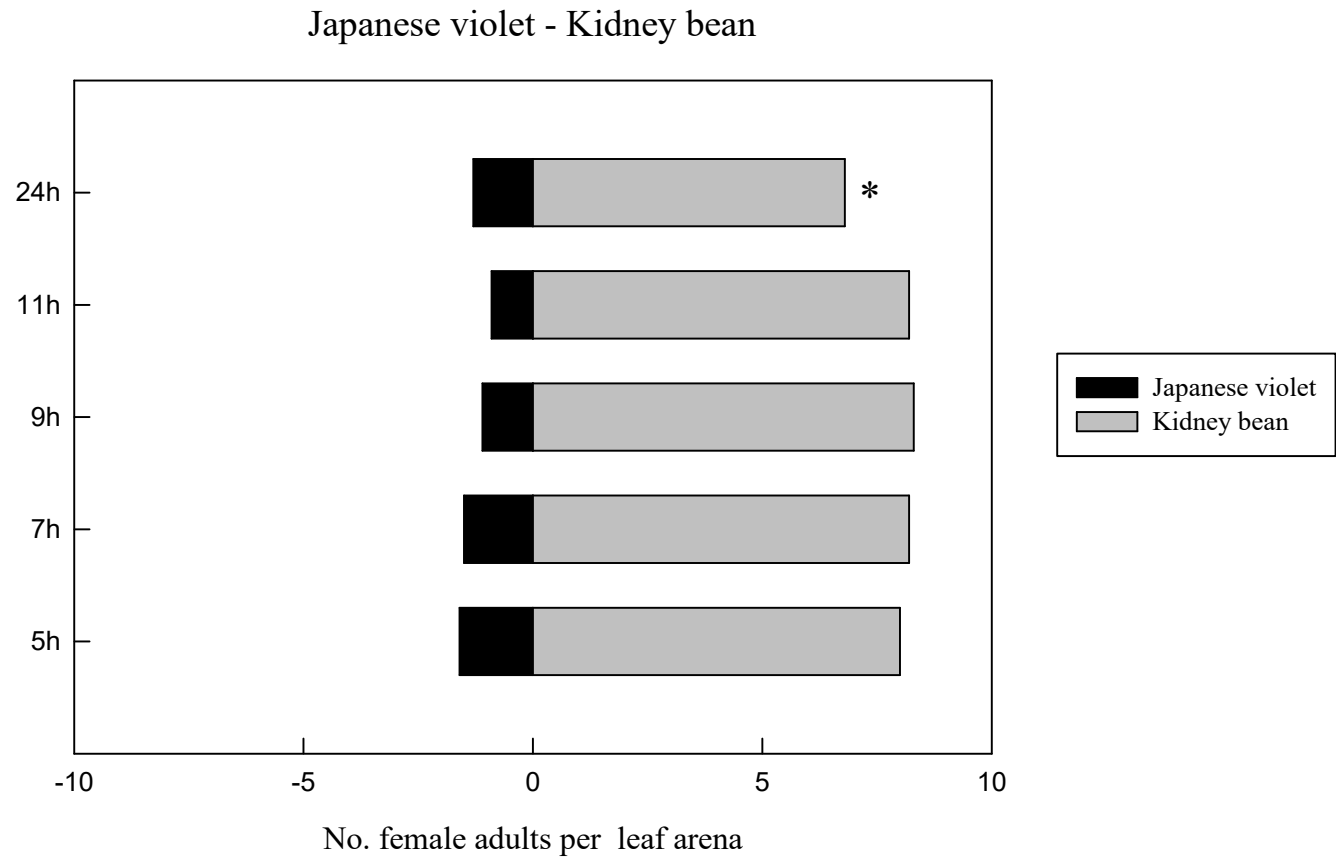


**Fig. 2.** Age-specific survival rate and fecundity (No. eggs per female) of *T. kanzawai* female adults on different host plants at constant temperatures: Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Japanese violet (*Viola japonica* Langsd.), and young leaf of 'Shiranuhi' (*[Citrus unshiu* × *C. sinensis*] × *C. reticulata*).

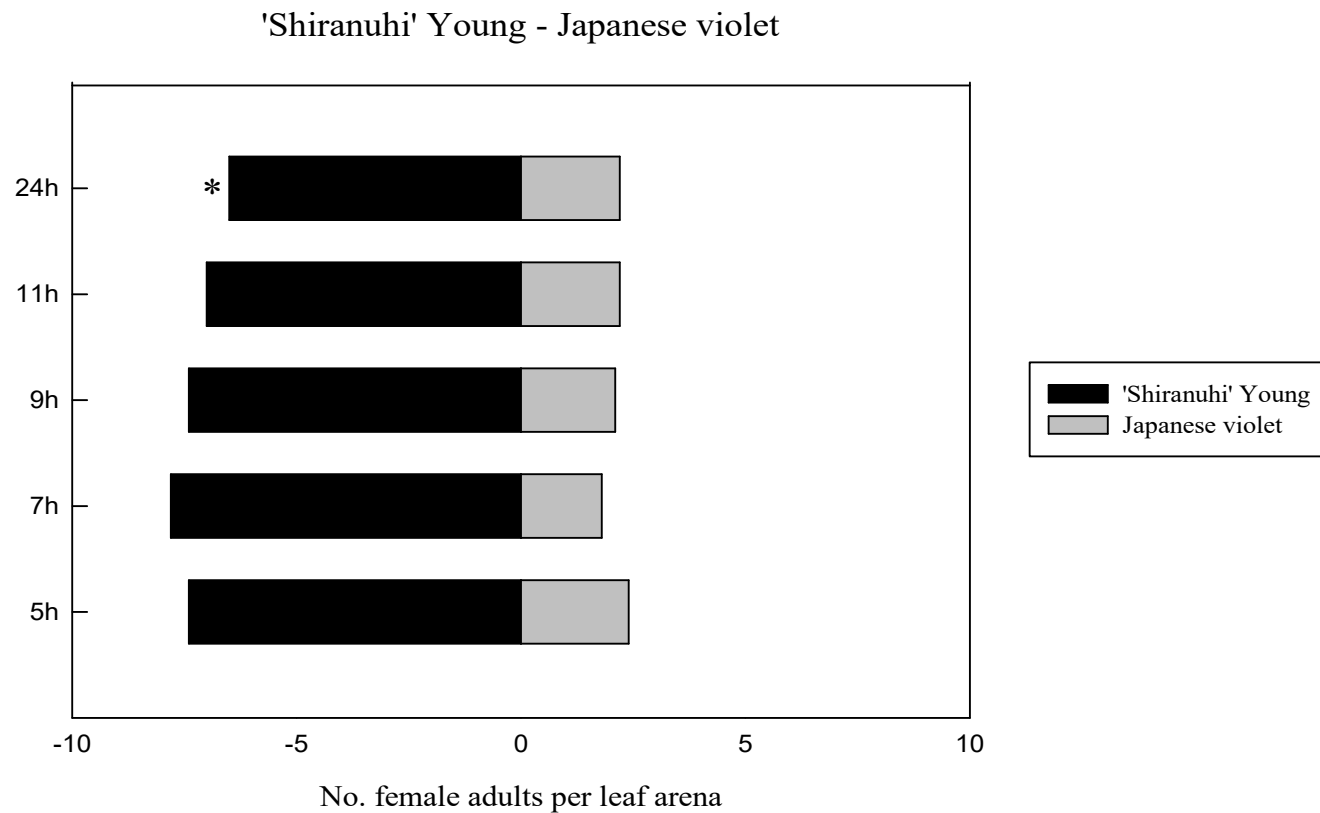


**Fig. 3.** The result of select test between 'Shiranuhi' young leaf and kidney bean leaf arena with 10 female adults of *T. kanzawai*.

The absolute value of each horizontal bar, represented the number of individuals settled in the host leaf in test duration of 24h.



**Fig. 4.** The result of select test between Japanese violet and kidney bean leaf arena with 10 female adults of *T. kanzawai*. The absolute value of each horizontal bar, represented the number of individuals settled in the host leaf in test duration of 24h.



**Fig. 5.** The result of select test between 'Shiranuhi' young leaf and Japanese violet leaf arena with 10 female adults of *T. kanzawai*.

The absolute value of each horizontal bar, represented the number of individuals settled in the host leaf in test duration of 24h.

## V. 고 찰

본 실험결과 차응애의 발육기간(알-성충)은 강낭콩 잎과 비교하여 한라봉 어린잎과 왜제비꽃 잎에서 길어졌다. 기존 기주식물과 온도에 따른 차응애 발육에 관한 연구결과를 정리한 자료에서도(Supp. Table S1), 기주식물에 따라 발육기간에 차이가 있었다. 20℃에서의 강낭콩 잎에서 Ullah et al.(2011)의 결과는 15.6일로 본 연구결과 16.1일과 비슷하다고 할 수 있으나, 한라봉 어린잎 17.4일(본 연구)이나 왜제비꽃 잎 18.8일(본 연구)보다 배 20.3일(Jo, 2000)와 사과 21.8일(Hasanvand et al., 2019a)에서 차응애의 발육이 더 지연되는 경향이 나타났다. 25℃에서는 강낭콩 9.8일(Ullah et al., 2011)에 비하여(본 연구 9.5일) 차 12.2일(Gotoh and Gomi, 2003), 사과 11.0일(Hasanvand et al., 2019a)로 나타나 본 연구 한라봉 어린잎에서 조사된 13.4일은 차에서의 발육기간과 더 비슷하였다. 또한, 30℃에서 강낭콩 6.3일(Ullah et al., 2011)과 비교하여 볼 때(본 연구 7.0일) 사과가 기주인 경우 8.3일(Hasanvand et al., 2019a)로 지연되는 경향이 있었으며 본 연구의 한라봉 어린잎이 기주일 때 10.2일로 보다는 더 발육이 지연되었다.

암컷 수명과 산란수의 경우도 기주와 온도에 따라서 큰 변이가 있었다(Supp. Table S1). 온도 20℃의 경우 강낭콩 잎에서 차응애의 수명 28.3일과 산란수 149.3개(Ullah et al., 2011)와 본 연구의 22.1일과 127.4개는 다소 차이가 있었으며, 사과에서 수명 37.5일과 산란수 48개로 성충의 수명이 연장되고 산란수는 크게 감소하였다(Hasanvand et al., 2019a). 콩의 경우는 수명이 연장되고 산란수는 감소하지 않았다(수명 35.9일과 산란수 161.3개, Hasanvand et al., 2019b). 본 연구의 경우 왜제비꽃 잎에서 수명은 크게 연장되었으나 산란수는 많이 감소하지 않았고, 반면 한라봉 어린잎에서는 수명은 약간 감소하였고 산란수는 많이 감소하였다. 온도 25℃에서 비교하면, 강낭콩에서 수명 23.3일과 산란수 198.5개(Ullah et al., 2011)와 본 연구의 14.1일과 121.0개는 차이가 매우 크게 나타났지만, 같이 비교하더라도 사과에서 32.6일과 90.5개(Hasanvand et al., 2019a), 수국 24.1일과 55.1개(Gotoh and Gomi, 2003)로 수명의 연장과 산란수의 감소가 나타났으며, 배에서는 수명 14.3일과 176.4개로 본 연구 강낭콩 잎과 비교하여 수명에는 차이가 없



었으나 산란수는 보다 많았다. 기존 연구들과 전체적으로 비교하면 산란수의 경우 왜제비꽃 앞에서 다소 감소하고 한라봉 어린잎에서는 많이 감소하는 경향을 보였다. 온도 30℃의 경우 강낭콩 앞에서 Ullah et al.(2011) 수명 10.2일과 산란수 93.3개로 본 연구의 10.0일과 117.1개와 차이가 크지 않아 비교할 수 있는데, 사과에서 15.3일과 65.0개(Hasanvand et al., 2019a), 배에서 13.6일과 143.9개(Jo, 2000)로 두 기주식물에서 모두 수명은 연장되었고 사과에서 산란수가 감소했지만, 배에서는 산란수가 증가하였다. 이에 비하여 본 연구에서는 왜제비꽃 앞에서는 수명이 크게 연장되었으나 산란수의 변화가 크지 않았고, 한라봉 어린잎에서는 수명이 다소 연장되면서 산란수는 많이 감소하였다.

이처럼 차응애의 발육기간과 수명 및 산란수는 기주식물에 따라 다양한 양상을 나타냈으며 이와 같은 차이는 영양성분의 결핍이나 부족의 영향으로 추정된다(Weibull, 1994; Mollema and Cole, 1996). 향후 강낭콩(또는 다른 표준기주식물)과 비교하여 수명과 산란수의 증감을 조합하여 기주의 가치를 평가하는 체계를 개발할 수 있을 것으로 보인다. 즉, 차응애의 중요한 기주식물로 사과(Hasanvand et al., 2019a), 차(Gotoh and Gomi, 2003), 수국(Gotoh and Gomi, 2003), 배(Jo, 2000; Gotoh and Gomi, 2003) 등이 알려져 있는데 생활사에 미치는 기주로서의 가치는 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 발육과 산란에 차이가 발생하기는 하지만 모두 해당 식물체만으로 생활사를 완료할 수 있는 차응애의 주요 기주식물로 볼 수 있으며, 본 연구 실험 기주로서 대표 잡초로 선정한 왜제비꽃도 주요 기주로 판단할 수 있다. 그러나 한라봉(감귤)의 경우는 뒤에서 다시 고찰하겠지만 성숙한 잎에서 생존할 수 없으므로 주요 기주라고 보기 어렵다.

기주식물에 따른 발육기간에서 전혀 섭식할 수 없는 알 발육단계의 기간에 차이가 있는 것은 특이한 현상으로 보인다. 20℃의 왜제비꽃 잎과 25℃의 한라봉 성엽에서 알기간은 다른 기주식물들에 비해 길었다. 다른 연구에서도 이러한 경향이 보이는데, Jo(2000)의 실험에서 15℃의 배나무에서 알기간이 16.2일로 다른 기주식물보다 길었고, 20℃에서도 비슷한 경향이 나타났다. 굴응애에서도 감귤의 품종에 따라 알기간이 유의하게 차이가 나는 것으로 보고된 바 있다(Yang, 2011). 알의 발육은 직접적으로 식물의 영양 가치와 관련이 없으므로 이런 현상을 설명하기는 어렵다. 해당 식물을 섭식한 성충의 난소 소관에서 알이 생성될 때 영향

을 미쳤거나, 식물의 휘발성 물질이 알 발육에 영향으로 주었을 것으로 추정해볼 수는 있으나, 아직 이러한 기작에 대하여 보고된 사례는 없는 상황으로 향후 구명되어야 할 것이다.

차응애의 생명표 통계량은 기존 보고들에서도(Supp. Table S2) 기주식물과 온도에 따라 큰 차이를 보였다. Ullah et al.(2011)이 보고한 강낭콩에서의 내적자연증가율은 20, 25, 30℃에서 각각 0.181, 0.282, 0.399로 본 연구의 0.1542, 0.2563, 0.3251보다 다소 컸다. 생명표 통계량 값은 지역 계통, 기주 상태, 실험환경 등에 따라 차이가 크므로 직접 비교하기는 어려우나, 이를 감안하더라도 한라봉 어린잎에서 모든 생명표 통계량 값이 크게 떨어지고 왜제비꽃 잎에서도 다소 감소하였다. 예를 들어 25℃의 경우 왜제비꽃 잎과 한라봉 어린잎에서의 내적자연증가율은 각각 0.2007, 0.1002로 한라봉 어린잎에서 가장 작았고, 왜제비꽃 잎의 내적자연증가율은 차 잎(Gotoh and Gomi, 2003)보다는 컸다(Table 7). 본 실험의 경우 왜제비꽃 잎에서 산란수는 강낭콩 잎과 큰 차이가 없었으나 내적자연증가율은 유의하게 작게 나타났는데, 이는 성충의 수명이 연장되어서 내적자연증가율에 반영되었기 때문으로 해석된다.

기주 식물의 영양을 비롯한 품질 가치는 초식성 곤충(해충)의 개체군 발달에 결정적인 역할을 한다고 알려져 있다(Scriber and Slansky, 1981; Onstad et al., 1986; Hunter et al., 1992). 초식성 곤충과 기주식물의 상호작용은 식물의 내충성과 관련하여 항객성(antixenosis), 항생성(antibiosis) 및 내성(tolerance)으로 크게 구분하여 나타낼 수 있으며(Painter, 1951; Smith, 2005), 이 중 항생성은 기주식물(작물)이 곤충의 생존(사망률)이나 발육 또는 생식(산란력)에 부정적인 영향을 미치는 경우를 말한다(Smith, 2005).

앞의 결과와 같이 차응애의 성충 전까지 생존율은 기주식물별로 다양하였으며(Table 5), 한라봉 성엽에서는 제2약충까지 생존한 개체가 없었고 유충단계에서 대부분 사망하였다. 한라봉 어린잎에서도 발육지연과 더불어 생존율이 평균 60%로 강낭콩 잎이나 왜제비꽃 잎보다 낮게 나타났으며, 암컷 산란수도 감소하였다. 이러한 결과는 한라봉 잎의 내충성이 항생성에 해당하는 것으로 판단할 수 있다.

감귤류 잎이나 과실에는 살충 또는 항균작용을 하는 물질이 함유된 것으로 보고되어 있다. 감귤류인 칼라만시(*Citrus mitis*), 라임(*C. aurantifolia*), 포멜로(*C.*

*maxima*) 등의 잎 추출물은 이집트숲모기(*Aedes aegypti*) 유충에 유의한 살충효과를 가진 것으로 알려졌고(Hamidah and Adrianto, 2017), 감귤 과실 껍질 유포의 정유에는 살충 물질인 linalool이 들어 있어서 과실파리류의 산란을 억제하였다(Greany et al., 1983). 레몬(*C. limon*) 잎 추출물에서 27개 화학성분이 확인되었고 주요 성분은 linalool(30.62%), geraniol(15.91%),  $\alpha$ -terpineol(14.52%), linalyl acetate (13.76%)로 각각 항균활성을 나타낸다고 하였다(Hojjati and Barzegar, 2017).

한라봉 잎에 있는 차응애에 대한 항생성 물질은 어린잎에는 함량이 낮고 잎이 성숙하면서 증가하는 것으로 보이며, 성숙한 잎(성엽)의 물리적 또는 화학적 요인으로 인해 생존할 수 없는 것으로 판단된다. 화학적 요인만이라면 치명적일 만큼 살충효과가 강한 것으로 판단된다. 기주식물의 발육단계에 따른 살충 물질 함량의 변화는 다른 식물에서도 많이 알려져 있다. 식물이 성숙할수록 저항성을 보이는 경우와 반대로 어릴 때 저항성이 높은 등 해충 저항성에 있어서 다양한 양상을 보인다. 예를 들면, 벼 IR36 품종은 다 자란 묘에서 두점끝동매미충(*Niephotettix virescens*)에 내충성을 보인다(Rapusas and Heinrichs, 1987). 또한 토마토 저항성 품종도 성숙한 잎에서 콜로라도잎벌레(*Leptinotarsa decemlineata*)에 저항성을 보이는 것으로 알려졌다(Sinden et al., 1978). 반면, 수수(*Sorghum bicolor*)의 어린 조직에는 시안화물(Woodhead and Bernays, 1977)과 hydroxybenzaldehyde (Woodhead, 1982)의 함량이 높아서 옥수수테두리진딧물(*Rhopalosiphum maidis*)과 풀무치(*Locusta migratoria*)에 내충성을 보인다(Woodhead and Bernays, 1977; Fisk, 1978).

기주식물 가용성의 시간적 분포는 초식성 곤충의 개체군 동태를 근본적으로 변화시키는 역할을 하기도 한다(Kim and Lee, 2002). 겨울나방(*Operophtera brumata*)은 참나무(*Quercus robur*) 잎이 성숙하면서 타닌 함량이 증가하면 생존하지 못하므로 타닌 성분이 낮은 어린잎 발생기에 유충이 발생하도록 적응된 생활사를 따르고 있다(Feeny, 1970). 하지만, 차응애의 경우는 한라봉 어린잎(즉 신초 발생기)의 발생주기에 맞추어 생활사가 적응되었다고 말하기 어렵다. 지면 잡초 상에서 번식한 차응애 개체군이 제초제 살포나 노화로 인한 잡초의 자연고사(하고현상)에 따라 감귤나무 잎으로 이동하여 어린잎에 피해를 유발할 수는 있을 것이다. 그러나 잡초에서 번식하고 인과류의 수상으로 이동하여 피해를 주는 점박

이응애(*Tetranychus urticae* Koch)(Lee, 1990)와는 근본적으로 다른 점이 있다. 점박이응애는 잡초에서 나무 위로 이동하여 인과류에 지속해서 피해를 주고 겨울 전에 월동에 들어가서 생활사가 완성된다(Lee, 1990). 하지만, 차응애의 경우는 본 연구의 결과에서 보듯이 신초의 잎이 성숙하면서 생존할 수 없어진다는 것을 예상할 수 있고, 따라서 기주식물로서 감귤나무는 유인작물(trap crop)과 같은 일종의 막다른 골목으로 작용하여(Shelton and Nault, 2004) 생활사가 중단될 것이다. 감귤나무는 감귤나무에서 신엽 발아 후 30일이 되면 잎이 굳어져서 유충 생존이 불가능해지므로 연한 잎을 선택하여 산란하는 생활사 전략을 갖고 있다(Badaway, 1967; Knapp et al., 1995). 감귤나무에서 차응애가 미리 감귤 잎의 성숙에 반응하여 다시 잡초 상으로 이주 행동을 하는 생활사 전략을 가졌는지는 아직 알려진 바 없으며, 이는 향후 검토가 필요할 것이다.

선호성 실험결과는 차응애가 한라봉으로 이동하여 어린잎에 피해를 유발할 수 있다고 이해할 수 있다. 본 연구에서 기주식물에 대한 차응애의 선호성은 강낭콩 잎 > 한라봉 어린잎 > 왜제비꽃 잎으로 극단적인 선호성을 보였다. 다만, 강낭콩과 비교하여 선호도가 떨어지지만, 한라봉 어린잎과 왜제비꽃 잎 양자 간의 선택에서는 한라봉 어린잎을 우월하게 선택하였다. 또한, 선택한 한라봉 어린잎에서 알 수와 배설물의 발생 정도가 강낭콩 잎과 차이가 없었다(Table 8). 이것은 차응애가 한라봉 어린잎을 적극적으로 기피하지 않는다는 것을 나타낸다. 그리고 과원 잡초 중에 매우 선호하는 기주가 없는 한 한라봉 어린잎으로 이동하여 피해를 유발할 수 있다고 해석된다.

본 결과를 종합하여 감귤원(한라봉)의 차응애 관리에 적용한다면 시기적인 잡초 관리가 중요한 요소로 판단된다. 누리장나무(*Clerodendron trichotomum* Thunb.), 물오리나무(*Alnus hirsuta* (spach) Rupr.), 고구마(*Ipomoea batatas* Lam.), 분꽃(*Mirabilis jalapa* for. *plena* Schneid.) 등은 차응애가 선호하는 기주식물로 알려져 있으나(Lee, 1999), 이외에도 과원에 발생하는 다양한 잡초에서 번식한다. 본 연구에서, 왜제비꽃을 차응애의 기주라고 판단할 수 있지만 차응애는 왜제비꽃을 한라봉 어린잎과 강낭콩보다 선호하지 않았다(Fig. 4, 5). 게다가 한라봉 어린잎보다도 강낭콩을 선호하는 것(Fig. 3)으로 보아 한라봉 나무 주변에 콩과작물을 심어 차응애가 한라봉으로 이동을 하는 것을 억제할 수 있다고 예상할 수 있지만, 야외실험으로

증명해야 할 부분이다.

한라봉 어린잎 발생기에 제초제를 살포하는 것은 차응애가 나무 위로 이동하도록 촉진하여 피해를 받을 수 있으므로 주의가 필요할 것이다. 따라서 잡초 상의 차응애를 관찰하고 제초제 살포 시 기계유유제 혼용 등 동시 방제 대책이 필요하고, 나무 위에서 문제가 되는 경우는 신초 위주로 방제함으로써 방제 노력과 비용을 절감할 수 있을 것이다.

Supp. Table S1. Immature development times, female longevity and fecundity of *T. kanzawai* in previous studies

Tem.(°C)	Host plant	E <sup>1</sup>	L	Nymph					Total	PO	SR	LG	FD	References
				PC	PN	DC	DN	TC						
15	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	16.2		6.9		5.9		7.8	36.8	-	-	34.5	131.3	Jo, 2000
15	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	11.3	2.6	2.1	1.8	2.1	2.0	2.8	24.5	3.1	0.7	35.7	86.7	Ullah et al. 2011
15	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	13.6	6.6	2.7	4.3	2.6	4.5	3.7	38.0	6.2	0.8	48.8	22.9	Hasanvand et al., 2019a
15	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	10.5	4.1	2.9	2.4	2.7	2.9	3.0	28.6	3.4	0.8	60.6	125.2	Hasanvand et al., 2019b
17.5	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	10.2	2.2	2.0	1.4	2.0	1.7	2.3	21.7	2.5	-	-	-	Ullah et al. 2011
20	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	9.6		3.6		2.7		4.4	20.3	-	-	22.2	153.2	Jo, 2000
20	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	7.0	2.0	0.9	1.2	1.4	1.3	1.7	15.6	1.6	0.8	28.3	149.3	Ullah et al. 2011
20	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	7.4	3.4	1.7	2.6	1.8	2.7	2.3	21.8	3.2	0.7	37.5	48.0	Hasanvand et al., 2019a
20	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	7.3	1.5	1.6	1.3	1.4	1.4	1.8	16.3	1.9	0.5	35.9	161.3	Hasanvand et al., 2019b
22.5	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	5.5	1.1	1.2	1.0	1.0	1.2	1.2	12.1	1.5	-	-	-	Ullah et al. 2011
25	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	4.5		2.1		1.7		2.2	10.3	-	-	14.3	176.4	Jo, 2000
25	Hydrangea ( <i>Hydrangea macrophylla</i> )	4.9	1.0	0.3	0.7	0.7	1.0	1.0	9.7	1.7	0.8	24.1	55.1	Gotoh and Gomi, 2003
25	Japanese pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> )	4.8	1.1	0.8	1.0	0.9	1.0	1.2	10.8	1.3	0.8	20.9	84.3	Gotoh and Gomi, 2003
25	Kudzu vine ( <i>Pueraria lobata</i> )	4.7	1.0	0.8	0.8	0.6	0.8	1.1	9.9	1.1	0.8	26.3	175.6	Gotoh and Gomi, 2003
25	Tea ( <i>Camellia sinensis</i> )	5.1	1.9	0.6	1.6	0.3	1.7	0.9	12.2	1.4	0.8	18.7	45.3	Gotoh and Gomi, 2003
25	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	4.4	1.0	0.9	0.8	0.8	1.1	0.9	9.8	1.1	0.8	23.2	198.5	Ullah et al. 2011
25	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	4.5	1.3	0.9	0.9	0.9	1.2	1.3	11.0	1.3	0.9	32.6	90.52	Hasanvand et al., 2019a
25	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	4.0	1.1	0.8	0.6	0.9	0.8	0.9	9.0	0.7	0.8	29.8	238.0	Hasanvand et al., 2019b
27.5	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	3.6	0.9	0.7	0.6	0.7	0.8	0.9	8.2	0.9	-	-	-	Ullah et al. 2011
30	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	2.8		1.5		1.2		1.5	7.0	-	-	13.6	143.9	Jo, 2000
30	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	2.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	6.3	0.7	0.8	10.2	93.3	Ullah et al. 2011
30	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	3.6	1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	8.4	1.0	0.7	15.3	65.0	Hasanvand et al., 2019a
30	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	3.0	0.9	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	7.0	0.6	0.7	14.4	110.4	Hasanvand et al., 2019b
32.5	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	2.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	5.6	0.7	-	-	-	Ullah et al. 2011
35	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	2.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	5.3	0.7	0.8	6.4	27.6	Ullah et al. 2011
35	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	2.7	0.8	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7	6.7	1.1	0.8	9.7	22.1	Hasanvand et al., 2019a
35	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	2.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	5.6	0.8	0.5	7.4	49.4	Hasanvand et al., 2019b
37.5	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	2.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	5.6	0.7	-	-	-	Ullah et al. 2011
37.5	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	2.5	1.1	0.8	0.7	0.7	1.0	0.7	7.4	1.1	0.6	7.2	12.7	Hasanvand et al., 2019a
37.5	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	2.4	0.8	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	5.7	0.7	0.8	7.3	30.5	Hasanvand et al., 2019b

<sup>1</sup> E (eggs), L (larvae), PC (protochrysalis), PN (protonymph), DC (deutochrysalis), DN (deutonymph), TC (teleiochrysalis), PO (preoviposition period), SR (sex ratio = females/[females+males]), LG (female longevity), and FD (fecundity = total eggs/female).

Supp. Table S2. Life table parameters of *T. kanzawai* in previous studies

Temperature (°C)	Host plant	$GRR^1$	$R_0$	$T$	$r_m$	$\lambda$	$DT$	References
15	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	- <sup>2</sup>	17.60	43.60	0.086	1.090	11.80	Jo, 2000
15	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	-	46.08	37.33	0.104	1.109	6.75	Ullah et al. 2011
15	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	22.51	12.44	57.47	0.043	1.044	-	Hasanvand et al., 2019a
15	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	-	76.78	48.77	0.089	1.093	7.78	Hasanvand et al., 2019b
20	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	-	37.30	27.20	0.141	1.150	5.80	Jo, 2000
20	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	-	109.36	26.03	0.181	1.198	3.84	Ullah et al. 2011
20	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	45.09	26.05	37.20	0.087	1.091	-	Hasanvand et al., 2019a
20	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	-	82.76	28.63	0.154	1.166	4.49	Hasanvand et al., 2019b
25	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	-	76.21	19.80	0.248	1.280	3.10	Jo, 2000
25	Hydrangea ( <i>Hydrangea macrophylla</i> )	-	44.27	19.65	0.224	1.251	3.09	Gotoh and Gomi, 2003
25	Japanese pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> )	-	71.24	21.25	0.229	1.258	3.03	Gotoh and Gomi, 2003
25	Kudzu vine ( <i>Pueraria lobata</i> )	-	134.80	22.17	0.276	1.318	2.51	Gotoh and Gomi, 2003
25	Tea ( <i>Camellia sinensis</i> )	-	34.11	20.46	0.187	1.205	3.71	Gotoh and Gomi, 2003
25	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	-	146.11	17.70	0.282	1.326	2.46	Ullah et al. 2011
25	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	101.51	68.54	19.78	0.213	1.238	-	Hasanvand et al., 2019a
25	soybean( <i>Glycine max</i> )	-	163.55	16.80	0.303	1.354	2.26	Hasanvand et al., 2019b
30	Pear ( <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultiva</i> )	-	43.90	10.50	0.297	1.340	2.10	Jo, 2000
30	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	-	67.35	10.57	0.399	1.491	1.74	Ullah et al. 2011
30	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	63.31	37.15	14.29	0.252	1.287	-	Hasanvand et al., 2019a
30	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	-	79.01	12.26	0.356	1.428	1.94	Hasanvand et al., 2019b
35	Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	-	18.55	8.56	0.348	1.418	2.03	Ullah et al. 2011
35	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	23.92	13.60	11.08	0.235	1.265	-	Hasanvand et al., 2019a
35	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	-	17.93	8.33	0.347	1.414	1.99	Hasanvand et al., 2019b
37.5	Apple ( <i>Malus domestica</i> )	9.46	4.35	10.97	0.134	1.143	-	Hasanvand et al., 2019a
37.5	Soybean ( <i>Glycine max</i> )	-	15.28	7.98	0.341	1.407	2.02	Hasanvand et al., 2019b

<sup>1</sup> Abbreviation:  $GRR$  (gross reproductive rate),  $R_0$  (net reproductive rate),  $T$  (mean generation time),  $r_m$  (intrinsic rate of natural increase),  $\lambda$  (finite rate of increase), and  $DT$  (population doubling time).

<sup>2</sup> No available data.

## VI. 적 요

차응애(*Tetranychus kanzawai* Kishida)의 감귤원 내의 기주식물에 대한 가치를 평가하기 위하여 기주식물로 제주 감귤원의 주요 품종인 한라봉, 감귤원에서 많이 서식하는 잡초인 왜제비꽃과 대조군으로 강낭콩을 선정하였다. 항온조건 20°C, 25°C, 30°C에서 발육실험과 산란실험을 진행하고 생명표 분석을 수행하였다. 차응애는 한라봉 어린잎, 왜제비꽃, 강낭콩에서 발육을 완료했지만, 한라봉 성엽에서는 발육을 완료하지 못했다. 한라봉 어린잎을 섭식하는 차응애의 총 발육기간은 각 온도조건에서 17.4, 13.4, 10.2일로 강낭콩에서 조사된 16.1, 9.5, 7.0일보다 길었다. 한라봉 어린잎에서의 차응애 성충의 수명은 각 온도에서 19.1, 15.0, 12.3일로 강낭콩에서 조사된 22.1, 14.1, 10.9일과 유의한 차이는 없었으며, 산란수는 각 온도에서 18.1, 23.9, 17.8개로 왜제비꽃(93.3, 105.8, 115.0개)과 강낭콩(127.4, 121.0, 117.1개)에서보다 적었다. 조사된 발육데이터를 기반으로 생명표 통계량을 추정한 결과 서로 간 유의한 차이를 보였으며 내적자연증가율( $r_m$ )은 각 온도에서 강낭콩(0.1542, 0.2563, 0.3251), 왜제비꽃(0.1087, 0.2007, 0.2673), 한라봉(0.0868, 0.1002, 0.1217) 순으로 높게 나타났다. 기주 선호성실험에서 얻은 차응애의 평균 정착수는 한라봉 어린잎 : 강낭콩 (3.7 : 5.4), 제비꽃 : 강낭콩 (1.3 : 6.8), 한라봉 어린잎 : 제비꽃(6.5 : 2.2)이다. 이상의 결과를 종합하여 감귤원(한라봉)에서의 차응애 관리전략에 대하여 고찰하였다.



## VII. 인용 문헌

- Badaway, A., 1967. The morphology and biology of *Phyllocnistis citrella* Staint., a citrus leaf miner in the Sudan. Bull. Entomol. Soc. Egypt 51, 95-103.
- Beyzavi, G., Ueckermann, E.A., Faraji, F., Ostovan, H., 2013, A catalog of Iranian prostigmatic mites of superfamilies Raphignathoidea & Tetranychoida(Acari). Persian J. Acarol. 2, 389-474.
- Birch, L.C., 1948. The intrinsic rate of natural increase in an insect population. J. Anim. Ecol. 17, 15-26.
- Ehara, S., 1956. Tetranychoid mites of mulberry in Japan. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 6.Zool. 12, 499-510.
- Feeny, P., 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. Ecol. 51, 565-581.
- Fisk, J., 1978. Resistance of *Sorghum bicolor* to *Rhopalosiphum maidis* and *Peregrinus maidis* as affected by differences in the growth stage of the host. Entomol. Expl. Appl. 23, 227 - 236.
- Gotoh, T., Gomi, k., 2000. Population dynamics of *Tetranychus kanzawai*(Acari: Tetranychidae) on hydrangea. Exp. Appl. Acarol. 24, 337-350.
- Gotoh, T.,Gomi, K., 2003. Life-history traits of the Kanzawa spider mite *Tetranychus kanzawai*(Acari: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 38, 7-14.

- Greany, P.D., Styer, S.C., Davis, P.L., Shaw, P.E., Chambers, D.L., 1983. Biochemical resistance of citrus to fruit flies. Demonstration and elucidation of resistance to the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. Entomol. Expl. Appl. 34, 40-50.
- Hasanvand, I., Jafari, S., Khanjani, M., 2019a. Effect of temperature on development and reproduction of *Tetranychus kanzawai*(Tetranychidae), fed on apple leaves. Int. J. Acarol. 46, 31-40.
- Hasanvand, I., Jafari, S., Khanjani, M., 2019b. Life table parameters of Iranian population, *Tetranychus kanzawai*(Acari: Tetranychidae) fed on soybean leaves. Systematic Appl. Acarol. 24, 231-250.
- Hojjati, M., Barzegar, H., 2017. Chemical composition and biological activities of lemon(*Citrus limon*) leaf essential oil. Nutr. Food Sci. Res. 4, 15-24.
- Hunter, M.D., Ohgushi, T., Price, P.W., 1992. Effects of resource distribution on animal-plant interactions. Academic, San Diego, CA.
- Jo, Y.S., 2000. Population dynamics of spider mites and their natural enemies in pear orchard. Ph. D. Dissertation, Chonnam Natl. Univ., Korea.
- Kang, B.S., Yang, W.S., Go, Y.J., 2017. Diagnosis and control of citrus pests. Research Institute of Jeju Special-Governing Province, jeju. (The title was translated by the authors)
- Kang, C.S., Kuk, Y.I., Kim, S.S., 2018. Acaricidal activity of individual and combined treatments of plant extracts against the tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai*(Acari: Teranychidae), a pest of tea plant. Korean J. Org. Agric. 26, 707-717.

- Kim, Y.J., Kuk, Y.I., Hyun, K.H., Kim, S.S., 2020. Evaluation of selectivity of pyflubumide to the predatory mite, *Neoseiulus womersleyi*, and its prey, *Tetranychus kanzawai*. J. Korean Tea Soc. 26, 58-63.
- Kim S.S., Paik, C.H., Kim, D.I., Lee, G.H., Choi, Y.S., 1997. Selectivity of Tebufenpyrad to *Amblyseius womersleyi* as a predator of *Tetranychus kanzawai*(Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). J. Korean Tea Soc. 3, 95-102.
- Kim, D.H., Kwon, H.M., Kim, K.S., 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju Island. Korean J. Appl. Entomol. 39, 267-274.
- Kim, D.I., Ma, K.C., Choi, D.S., Hyun, K.H., Kuk, Y.I., kim, S.S., 2015. Evaluation of susceptibility of tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida(Acari: Tetranychidae) to plant extracts. J. Korean Tea Soc. 21, 41-45.
- Kim, D.S., Lee, J.H., 2002. Egg and larval survivorship of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae) in apple and peach and their effects on adult population dynamics in orchards. Env. Entomol. 31, 686-692.
- Kim, S.S., Paik, C.H., 1996. Comparative Toxicity of Fenpyroximate to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha and the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida(Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 31, 369-377.
- Knapp, J.L., Albrigo, L.G., Browning, H.W., 1995. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* stainton: Current status in Florida. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, Univ. Florida, Gainesville, Florida.

- Kondo, A., Takafuji, A., 1985. Resource utilization pattern of two species of Tetranychid mites(Acarina: Tetranychidae). Res. Popul. Ecol. 27, 145-157.
- Krebs, C.J., 1972. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance, 2<sup>nd</sup> ed. Harper and Row, NY.
- Kuk, Y.I., Hyun, K.H., Kim, S.S., 2016. Acaricidal activity of emamectin benzoate toward tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida. J. Korean Tea Soc. 22, 122-125.
- Lee, S.C., Kim, D.I., Kim, S.S, 1995. Ecology of *Tetranychus kanzawai* and its natural enemies at tea tree plantation. Korean J. Appl. Entomol. 34, 249-255.
- Lee, S.H., Kim, H.S., Cho. S.W., lee, J.S., 2006. Quality properties of *Hallabong Tangor*(Citrus Kiyomi x ponkan) cultivated with heating. Korean J. Food Preserv. 13, 538-542.
- Lee, S.W., 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph. D. Dissertation, Seoul Natl. Univ., Korea.
- Lee, S.Y., 1999. Host-preference of the two spider mite, *Tetranychus urticae* and *Tetranychus kanzawai*. Ph. D. Dissertation, Jeonbuk Natl. Univ., Korea.
- Lim, J.R., You, J., Lee, K.K., Hwang, C.Y., 2011. Economic injury levels and control threshold of *Tetranychus kanzawai* Kishida(Acari: Tetranychidae) infesting Korean black raspberry(*Rubus coreanus* Miquel). Korean J. Appl. Entomol. 50, 151-156.

- Maia, A.H.N., Alfredo, J.B.L., Campanhola, C., 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93, 511-518.
- Meyer, J.S., Igersoll, C.G., MacDonald, L.L., Boyce, M.S., 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecol.* 67, 1156-1166.
- Mollema, C., Cole, R.A., 1996. Low aromatic amino acid concentrations in leaf proteins determine resistance to *Frankliniella occidentalis* in four vegetable crops. *Entomol. Exp. Appl.* 78, 325-333.
- Oku, K., Yano, S., Takafuhi, A., 2002a. Different maternal effects on offspring performance in tetranychid mites, *Tetranychus kanzawai* and *T. urticae*(Acari: Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 37, 425-429.
- Oku, K., Yano, S., Takafuhi, A., 2002b. Phase variation in the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida(Acari; Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 37, 431-436.
- Onstad, D.W., Reissig, W.H., Shoemaker, C.A., 1986. Influence of apple cultivar, tree phenology, and leaf quality on the development and mortality of *Choristoneura rosaceana*(Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 118, 123-132.
- Paik, C.H., Kim, S.S., 2010. Susceptibility of tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) to Cyenopyrafen. *Korean J. Pestic. Sci.* 14, 170-174.
- Painter, R.H., 1951. Insect resistance in crop plants. Univ. Kansas Press, Lawrence. p. 520.

- Rapusas, H.R., Heinrichs, E.A., 1987. Plant age effect on resistance of rice 'IR36' to the green leafhopper, *Nephotettix virescens* (Distant) and rice tungro virus. Environ. Entomol. 16, 106-110.
- RIJP(Research Institute of Jeju Special-governing Province), 2011. Weed plants of jeju citrus orchards in colors. Publication No. 79-6600073-000044-01. Research Institute of Jeju Special-Governing Province, Jeju(the title was translated by the authors)
- Roy, M., Brodeur J., Cloutier C., 2003. Temperature and sex allocation in a spider mite. Oecologia. Berlin. 135, 322-326.
- Ryu, M.O, Lee, W.K., Kim, T.H., 1997. Habitats and abundances of Korean phytoseiid mites. Korean J. Appl. Entomol. 36, 224-230.
- SAS Institute., 2013. SAS OnlineDoc®, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Scriber, J.M., Slansky, F., 1981. The nutritional ecology of immature insects. Annu. Rev. Entomol. 26, 183-211.
- Seo, S.G., Park, J.D., Kim, S.G., Kim, D.I., Kim, S.S., 2004. Selective toxicity of spiroadiclofen and fluacrypyrim + tetradifon to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai*. Korean J. Pestic. Sci. 8, 54-62.
- Shelton, A.M., Nault, B.A., 2004. Dead-end trap cropping: A technique to improve management of the diamondback moth. Crop Prot. 23, 497-503.
- Sinden, S.L., Schalk, J.M., Stoner, A.K., 1978. Effects of day length and maturity of tomato plants on tomatine content and resistance to the Colorado potato beetle. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103, 596-599.

- Smith, C.M., 2005. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Springer, The Netherlands. p. 423.
- Ullah, M.S., Moriya, D., Badii, M.H., Nachman, G., Gotoh, T., 2001. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai*(Acari: Tetranychidae) at different temperatures. Exp. Appl. Acarol. 54, 1-19.
- Weibull, J., 1994. Glutamic acid content of phloem sap is not a good predictor of plant resistance to *Rhopalosiphum padi*. Phytochemistry 35, 601-602.
- Woodhead, S., 1982. P-hydroxybenzaldehyde in the surface wax of sorghum: Its importance in seedling resistance to acridids. Entomol. Exp. Appl. 31, 296-302.
- Woodhead, S., Bernays, E.A., 1977. Changes in release rates of cyanide in relation to palatability of sorghum to insects. Nat. 270, 235-236.
- Yang, J.Y., 2011. Life table parameters of *Panonychus citri*(Acari: Tetranychidae) on citrus leaves and a matrix model for the population projection. Ms. Thesis, Jeju Natl. Univ., Korea.