

# **Diplomarbeit**

**Lebenszyklus der Raubmilbe *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot)  
bei Fütterung mit den Thripsarten *F. occidentalis* (Pergande)  
und *T. tabaci* (Lindeman)**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades des  
Diplomingenieurs unter der Leitung von

**Ao. Univ. Prof. Dr. Peter SCHAUSBERGER**

am Institut für Pflanzenschutz,

Department für  
angewandte Pflanzenwissenschaften

eingereicht an der Universität für Bodenkultur

von

**Doris WIMMER**

Wien, Juni 2007

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG .....                                                                                                               | 1  |
| 1.1 Systematik der Thysanoptera, Charakteristik und Biologie von<br><i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande) und <i>T. tabaci</i> (Lindeman)..... | 4  |
| 1.1.1 Systematische Einteilung der Thysanoptera .....                                                                                                 | 4  |
| 1.1.2 Biologie der Thysanoptera (Fransenflügler) .....                                                                                                | 5  |
| 1.1.3 <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande) – Kalifornischer Blütenthrips .....                                                                | 6  |
| 1.1.4 <i>Thrips tabaci</i> (Lindeman) – Zwiebelthrips .....                                                                                           | 9  |
| 1.2 Systematik und Morphologie von Phytoseiidae sowie Charakteristika von<br><i>Amblyseius (Typhlodromips) swirskii</i> (Athias-Henriot).....         | 11 |
| 1.2.1 Systematik .....                                                                                                                                | 12 |
| 1.2.2 Biologie der Phytoseiidae .....                                                                                                                 | 13 |
| 1.2.3 Morphologie von Phytoseiden .....                                                                                                               | 14 |
| 1.2.4 Beschreibung von <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot) .....                                                                              | 17 |
| 1.3 Ziele der Arbeit .....                                                                                                                            | 21 |
| 1.4 Durchgeführte Experimente .....                                                                                                                   | 22 |
| 2. MATERIAL UND METHODE .....                                                                                                                         | 24 |
| 2.1.Vorbereitende Arbeit.....                                                                                                                         | 24 |
| 2.1.2 Stammzucht von <i>F. occidentalis</i> und <i>T. tabaci</i> .....                                                                                | 24 |
| 2.1.3 Gewinnung der Larvenstadien von <i>F. occidentalis</i> und <i>T. tabaci</i> .....                                                               | 25 |
| 2.1.4 Zucht von <i>Amblyseius swirskii</i> .....                                                                                                      | 26 |
| 2.1.5 Aufbewahrung der Zuchtarenen im Klimaschrank .....                                                                                              | 29 |
| 2.2 Entwicklungsversuch .....                                                                                                                         | 29 |
| 2.3 Ovipositionsversuch.....                                                                                                                          | 33 |
| 2.4 Aggressivitätstest .....                                                                                                                          | 34 |
| 2.5 Auswertung der Daten.....                                                                                                                         | 35 |
| 3. ERGEBNISSE .....                                                                                                                                   | 37 |
| 3.1 Entwicklungsversuch .....                                                                                                                         | 37 |
| 3.2 Ovipositionsversuch.....                                                                                                                          | 45 |
| 3.3 Aggressivitätstest .....                                                                                                                          | 51 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 4. DISKUSSION .....                               | 53 |
| 4.1 Entwicklungsversuch .....                     | 55 |
| 4.2 Ovipositionsversuch .....                     | 64 |
| 4.3 Aggressivitätstest .....                      | 67 |
| 4.4 Bedeutung für die biologische Kontrolle ..... | 68 |
| 5. ZUSAMMENFASSUNG .....                          | 70 |
| 6. VERZEICHNISSE .....                            | 72 |
| 6.1 Literaturverzeichnis .....                    | 72 |
| 6.2 Elektronische Medien .....                    | 77 |
| 6.3 Abbildungsverzeichnis .....                   | 77 |
| 6.4 Tabellenverzeichnis .....                     | 79 |

## **DANKSAGUNG**

Besonderen Dank für die hilfreiche und unentbehrliche Unterstützung bei der Ausarbeitung dieser Diplomarbeit möchte ich meinem Betreuer Herrn Ao. Univ. Prof. Dr. Peter Schausberger aussprechen, der für alle Fragen stets ein offenes Ohr hatte und mich während der Verfassung dieser Arbeit bestens betreut hat. Auch sämtlichen Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenschutz, allen voran Frau Prof. Elisabeth Koschier und DI Daniela Hoffmann möchte ich einen recht herzlichen Dank aussprechen.

Während der schriftlichen Ausarbeitung dieser Arbeit hat mich meine Mutter stets unterstützt, indem sie auf meinen kleinen Sohn Lukas aufgepasst hat und mir so wertvolle Stunden für die Verfassung dieser Diplomarbeit verschaffte. Dafür möchte ich ihr von Herzen danken. Auch meinem Mann gebührt Dank. Zwar hat Sturm „Kyrill“ dafür gesorgt, dass er eigentlich mehr im Wald als sonst wo war, aber hin und wieder fand er doch auch Zeit, sich um unser Söhnchen zu kümmern. Zumindest hat er stets versucht, mich bei Laune zu halten, was ihm auch meistens gelungen ist. Aber auch dem Rest meiner Familie möchte ich für ihr Verständnis, ihr Interesse und ihre Geduld danken.

Nicht zu vergessen seien meine Freunde, die stets ein offenes Ohr für all die Dinge rund um die Diplomarbeit hatten.

## 1. EHLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Thripse gehören zur Insektenordnung der Thysanoptera. Sie werden auch Fransenflügler oder Blasenfüße genannt. Weltweit sind mehr als 5000 Arten verbreitet, 300 davon kommen in Mitteleuropa vor (FORTMANN 1993, MORITZ 1999). Ca. 1 % der Thripse treten in landwirtschaftlichen Kulturen als Schädlinge auf (FORTMANN 1993). Zwei der wichtigsten Vertreter der Schadthripse sind *Frankliniella occidentalis* (Pergande) – der Kalifornische Blüenthrisp und *Thrips tabaci* (Lindeman) – der Zwiebelthrips.

In den vergangenen Jahren hat sich der Status der Thripse als Schädlinge in Unterglaskulturen drastisch geändert. Wurden sie früher als nicht oder kaum ernst zu nehmende Schädlinge betrachtet, so stellen Thripse heute Schadorganismen dar, welche nur sehr schwer zu kontrollieren sind. Daher zählen sie in zahlreichen Gemüse- und Zierpflanzenkulturen im Unterglasanbau zu den Hauptschädlingen (BELLOWS et al. 1999). Innerhalb der Thysanoptera war bis zu den frühen 80er Jahren *Thrips tabaci* der wichtigste Schädling in Europa. Seitdem jedoch *F. occidentalis* 1983 aus den USA eingeschleppt wurde, ist dieser der Hauptschädling Nummer eins in den europäischen Glashäusern (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998).

Thripse zeichnen sich durch direkte und indirekte Schädigung der Kulturpflanzen aus. Direkte Schäden entstehen durch Saugtätigkeit an Blättern, Blüten und jungen Früchten. Als indirekter Schaden wird das Übertragen wichtiger Viren, wie z.B. des Tomato-spotted wilt-virus (TSWV) bezeichnet (LOOMANS et al. 1995).

Die wesentlichen Ursachen für die schwierige Bekämpfung von Schadthripsen sind (1) ihre verborgene Lebensweise, (2) ein hohes Resistenzniveau gegen viele gebräuchliche Insektizide und (3) eine außerordentlich rasche Vermehrung (FREY 1990). Einer der Hauptgründe, warum Thripse seit geraumer Zeit ein so großes Problem darstellen, ist die drastische Veränderung des Verwendungsmusters von Pestiziden. Um die großflächige Ausbreitung von Blattläusen oder der Spinnmilbe *Tetranychus urticae* Koch zu verhindern, setzte man früher häufig Breitbandinsektizide ein und hinderte im Zuge dessen Thripse daran, eine hohe Populationsdichte zu erreichen. Durch den vermehrten Einsatz von Nützlingen in den letzten Jahrzehnten werden Breitbandpestizide nur noch sporadisch ausgebracht. Somit werden Schadthripse nicht bzw. kaum chemisch bekämpft und können

sich ungehindert vermehren (BELLOWS et al. 1999). Nachdem die Problematik der Thripse als wichtige Schädlinge in Gewächshauskulturen erkannt wurde, versuchte man anfangs durch vermehrten Einsatz von Pestiziden die Thripse unter Kontrolle zu bringen. Aber schon bald stellte sich heraus, dass durch die kurze Entwicklungszeit und hohe Reproduktionsfähigkeit der Thripse rasch Resistenzen gegen zahlreiche Insektizide aufgebaut werden können (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998).

Diese Problematik veranlasste viele Wissenschaftler zu intensiver Forschung im Bereich der biologischen Schädlingskontrolle von Thripsen (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998). Zu den erfolgreichsten natürlichen Gegenspielern von Thripsen zählen Raubmilben der Familie Phytoseiidae (siehe Tabelle 1.1) und Blumenwanzen (Anthocoridae, wie z.B. *Orius* spp.) (BLÜMEL 2004, FORTMANN 1993, LOOMANS et al. 1995).

#### **Raubmilben der Familie Phytoseiidae**

#### **Thripsart**

*Neoseiulus* (= *Amblyseius*) *barkeri* (= *mckenziei*) (Hughes)

gegen alle Thripse

*Neoseiulus* (= *Amblyseius*) *cucumeris* (Oudemans)

gegen alle Thripse

*Iphiseius* (= *Amblyseius*) *degenerans* (Berlese)

gegen *F. occidentalis*

*Hypoaspis* (= *Geolaelaps*) *miles* (Berlese)

gegen *F. occidentalis*

*Hypoaspis aculeifer* (Canestrini)

gegen *F. occidentalis*

Tabelle 1.1: Raubmilben im Einsatz gegen Thripse (BLÜMEL 2004)

In den vergangenen Jahren wurde oft die Kombination *N. cucumeris*, *Orius laevigatus* (Fieber) und *I. degenerans* zur Kontrolle der Thripse verwendet. *Neoseiulus cucumeris* wurde eingesetzt, sobald man mit der Kultivierung der Pflanzen begann. Im Sommer ersetzte *I. degenerans* oft *N. cucumeris*, da diese mit hohen Temperaturen besser zurechtkommt. Beide Raubmilbenarten attackieren lediglich die jungen Larvenstadien der Thripse. Der zusätzliche Einsatz von Raubwanzen diente auch zur Kontrolle erwachsener Thripse (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM).

In der vorliegenden Arbeit wird in Vergleichen hauptsächlich auf die Raubmilbenarten *N. barkeri*, *N. cucumeris* und *I. degenerans* eingegangen, da diese laut BLÜMEL et al. (1998) hauptsächlich zur Kontrolle von Thripsen verwendet werden. Dadurch wurden ihre Lebensweise und Biologie eingehend untersucht - somit liegen gute Vergleichswerte für die vorliegende Arbeit, im Speziellen für die Diskussion der Ergebnisse, vor.

Auf der Suche nach weiteren Antagonisten von Thripsen entdeckten Wissenschaftler, dass die Raubmilbe *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* (erstmalig beschrieben von ATHIAS-HENRIOT 1962), welche ebenfalls zu den Phytoseiiden zählt und nah verwandt ist mit den Raubmilben *N. cucumeris* und *Neoseiulus californicus* McGregor (WWW.NUETZLINGE.DE), eine hohe Effizienz gegen *F. occidentalis* und *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Tabak-Weiße Fliege) in Paprikakulturen aufweist. So wurde z.B. bei einem Versuch in Holland im Jahr 2004 diese Milbe in einer Paprikakultur unter Glas vorbeugend freigelassen. Die Population stabilisierte sich auf einem Level von 4-5 Milben pro Blatt und blieb während der ganzen Wachstumsperiode konstant. *Frankliniella occidentalis* und *B. tabaci* konnten jedoch kaum nachgewiesen werden. Weitere Versuche wurden auf mit *F. occidentalis* befallenen Paprikapflanzen durchgeführt. Es wurde dabei festgestellt, dass die Freilassung von einem *A. swirskii* Individuum pro Blatt den gleichen Erfolg hatte wie die Freilassung von 3 mal – in wöchentlichen Intervallen – 10 *N. cucumeris* pro Blatt (BOLCKMANS et al. 2005). Demzufolge baut *A. swirskii* mit *F. occidentalis* als Beute also größere und stabilere Populationen auf als *N. cucumeris* und ist darüber hinaus einfach in Massen zu züchten (MESSELINK et al. 2006).

Aufgrund dieser und anderer Versuchsergebnisse (siehe 1.2.4) ist es laut BOLCKMANS et al. (2005) und VAN HOUTEN et al. (2005) durchaus denkbar, dass *A. swirskii* die Raubmilbe *N. cucumeris* als „Standardmilbe“ gegen Thripse in Zukunft ersetzen wird. Im Gegensatz zu *N. cucumeris* ist allerdings relativ wenig über die Biologie und Ökologie von *A. swirskii* bekannt.

Bereits bei Beginn der vorliegenden Versuche war bekannt, dass *A. swirskii* das Potential hat, Weiße Fliegen, Spinnmilben und auch Thripse (vor allem *F. occidentalis*) zu kontrollieren. Seit 2005 laufen dazu umfassende Versuche, jedoch kann eine ausschließliche Bekämpfung von Thripsen oder Weißer Fliege mit *A. swirskii* noch nicht empfohlen werden (WWW.NUETZLINGE.DE). Die vorliegende Arbeit wurde daher

durchgeführt um weitere Informationen über die Biologie von *A. swirskii* mit Schadhripsen als Beute und das Potential von *A. swirskii* im Einsatz gegen Schadhripse zu erwerben. So sollte festgestellt werden, ob dieser Nützling außer gegen *F. occidentalis* auch gegen den Zwiebelthrips *T. tabaci* eingesetzt werden kann. Dazu wurden folgende Parameter untersucht:

- (1) Entwicklung der Milbe bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (2) Ovipositionsleistung bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (3) Aggressivität der Raubmilbe gegenüber *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*

## **1.1 Systematik der Thysanoptera, Charakteristika und Biologie von *Frankliniella occidentalis* (Pergande) und *Thrips tabaci* (Lindeman)**

### **1.1.1 Systematische Einteilung der Thysanoptera (BLÜMEL 2004)**

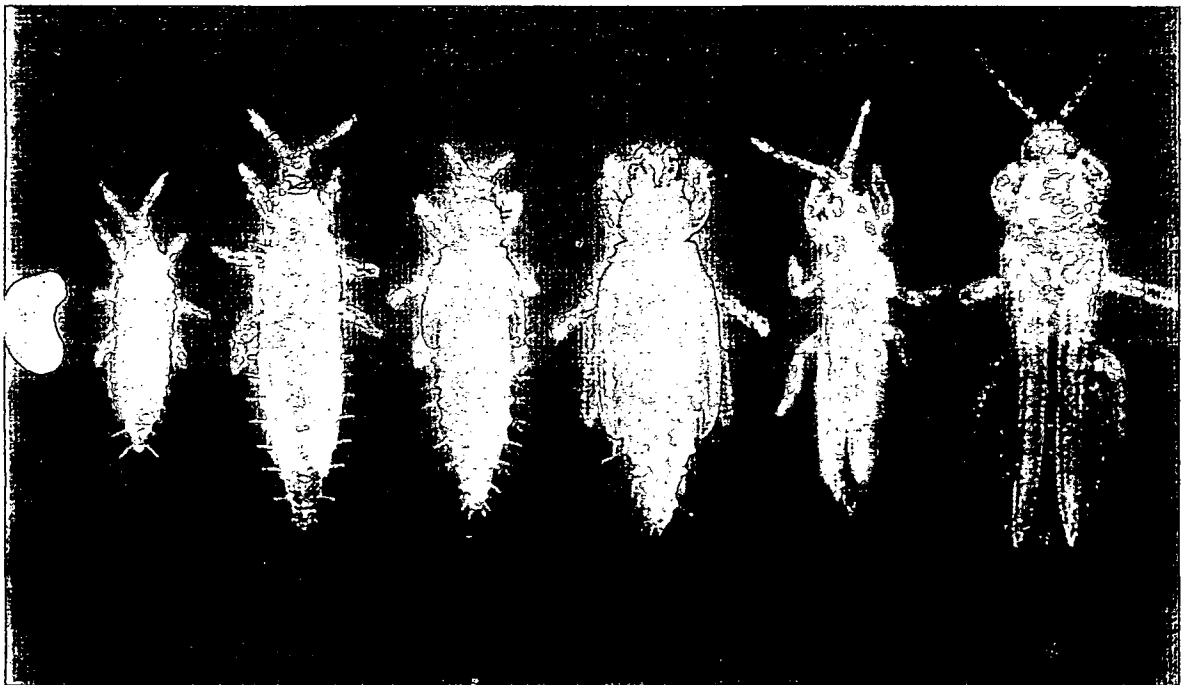
|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| Stamm:          | Arthropoda                |
| Klasse:         | Insecta                   |
| Unterklasse:    | Ectognatha                |
| Ordnung:        | Thysanoptera              |
| Unterordnungen: | Terebrantia<br>Tubulifera |
| Familie:        | z.B. Thripidae            |

Die Familie der Thripidae wird der Unterordnung der Terebrantia zugeordnet. Diese unterscheidet sich von den Tubulifera vor allem durch das Vorhandensein eines Legebohrers (Ovipositor) bei den Weibchen (BLÜMEL 2004). Die meisten pflanzenschädigenden Thysanoptera gehören zur Familie der Thripidae (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998).

### 1.1.2 Biologie der Thysanoptera (Fransenflügler)

Die Ordnung Thysanoptera gehört zu den Insekten mit unvollständiger Verwandlung (Hemimetabola) – sie durchlaufen kein Puppenstadium.

Die Eier werden bei zahlreichen Arten mittels eines Ovipositors in zartes Pflanzengewebe abgelegt bzw. versenkt. Die Entwicklung der Thripse umfasst 4 Nymphenstadien (siehe Abb. 1.1). Die beiden ersten cremefarbenen Stadien werden Larven genannt und leben auf der Unterseite von Blättern oder in Blüten. Das dritte und vierte Larvenstadium, auch „Präpuppe“ und „Puppe“ genannt, sind fast unbeweglich und leben im oder auf dem Boden, dort nehmen sie wenig oder keine Nahrung auf (HASSAN 1993). Die „Präpuppen“ und „Puppen“ besitzen im Gegensatz zu den Larvenstadien deutliche Flügelanlagen (FORTMANN 1993) (siehe Abb. 1.1).



Quelle: Institut für Pflanzenschutz, BOKU

- |                      |              |                                   |              |
|----------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| 1 - Ei               | 4 - Präpuppe | } mit deutlichen<br>Flügelanlagen | 6 - Männchen |
| 2 - 1. Larvenstadium | 5 - Puppe    |                                   | 7 - Weibchen |
| 3 - 2. Larvenstadium |              |                                   |              |

Abbildung 1.1: Entwicklungsstadien von Thysanoptera dargestellt anhand von *F. occidentalis*

Die adulten Tiere und Jungstadien saugen je nach Thripsart an Pollen und Epidermiszellen von Blüten- und Laubblättern. Als Mundwerkzeuge dienen kurze Stechborsten, die aus der kegelförmigen Mundöffnung ins Pflanzeninnere gestoßen werden (KAHRER 1998). Das Besaugen von Blütenpollen bzw. Blättern führt zu Pollentränen, Verkorkungen und charakteristischen Silberflecken. Letztere entstehen dadurch, dass anstelle des Zellinhaltes Luft in das Gewebe eindringt. Die besaugten Stellen trocknen gewöhnlich ein und verfärben sich braun oder sie werden rau. Bei starkem Befall vergilben die Blätter und fallen ab (KAHRER und GROSS 2002).

Ein weiteres großes Problem der Thripse ist ihre Fähigkeit, Viren zu übertragen. Zehn Thripsarten, darunter *F. occidentalis* und *T. tabaci*, sind bisher als Vektoren von Viren bekannt. Eines der wichtigsten durch Thripse übertragbares Virus ist das Tomato-spotted wilt-virus - TSWV (MORITZ 1999).

Die Entwicklungsgeschwindigkeit und Reproduktion der Thripse hängt stark von der Temperatur ab. Bei 27 °C lebt ein *F. occidentalis* Weibchen ca. 40 Tage und legt während dieser Zeit ca. 300 Eier ab. Die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum geschlechtsreifen Tier beträgt bei 15 °C 44 Tage, bei 20 °C 22 Tage und bei 30 °C nur noch 15 Tage. Die Entwicklung von *T. tabaci* dauert bei 20 °C nur ca. 20 Tage (KAHRER und GROSS 2002).

Die meisten Thysanoptera sind haplo-diploid und haben eine arrhenotoke Vermehrung. Dies bedeutet, dass aus befruchteten Eiern Weibchen und aus unbefruchteten Eiern Männchen entstehen. Nur wenige Spezies haben obligate Parthenogenese (Thelytokie), i.e. sie vermehren sich ohne Befruchtung und Weibchen produzieren nur weibliche Nachkommen (MORITZ 1999).

### **1.1.3 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) – Kalifornischer Blütenthrips**

Beim Kalifornischen Blütenthrips handelt es sich um 1,5 mm lange, sehr schmale Insekten. Sie tragen 2 Paar durchsichtige, beborstete, schwertförmige Flügel, die in Ruhe am Körper anliegen (siehe Abbildung 1.1). Typische Merkmale des Vollinsekts sind je zwei Borsten am Vorderrand des Halsschildes, die 8-gliedrige Antenne, die durchgehende Borstenreihe

an der Nebenader der Vorderflügel sowie eine starke Borste hinter den Augen („Postoccipitalborste“).

Der Kalifornische Blütenthrips ist ein typischer Importschädling, der Ende der 80er Jahre nach Mitteleuropa eingeschleppt wurde. Er stammt aus dem Südwesten der USA, wo ein mediterranes Klima herrscht. In Mittel- und Nordeuropa ist *F. occidentalis* bisher nur in Gewächshäusern als Problemschädling aufgefallen. Jedoch vermehrt er sich in den Sommermonaten auch auf Pflanzen im Freiland in Gewächshausnähe. In Südeuropa ist er hingegen auch im Freien weit verbreitet. Er ist polyphag und kann an einer Vielzahl von Gemüse- und Zierpflanzen sowie Wildkräutern leben (KAHRER und GROSS 2002). Durch sein hohes Fortpflanzungspotential (bis zu 300 Eier pro Weibchen) kann sich eine Population bei 27 °C innerhalb eines Monats um das 100fache vermehren (FREY 1990).

#### **Schaden** (siehe Abbildung 1.2)

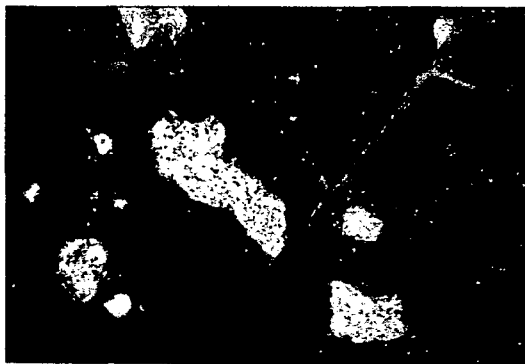
Der Kalifornische Blütenthrips schädigt die befallenen Pflanzen sowohl auf den Blättern als auch in den Blüten. Nachdem er sich lange Zeit aufgrund seiner verborgenen Lebensweise unauffällig verhält, erkennt man den Befall meist erst am charakteristischen Silberglanz der Blätter. Ein weiteres Charakteristikum sind die kleinen, dunklen Kottröpfchen auf den silbrig glänzenden Schadstellen. Auf den Blüten zeigt sich der Schaden durch lose herumliegenden Pollen (Pollentränen). An angestochenen, jungen Früchten entstehen Verkorkungen und Verkrümmungen an den Einstichstellen. Vor allem Gurke und Paprika zählen zu den gefährdeten Gemüsearten im Gartenbau. Im Zierpflanzenbau sind unter anderem *Saintpaulia*, *Gerbera*, *Chrysanthemum*, *Cyclamen*, Rosen und Begonien besonders gefährdet (FREY 1990).



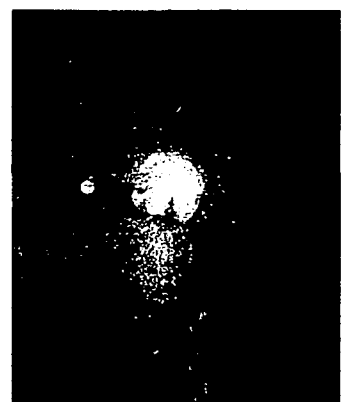
Durch Thrips geschädigte  
Paprikafrucht (Verkorkung)



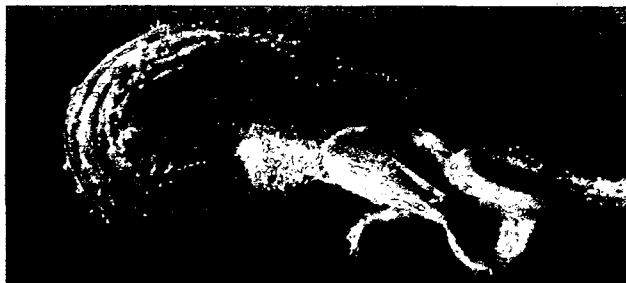
Thripsschaden an  
*Chrysanthemum*



Thripsschaden am Blatt (stark  
vergrößert)



Pollentränen an *Saintpaulia*



Thripsschaden an junger Gurkenfrucht

Quelle: KAHRER und GROSS (2002), Separatdruck aus „Der Gartenbau“ (1990)

Abbildung 1.2: Schadsymptome von *F. occidentalis* (Pergande) an Gemüsekulturen und  
Zierpflanzen

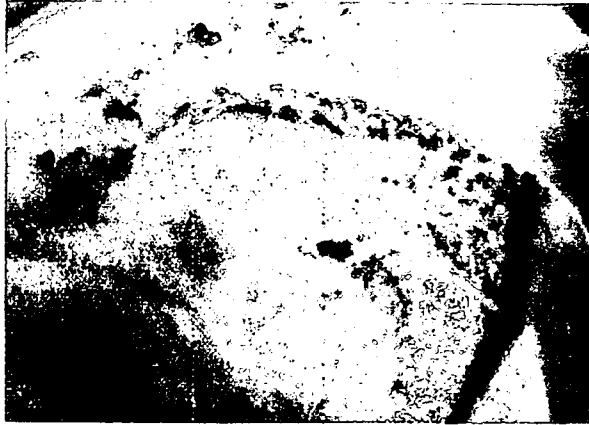
#### **1.1.4 *Thrips tabaci* (Lindeman) – Zwiebelthrips (nach KÄHRER und GROSS 2002)**

Bei *Thrips tabaci* (Lindeman) handelt es sich um etwa 1 mm lange, schmale Insekten, die ebenfalls zwei Paar durchsichtige, beborstete, schwertförmige Flügel tragen, welche in Ruhe am Körper anliegen. Typische Merkmale sind je zwei lange Borsten an den Hinterecken des Halsschildes, die 7-gliedrige Antenne und eine Unterbrechung in der Borstenreihe an der Nebenader der Vorderflügel.

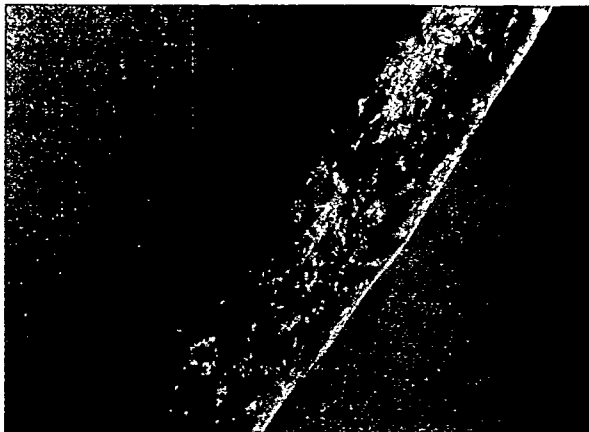
Der Zwiebelthrips ist trotz seines Namens keinesfalls auf Zwiebel oder Tabak beschränkt, sondern kann fast sämtliche Gartenbau- sowie Feldkulturen und auch Wildkräuter befallen. Die Überwinterung erfolgt durch erwachsene Weibchen in der Bodenstreu, in milden Wintern zusätzlich auch durch Larven. Abhängig von der Witterung treten mehrere Generationen pro Jahr auf. Alljährlich ist ein Massenflug zu beobachten, dessen genauer Zeitpunkt von Jahr zu Jahr schwankt. Im Osten Österreichs ist er besonders in trockenen Jahren der Problemschädling an Lagerkraut sowie ein wichtiger Schädling an Porree und Zwiebel.

#### **Schaden (siehe Abbildung 1.3)**

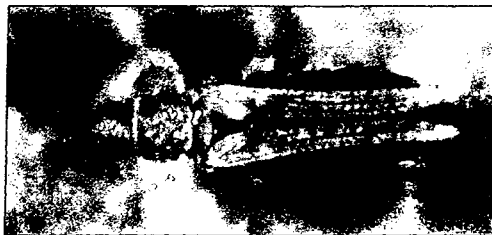
Häufigstes - z.B. an Zwiebel vorherrschendes - Schadsymptom ist silbriger Blattglanz, welcher durch Lufteinschlüsse als Folge des Saugvorganges entsteht. Braune Verkorkungen sind an äußeren und mittleren Blattlagen von Krautköpfen oder am „Kelchspalt“ von Paprika zu finden. Diese Schäden entstehen als Reaktion des Blattgewebes auf Einstiche der Thripse. Ein wichtiges Erkennungsmerkmal sind in jedem Fall kleine grünliche Kottröpfchen im Bereich der Fraßstellen.



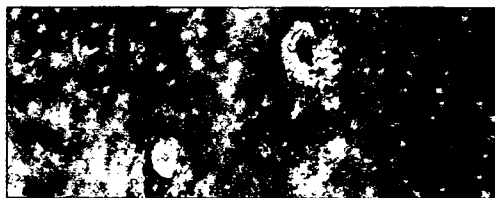
Schadsymptom an Kraut



verursachter Schaden an Zwiebel



Zwiebelthrips (natürliche Größe 1 mm)



Eier eines Zwiebelthrips (natürliche Größe 0,3 mm)

Quelle: KAHNER und GROSS (2002)

Abbildung 1.3: Aussehen und Schadsymptome von *T. tabaci* (Lindeman)

## **1.2 Systematik und Morphologie der Phytoseiidae sowie Charakteristika von *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* (Athias-Henriot)**

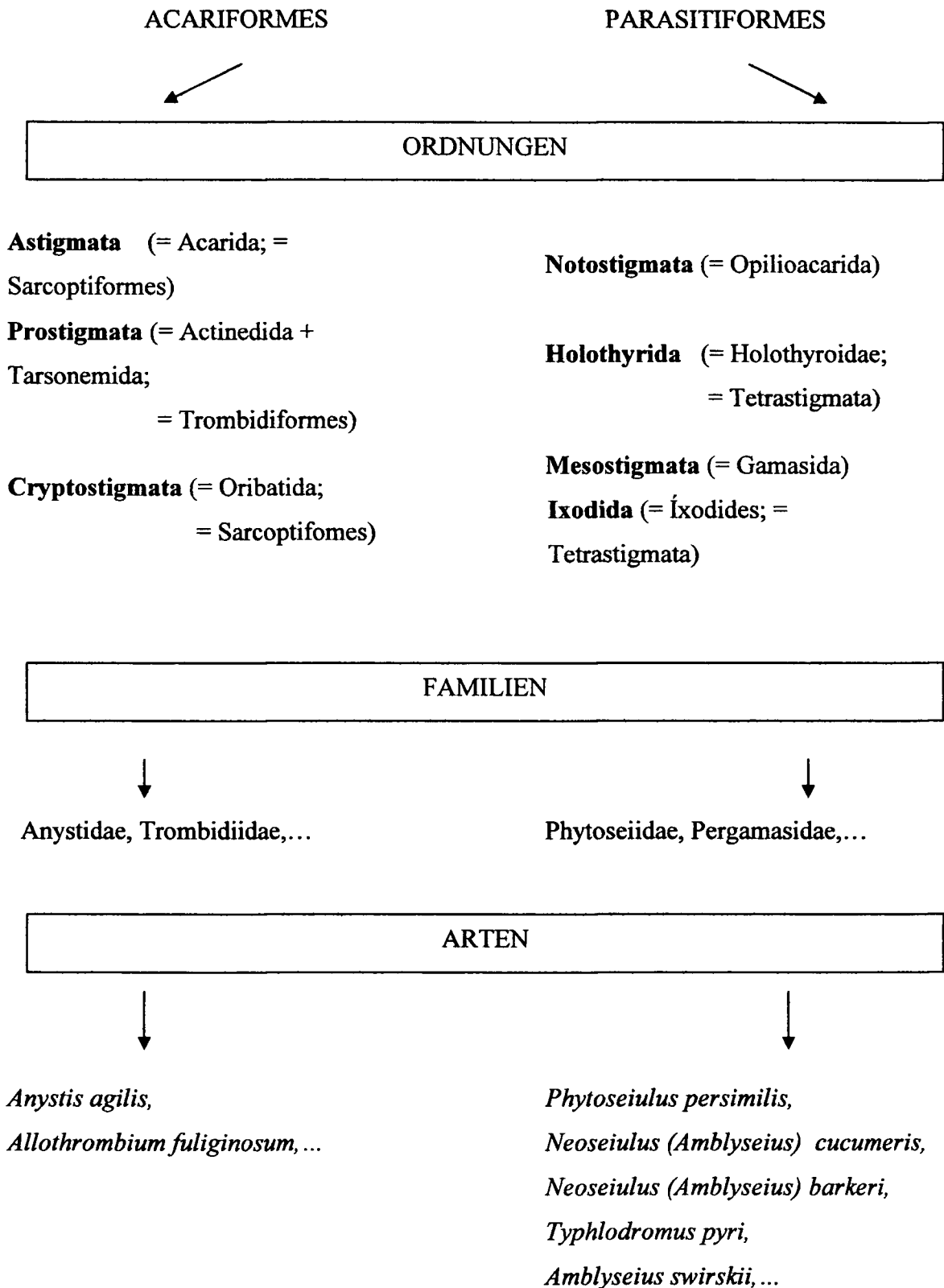
Milben werden systematisch den Spinnentieren (Arachnida) zugeordnet und bilden eine eigene große Unterklasse, nämlich die der ACARI – Milben und Zecken (KRANTZ 1978, FORTMANN 1993).

Von den rund 30 000 – 60 000 (sehr unterschiedliche Angaben) beschriebenen Milbenarten sind rund 3 000 in Mitteleuropa beheimatet (FORTMANN 1993).

Die in den Versuchen verwendete Raubmilbenart *Amblyseius swirskii* gehört zur Familie der Phytoseiidae innerhalb der Ordnung der Mesostigmata. Auch zahlreiche andere in der Biologischen Schädlingskontrolle eingesetzte Raubmilbenarten, wie z. B. *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot), *N. cucumeris*, und *Neoseiulus californicus* (McGregor) gehören zu dieser Familie.

### 1.2.1 Systematik (nach FORTMANN 1993, ALFORD 1999)

Grundsätzlich werden bei den ACARI zwei Hauptgruppen (Superordnungen) unterschieden:



### 1.2.2 Biologie der Phytoseiidae

In der Familie Phytoseiidae finden sich vor allem wichtige Räuber von phytophagen Milben wie Spinn- und Gallmilben und kleineren Insekten wie z. B. Thripsen. Die ca. 0,5 mm großen Raubmilben sind sehr beweglich und befinden sich meist an den Blattunterseiten der Wirtspflanzen.

Bisher wurden mehr als 2000 Phytoseiidenarten beschrieben (FORTMANN 1993). Der überwiegende Teil (über 80 %) der in Österreich auf Pflanzen vorgefundenen Raubmilben gehört dieser Familie an (BLÜMEL et al. 1998).

Innerhalb der Familie gibt es große Unterschiede zwischen den Arten im Nahrungsspektrum (FORTMANN 1993). Die monophage Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot vertilgt zwar Spinnmilben mit hoher Effektivität, andere Schädlinge können sich jedoch ungestört vermehren (KARG 1994). Sie wird daher als Nahrungsspezialist bezeichnet und zählt zu den so genannten „Säuberungsräubern“, da sie sich ausschließlich von vorhandenen Spinnmilbenpopulationen ernähren kann (FORTMANN 1993).

In mehrjährigen Kulturen erweist sich der Einsatz polyphager Raubmilben (Generalisten) oft als vorteilhaft. Kurzfristig sind Generalisten zwar weniger effizient in der Kontrolle einzelner Schädlingsarten, sie bieten aber auch Vorteile: es ist eine kombinierte Dezimierung verschiedener Schaderreger gegeben, viele Arten können sich auch von Pollen ernähren und die Massenzucht der Tiere ist mit geringerem Energie- und Arbeitsaufwand verbunden (KARG 1994). Zahlreiche Arten der Gattungen *Amblyseius* und *Typhlodromus* sind polyphag und somit Generalisten. Neben Spinnmilben dienen ihnen auch andere kleine Milben und Insekten wie z. B. Weichhaut- bzw. Pockenmilben und Thripse als Nahrung. Auch Pollen, Pilzhyphe, Pilzsporen usw. werden als Nahrung angenommen. Diese Milben werden als „Schutzzäuber“ bezeichnet, da sie Kulturpflanzen besiedeln, auch wenn keine Spinnmilben vorhanden sind. Sie ernähren sich dann von anderen Beutetieren und/oder pflanzlichen Substanzen (FORTMANN 1993).

Die Fortpflanzung der Phytoseiidae erfolgt nur geschlechtlich – unbegattete Weibchen legen keine Eier ab. Die Eier sind durchscheinend, glatt und eiförmig (FORTMANN 1993).

Im weiblichen Körper entwickelt sich jeweils nur ein Ei, welches verhältnismäßig groß ist (1/3 bis 1/2 der Länge des Idiosomas) (KARG 1994).

Alle Raubmilben innerhalb der Ordnung Mesostigmata durchlaufen ein Larvenstadium und zwei Nymphenstadien. Man unterscheidet eine Proto- und eine Deutonymphe. Die Stadien sind durch Häutung getrennt. Die alte Körperhülle bleibt als Exuvie erhalten. Die Größe und Sklerotisierung der Tiere nehmen von Stadium zu Stadium zu. Die Färbung der Milben wird durch die zunehmende Sklerotisierung etwas dunkler. Larven sind weißlich und besitzen nur 3 Beinpaare, während die Nymphen gelblich sind und bereits 4 Beinpaare besitzen. Die erwachsenen Tiere sind je nach Art gelblich, rötlich oder bräunlich gefärbt (KARG 1994).

Vermehrungsrate und Entwicklungsgeschwindigkeit der Raubmilben hängen stark von der Menge der aufgenommenen Nahrung und somit auch von der Populationsdichte der Beutetiere ab. Je höher letztere ist, desto mehr Beutetiere werden getötet (bis zu einem Schwellenwert). Aus diesem Grund können viele Phytoseiiden eine stark regulierende Wirkung auf die Populationsdichte ihrer Beutetiere ausüben (KARG 1994).

Die Entwicklung der Raubmilben dauert je nach Art 5 bis 15 Tage und ist abhängig von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, vom Nahrungsangebot und der Nahrungsqualität (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). Wie bei allen Arthropoden ist die Entwicklungsdauer sehr stark temperaturabhängig. Eine Temperaturreduzierung um 10 °C verdoppelt bzw. verdreifacht die Entwicklungsgeschwindigkeit. Für viele Arten ist eine Temperatur von ca. 25 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 – 95 % ideal (KARG 1994).

### **1.2.3 Morphologie von Phytoseiiden**

Der Körper der Raubmilben ist unsegmentiert, annähernd oval oder tropfenförmig, bei zahlreichen Arten sehr schlank, fast doppelt so lang wie breit. Sie sind ca. 0,3 bis 0,5 mm groß, die Beine sind im Vergleich zu anderen Milben lang, sogar z. T. länger als der Körper. Der Rücken der Tiere ist durch ein Dorsalschild bedeckt. Vorne sind zwei 5-gliedrige Kiefertaster (Pedipalpen) sichtbar, zwischen denen sich die eigentlichen

Mundwerkzeuge der Raubmilben befinden. Die Haupt-Mundwerkzeuge werden als Cheliceren bezeichnet und können scherenartig bewegt werden. Sowohl die feste Lade (Digitus fixus), als auch die bewegliche Lade (Digitus mobilis) der Cheliceren ist mit Zähnen besetzt, die das Beutetier bei einem Angriff verletzen. Die Zahl und Form dieser Zähne sind artspezifisch. Unterhalb der Cheliceren liegt die Mundöffnung, die in die Speiseröhre führt. Der durch Verdauungssäfte verflüssigte und vorverdaute Nahrungsbrei wird durch die Mundöffnung aufgesogen (KARG 1994).

Der die Mundwerkzeuge tragende vordere Bereich des Körpers wird als Gnathosoma bezeichnet, der eigentliche Körper mit den 4 Beinpaaren als Idiosoma (KARG 1994). Im Idiosoma befinden sich Verdauungsorgane, Herz, Fortpflanzungsorgane, Nerven und Muskeln (KARG 1994). Es wird in zwei verschiedene Bereiche eingeteilt. Der vordere Bereich wird Propodosoma, der hintere Hysterosoma genannt (GERSON et al. 2003) (siehe Abbildung 1.4). Die Dorsalseite ist von einem einzigen Schild bedeckt. Phytoseiidae tragen auf dem Dorsalschild weniger als 23 Paar Haare. Bei den Raubmilbenweibchen ist die Bauchseite des Idiosomas mit Schilden bedeckt. Die Teile dazwischen sind häutig (Zwischenmembranen). Die Männchen unterscheiden sich in einer etwas stärkeren Sklerotisierung der Ventralschilde. Deren Schilde sind häufig zu 1 oder 2 verschmolzen, die oft die gesamte Fläche bedecken (KARG 1994). Männchen und Weibchen zeigen weitere deutliche morphologische Unterschiede (Sexualdimorphismus). Männchen sind bedeutend kleiner als Weibchen. Der Körper vor allem von trächtigen Weibchen fällt um einiges voluminöser aus als der von männlichen Artgenossen. Dies liegt daran, dass sich der Hinterleib trächtiger Weibchen durch Dehnung der Zwischenmembranen vergrößern kann (KARG 1994).

Raubmilben besitzen keine Augen. Die Tiere tasten mit den Pedipalpen und dem ersten Beinpaar den Raum ab. Die Tarsusspitze ist mit chemischen Sinnesorganen versehen (KARG 1994).

Milben atmen generell durch Stigmata, welche dorsal (Prostigmata), seitlich ventral (Mesostigmata), versteckt (Cryptostigmata) oder fehlend (Astigmata) sein können. Bei den Phytoseiiden liegen die Stigmata seitlich auf Höhe des 3. und 4. Beinpaares (GERSON et al. 2003).

Die Beine bestehen aus sechs Gliedern; sie heißen Coxa (Hüfte), Trochanter (Schenkelring), Femur (Schenkel), Genu (Knie), Tibia (Schiene) und Tarsus (Fuß) (GERSON et al. 2003). Erwachsene Tiere und die Nymphen besitzen 4 Beinpaare, wohingegen Larven nur 3 Beinpaare besitzen (Abbildung 1.5).

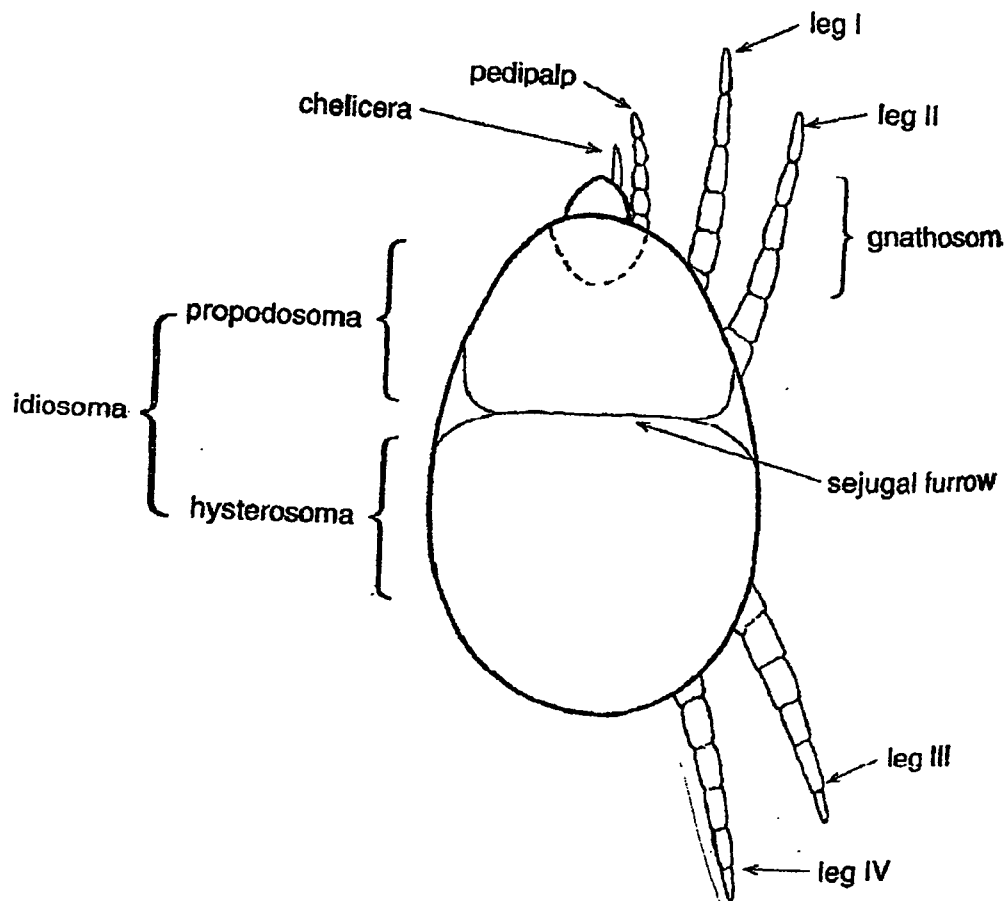


Abbildung 1.4: Genereller Milbenkörperbau (ALFORD 1999)

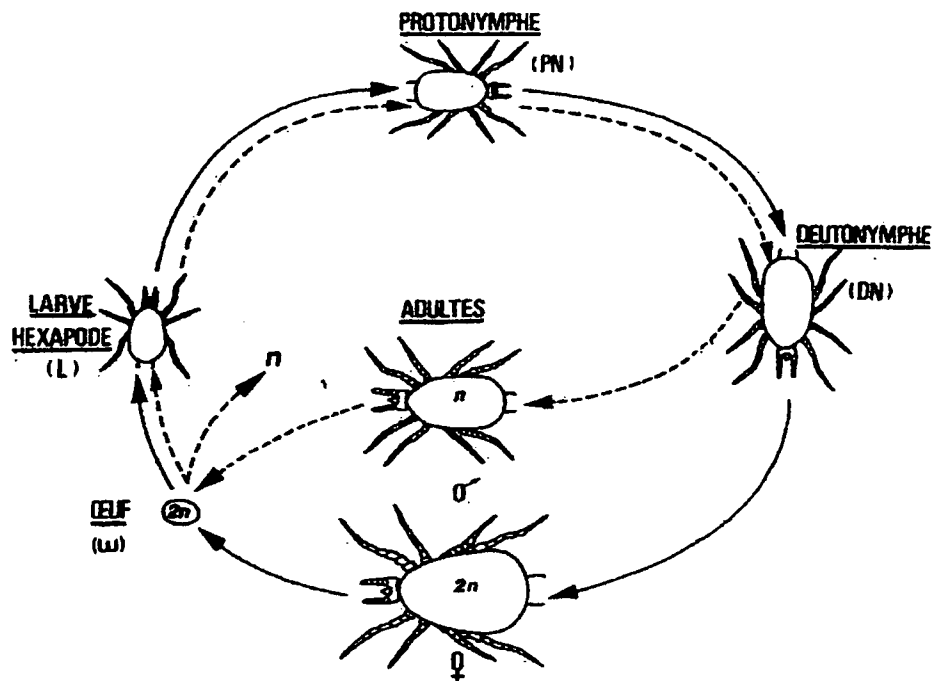


Abbildung 1.5: Entwicklungszyklus Raubmilbe, Ei – Larve – Protonymphen – Deutonymphen - adultes Tier (KREITER 1991)

#### 1.2.4 Beschreibung von *Amblyseius swirskii* (Athias – Henriot)

Die Raubmilbe *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* gehört zur Familie der Phytoseiidae. Diese Art ist im östlichen Mittelmeergebiet wie z.B. in Israel, Zypern und Ägypten aber auch in Italien beheimatet (WWW.NUETZLINGE.DE). Dort kommt sie z.B. auf Apfelbäumen, Gemüse und Baumwolle vor. In Israel ist sie auch auf Zitronenbäumen zu finden (WWW.NUETZLINGE.DE, WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM, ELSAWI and ABOU-AWAD 1992).

*Amblyseius swirskii* ist im Aussehen ähnlich zu *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus cucumeris*, *Neoseiulus barkeri* und *Amblyseius andersoni* (Chant) (siehe Abb. 1.6). Eine Unterscheidung dieser Arten ist mit bloßem Auge bzw. einer Lupe nicht möglich. Die Unterschiede können nur unter dem Mikroskop festgestellt werden (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM, SCHAUSBERGER 2006, mündliche Mitteilung). Folgende mikroskopische Merkmale sind typisch für *A. swirskii* und wichtig bei der Artbestimmung: Ausformung der Spermatheca bei den Weibchen; Form und Struktur des

Analschildes, der Cheliceren und der Spermatodactyle bei den Männchen. Ein besonderes Merkmal sind die zwei langen Haarpaare am Ende des Idiosomas (siehe Abbildung 1.7) (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM).

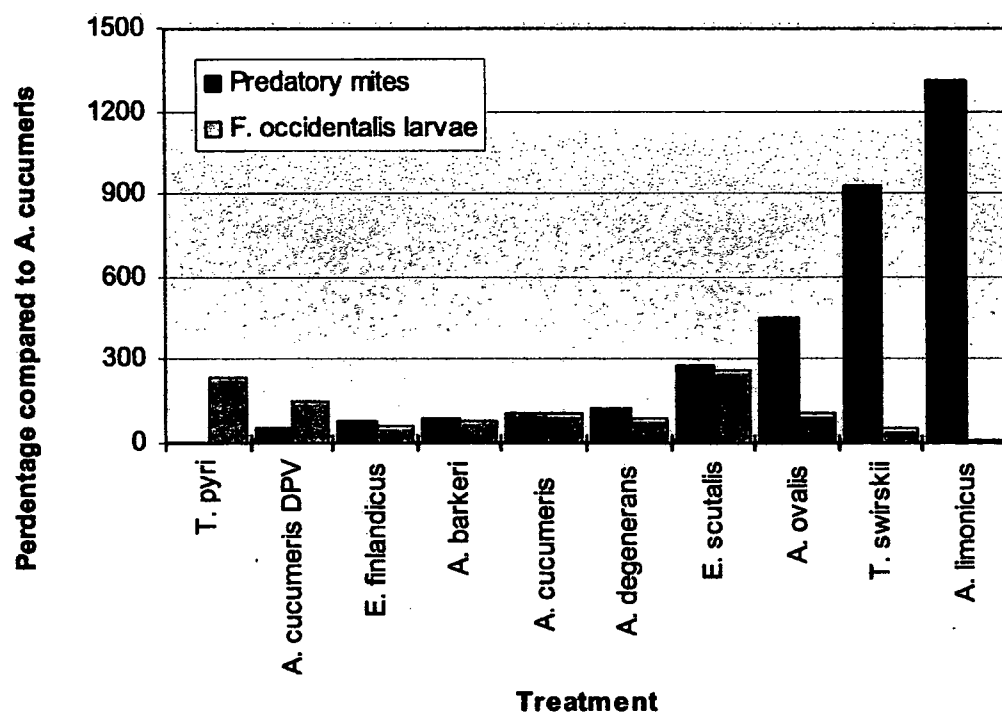
Die Farbe hängt wesentlich von der Nahrungsaufnahme ab und kann von dunkelrot bis hellgelb variieren (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM, MOMEN and EL-SAWAY 1993, SWIRSKI et al. 1967). Dienen Thripse als Nahrung, sind die Milben hellorange gefärbt (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). Bei *Bemisia tabaci* als Beutetier erscheinen die Milben gelb, orange oder braun (SWIRSKI et al. 1967).

Die optimale Temperatur liegt für *Amblyseius swirskii* zwischen 25 und 28 °C, (WWW.NUETZLINGE.DE, WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM), jedoch bleibt sie bis zu Temperaturen von 40 °C aktiv (WWW.NUETZLINGE.DE). Im Glashaus entwickelt sie sich sehr rasch und kann mit geeigneter Nahrung innerhalb kürzester Zeit große Populationen aufbauen (WWW.WB-ONLINE.NL). Aufgrund ihrer Herkunft kommt sie mit hohen Temperaturen und trockenem Klima deutlich besser zurecht als die nah verwandte Raubmilbe *Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris* (WWW.NUETZLINGE.DE, VAN HOUTEN et al. 2005), welche derzeit als „Standardraubmilbe“ gegen Thripse eingesetzt wird (MESSELINK et al. 2006). Die kritische relative Luftfeuchtigkeit von *A. swirskii* liegt bei ca. 70 % - darunter dehydrieren die Eier und sterben ab (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM).

*Amblyseius swirskii* ist fähig, mit Thripsen als Nahrung stabilere und größere Populationen aufzubauen als *N. cucumeris* und ist darüber hinaus einfacher zu züchten (MESSELINK et al. 2006). Auf mit Thrips befallenen Pflanzen entwickeln sich *A. swirskii* Populationen rascher als *N. cucumeris* Populationen. Über einen Zeitraum von drei Wochen wuchs die Population von *A. swirskii* in einem holländischen Versuch neun mal schneller als jene von *N. cucumeris* (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). BOLCKMANS et al. (2005) konnten ebenfalls nachweisen, dass *Amblyseius swirskii* der Raubmilbe *N. cucumeris* im Einsatz gegen Thripse überlegen ist. Daher scheint *A. swirskii* bei der Thripskontrolle viel effektiver zu sein als die bisherige „Standardmilbe“ *N. cucumeris*. Vertreter des weltweit größten Nützlingsproduzenten Koppert – Biological Systems (WWW.KOPPERT.NL) sind daher der Meinung, dass *N. cucumeris* aber auch die derzeit ebenfalls häufig eingesetzte

Raubmilbe *Iphiseius degenerans* in Zukunft durch *A. swirskii* ersetzt (BOLCKMANS et al. 2005, 2006, VAN HOUTEN et al. 2005).

Abbildung 1.6 zeigt verschiedene Raubmilbenarten, welche zur Kontrolle von *F. occidentalis* getestet wurden. Es fällt auf, dass lediglich *Amblyseius limonicus* Garman and McGregor das Potential hat, mit Thripsen als Beute höhere Populationen aufzubauen und die Thripse besser zu kontrollieren als *A. swirskii*. Die bisher am häufigsten eingesetzten Raubmilben - nämlich *N. cucumeris*, *I. degenerans* und *N. barkeri* - sind im Gegensatz dazu kaum fähig, *F. occidentalis* in Gurkenkulturen ausreichend zu kontrollieren. MESSELINK et al. (2006) erwähnen, dass laut MULDER et al. (1999) *A. limonicus* jedoch auf Grund schwieriger Massenzüchtung kommerziell nicht erhältlich ist.



Quelle: MESSELINK et al. (2006).

Abbildung 1.6: Kontrolle von *F. occidentalis* in Gurkenkulturen mit verschiedenen Raubmilbenarten und deren Populationsniveau im Vergleich zu *N. cucumeris*.

*Amblyseius swirskii* geht im Gegensatz zu anderen Raubmilben wie z.B. *N. cucumeris* und *N. barkeri* nicht in Diapause, wenn weniger als 12 h Licht am Tag vorherrschen und die

Temperatur unter 20 °C fällt (DICKE et al. 1989, BOLCKMANS et al. 2006, WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). Sinkt die Temperatur jedoch unter 15 °C wird sie inaktiv, kann aber längere Zeit überleben. Frost verträgt sie jedoch nicht (BOLCKMANS et al. 2006, WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM).

Wie bereits oben erwähnt hängt die Entwicklung der Milben vom Ei bis zum adulten Tier von der Temperatur, der Nahrungsqualität, dem Nahrungsangebot und der relativen Luftfeuchtigkeit ab (z.B. YOUSEF et al. 1982). Bei 26 °C und optimaler Nahrung dauert die Entwicklung nur 5 – 6 Tage (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). Auch die Ovipositionsrate hängt wesentlich von der Nahrungsart ab. Ernährt sich *A. swirskii* von Gallmilben (Eriophyidae), so werden pro Weibchen und Tag durchschnittlich 3 Eier abgelegt. Bei Fütterung der Milbe mit der Spinnmilbe *T. urticae* und Rizinuspollen beträgt die durchschnittliche tägliche Eiablage rate lediglich 1,7 Eier pro Weibchen (MOMEN and EL-SAWAY 1993).

*Amblyseius swirskii* ist ein polyphager Räuber und kann sich sogar längere Zeit nur von Pollen ernähren (MOMEN and EL-SAWAY 1993, WWW.NUETZLINGE.DE). In Kulturen ohne Pollen werden deshalb oft Rizinuspflanzen (*Ricinus communis* L.)- welche massenhaft Pollen produzieren - aufgestellt (WWW.NUETZLINGE.DE). SWIRSKII et al. (1967) entdeckten, dass der Nährwert dieses Pollens ausreicht, damit sich die Jungtiere von *A. swirskii* zu fertilen Männchen und Weibchen entwickeln. Rizinuspollen ist deshalb in Kulturen, welche selbst keinen Pollen produzieren, besonders wertvoll.

Zu den bevorzugten Beutetieren von *A. swirskii* zählen Weiße Fliegen (Eier und erste Larvenstadien), Spinnmilben (Juvenilstadien) und Thripse (erste Larvenstadien). (WWW.NUETZLINGE.DE, BOLCKSMAN et al. 2006). Laut MESSELINK et al. (2006) sollte *Amblyseius swirskii* fähig sein, sowohl Thripse als auch Weiße Fliegen –zwei Hauptschädlinge in Gewächshäusern – erfolgreich zu kontrollieren.



Abbildung 1.7: *Amblyseius swirskii* betastet leere Eihülle einer Weißen Fliege

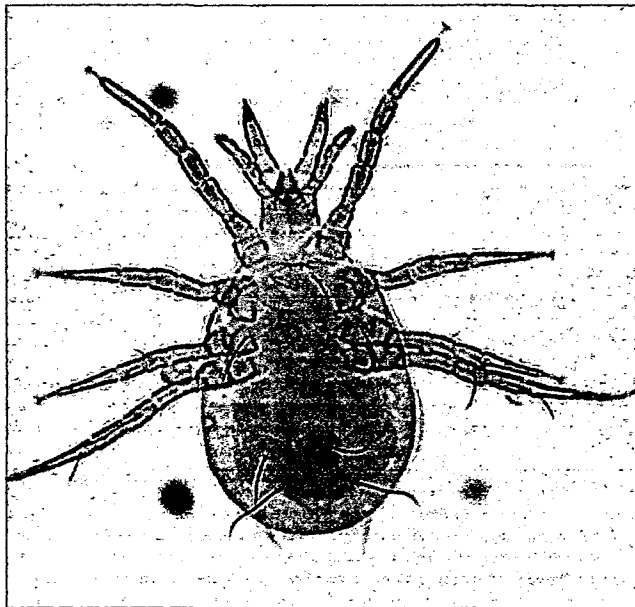


Abbildung 1.8: Ansicht von *A. swirskii* (Mikroskoppräparat) mit den typischen langen Haaren am Ende des Idiosomas

Quelle: [www.allaboutswirskii.com](http://www.allaboutswirskii.com)

### 1.3 Ziele der Arbeit

Die Thripsarten *Frankliniella occidentalis* (Kalifornischer Blütenthrips) und *Thrips tabaci* (Zwiebelthrips) zählen zu den wichtigsten Schädlingen an zahlreichen Gemüse- und Zierpflanzen. Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist die Bekämpfung dieser Schadorganismen aufgrund ihrer versteckten Lebensweise und raschen Resistenzentwicklung gegen Insektizide sehr schwierig. Diese Problematik veranlasste zahlreiche Wissenschaftler zu intensiver Forschung im Bereich der biologischen Schädlingskontrolle.

Vor kurzer Zeit wurde entdeckt, dass die Raubmilbe *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* ein hervorragender Antagonist, zumindest gegen *F. occidentalis*, zu sein scheint. Sie besitzt im Gegensatz zu anderen Raubmilben die Fähigkeit, dauerhaft stabile Populationen in Pflanzenbeständen aufzubauen, selbst wenn keine Thripse als Beute dafür aber Pollen vorhanden ist. Darüber hinaus ist sie, bedingt durch ihre Herkunft (östliches Mittelmeergebiet), gut an heiße Temperaturen - die oft in Glashäusern vorherrschen – adaptiert. Diese und andere Gründe lassen annehmen, dass *A. swirskii* die Raubmilbe *N. cucumeris*, welche momentan der wichtigste kommerziell erhältliche Gegenspieler von Thripsen ist, ersetzen wird. Erstaunlicherweise ist aber äusserst wenig über die Biologie von *A. swirskii* bei Fütterung mit Thripsen als Beute bekannt.

Ziel dieser Arbeit war die Überprüfung der Hypothese, dass *F. occidentalis* und *T. tabaci* geeignete Beutetiere für *A. swirskii* sind. Die Untersuchungen sollten darüber hinaus Aufschluss geben, ob *A. swirskii* auch gegen *T. tabaci* erfolgreich eingesetzt werden kann.

Dazu wurde die folgenden Lebenszyklus-Parameter der Raubmilben untersucht

- (1) Entwicklung von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (2) Ovipositionsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (3) Aggressivität von *A. swirskii* gegenüber ihren Beutetieren

## **1.4 Durchgeführte Experimente**

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden drei Experimente durchgeführt.

Experiment 1: In diesem Versuch ging es primär darum, die Entwicklungszeit der Raubmilbe *Amblyseius swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* zu untersuchen. Im Zuge dieser Untersuchung wurden auch die Mortalität, das Geschlecht sowie die Prädationsleistung der einzelnen Entwicklungsstadien der Milbe ermittelt.

Experiment 2: In dieser Untersuchung ging es um die Ovipositionsrate der Raubmilben bei Fütterung mit *F. occidentalis* oder *T. tabaci*. Auch hier wurden zusätzlich die Prädationsrate sowie das Geschlechterverhältnis der Nachkommen bestimmt.

Experiment 3: Hier wurde die Aggressivität von *A. swirskii* gegenüber den beiden Thripsarten erforscht. Es sollte ermittelt werden, wie lange es dauert, bis die Milbe die Thripse erfolgreich attackiert.

## **2. MATERIAL UND METHODE**

### **2.1 Vorbereitende Arbeiten**

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Zeitraum Jänner bis Juni 2006 am Institut für Pflanzenschutz, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien durchgeführt.

Um mit den eigentlichen Versuchen der Diplomarbeit beginnen zu können, war es erforderlich, diverse „Vorarbeiten“ durchzuführen. So mussten Stammzuchten als auch Zuchten zur Gewinnung der als Beute verwendeten jungen Larvenstadien von *F. occidentalis* und *T. tabaci* angelegt werden. Weiters wurden Zuchtarenen für die in den Versuchen verwendeten Raubmilben angelegt. Auch hinsichtlich der Methodenauswahl wurden Pilot-Versuche durchgeführt. Im Zuge dieser Vorversuche übte ich auch das Hantieren mit den Thripsen und Raubmilben.

#### **2.1.2 Stammzucht von *F. occidentalis* und *T. tabaci***

Für die Stammzucht der beiden Thripsarten wurden je zwei 1-l Glasgefäße benötigt. In jedes Gefäß kam ein kleines, rechteckiges Stück handelsübliches Papierhandtuch, welches die durch das pflanzliche Futter entstehende Feuchtigkeit aufnehmen sollte.

Für die Zucht von *F. occidentalis* wurden Fisolen mit Laugenwasser gewaschen, um eventuell vorhandene Schadorganismen bzw. oberflächliche Spritzmittelrückstände zu entfernen. Anschließend wurden sie in trockenem Zustand in das Glas gegeben. Blütenpollen von Mais als zusätzliche Futterquelle sollte die Eiablagerrate steigern. Mit einem Exhaustor (siehe Abbildung 2.1) wurden aus am Institut bereits vorhandenen Stammzuchten der Thripse adulte Weibchen abgesaugt und in das vorbereitete Gefäß gegeben. Die Gläser wurden mit einem feinmaschigen Netz verschlossen, welches mit einem in der Mitte großzügig ausgestanzten Schraubverschluss befestigt wurde.

Die Stammzucht für *T. tabaci* wurde nach dem gleichen Schema wie für *F. occidentalis* angelegt. Statt der Fisolen wurde Lauch als Wirtspflanze verwendet, da die Vermehrungsrate von *T. tabaci* auf Lauch besonders hoch ist.

Die Aufbewahrung der Stammzuchten erfolgte in Klimaschränken (siehe 2.2). Die Zuchten wurden zweimal pro Woche betreut, d.h. eingetrocknete und verschimmelte Fisolen bzw. Lauchstücke wurden entfernt und durch frisches Pflanzenmaterial ersetzt.

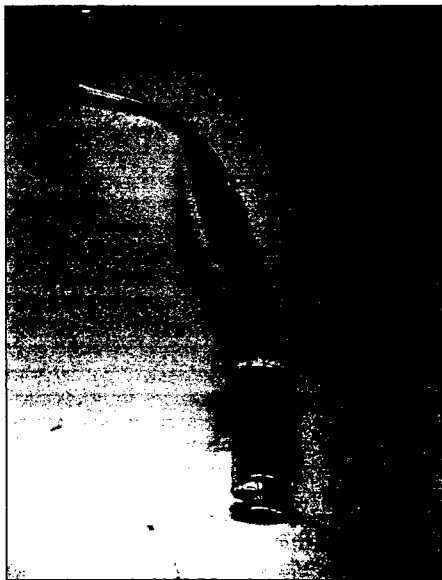


Abbildung 2.1: Saugröhrchen (Exhaustor)

### 2.1.3 Gewinnung von Larvenstadien von *F. occidentalis* und *T. tabaci*

In den durchgeführten Versuchen dienten Thripse im 1. Larvenstadium als Beute für die Raubmilben. Deswegen war es wichtig, dass diese Stadien während der Versuche ständig und ausreichend vorhanden waren.

Zu diesem Zweck wurden für jede Thripsart alle zwei Tage je nach Bedarf 2 - 3 Eiablageplatten angelegt. Dazu wurde flüssiger Agar (1 % Fluka® Wasseragar, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Deutschland) in Plastikpetrischalen (d = 14 cm) gefüllt. Auf den ausgekühlten, erhärteten Agar wurde ein großes Bohnenblatt (*Phaseolus vulgaris* L.) gelegt und leicht angedrückt, um eine längere Frische der Blätter zu gewährleisten.

Mit dem Exhaustor (siehe Abbildung 2.1) wurden aus der Stammzucht ausreichend adulte Thripsweibchen abgesaugt und auf die vorbereiteten Platten übertragen. Diese wurden mit einem Deckel, der mit einer kreisrunden 3 cm großen Öffnung versehen war, verschlossen. Die Öffnung war mit einem feinmaschigen Netz verklebt. Das Netz sollte die Luftzirkulation gewährleisten und die Entstehung von Kondenswasser verhindern. Abschließend wurden die verschlossenen Petrischalen mit Nesco® Sealing Film (Azwel Inc., Osaka, Japan) umspannt.

Die adulten Weibchen wurden zur Eiablage für zwei Tage auf den Platten belassen. Mit Hilfe des Exhaustors wurden diese dann auf eine neue Platte übertragen. Bei *T. tabaci* konnte es während der beiden Tage auf den Platten zu einer hohen Sterblichkeit kommen, da Bohnenblätter keine optimale Nahrungsquelle sind. Nach ca. zwei Tagen schlüpfte das 1. Larvenstadium von *F. occidentalis*, während dies bei *T. tabaci* etwa 4 Tage dauerte.

Um starke Schwankungen der Eiablagerrate zu verhindern, wurde die Population von Zeit zu Zeit mit Thripsen aus der Stammzucht aufgefrischt (siehe 2.1.2). Da in einer geschlossenen Population, wie es in der Stadienzucht der Fall ist, eine gewisse natürliche Sterblichkeit gegeben ist und im Zuge dessen die Eiablagerrate erheblich schwanken kann, ist es sinnvoll, diese Zuchten regelmäßig durch Tiere aus einer anderen Population „aufzufrischen“. Dadurch werden Depressionen und Schwankungen hinsichtlich der Eiablagerrate weitgehend verhindert und der Fortbestand einer dichten Population ist gewährleistet (KOSCHIER 2006, mündliche Mitteilung).

#### **2.1.4 Zucht von *Amblyseius swirskii***

Raubmilben lassen sich aufgrund ihrer geringen Größe und Flügellosigkeit im Labor relativ einfach für die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen züchten. Dazu benötigt man Zuchtarenen, die relativ leicht herzustellen sind.

Für den Bau einer Zuchtarena (siehe Abbildung 2.2) wurden zwei kleinere Bohnenblätter (*Phaseolus vulgaris* L.) aus der laboreigenen Pflanzenzucht benötigt. Bohnenblätter eignen sich für Versuchszwecke im Labor sehr gut, da Bohnen leicht zu kultivieren sind, schnell wachsen und eine relativ homogene, wenig behaarte Oberfläche besitzen.

Jede Zuchtarena wurde in einer Kunststoffdose mit den Maßen 15 x 15 cm angelegt. In die Dose legte man einen mit Wasser durchtränkten Schwamm mit den Maßen 10 x 10 cm. Das Gefäß wurde bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt, wobei darauf geachtet wurde, dass der Schwamm gut mit Wasser durchtränkt war. Auf den nassen Schwamm wurde ein Papierhandtuch gelegt und ausgestrichen, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. Auf dieses Papierhandtuch legte man zwei Bohnenblätter mit der Oberseite nach unten, wobei sich die beiden Blätter an den Breitseiten berührten. Somit konnten sich die Raubmilben frei zwischen den Blättern bewegen.

Die Ränder der Blätter wurden anschließend mit in Streifen geschnittenen Kosmetiktüchern abgedeckt. Die Streifen (~ 0,5 cm breit) saugten sich durch das feuchte Papiertuch mit Wasser an und sollten in erster Linie das Entkommen der Tiere von der Zuchtarena verhindern. Besonderes Augenmerk wurde auf die Stiele der Bohnenblätter geworfen. Diese wurden kurz abgeschnitten und besonders sorgfältig mit Kosmetiktuchstreifen abgedeckt. Somit war die Versorgung des Bohnenblattes mit Wasser und Nährstoffen gewährleistet. Schließlich sollten die Arenen mehrere Wochen in Verwendung bleiben.

Da die Milbenweibchen ihre Eier besonders gern auf leicht behaarte Blätter bzw. in behaarte Blattbereiche ablegen (Domatien), wurden auf den Arenen zwei Bereiche mit künstlicher Behaarung geschaffen. Dazu wurden unter ein 1 x 1 cm großes Deckglas einige Fäden handelsüblicher Watte gelegt. Dies sollte die Blattbehaarung bzw. Domatien imitieren und wurde von den Milben gerne als Aufenthalts- und Ovipositionsort angenommen. Domatien beschützen die Milben und deren Nachkommen vor extremen und stark wechselnden Klimabedingungen und Prädatoren (CORTESERO et al. 1999).

Nun wurde auf den Bohnenblättern mit Hilfe eines Pinsels Zuckermaispollen fein ausgebracht, der den Milben als Nahrung dienen sollte. Zwei Mal pro Woche wurde frischer Pollen ausgestreut, um den Raubmilben ausreichend Nahrung anzubieten. Im Intervall von etwa 2 – 3 Wochen wurden die Zuchtarenen erneuert, da die Bohnenblätter innerhalb dieser Zeitspanne meist unbrauchbar wurden.

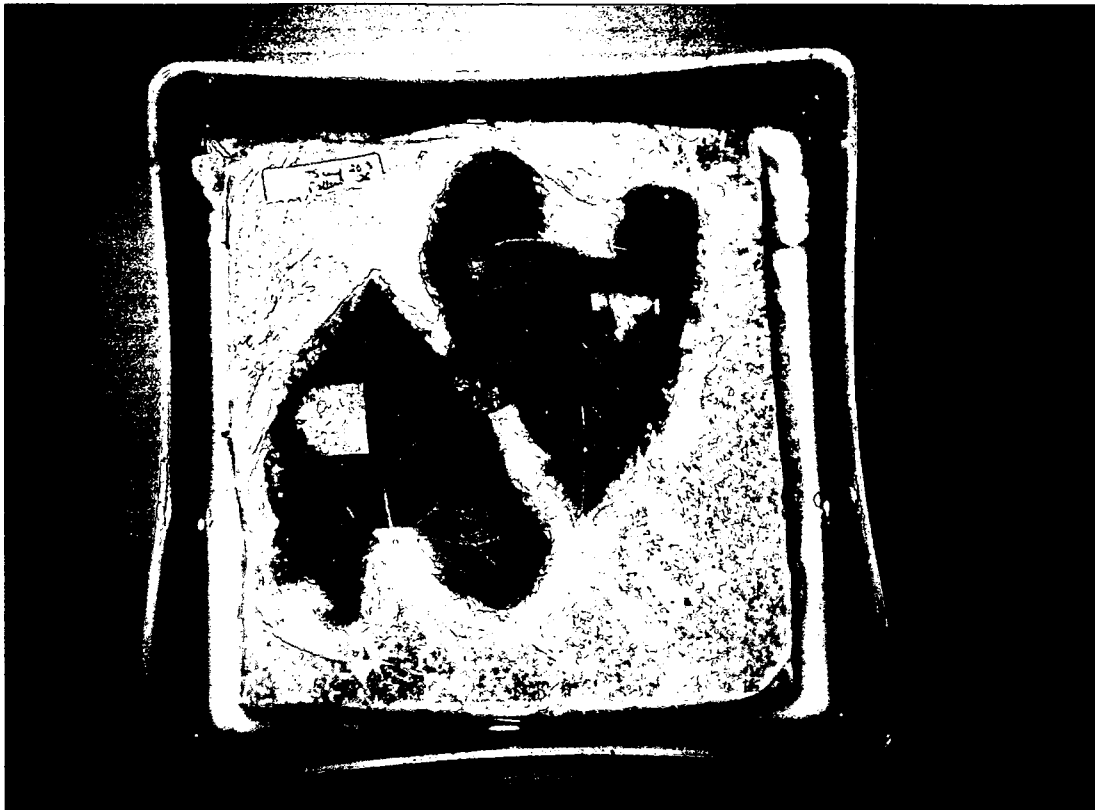


Abbildung 2.2: Zuchtarena für *A. swirskii*

Die für den Aufbau der Laborzucht benötigten *A. swirskii* wurden von der Firma Koppert ([WWW.KOPPERT.NL](http://WWW.KOPPERT.NL)) aus Holland bestellt und in einer 0,5 l Plastikflasche geliefert. Neben den Milben beinhalteten die Behälter noch die Beutetiere (Dörrobstmilben) und Kleie als Trägermaterial.

Durch vorsichtiges Drehen und leichtes Schütteln wurde der Flascheninhalt durchmischt. Anschließend wurde ein Teil des Inhaltes auf eine durch feuchte Kosmetiktuchstreifen begrenzte Kunststoffarena aufgebracht. Dann wurden unter dem Binokular ca. 40 befruchtete Weibchen einzeln mittels Pinsel vorsichtig aufgelesen und auf die vorbereiteten Zuchtarenen übertragen. Weibchen sind deutlich größer als Männchen und daher leicht von diesen zu unterscheiden. Danach wurden die Arenen in den Klimaschrank gegeben, wo sich die Tiere bei idealen Bedingungen fortpflanzen und entwickeln konnten.

### 2.1.5 Aufbewahrung der Zuchtarenen im Klimaschrank

Die Aufbewahrung der Versuchstiere erfolgte in verschiedenen Klimaschränken des Labors, wobei für jede Thripsart sowie die Milben ein eigener Schrank verwendet wurde. Vor allem bei den Thripsen sollte die getrennte Aufbewahrung von *F. occidentalis* und *T. tabaci* ein Vermischen der beiden Arten verhindern. Die Klimabedingungen in den Schränken betrugen konstant  $25 \pm 1$  °C Temperatur,  $60 \pm 5$  % relative Luftfeuchtigkeit und 16:8 h (L:D) Fotoperiode. Wichtig war vor allem das Einhalten der relativen Luftfeuchtigkeit im Aufbewahrungsschrank der Milben. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit hätte auf den Zuchtarenen der Milben zu einem Verklumpen des Pollens geführt, welcher dann als Nahrung für die Milben nicht mehr zugänglich gewesen wäre.

## 2.2 Entwicklungsversuch

Das Hauptziel dieses Versuches bestand darin, herauszufinden, ob sich die Raubmilbe *A. swirskii* mit den beiden Thripsarten *F. occidentalis* und *T. tabaci* als Beute bis zum Adulttier entwickeln kann.

Da es bei diesem Versuch um die Entwicklungsgeschwindigkeit der Milben vom Ei bis zum adulten Tier ging, benötigte man für den Versuchsbeginn Raubmilbeneier, die nicht älter als 24 h waren. Um diese zu erhalten, wurde eine neue Zuchtarena - wie in Punkt 2.1.4 beschrieben - hergestellt. Es wurden 30 befruchtete Weibchen von der bestehenden Zuchtarena mit Hilfe eines feinen Pinsels vorsichtig auf die neue Arena übertragen. Nach einem Tag auf dieser Arena hatten die Milben Eier abgelegt, welche nicht älter als 24 h waren. Der Vorteil der Verwendung von gleich alten Eiern besteht darin, dass die Larven etwa zur gleichen Zeit schlüpfen, was eine wesentliche Erleichterung der Kontrolle des Entwicklungsfortschritts bei den einzelnen Wiederholungen mit sich bringt. Darüber hinaus sind die Daten bei der statistischen Ausarbeitung wesentlich leichter zu erfassen bzw. auszuwerten, weil präzise Zeitangaben gemacht werden können.

Um eine aussagekräftige Statistik über die Entwicklungszeit erstellen zu können, sollten mindestens 8 Raubmilben das Erwachsenenstadium erreichen. Da bei diesem Versuch die Mortalität der Milben vor allem bei Fütterung mit *T. tabaci* sehr hoch war, war es

notwendig, den Versuch in mehrere Serien zu gliedern. So waren bei Fütterung mit *F. occidentalis* 4 Serien mit insgesamt 33 Wiederholungen nötig, während bei Fütterung mit *T. tabaci* 5 Serien mit insgesamt 51 Wiederholungen angesetzt wurden. Jede Serie dauerte ca. 9 Tage, welches der durchschnittlichen Entwicklungszeit vom Ei bis zum adulten Tier entsprach.

Die eigentlichen Versuche wurden in Plexiglaskäfigen (SCHAUSBERGER 1997) durchgeführt (siehe Abbildung 2.3).

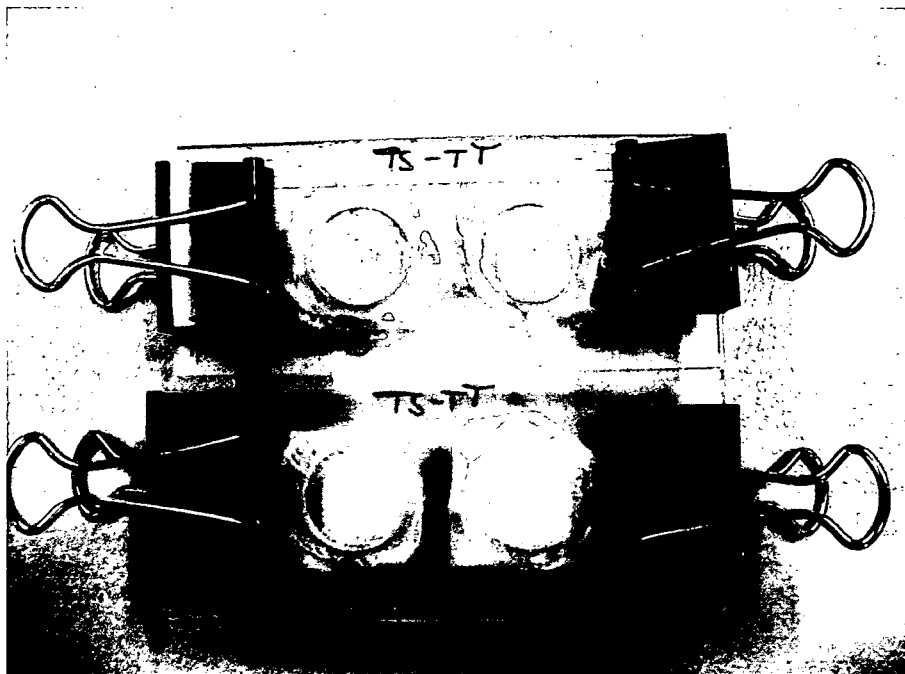


Abbildung 2.3: Plexiglaskäfige für *A. swirskii*

Verwendet wurden dazu Plexiglasstücke, die eine Länge von ca. 10 cm, eine Breite von ungefähr 2,5 cm und eine Stärke von ca. 0,5 cm hatten. In die Plexiglasstücke waren jeweils zwei Öffnungen mit einem Durchmesser von 1 cm gebohrt. Die Unterseite der Öffnungen war mit einem feinmaschigen Netz verschlossen, sodass weder Milben noch Thripse entkommen konnten. Ein ausreichender Luft- und Feuchtigkeitsaustausch war jedoch gewährleistet. Die Oberseite der Öffnungen wurde mit einem Objektträger verschlossen, welcher mit Papierklammern (wie in Abbildung 2.3 ersichtlich) befestigt wurde. Dieser Objektträger verhinderte das Entweichen der Versuchs- und Beutetiere, während Einsicht in die Zellen jederzeit möglich war. Die Plexiglaskäfige wurden in großen Plastikgefäßen über einem Wasserbad, also bei optimaler Luftfeuchtigkeit, in einem

Klimaschrank bei  $25 \pm 1$  °C aufbewahrt (siehe 2.1.5). Die hohe Luftfeuchtigkeit sollte die natürliche Mortalität der sehr empfindlichen Larvenstadien von *T. tabaci* senken. Vorversuche zur Methodenauswahl haben gezeigt, dass die 1. Larvenstadien von *T. tabaci* bei zu geringer Luftfeuchtigkeit eine sehr hohe natürliche Sterblichkeitsrate aufweisen (> 80 %). Bei *F. occidentalis* hingegen betrug die natürliche Mortalität bei gleicher Luftfeuchtigkeit weniger als 10 %.

Wegen der einfacheren Handhabung wurde jeweils nur eine Zelle pro Plexiglasstück mit einem Raubmilbenei befüllt. Da die Raubmilbenweibchen die Eier auf den Zuchtarenen in die künstlich geschaffene Behaarung legten und diese daran hängen blieben, mussten sie sehr vorsichtig mit einem feinen, befeuchteten Pinsel von den Wattefäden gelöst werden. Die Arenen wurden anschließend sorgfältig verschlossen und im Klimaschrank aufbewahrt.

Die Kontrolle des Entwicklungsstandes der Raubmilben erfolgte 2 x täglich, wobei Entwicklungsfortschritt, Prädationsrate, Mortalität und Geschlecht der Milben in einem Protokollblatt notiert wurden. Die erste Kontrolle erfolgte um 8 Uhr morgens. Gleichzeitig wurde dabei die Fütterung der Milben mit 1. Larvenstadien von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* durchgeführt (siehe 2.1.3). Die Beutetiere wurden mit einem feinen Pinsel vorsichtig von den Zuchtplatten in die Käfige transferiert. Vor der täglichen Zugabe von Beutetieren wurden die Käfige mit einem feinen Pinsel von den restlichen Thripsen bzw. deren Überresten gesäubert. Je nach Entwicklungsstand erhielten die Milben 5 bzw. 6 Stück Thripslarven pro Tag: Ab dem Eistadium bis zur Protonymphe erhielt jede Raubmilbe 5 Thripslarven. Den Deutonymphen wurden 6 Stück Thripslarven als Nahrung angeboten. Die zweite Kontrolle erfolgte um 16 Uhr, wobei lediglich das Entwicklungsstadium der Raubmilbe protokolliert wurde.

### **Erkennen des Entwicklungsfortschritts und Geschlechtsbestimmung**

Die Entwicklungsstadien der Milben umfassen das Ei, eine Larve, zwei Nymphenstadien (Proto- und Deutonymphe) und das adulte Tier. Das Ei ist oval, etwa 0,2 mm groß, und weißlich gefärbt. Die Larve ist gekennzeichnet durch 3 Beinpaare. Die Proto- und Deutonymphe und adulten Tiere haben jeweils 4 Beinpaare und sind schwierig zu erkennen, da sie sich nur in der Körpergröße unterscheiden. Das zuverlässigste

Erkennungsmerkmal der Deutonymphe ist der Häutungsrest der Protonymphe, weshalb es wichtig war, die Zellen jeden Tag nach Exuvien zu untersuchen und diese gegebenenfalls zu entfernen. Entdeckte man am nächsten Tag eine Exuvie, so war diese der Beweis dafür, dass sich die Milbe gehäutet und das nächste Entwicklungsstadium erreicht hatte. Auch bei den adulten Milben ist der Häutungsrest der Deutonymphe das zuverlässigste Merkmal für ihre Bestimmung. Das Geschlecht der Milben wurde durch den direkten Vergleich mit einer erwachsenen Milbe von der Zuchtarena bestimmt. Weibchen sind bedeutend größer als Männchen.

Folgende Tabelle war bei der Kontrolle des Entwicklungsstandes eine große Hilfe, da sie einen groben Richtwert für die Dauer eines Entwicklungsstadiums gibt (SCHAUSBERGER 2006, mündliche Mitteilung).

| <b>Entwicklungsstadium</b> | <b>Entwicklungszeit bei 25 °C (Tage)</b> |
|----------------------------|------------------------------------------|
| Ei                         | 2,5 - 3                                  |
| Larve                      | 0,7 – 1,5                                |
| Protonymphe                | 1,5 – 3                                  |
| Deutonymphe                | 1,5 – 3                                  |
| adultes Tier               | -                                        |

Tabelle 2.1: Entwicklungsstadien und durchschnittliche Entwicklungszeit von Phytoseiden

## 2.3 Ovipositionsversuch

In diesem Versuch sollte der Einfluss der Beute *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* auf die Eiablagerrate der Raubmilbe *A. swirskii* untersucht werden. Weiters wurden die Prädationsrate und Mortalität der erwachsenen Tiere und das Geschlechterverhältnis der Nachkommen bestimmt und in einem Protokollblatt vermerkt.

Bei diesem Versuch wurden für jede Thripsart zwei Serien mit insgesamt 12 Wiederholungen angesetzt. Jede Versuchsserie dauerte 10 Tage.

Der Ablauf des Ovipositionsversuches gleicht jenem des Entwicklungsversuches. Von den Zuchtarenen wurden befruchtete Weibchen unbestimmten Alters in die Versuchszellen überführt, wobei immer nur ein Weibchen pro Zelle verwendet wurde. Besonders dick wirkende Weibchen waren mit hoher Wahrscheinlichkeit befruchtet. Die Weibchen wurden 24 h ohne Nahrung in einer Versuchszelle belassen. Durch diese Hungerperiode vor dem eigentlichen Versuch wurde verhindert, dass die Nahrung (Zuckermaispollen), welche die Tiere noch auf der Zuchtarena zu sich genommen hatten, die Ergebnisse beeinflussen. Weibchen, die während dieser Hungerperiode keine Eier legten, wurden von der Versuchsreihe ausgeschlossen, da sie offensichtlich nicht befruchtet waren oder sich bereits in der Postovipositionsphase befanden.

Jedem Raubmilbenweibchen wurden pro Tag 10 Thripslarven (ebenfalls 1. Larvenstadium) von *F. occidentalis* oder *T. tabaci* als Beute angeboten. Auch bei diesem Versuch wurden die Zellen jeden Tag mit einem feinen Pinsel von den toten Thripsen befreit. Einmal täglich (8 Uhr morgens) erfolgte die Kontrolle der Zellen, wobei die gelegten Eier mit einem Pinsel vorsichtig aus der Zelle entfernt und auf eigens für den Versuch hergestellte Zuchtarenen übertragen wurden.

Für den Ovipositionsversuch wurden pro Serie 4 Zuchtarenen (siehe 2.1.4) für die abgesammelten Raubmilbeneier benötigt. Die Eier von mit *F. occidentalis* oder *T. tabaci* gefütterten Weibchen wurden auf separate Arenen übertragen. Die Arenen mit den Eiern wurden vorerst nicht im Klimaschrank sondern im Kühlschrank aufbewahrt. Durch die niedrige Temperatur wurden die Eier in ihrer Entwicklung gestoppt. Die Eier konnten maximal 5 Tage ohne nachhaltige Schädigung gekühlt werden. Deshalb wurde jede Arena

nach 5 Tagen Aufbewahrung im Kühlschrank in den Klimaschrank übersiedelt, wo die Entwicklung aller angesammelten Eier gleichzeitig einsetzen konnte. Für die gelegten Eier der restlichen 5 Tage Versuchszeit wurden zwei neue Arenen verwendet. Nachdem alle auf den Arenen befindliche Raubmilben das Erwachsenenstadium erreicht hatten, wurde das Geschlechterverhältnis der Nachkommen bestimmt.

## **2.4 Aggressivitätstest**

Bei diesem Versuch sollte die Aggressivität der Raubmilbe *A. swirskii* gegenüber den Thripsen *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* auf unterschiedlichen Substraten untersucht werden. Aggressivität wurde als Latenzzeit zwischen Offerierung der Beute und Beuteattacke definiert. Bei Variante 1 fand der Versuch in den Plexiglaskäfigen statt (siehe Abbildung 2.3), während bei Variante 2 Bohnenblätter als Substrat verwendet wurden. Bei beiden Varianten wurden für jede Thripsart 18 Wiederholungen angelegt. Insgesamt dauerte der Versuch 3 Tage.

### **Plexiglaskäfige (Variante 1)**

Von den Zuchtarenen wurden befruchtete Weibchen unbestimmten Alters in die Zellen überführt, wobei immer nur ein Weibchen pro Zelle verwendet wurde. Um die Milben „auszuhungern“ und damit die Aggressivität gegenüber den Beutetieren zu steigern, wurden die Tiere vorerst 24 Stunden ohne Futter in den Zellen belassen. Die Eier, welche die Milben während dieser Zeit legten, wurden aus der Zelle entfernt.

Nach der Hungerperiode wurden jedem Weibchen 3 Stück erste Larvenstadien der Thripse als Beute angeboten. Dann wurde beobachtet, wie viele Minuten es dauert bis die Milbe die erste der drei Thripslarven erfolgreich attackiert. Die Intervalle zwischen den Kontrollbeobachtungen betrugen ca. 2 Minuten. Hatte die Milbe nach 60 Minuten noch immer keine Larve erbeutet, wurde dies vermerkt und die Wiederholung wurde von der Statistik ausgeschlossen. Bei *F. occidentalis* und *T. tabaci* wurden lediglich je zwei Wiederholungen in der Statistik nicht berücksichtigt.

### **Blattarenen (Variante 2)**

Die Durchführung dieses Versuches war beinahe ident mit dem Schema der Variante 1. Als Substrat wurden bei dieser Variante keine Plexiglaskäfige sondern einzelnen Bohnenblätter (*Phaseolus vulgaris* L.) verwendet.

Die Herstellung der Blattarenen war identisch mit jener der Zuchtarenen (siehe 2.1.4). Insgesamt wurden 36 Blattarenen mit den ungefähren Maßen von 1,5 x 2 cm hergestellt.

Auf jede Blattarena wurden drei Thripslarven des 1. Stadiums von *F. occidentalis* oder *T. tabaci* übertragen. Damit sich die Tiere an die Umgebung gewöhnen konnten, verblieben sie 1 Stunde ohne ihren Gegenspieler *A. swirskii* auf der Blattarena. Anschließend wurde ein befruchtetes Raubmilbenweibchen der Arena beigefügt. Dann wurde auch in dieser Variante im Zweiminutentakt kontrolliert, ob die Milbe bereits eine der drei Thripslarven erbeutet hatte. Jene Milben, die länger als 60 Minuten für die Erbeutung einer Thripslarve benötigten, wurden aus der statistischen Analyse ausgeschlossen. Dies waren bei Fütterung mit *F. occidentalis* zwei Wiederholungen. Bei Fütterung mit *T. tabaci* wurden alle Wiederholungen in der statistischen Analyse berücksichtigt.

## **2.5 Auswertung der Daten**

Alle gesammelten Daten wurden in Protokollblätter eingetragen und später mittels der Computerprogramme „Excel“ und „SPSS 12.0“ ausgewertet.

Die durchschnittliche Überlebenszeit der Jungtiere (während der Entwicklung Ei – Adulttier) der Raubmilbe *A. swirskii* wurde mittels Kaplan-Meier-Analyse ermittelt. Die Kaplan-Meier Analyse berücksichtigt die Kombination aus Überlebenswahrscheinlichkeit und –zeit. Die prognostizierte Überlebenszeit der Raubmilben bei Fütterung mit den beiden Beutearten wurde mit dem Breslow Test verglichen.

Der Einfluss der Beute und des Geschlechts der Milben auf die Entwicklungsgeschwindigkeit und Prädationsraten der einzelnen Stadien wurden mittels univariaten Varianzanalysen verglichen.

Ebenso wurde eine univariate Varianzanalyse mit anschliessendem least significant difference (LSD) Post-Hoc-Test verwendet, um die Larvenentwicklungszeit der Milben ohne Nahrung, mit *T. tabaci* bzw. mit *F. occidentalis* als Beute zu vergleichen.

Um zu eruieren, ob die Beuteart im Ovipositionsversuch einen Einfluss auf die Eiablage rate bzw. Prädationsrate der Raubmilbe ausübt, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Dies ermöglichte auch zu prüfen, ob die Ovipositionsrate und Prädationsrate im zeitlichen Verlauf fluktuiert bzw. ob eine Interaktion zwischen Zeit und Beute gegeben ist.

Mittels eines Chi-Quadrat-Tests wurde ermittelt, ob das Geschlechterverhältnis der Nachkommen von mit *F. occidentalis* gefütterten Raubmilben gleich ist wie das Verhältnis von mit *T. tabaci* gefütterten Raubmilben.

Die Resultate des Aggressivitätstest wurden mittels einer univariaten Varianzanalyse ausgewertet. Dabei wurde der Einfluss der Beute bzw. des verwendeten Substrates auf die Aggressivität der Milben getestet.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1 Entwicklungsversuch

Der Entwicklungsversuch sollte Aufschluss darüber geben, ob die Raubmilbe *A. swirskii* sowohl mit *F. occidentalis* als auch mit *T. tabaci* als Beute fähig ist, einen vollständigen Entwicklungszyklus zu durchlaufen. Dabei wurden auch die Prädationsleistung, die Mortalität und das Geschlecht der erwachsenen Milben ermittelt.

Bei Fütterung der Milbe mit *F. occidentalis* sind von insgesamt 33 Wiederholungen 22 vorzeitig gestorben (66,6%). Diente *T. tabaci* als Beute, so verstarben 40 von insgesamt 51 Wiederholungen vor dem Erreichen des Erwachsenenstadiums (78,4%). Demnach konnten jeweils 11 Raubmilben den Entwicklungszyklus mit der jeweils angebotenen Thripsart vollenden (siehe Abbildung 3.1). Sowohl bei Fütterung der Milben mit *F. occidentalis* als auch mit *T. tabaci* erreichten je 7 Weibchen und 4 Männchen das Adultstadium.

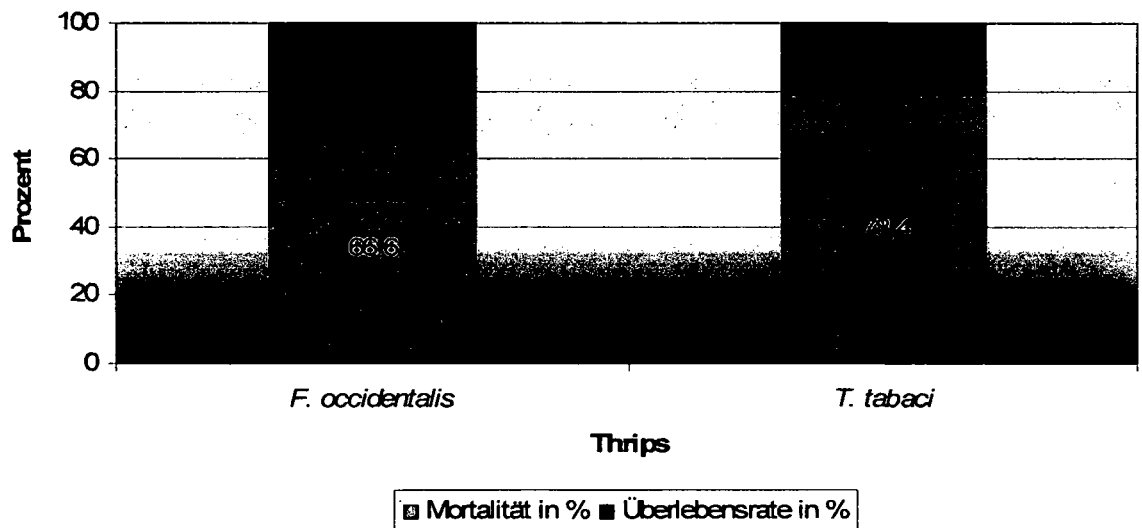


Abbildung 3.1: Mortalität und Überlebensrate (in %) der Raubmilbe *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*.

Bei Fütterung mit *F. occidentalis* betrug die prognostizierte Überlebenszeit der Jungtiere 139,11 Stunden ( $\pm 11,92$  h; Standardfehler). Im Vergleich dazu betrug die durchschnittliche Überlebenszeit bei Fütterung mit *T. tabaci* 122,59 Stunden ( $\pm 7,58$  h;

Standardfehler). Die Jungtiere von *A. swirskii* überlebten demnach bei Fütterung mit *F. occidentalis* um 0,7 Tage länger als bei Fütterung mit *T. tabaci*. Der Unterschied in der Überlebenszeit zwischen den beiden Thripsarten ist aber nicht signifikant (Test nach BRESLOW;  $df = 1$ ;  $P = 0,815$ ).

Abbildung 3.2 zeigt die Überlebensfunktion der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii*. Die Grafik stellt dar, zu welchem Zeitpunkt Raubmilben gestorben sind und wie hoch der Prozentsatz jener Milben war, welche das Erwachsenenstadium erreichten.

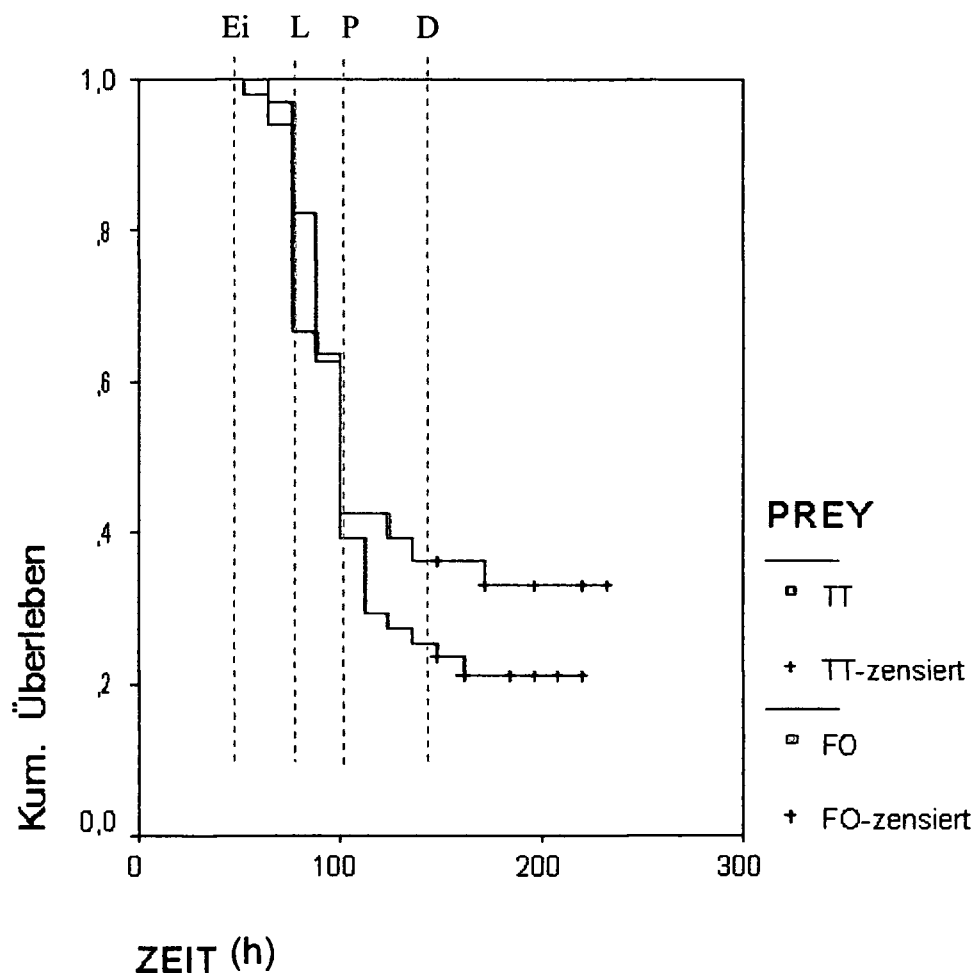


Abbildung 3.2: Überlebensfunktion der Jungtiere von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT) (E – Ei; L – Larve; P – Protonympe; D – Deutonymphe).

Bei einem Vergleich der Entwicklungszeit jener Tiere, die das Erwachsenenstadium erreicht haben, zeigte die statistische Auswertung folgende Resultate (siehe Abbildung 3.3). Die Entwicklung der Raubmilbeneier dauerte bei Fütterung mit *F. occidentalis* und *T.*

*tabaci* gleich lang ( $P = 0,382$ ). Die Entwicklungszeit der Larven dauerte jedoch je nach Beuteart unterschiedlich lang ( $P = 0,012$ ). Bei den Protonymphen konnte kein Unterschied in der Entwicklungszeit der Raubmilben bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* festgestellt werden ( $P = 0,532$ ). Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der nächsten Entwicklungsstufe von *A. swirskii* – nämlich bei den Deutonymphen – ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Beutearten hinsichtlich der Entwicklungszeit ( $P = 0,006$ ). Die Zeit, die die Raubmilben in dieser Entwicklungsstufe verbrachten, dauerte bei Fütterung mit *F. occidentalis* um 0,8 Tage länger als bei Fütterung mit *T. tabaci*. Die gesamte Entwicklungszeit vom Ei bis zur adulten Milbe dauerte sowohl mit *F. occidentalis* als auch mit *T. tabaci* als Beutetier im Mittel 7,8 Tage und zeigte keinen signifikanten Unterschied ( $P = 0,626$ ). Die kürzeste Entwicklungszeit der Raubmilben bei Fütterung mit *T. tabaci* lag bei 6,5 Tagen, wobei es sich um ein Männchen handelte. 9,5 Tage dauerte die längste Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier, wobei es sich um ein Weibchen handelte. Diente *F. occidentalis* als Beutetier, so lagen die Entwicklungszeiten zwischen 6,5 (Weibchen) und 9,5 (Männchen) Tagen.

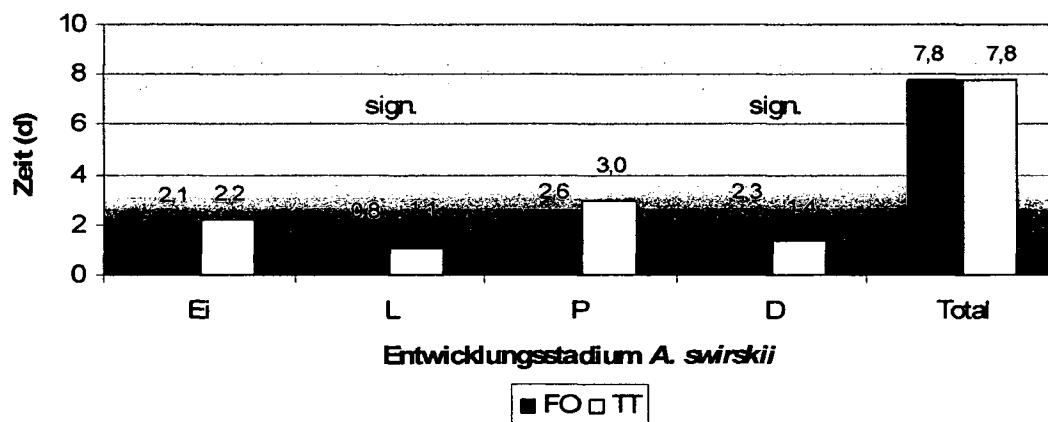


Abbildung 3.3: Dauer der Entwicklung (Tage) der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT) (Ei – Ei; L – Larve; P – Protonymphe; D – Deutonymphe; Total – alle Stadien; sign. – signifikanter Unterschied).

Im Zuge der statistischen Analyse wurde auch geprüft, ob das Geschlecht der Milbe einen Einfluss auf die Entwicklungszeit vom Ei bis zum adulten Tier hat. Es wurde bei keiner Entwicklungsstufe ein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Entwicklungszeit beobachtet ( $P > 0,05$ ) (siehe Abbildung 3.4).

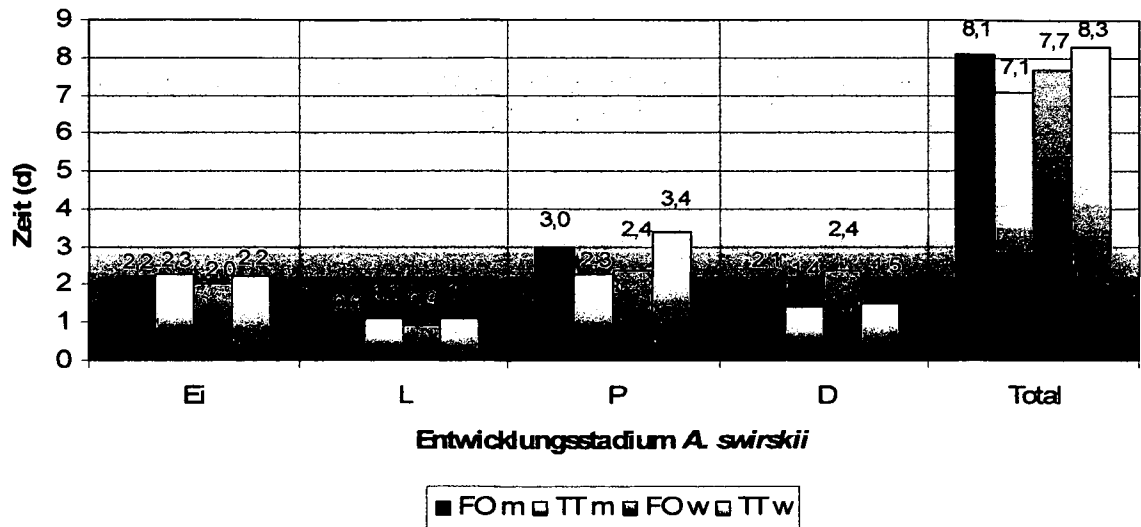


Abbildung 3.4: Geschlechtsspezifische Unterschiede in der durchschnittlichen Entwicklungszeit (Tage) von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT) (m – männlich; w – weiblich).

Um herauszufinden, ob sich die Larven von *A. swirskii* auch ohne Nahrungsaufnahme zur Protonymphe entwickeln können oder ob die Larven fakultativ oder obligat Beute aufnehmen, wurde die Larvenentwicklungszeit mittels uni-variater Varianzanalyse geprüft. In dieser Analyse wurde neben den Larven des eigentlichen Entwicklungsversuches auch die Kontrollvariante berücksichtigt, bei der die Larven keine Nahrung erhielten. Von 25 Wiederholungen erreichten 18 *A. swirskii* - Larven ohne Futter das Protonymphenstadium. Die statistische Auswertung ergab einen signifikanten Unterschied ( $df = 2$ ;  $F = 5,848$ ;  $P = 0,04$ ) in der Entwicklungsgeschwindigkeit zwischen den drei Varianten (*F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* als Beute und keine Beute). Um zu eruieren, zwischen welchen Varianten ein signifikanter Unterschied besteht, wurde ein LSD Post-Hoc Test durchgeführt (siehe Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Post-Hoc-Test für die Larvenentwicklung der Raubmilbe *A. swirskii* mit bzw. ohne Beute (C – Kontrolle – ohne Beute; FO – *F. occidentalis*; TT – *T. tabaci*).

| <b>Mehrfachvergleiche (LSD)</b><br><b>Abhängige Variable: Entwicklungsgeschwindigkeit der Larve</b> |           |                          |                |             |                        |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------|
|                                                                                                     |           | Mittlere Differenz (I-J) | Standardfehler | Signifikanz | 95% Konfidenzintervall |            |
| (I) Beute                                                                                           | (J) Beute |                          |                |             | Untergrenze            | Obergrenze |
| C                                                                                                   | FO        | 8,5795(*)                | 2,96059        | ,005 (s.)   | 2,7141                 | 14,4450    |
|                                                                                                     | TT        | ,3015                    | 2,69112        | ,911        | -5,0301                | 5,6331     |
| FO                                                                                                  | C         | -8,5795(*)               | 2,96059        | ,005 (s.)   | -14,4450               | -2,7141    |
|                                                                                                     | TT        | -8,2781(*)               | 2,66594        | ,002 (s.)   | -13,5598               | -2,9964    |
| TT                                                                                                  | C         | -,3015                   | 2,69112        | ,911        | -5,6331                | 5,0301     |
|                                                                                                     | FO        | 8,2781(*)                | 2,66594        | ,002 (s.)   | 2,9964                 | 13,5598    |
| Basiert auf beobachteten Mittelwerten. (s) = signifikanter Unterschied                              |           |                          |                |             |                        |            |
| * Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.                                         |           |                          |                |             |                        |            |

Wie aus Tabelle 3.1 ersichtlich ist, unterscheidet sich die Larvenentwicklung der Kontrollvariante signifikant von jener mit *F. occidentalis* als Beutetier. Jene Larven, denen *F. occidentalis* als Beute zur Verfügung stand, entwickelten sich schneller als die Larven der Kontrollvariante, welche keinen Zugriff auf Nahrung hatten. Ein signifikanter Unterschied wurde auch bei einem Vergleich der Varianten Fütterung mit *F. occidentalis* und Fütterung mit *T. tabaci* eruiert. *Amblyseius swirskii* entwickelte sich bei Fütterung mit *F. occidentalis* schneller als bei Fütterung mit *T. tabaci*. Eine Gegenüberstellung der Kontrollvariante mit *T. tabaci* als Beute ergab keinen signifikanten Unterschied. Beide Varianten entwickelten sich gleich schnell zur Protonymphe.

### Prädationsrate

Bei der Berechnung der Prädationsrate wurde die natürliche Sterblichkeit (ohne Einwirken eines Gegenspielers) der 1. Larvenstadien von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*

berücksichtigt. Bei *F. occidentalis* starben von 50 Wiederholungen 12 eines natürlichen Todes (= 24 %), während bei *T. tabaci* die natürliche Sterblichkeit bei 66 % lag, das sind 33 von 50 Wiederholungen (siehe Abbildung 3.5).

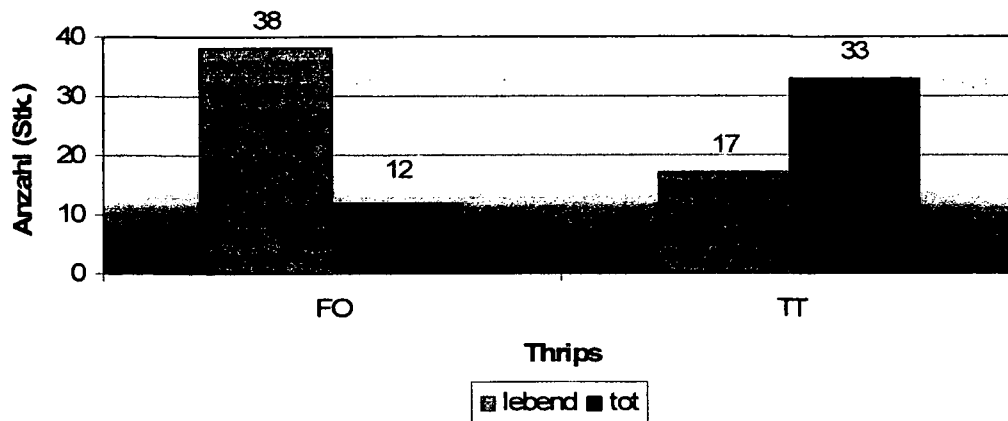


Abbildung 3.5: Natürliche Sterblichkeit des 1. Larvenstadiums von *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT).

Die statistische Auswertung der Prädationsrate wurde nur mit jenen Raubmilben durchgeführt, welche bei dem hier dargestellten Entwicklungsversuch das Erwachsenenstadium erreichten. Wie aus Tabelle 3.2 und Abbildung 3.6 ersichtlich, hat die Beuteart bei drei von vier Entwicklungsstadien einen signifikanten Einfluss auf die Prädationsrate der Raubmilben. Ein Einfluss der Beute auf die Fraßrate der Milbe ist bei den Protonymphen ( $P = 0,010$ ), bei den Deutonymphen ( $P < 0,001$ ) und bei der Gesamt-Prädationsrate aller Entwicklungsstadien ( $P < 0,001$ ) gegeben.

Jede Raubmilbe vertilgte während des Larvenstadiums, welches ungefähr 1 Tag dauerte, durchschnittlich 2,4 Larven von *F. occidentalis* bzw. 2,1 Larven von *T. tabaci*.

Die nächste Entwicklungsstufe, nämlich die Protonymphen, hatten bei Fütterung mit *F. occidentalis* während der 2,6-tägigen Entwicklungszeit eine durchschnittliche Fraßleistung von 8,4 Thripslarven pro Milbe bzw. 6,6 Thripslarven pro Milbe während der 3-tägigen Entwicklungszeit bei *T. tabaci* als Beute.

Die Prädationsrate der Deutonymphen betrug bei Fütterung mit *F. occidentalis* 7,3 Thripslarven pro Milbe während jede Deutonymphe im Durchschnitt lediglich 3,1 Thripslarven bei Fütterung mit *T. tabaci* vertilgte. Das Deutonymphenstadium dauerte 2,3 bzw. 1,4 Tage.

Insgesamt verzehrte jede Milbe während der Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier im Schnitt 18,1 *F. occidentalis* - Larven. Im Vergleich dazu lag die Fraßrate der Raubmilben bei Fütterung mit *T. tabaci* während ihrer Entwicklung bei 11,8 Thripslarven pro Individuum. Die Entwicklung der Milben dauerte bei Fütterung mit beiden Beutearten gleich lang und lag im Durchschnitt bei 7,8 Tage.

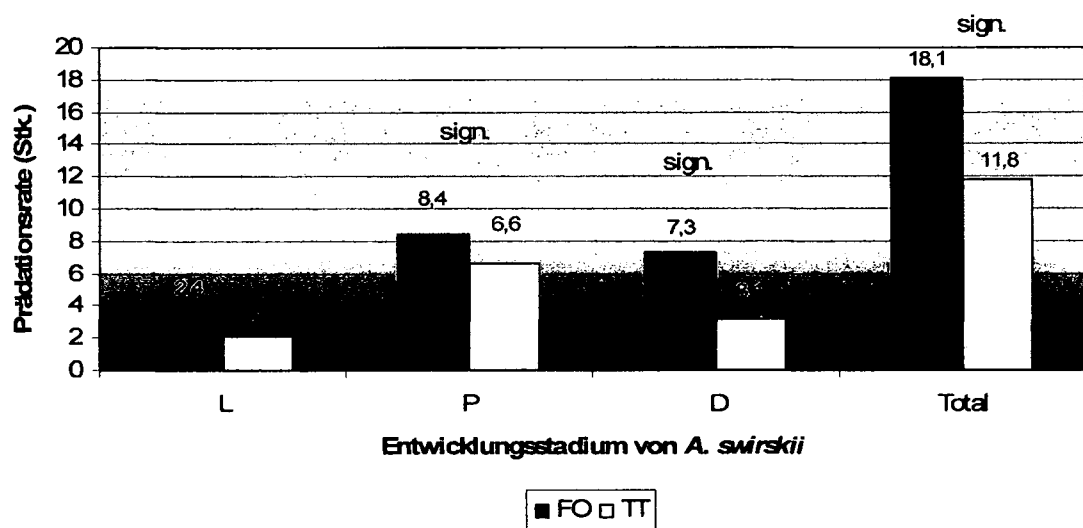


Abbildung 3.6: Prädationsrate der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT) (sign. - signifikanter Unterschied).

### Einfluss des Geschlechts von *A. swirskii* auf die Prädationsrate

Das Geschlecht von *A. swirskii* hatte bei keinem der vier Entwicklungsstadien einen Einfluss auf die Prädationsrate (siehe Tabelle 3.2 und Abbildung 3.7).

Bei der Prädationsrate der Larven gab es weder bei Fütterung mit *F. occidentalis* noch mit *T. tabaci* geschlechtsspezifische Unterschiede. Männliche und weibliche Protonymphen verzehrten durchschnittlich 8,9 bzw. 8,1 Thripslarven bei Fütterung mit *F. occidentalis*.

Stand *T. tabaci* als Beute zur Verfügung, so vertilgte jede männliche Milbe durchschnittlich 4,6 Thripslarven, während jede weibliche Milbe im Schnitt 7,7 Larven der angebotenen Beute verzehrte. Bei den Deutonymphen war sowohl bei den Weibchen als auch bei den Männchen die Prädationsrate mit *F. occidentalis* als Beute höher als jene mit *T. tabaci*. Die Gesamtprädation während der Juvenilentwicklung, d.h. von der Larve bis zum adulten Tier, weist eine große Schwankungsbreite auf und unterscheidet sich daher nicht zwischen Männchen und Weibchen ( $P = 0,399$ ).

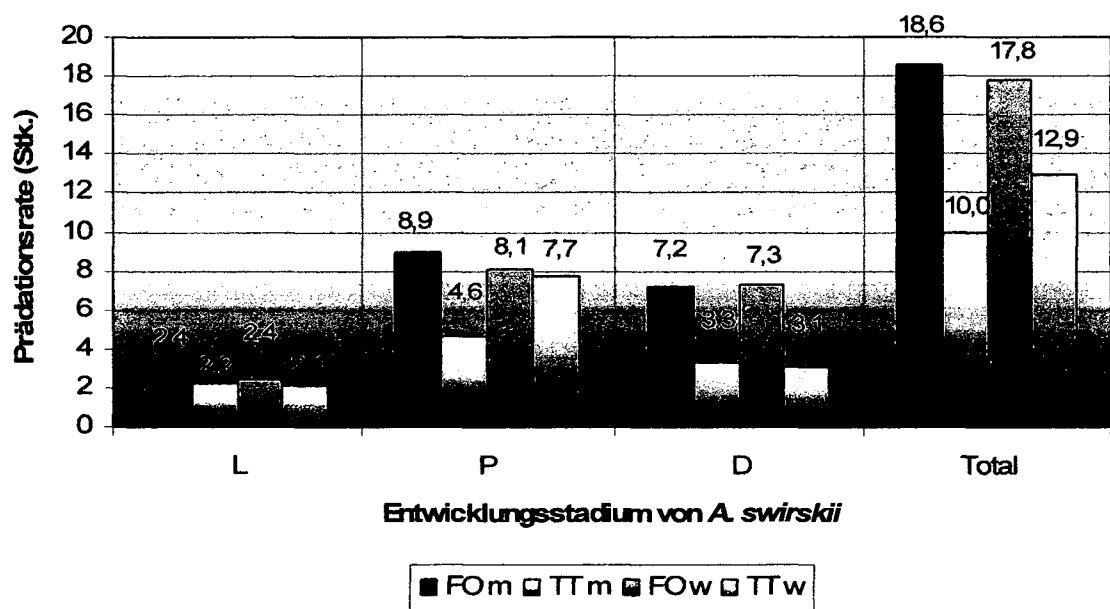


Abbildung 3.7: Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Prädationsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT) (m – männlich; w – weiblich; sign. - signifikanter Unterschied)

Die Interaktion von Beute – Geschlecht ist nur bei den Protonymphen signifikant ( $P = 0,027$ ). Die Prädationsrate der Männchen war mit *F. occidentalis* als Beute gleich hoch wie jene der Weibchen während mit *T. tabaci* die Prädationsrate der Weibchen eindeutig höher war als jene der Männchen. Der oben erwähnte Unterschied in der Prädationsrate der Protonymphen zwischen *F. occidentalis* und *T. tabaci* als Beute ist nur bei den Männchen sichtbar, nicht aber bei den Weibchen.

Tabelle 3.2: Test der Zwischensubjekteffekte der Prädationsrate der verschiedenen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* und *T. tabaci*.

| Quelle                        | Abhängige Variable | df | F      | Signifikanz |
|-------------------------------|--------------------|----|--------|-------------|
| <b>BEUTE</b>                  | <b>L</b>           | 1  | ,693   | ,416        |
|                               | <b>P</b>           | 1  | 8,156  | ,010 (s.)   |
|                               | <b>D</b>           | 1  | 21,264 | ,000 (s.)   |
|                               | <b>TOTAL</b>       | 1  | 30,883 | ,000 (s.)   |
| <b>GESCHLECHT</b>             | <b>L</b>           | 1  | ,113   | ,741        |
|                               | <b>P</b>           | 1  | 2,105  | ,164        |
|                               | <b>D</b>           | 1  | ,008   | ,930        |
|                               | <b>TOTAL</b>       | 1  | ,745   | ,399        |
| <b>BEUTE *<br/>GESCHLECHT</b> | <b>L</b>           | 1  | ,001   | ,972        |
|                               | <b>P</b>           | 1  | 5,757  | ,027 (s.)   |
|                               | <b>D</b>           | 1  | ,035   | ,854        |
|                               | <b>TOTAL</b>       | 1  | 2,365  | ,141        |

(s.) = signifikant bei einem Niveau von  $P \leq 0,05$

### 3.2 Ovipositionsversuch

In dieser Versuchsreihe wurde die Ovipositionsrate (Eiablage rate) der Raubmilbe *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* eruiert. Im Zuge des Versuches wurden auch die Prädationsleistung und das Geschlechterverhältnis der Nachkommen bestimmt. Die Mortalität spielte bei diesem Versuch keine Rolle, da alle im Test befindlichen Milbenweibchen bis zum Versuchsende überlebten. Für jede Thripsart wurden insgesamt 12 Wiederholungen durchgeführt. Jede Versuchsreihe dauerte 10 Tage.

Die nachfolgende Tabelle 3.3 zeigt die durchschnittliche Eianzahl pro *A. swirskii* - Weibchen während einer 10 Tagesperiode und die durchschnittliche tägliche Ovipositionsrate pro Milbe bei alleiniger Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*.

Tabelle 3.3: Durchschnittliche Anzahl der von *A. swirskii* gelegten Eier bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*.

|                        | Beuteart                       |             |                          |             |
|------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|                        | <i>F. occidentalis</i> -Larven |             | <i>T. tabaci</i> -Larven |             |
|                        | Ø                              | Min. – Max. | Ø                        | Min. – Max. |
| Pro Weibchen (10 Tage) | 9,17                           | 2-19        | 9,92                     | 4-14        |
| Pro Weibchen/Tag       | 0,92                           | 0-3         | 0,99                     | 0-2         |

Die statistische Auswertung (ANOVA:  $df = 1$ ;  $F = 0,178$ ;  $P = 0,677$ ) zeigte, dass die Beuteart keinen signifikanten Einfluss auf die tägliche Ovipositionsrates von *A. swirskii* hat. Bei einem ausschließlichen Angebot von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* betrug die durchschnittliche Gesamt-Reproduktionsleistung pro Weibchen 9,17 bzw. 9,92 Eier bei *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* als Beute. Das sind 0,92 bzw. 0,99 Eier pro Tag.

Im Gegensatz zur Beute hatte die Zeit einen starken Einfluss auf die Reproduktionsleistung (ANOVA:  $df = 9$ ;  $F = 6,404$ ;  $P < 0,0001$ ), d.h. die tägliche Eiablagerrate fluktuierte stark während der 10-tägigen Versuchsdauer. In Abbildung 3.8 ist diese zeitliche Schwankung klar ersichtlich. Bei beiden Thripsarten als Beute steigerte sich die durchschnittliche Anzahl der gelegten Eier erst am 2. Tag sichtlich (von 0,17 auf 1,25 Eier/Tag bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. von 0,25 auf 1,33 Eier/Tag bei Fütterung mit *T. tabaci*), danach nahm sie, unabhängig von der Beuteart, während der 10 Versuchstage konstant ab. Bei Fütterung der Milben mit *T. tabaci* ist am 5. Versuchstag mit durchschnittlich 1,5 Eiern pro Raubmilbenweibchen ein deutliches Maximum zu erkennen. Dies war das absolute Maximum in der Ovipositionsrates, unabhängig ob *F. occidentalis* oder *T. tabaci* als Beutetier diente. Bis zu Tag 5 lag die durchschnittliche Ovipositionsrates von *A. swirskii* bei Fütterung mit *T. tabaci* über dem Durchschnitt von *F. occidentalis* als Beute. Am Versuchstag 6 war die durchschnittliche Eiablagerrate pro Raubmilbe bei beiden Thripsarten gleich hoch – nämlich 1,08 Eier/Tag/Milbe. Nach Tag 5 nahm die Anzahl der gelegten Eier bei *T. tabaci* als Beute ständig ab. Am letzten Versuchstag wurden nur mehr 0,67 Eier pro Tag gelegt, während bei Fütterung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* am 10. Tag noch einmal ein tendenzieller Anstieg der Eiablagerrate von 0,75 auf 0,92 Eier erkennbar ist. Den ersten Versuchstag außer Acht gelassen, lag das Minimum der gelegten Eier pro Weibchen bei Fütterung mit *T. tabaci* bei 0,67 (10. Versuchstag) und das

Maximum bei 1,5 Eier pro Weibchen (5. Versuchstag). Diente *F. occidentalis* als Nahrung, so betrug das Minimum 0,75 (am 9. Versuchstag) und das Maximum 1,25 Eier pro Weibchen (am 3. Versuchstag).

Die statistische Auswertung (ANOVA:  $df = 9$ ;  $F = 0,721$ ;  $P > 0,05$ ) zeigt, dass keine Interaktion zwischen Zeit und Beute gegeben ist. D.h. der zeitliche Verlauf der Oviposition war bei beiden Beutearten gleich. Abbildung 3.8 veranschaulicht, dass die Ovipositionsrates der Raubmilbe *A. swirskii* mit *F. occidentalis* und *T. tabaci* als Beutetiere während der 10 Versuchstage nicht verschieden war.

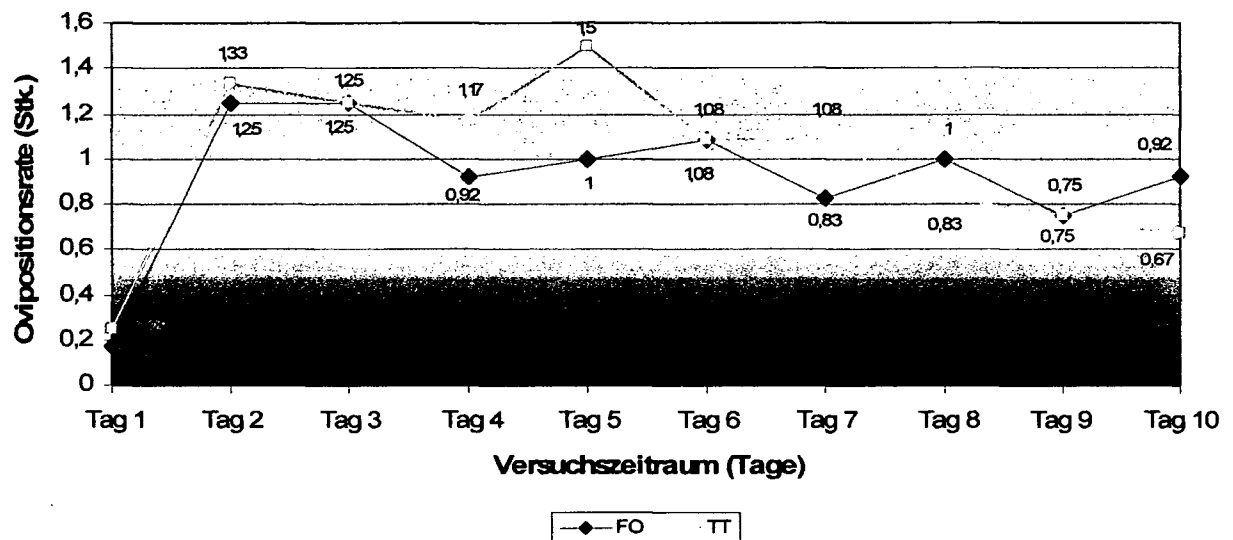


Abbildung 3.8: Durchschnittliche Ovipositionsrates pro Raubmilbenweibchen bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT).

### Prädaionsrate

Auch bei dieser statistischen Auswertung wurde, so wie im Entwicklungsversuch, die natürliche Sterblichkeit von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* berücksichtigt, d.h. die gemessene Prädaionsrate durch die natürliche Sterblichkeit korrigiert. Die durchschnittliche Prädaionsleistung der Raubmilben war bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* signifikant verschieden (ANOVA;  $df = 1$ ;  $F = 505,175$ ;  $P < 0,001$ ). Wie aus

Tabelle 3.4 zu entnehmen ist, konnte eine tägliche durchschnittliche Prädationsrate pro Weibchen von 7,1 Stück *F. occidentalis* – Larven bzw. 3,4 Stück *T. tabaci* – Larven ermittelt werden, wobei das tägliche Nahrungsangebot 10 Thripslarven betrug. Insgesamt wurden in dem 10-tägigen Versuch 859,6 *F. occidentalis*-Larven bzw. 523,2 *T. tabaci*-Larven vertilgt. Jedes *A. swirskii*-Weibchen erbeutete im Durchschnitt 71,1 *F. occidentalis*-Larven bzw. 33,8 *T. tabaci*-Larven.

Auch die Zeit, d.h. der Verlauf während der 10 Versuchstage, hatte einen signifikanten Einfluss auf die Prädationsleistung (ANOVA; df= 9; F= 3,981; P<0,001). Die Prädationsleistung von *A. swirskii* nahm während der 10 Versuchstage kontinuierlich von 7,5 auf 6,6 Larven pro Tag ab, während sie bei Fütterung mit *T. tabaci* auf fast gleich hohem Niveau blieb.

Tabelle 3.4: Durchschnittliche Prädationsrate pro adultes *A. swirskii* –Weibchen bei alleiniger Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* sowie die durchschnittliche tägliche Prädationsleistung pro Milbe.

|                        | Beuteart                       |             |                          |             |
|------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|                        | <i>F. occidentalis</i> -Larven |             | <i>T. tabaci</i> -Larven |             |
|                        | Ø                              | Min. – Max. | Ø                        | Min. – Max. |
| Pro Weibchen (10 Tage) | 71,1                           | 60 - 76     | 33,8                     | 33 - 34     |
| Pro Weibchen/Tag       | 7,1                            | 3 – 7,6     | 3,4                      | 2,7 – 3,4   |

Die statistische Auswertung der Interaktion von Beute und Zeit ergab, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren besteht (ANOVA; df= 9; F= 3,069; P= 0,002). Das bedeutet, dass die Prädationsrate von *A. swirskii* mit der Beute *F. occidentalis* und *T. tabaci* im Zeitverlauf unterschiedlich fluktuierte (siehe Abbildung 3.9). Bei *T. tabaci* als Beute blieb die Prädationsrate während der gesamten Versuchsdauer auf gleich hohem Niveau während sie bei *F. occidentalis* als Beute nach Tag 4 kontinuierlich abnahm.

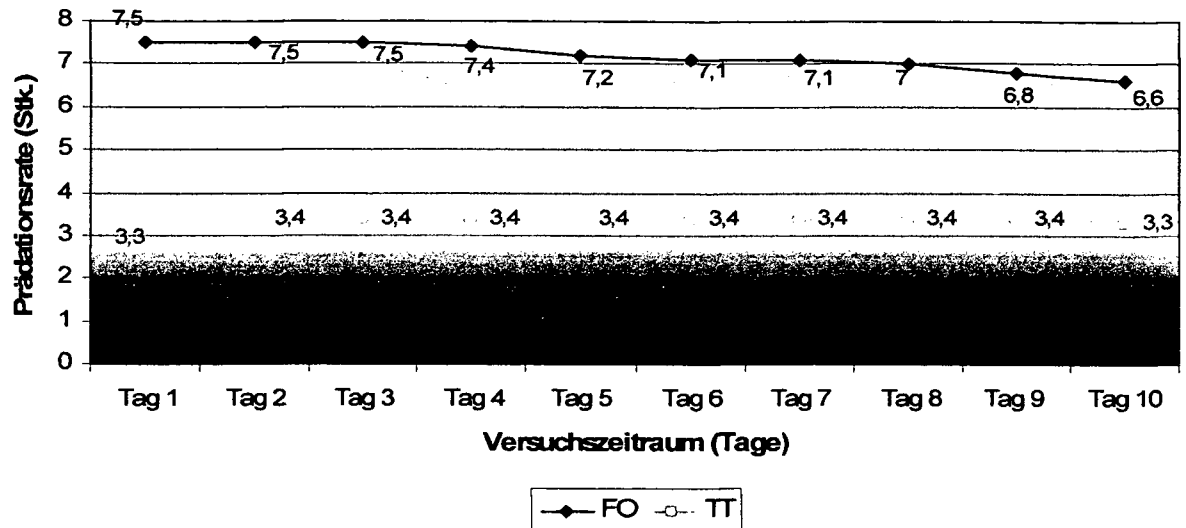
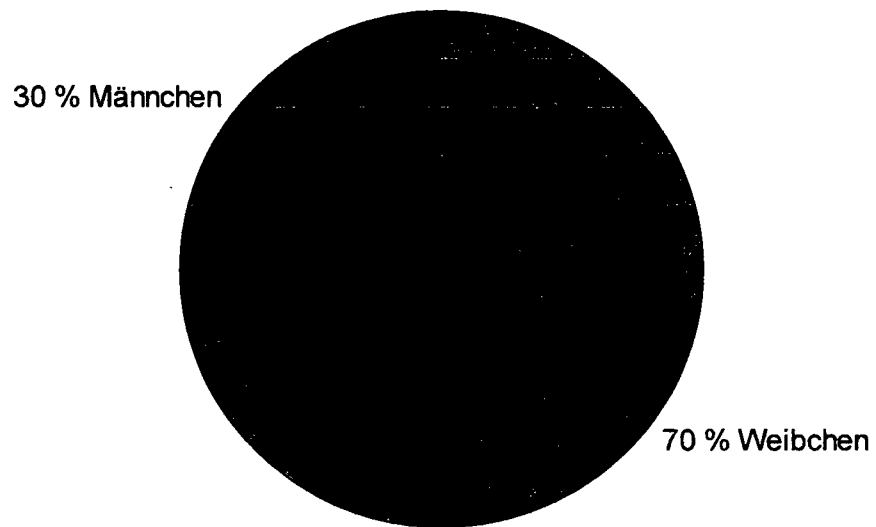


Abbildung 3.9: Durchschnittliche Prädationsrate pro Raubmilbenweibchen bei Fütterung mit *F. occidentalis* (FO) bzw. *T. tabaci* (TT).

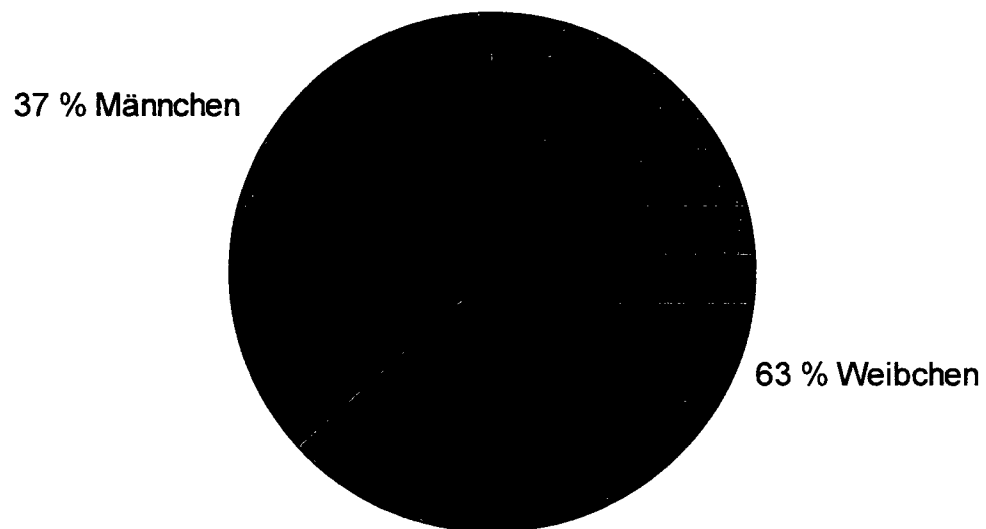
### Geschlechterverhältnis

Mittels eines Chi-Quadrat-Tests wurde ermittelt, ob das Geschlechterverhältnis der Nachkommen von mit *F. occidentalis* gefütterten Raubmilben gleich ist wie jenes der Nachkommen von mit *T. tabaci* gefütterten Raubmilben.

Diente *F. occidentalis* den Raubmilbenweibchen als Futter, so ergab sich ein Geschlechterverhältnis von 58 Weibchen : 25 Männchen, das entspricht einem prozentuellen Verhältnis von 70 : 30. Bei *T. tabaci* als Nahrung entstand ein Verhältnis von 59 Weibchen : 35 Männchen. Das ist ein Verhältnis von 63 % Weibchen zu 37 % Männchen (siehe Abbildung 3.10). Das Geschlechterverhältnis der Nachkommen von *A. swirskii* war bei Fütterung mit *F. occidentalis* und *T. tabaci* als Beute nicht signifikant unterschiedlich ( $\chi^2$ ,  $df=1$ ,  $P=0,180$ ).



***F. occidentalis***



***T. tabaci***

Abb. 3.10: Geschlechterverhältnis Weibchen zu Männchen bei Fütterung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*.

### 3.3 Aggressivitätstest

Dieser Test sollte Aufschluss über die Aggressivität der Weibchen von *Amblyseius swirskii* gegenüber den Beutetieren *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* geben. Aggressivität wurde hier als die Latenzzeit von der Offerierung der Beute bis zur erfolgreichen Attacke durch die Raubmilben definiert. Der Versuch fand auf zwei unterschiedlichen Substraten, nämlich auf Blattarenen und Netzarenen (i.e., in künstlichen Käfigen) statt. Der Test wurde pro Variante und Thripsart in 18-facher Wiederholung durchgeführt.

*Amblyseius swirskii* zeigte auf beiden verwendeten Substraten gegenüber der Thripsart *F. occidentalis* ein etwas aggressiveres Verhalten als gegenüber *T. tabaci*. Unabhängig vom Substrat benötigte eine Raubmilbe im Schnitt 11 Minuten für eine erfolgreiche Attacke einer *F. occidentalis* – Larve, während das Überwältigen von *T. tabaci* ~14 Minuten dauerte. Die Erbeutung von *T. tabaci* dauerte auf der Blattarena ~4 Minuten länger als das Überwältigen von *F. occidentalis*. Auf der Netzarena brauchte *A. swirskii* für einen erfolgreichen Angriff auf *T. tabaci* ~2 Minuten länger als für eine Attacke auf *F. occidentalis* (siehe Abbildung 3.11). Aufgrund der hohen Variabilität ergab die statistische Auswertung mittels T-Test allerdings, dass die Art der Beute keinen signifikanten Einfluss auf die Aggressivität von *A. swirskii* gegenüber ihren Beutetieren hat ( $P = 0,161$ ) (siehe Tabelle 3.5). 5 Minuten war die kürzeste, 29 Minuten die längste Zeit, die benötigt wurde, um auf der Blattarena eine Larve von *F. occidentalis* zu überwältigen. Auf der Netzarena lagen die Angriffszeiten zwischen 1 und 35 Minuten. Bei *T. tabaci* lagen die Angriffszeiten auf der Blattarena zwischen 5 und 55 Minuten, auf der Netzarena zwischen 1 und 23 Minuten. Weibchen, die länger als 60 Minuten für das Erbeuten einer Thripslarve benötigten, wurden bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Wie oben erwähnt, hatte die Beute keinen Einfluss auf die Aggressivität der Milben. Im Gegensatz dazu hatte das verwendete Substrat, also Blatt- bzw. Netzarena, einen hochgradig signifikanten Einfluss auf die Aggressivität von *A. swirskii* ( $P < 0,001$ ) (siehe Tabelle 3.5). Während *A. swirskii* für das Überwältigen von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* auf der Blattarena 19,1 bzw. 15,2 Minuten benötigte, benötigten die Milbenweibchen auf der Netzarena lediglich 8,5 bzw. 6,4 Minuten für eine erfolgreiche Attacke der Thripslarven (siehe Abbildung 3.11).

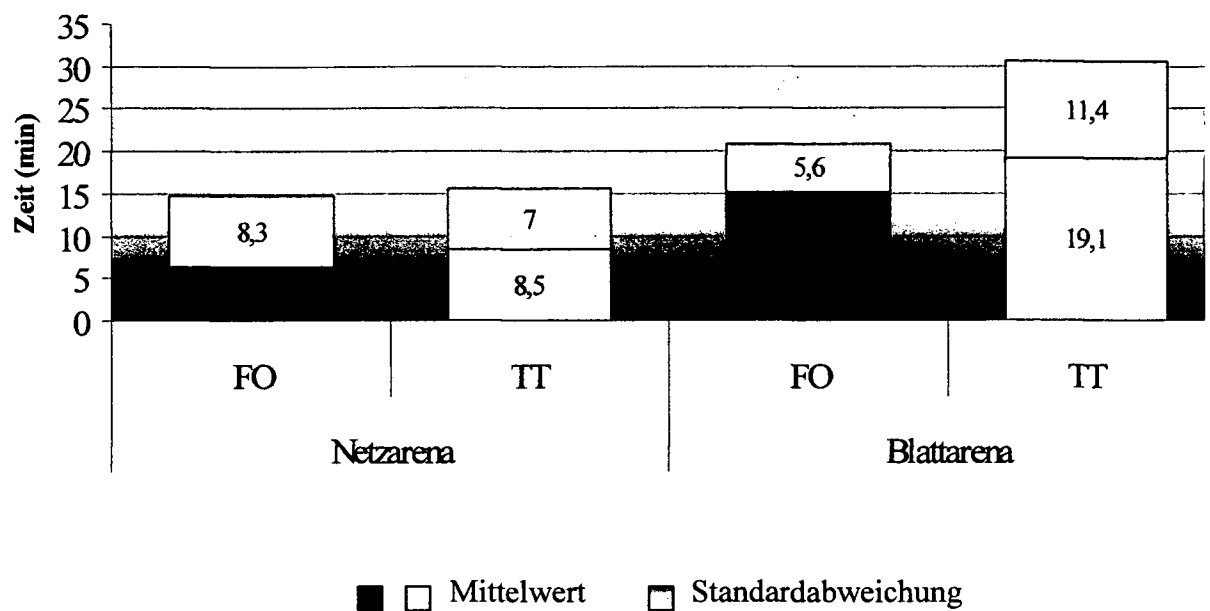


Abbildung 3.11: Durchschnittlich benötigte Zeit (min) der Raubmilbe *A. swirskii* bis zur erfolgreichen Erbeutung einer Thripslarve (1. Stadium).

Tabelle 3.5: Test der Zwischensubjekteffekte des Aggressivitätstests.

| Tests der Zwischensubjekteffekte                     |                          |    |                     |        |             |
|------------------------------------------------------|--------------------------|----|---------------------|--------|-------------|
| Abhängige Variable: Zeit bis zur Attacke der Thripse |                          |    |                     |        |             |
| Quelle                                               | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F      | Signifikanz |
| BEUTE                                                | 144,706                  | 1  | 144,706             | 2,015  | ,161        |
| SUBSTRAT                                             | 1553,334                 | 1  | 1553,334            | 21,627 | ,000 (s.)   |
| BEUTE * SUBSTRAT                                     | 13,413                   | 1  | 13,413              | ,187   | ,667        |

(s.) = signifikant bei  $P \leq 0,05$

#### 4. DISKUSSION

Bei den hier vorgestellten Untersuchungen zur Eignung der Raubmilbe *Amblyseius* (*Typhlodromips*) *swirskii* für die biologische Kontrolle der Thripse *F. occidentalis* und *T. tabaci* wurden folgende Lebenszyklus - Parameter der Raubmilbe untersucht:

- (1) Entwicklung von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (2) Ovipositionsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (3) Aggressivität von *A. swirskii* gegenüber ihren Beutetieren

Beim Entwicklungs- und Ovipositionsversuch wurden zusätzlich die Prädationsrate, Mortalität und das Geschlechterverhältnis der Milben bestimmt.

Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass beide Thripsarten, *F. occidentalis* und *T. tabaci*, geeignete Beutetiere für *A. swirskii* sind. Die Raubmilben attackierten beide Thripsarten rasch und konnten mit beiden Beutearten die Juvenilentwicklung abschließen und fortwährend Nachkommen produzieren.

Generell existieren relativ wenige Referenzen über *Amblyseius swirskii* als Thripsprädatoren (MESSELINK et al. 2006), weshalb die Detailergebnisse dieser Diplomarbeit hauptsächlich mit den bisher kommerziell meistverwendeten Thripsantagonisten *Neoseiulus cucumeris*, *Neoseiulus barkeri* und *Iphiseius degenerans* verglichen wurden. Dabei wurden alle zitierten Studien unter annähernd den gleichen Versuchsbedingungen wie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt: 25 - 26 °C, 65 – 70 % RF und 16 h Licht. Nachfolgend folgt ein kurzer Überblick über die Eigenschaften und derzeitigen Anwendungsbereiche der bisher gegen Thrips eingesetzten Raubmilben *N. cucumeris*, *N. barkeri* und *I. degenerans*.

Alle drei Raubmilbenarten zählen zu den Generalisten – sie ernähren sich von anderen Milben und kleinen Insekten, von Pollen und Pflanzenexsudaten (BELLOWS et al. 1999, BLÜMEL et al. 1998). *Neoseiulus cucumeris* wird derzeit weltweit von 29 Firmen vertrieben, *I. degenerans* ist bei 10 Unternehmen erhältlich. *Neoseiulus barkeri* alleine ist kein ausreichender Gegenspieler von Thripsen, weshalb diese Milbe nur von 6 Firmen angeboten wird (GERSON et al. 2003). Laut GERSON et al. (2003) und VAN

LENTEREN and LOOMANS (1998) ist *N. barkeri* lediglich in Gurkenkulturen – und hier besonders gegen *T. tabaci* –erfolgreich.

*Neoseiulus cucumeris* wird hauptsächlich in Paprikakulturen verwendet (BELLOWS et al. 1999, BLÜMEL 2004, MESSELINK et al. 2006...), wo diese Milbe Pollen als Alternativnahrung aufnehmen kann. Verfügbarkeit von Pollen als Zusatznahrung kann den Erfolg von *N. cucumeris* gegen Thripse steigern (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998, MESSELINK et al. 2006). VAN LENTEREN and LOOMANS (1998) erwähnen weiters, dass *N. cucumeris* *T. tabaci* besser kontrollieren kann als *F. occidentalis*. Auch CASTAGNOLI et al. (1990) und LOOMANS et al. (1995) konnten diese Beobachtung machen. Außerdem ist es nötig, eine sehr hohe Anzahl von Raubmilben freizulassen, um eine ausreichende Kontrolle zu erreichen (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998). *Neoseiulus cucumeris* ist trotzdem die bislang bedeutendste Raubmilbe im Einsatz gegen Thripse (KAHRER und GROSS 2002).

Sowohl *N. cucumeris* als auch *N. barkeri* können nur die 1. Larvenstadien von Thysanoptera vertilgen und gehen bei niedriger Temperatur und kurzer Photoperiode in Diapause (LOOMANS et al. 1995). Allerdings ist auch ein diapausefreier Stamm von *N. cucumeris* erhältlich (BLÜMEL et al. 1998). Beide Arten können in der Regel mit Thripsen als Nahrung keine längerfristig stabilen Populationen aufbauen (FORTMANN 1993). MESSELINK et al. (2006) fanden heraus, dass sich *N. barkeri* und *I. degenerans* bei einer niedrigen Thripspopulation nicht etablieren konnten. Ein zusätzliches Angebot von Pollen würde laut MESSELINK et al. (2006) den Erfolg der Milben erhöhen. Für eine erfolgreiche Bekämpfung von Thripsen ist der vorbeugende Einsatz dieser Nützlinge empfehlenswert. Auch das Ausbringen ab einem sehr frühen Befallsstadium in regelmäßigen Abständen ist sinnvoll. Bei bereits etwas stärkerem Thripsbefall hat sich ein gleichzeitiger oder ergänzender Einsatz von Raubwanzen (*Orius* spp.) bewährt (FORTMANN 1993).

In den Untersuchungen von VAN HOUTEN et al. (1995) zeigte *I. degenerans* mit Thripsen als Beute lediglich eine mittlere Ovipositions- und Prädationsrate. Jedoch hat sie gegenüber den beiden anderen Prädatoren Vorteile, weshalb die Milbe als geeigneter Gegenspieler von Thripsen gilt. VAN LENTEREN and LOOMANS (1998) bezeichnen *I. degenerans* sogar als effizienter als *N. cucumeris*. So bewegt sich diese Milbe schnell zwischen und auf den Pflanzen hin und her, geht nicht in Diapause und die Eier dieser Raubmilbe sind relativ tolerant gegenüber Austrocknung auf Grund von zu geringer Luftfeuchtigkeit (VAN

HOUTEN et al. 1995). Außerdem nehmen MESSELINK et al. (2006) an, dass diese Milbe aufgrund ihres größeren Körpervolumens im Vergleich zu anderen räuberischen Milben unter idealen Bedingungen mehr erfolgreiche Angriffe verzeichnen kann. *Iphiseius degenerans* kommt vorwiegend dann zum Einsatz, wenn andere Prädatoren auf Grund ungünstiger klimatischer Bedingungen in Diapause gehen. Einen großen Nachteil hat *I. degenerans* jedoch – die Massenzucht ist schwierig und mitunter teuer (VAN LENTEREN and LOOMANS 1998).

#### 4.1 Entwicklungsversuch

Bei den hier dargestellten Untersuchungen zur Entwicklung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* als Beute konnte nachgewiesen werden, dass mit beiden Beutearten eine vollständige Entwicklung vom Ei bis zum Adulttier möglich ist. Die Fähigkeit zur Entwicklung mit *F. occidentalis* als Beutetier wurde bisher nur vermutet (VAN HOUTEN et al. 2005, BOLCKSMAN et al. 2005, MESSELINK et al. 2006) aber noch nie getestet. Auch bei Fütterung von *A. swirskii* mit *T. tabaci* gibt es wenig Literaturhinweise auf eine erfolgreiche Entwicklung. HODA et al. (1986) wies nach, dass eine Entwicklung der Raubmilben mit *T. tabaci* möglich ist.

Die Entwicklung der Raubmilben ist - wie oben erwähnt - von der Temperatur aber auch von der Luftfeuchte abhängig. Dies gilt insbesondere für die Ei-Entwicklung, da dieses Stadium keine Nahrung aufnimmt und somit die Entwicklung hauptsächlich von äußeren Faktoren abhängig ist (KARG 1994). So reiften die Eier von *Amblyseius swirskii* bei Fütterung mit beiden Thripsarten unter den vorherrschenden Bedingungen innerhalb von 2,2 Tagen. Die Ei-Entwicklungszeit lag damit deutlich unter jener der Raubmilbenarten *N. cucumeris* (5,1 Tage) und *I. degenerans* (3,2 Tage) (DRESCHER 2005). Hingegen konnte ZEGULA (2004) eine Ei-Entwicklungszeit der beiden soeben erwähnten Milbenarten von etwa 2,3 Tagen ermitteln. EL-LAITHY and FOULY (1992) untersuchten die Entwicklungszeiten der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *T. urticae* und eruierten eine durchschnittliche Ei-Entwicklungszeit von nur 1,6 Tagen. Obwohl alle oben erwähnten Versuche unter annähernd gleichen Bedingungen durchgeführt wurden, scheinen schon geringe Unterschiede von Temperatur und Luftfeuchtigkeit aber auch das Versuchsdesign und -protokoll und der verwendete

Raubmilbenstamm Auswirkungen auf die Entwicklung des empfindlichen Ei-Stadiums zu haben.

Die Prädation von Thripslarven durch Juvenilstadien ist bei den meisten Raubmilbenarten durch ihre geringe Größe im Vergleich zu den adulten Tieren begrenzt (JANSSEN et al. 2002). Auch YOUSEF et al. (1982) schreiben, dass adulte Raubmilben von *A. swirskii* insgesamt und im täglichen Mittel weitaus mehr fressen als die Jungstadien. Die aufgenommene Nahrungsmenge variiert darüber hinaus stark mit der Größe der Beutetiere (KARG 1994, YOUSEF et al. 1982). Bei einigen Raubmilbenarten beginnt die Nahrungsaufnahme erst mit dem Protonymphenstadium, wohingegen andere schon als Larven Nahrung aufnehmen (FORTMANN 1993, KARG 1994, SCHAUSBERGER and CROFT 1999). Um zu kontrollieren, ob sich die Larven von *A. swirskii* auch ohne Nahrung zur Protonymphe weiterentwickeln können, wurde ein entsprechender Test durchgeführt, bei dem nachgewiesen werden konnte, dass die Entwicklung der Larven sowohl mit als auch ohne Nahrung möglich war. D.h. die Larven von *A. swirskii* sind sog. fakultativ fressende Larven (SCHAUSBERGER and CROFT 1999). Folglich ist bei *A. swirskii* ab dem Larvenstadium die zur Verfügung stehende Nahrung mitverantwortlich für die Dauer der Entwicklung. Die angebotene Nahrung führte sowohl bei den Larvenstadien als auch bei den Deutonymphen zu einem signifikanten Unterschied in der Entwicklungszeit. Diese dauerte im Larvenstadium der Raubmilbe bei Fütterung mit *T. tabaci* länger als mit *F. occidentalis* als Beute während bei den Deutonymphen genau das Gegenteil der Fall war. Auch MOMEN and EL-SAWAY (1993) beobachteten in ihren Untersuchungen, dass die Larven von *A. swirskii* Nahrung zu sich nehmen. Die Entwicklung der Larven erfolgte mit *F. occidentalis* als Beute schneller als bei Fütterung mit *T. tabaci* bzw. ohne Futterangebot. *Thrips tabaci* als Beutetier und keine Beute führte zu keinem Unterschied in der Entwicklungszeit der Larven. SCHAUSBERGER and CROFT (1999) beobachteten, dass sich fakultativ fressende Raubmilbenlarven ohne Nahrungsangebot langsamer entwickelten als Larven, die Zugriff auf Nahrung hatten. Diese Beobachtung stimmt zumindest zum Teil mit den hier eruierten Ergebnissen überein und lässt den Schluss zu, dass die pro Larve aufgenommene Energie bei *F. occidentalis* als Beute höher ist als jene bei *T. tabaci* als Beute. Bei Fütterung der Milbe *A. swirskii* mit *T. urticae* konnten sich die Larven in 0,8 Tagen entwickeln (EL-LAITHY and FOULY 1992). Dies entspricht ungefähr den hier eruierten Larvenentwicklungszeiten. Verglichen mit den Ergebnissen von DRESCHER (2005) ist zu erkennen, dass Larven von *N. cucumeris* bei Fütterung mit *T. tabaci* deutlich

länger für die Entwicklung brauchen als *A. swirskii* – Larven. (3,2 bzw. 1,1 Tage). Die Larven von *I. degenerans* entwickeln sich hingegen fast gleich schnell wie *A. swirskii* – Larven (~1 Tag). Diente *F. occidentalis* den beiden Milbenarten als Nahrung, brauchen diese etwa 1,5 Tage für die Larvenentwicklung (ZEGULA 2004) und somit ebenfalls länger als *A. swirskii*.

Bei der mit der Entwicklung gekoppelten Prädationsrate konnte bei den Larven kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Beutearten nachgewiesen werden. Die Larven verzehrten bei Fütterung mit *F. occidentalis* gleich viele Thripslarven als bei Fütterung mit *T. tabaci*.

Die dritte Entwicklungsstufe der Milben – die Protonymphen – entwickelten sich bei Fütterung mit beiden Thripsarten gleich schnell. Hinsichtlich der Prädationsrate konnte ein Unterschied bei den beiden Thripsarten als Beute nachgewiesen werden. Es wurden deutlich mehr *F. occidentalis* als *T. tabaci* – Larven verzehrt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Protonymphen von *A. swirskii* bei Fütterung mit *T. tabaci* schneller entwickeln als jene von *N. cucumeris* (DRESCHER 2005). ZEGULA (2004) fasste die Entwicklungszeit der Proto- und Deutonymphen bei Fütterung mit *F. occidentalis* zusammen und konnte für *N. cucumeris* 5,5 Tage und für *I. degenerans* 3,5 Tage ermitteln. *Amblyseius swirskii* benötigte im Vergleich dazu für beide Entwicklungsstadien mit dieser Beuteart 4,9 Tage. In den Versuchen von EL-LAITHY and FOULY (1992) entwickelten sich die Protonymphen von *A. swirskii* mit *T. urticae* als Beute in 1,6 Tagen – also bedeutend schneller als mit Thripsen als Beute.

Das Deutonymphenstadium von *A. swirskii* entwickelte sich, wie schon erwähnt, bei Fütterung mit *T. tabaci* schneller als bei Fütterung mit *F. occidentalis* und verzehrte dabei allerdings bedeutend weniger *T. tabaci* als *F. occidentalis* – Larven. Den Untersuchungen von DRESCHER (2005) zufolge ist die Entwicklungszeit von *N. cucumeris* – Deutonymphen deutlich länger als jene von *A. swirskii*, wenn *T. tabaci* als Beute angeboten wird (4,4 bzw. 1,4 Tage). Seinen Analysen zu Folge konnte *I. degenerans* den Entwicklungszyklus mit dieser Beuteart nicht abschließen. EL-LAITHY and FOULY (1992) konnten bei Fütterung von *A. swirskii* mit *T. urticae* eine Entwicklungszeit von 1,5 Tagen beobachten. Diese dauerte damit etwa gleich lange wie bei *T. tabaci* als Beute aber viel kürzer, als wenn *F. occidentalis* die Nahrungsquelle darstellte (2,3 Tage).

Die Gesamtentwicklungszeit der Raubmilben dauerte bei Fütterung mit beiden Thripsarten ca. 7,8 Tage, wobei jedoch aufgrund der höheren Prädationsrate die Erwartung dahin ging, dass die Milbe den Entwicklungszyklus bei Fütterung mit *F. occidentalis* rascher abschließen kann als bei Fütterung mit *T. tabaci*. *Amblyseius swirskii* vertilgte während dieser Zeit mit *F. occidentalis* als Beutetier deutlich mehr Thripslarven als bei Fütterung mit *T. tabaci* (18,1 bzw. 11,8). Die eruierten Prädationsraten sind allerdings nur bedingt aussagekräftig, weil sie durch die hohe natürliche Mortalität der Thripse, insbesondere von *T. tabaci*, beeinflusst wurden. Trotzdem weisen die Prädationsraten darauf hin, dass die von *A. swirskii* pro Beutetier aufgenommene Energie bei *T. tabaci* höher ist als bei *F. occidentalis*. Die Gesamtentwicklungszeit verläuft bei Fütterung mit *T. urticae* schneller (EL-LAITHY and FOULY 1992) als mit Thripsen als Beute, was eventuell darauf hinweist, dass unter natürlichen Bedingungen *T. urticae* die bevorzugte Beute darstellt. WALZER et al. (2004) fanden in ihren Untersuchungen heraus, dass die Gesamtentwicklungszeit von *N. californicus* bei Fütterung mit *F. occidentalis* doppelt so lang war als bei Fütterung mit *T. urticae* - auch eine höhere Mortalität war bei Fütterung mit Thripslarven gegeben.

Bei Fütterung der Raubmilbe *N. cucumeris* mit *F. occidentalis* liegt die Gesamtentwicklungszeit bei 6 – 9 Tagen (BLÜMEL et al. 1998). Die Ergebnisse von CASTAGNOLI et al. (1990) zeigen, dass *N. cucumeris* mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* als Beute 8 – 9 Tage für einen Entwicklungszyklus benötigte und dabei 5,4 *T. tabaci* – Larven bzw. 3,2 *F. occidentalis* – Larven pro Tag verzehrte. Laut ZEGULA (2004) brauchte *N. cucumeris* bei Fütterung mit *F. occidentalis* für die Gesamtentwicklungszeit 10,3 Tage, wobei die Milbe maximal 2 Thripslarven/Tag vertilgte. GILLESPIE (1989) eruierte eine Gesamtentwicklungszeit von 8,7 Tagen bei Fütterung der Raubmilbe *N. cucumeris* mit *F. occidentalis*. VAN HOUTEN et al. (1995) halten eine Prädationsleistung der Raubmilbe *N. cucumeris* von 3,5 – 6,9 *F. occidentalis* – Larven/Tag für eine erfolgreiche Thripsbekämpfung für ausreichend, was jedoch in keinem der zitierten Ergebnisse erreicht wurde.

In den Untersuchungen von DRESCHER (2005) zur biologischen Schädlingsbekämpfung von *T. tabaci* dauerte die Gesamtentwicklungszeit von *N. cucumeris* 17,3 Tage wobei im Schnitt täglich 2,1 Thripslarven ausgesaugt wurden. Dies sei laut DRESCHER (2005) eine beträchtliche Anzahl angesichts der geringen körperlichen Maße des Nützlings. Vergleicht

man die Entwicklungszeit von *N. cucumeris* mit jener von *A. swirskii*, so ist erkennbar, dass *N. cucumeris* mit *F. occidentalis* aber auch mit *T. tabaci* als Beute länger für die Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier braucht als *A. swirskii*. Ein Vergleich der Prädationsleistung von *N. cucumeris* mit *A. swirskii* zeigt, dass die Prädationsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit beiden Thripsarten höher liegt als jene von *N. cucumeris*. MESSELINK et al. (2006) schreiben in diesem Zusammenhang, dass *A. swirskii* im Vergleich zu *N. cucumeris* eine höhere Suchaktivität zeigt, was sich wahrscheinlich in einer höheren Beutetrefferrate niederschlägt und dadurch zu einer höheren Prädationsrate führt.

*Neoseiulus barkeri* benötigte für die Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier ~6 Tage bei Fütterung mit *F. occidentalis* oder *T. tabaci* (BLÜMEL et al. 1998). Die Prädationsleistung während der gesamten Lebenszeit lag sowohl bei Männchen als auch Weibchen bei durchschnittlich 3 *T. tabaci* – Larven täglich (BONDE 1989). GERSON et al. (2003) erwähnt, dass *N. barkeri* mehr als 3 *T. tabaci* – Larven pro Tag verzehrt. Ein Vergleich der von den Autoren BLÜMEL et al. (1998) eruierten Entwicklungszeit von *N. barkeri* mit der in diesen Versuchen ermittelten Entwicklungszeit von *A. swirskii* zeigt, dass sich *N. barkeri* mit beiden Thripsarten schneller entwickelt als *A. swirskii*.

Die Ergebnisse von ZEGULA (2004) zeigen, dass *I. degenerans* bei Fütterung mit *F. occidentalis* für die Gesamtentwicklung 5,6 Tage benötigte, wobei die durchschnittliche tägliche Prädationsleistung bei weniger als 2 Thripslarven lag. VAN HOUTEN et al. (1995) sind jedoch der Meinung, dass - gleich wie bei *N. cucumeris* - erst eine Prädationsleistung von 3,5 – 6,9 *F. occidentalis* – Larven/Tag eine erfolgreiche Thripskontrolle verspricht. Bei alleiniger Fütterung mit *T. tabaci* konnte *I. degenerans* das Erwachsenenstadium nicht erreichen. Adulte Tiere waren hingegen in der Lage, sich von *T. tabaci* als Beute zu ernähren (1,2 Thripslarven/Tag) (DRESCHER 2005). Interessanterweise ist die Entwicklung von *I. degenerans* vom Ei bis zum adulten Tier bei Fütterung mit *F. occidentalis* in einer kürzeren Zeit möglich als bei der in dieser Arbeit getesteten Raubmilbe *A. swirskii*. Im Gegensatz zu *A. swirskii* ist *I. degenerans* jedoch nicht in der Lage, den Entwicklungszyklus bei alleiniger Fütterung mit *T. tabaci* zu vollenden – für erwachsene Tiere hingegen scheint *T. tabaci* eine geeignete Nahrung zu sein.

Es fällt auf, dass bei allen Entwicklungsstadien die Prädationsrate der Raubmilben bei Fütterung mit *F. occidentalis* höher war als bei Fütterung mit *T. tabaci*. Der Wert einer bestimmten Beute spiegelt sich in der Überlebenszeit, in der Entwicklungsgeschwindigkeit und/oder der Ovipositionsrate der Milben wieder (WALZER et al. 2004). Bedingt durch die höhere Prädationsrate an *F. occidentalis* – Larven sollte *A. swirskii* den Entwicklungszyklus vom Ei bis zum adulten Tier schneller durchlaufen als bei Fütterung mit *T. tabaci*. Dies war jedoch nicht der Fall. Lediglich bei den Larven und den Protonymphen konnte die oben erwähnte Annahme zumindest tendenziell bestätigt werden. Bei den Deutonymphen hingegen ist sogar das Gegenteil eingetroffen. *Frankliniella occidentalis* scheint für die sehr jungen kleinen Räuber eine bevorzugte, weil wahrscheinlich eine leichter zu lokalisierende und/oder leichter zu ergreifende Beute als *T. tabaci* zu sein. Im Gegensatz dazu dürfte die pro gefressenem Beutetier aufgenommene Energie bei *T. tabaci* höher sein als bei *F. occidentalis*. Wie bereits oben erwähnt, sind diese Schlussfolgerungen aufgrund der hohen natürlichen Mortalität von *T. tabaci* allerdings mit Vorsicht zu betrachten.

Wie oben erwähnt wurde die natürliche Sterblichkeit der Thripslarven bei der Datenauswertung der Prädationsrate berücksichtigt. 24 % der 1. Larvenstadien von *F. occidentalis* starben eines natürlichen Todes, bei *T. tabaci* lag die Rate bei 66 %. VAN RIJN et al. (1995) verglichen den Lebenszyklus von *F. occidentalis* und *T. tabaci* auf Gurkenblättern. Dabei fanden sie heraus, dass die Mortalität von *F. occidentalis* 7 % während der gesamten Entwicklungszeit betrug während 19 % *T. tabaci* eines natürlichen Todes starben. Die höchste Mortalität wurde im 1. Larvenstadium eruiert. Die höhere Mortalität der Juvenilstadien von *T. tabaci* führen die Autoren auf die künstlichen Bedingungen des Versuches zurück. Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass sowohl bei den Versuchen von VAN RIJN et al. (1995) als auch bei den vorliegenden Untersuchungen die Sterblichkeit von *T. tabaci* höher war als jene von *F. occidentalis*. Dies ist, neben den künstlichen Versuchsbedingungen, wahrscheinlich auch auf die hohe Empfindlichkeit bedingt durch die geringe Larvengröße von *T. tabaci* zurückzuführen. Weiters ist es möglich, dass die verwendete Nahrungspflanze, in diesen Fällen Gurkenblätter und Porree, die Mortalität der Thripse beeinflusst. SCHADE and SENGONCA (1998) konnten nachweisen, dass die Nahrung einen deutlichen Einfluss auf die Entwicklungs- und Lebensdauer der Thripse hat. Es stellte sich heraus, dass Porree eine bessere Nahrungsgrundlage für *T. tabaci* darstellt als Weiß- und Spitzkohl.

Auch die Mortalität der Raubmilben während der Versuche gibt interessante Aufschlüsse über die Eignung der jeweiligen Thripsart als Nahrung für *Amblyseius swirskii*. Die Sterblichkeitsrate während des Entwicklungsversuches lag bei Fütterung mit *F. occidentalis* bei 66,6 % und bei Fütterung mit *T. tabaci* bei 78,4 %, ist also bei beiden Thripsarten äußerst hoch. Eine mögliche Erklärung dafür könnte unter anderem das natürliche Abwehrverhalten der Thripse sein. Besonders *F. occidentalis* gilt als außerordentlich wehrhaft gegenüber Angreifern. Beide Thripsarten sind nicht nur Beute sondern als ältere Larvenstadien bzw. Adulttiere auch Räuber von Milben. *Frankliniella occidentalis* wird von VENZON et al. (2001) in Agrarökosystemen neben *N. californicus* und *P. persimilis* als Gegenspieler von *T. urticae* - Eiern genannt. MILNE and WALTER (1998) berichten über Prädation von *T. tabaci* an *T. urticae* Eiern. JANSSEN et al. (2002) dokumentieren, dass *F. occidentalis* – Larven zwischen den für sie gefährlichen Gegenspielern *I. degenerans* (Generalist) und dem weniger gefährlichen Räuber *P. persimilis* (Spezialist) unterscheiden können und mehr Eier der erstgenannten Raubmilbe attackieren. Ob auch *A. swirskii* von den Thripsen als gefährlicher Räuber erkannt wird, ist noch nicht bekannt. GERSON et al. (2003) schreiben, dass Phytoseiidae nicht in der Lage sind, adulte Thripse zu überwältigen. Auch können sie deren versteckte Eier nicht erreichen – somit bleibt ihnen lediglich das 1. und 2. Larvenstadium als Beute. Bereits das 2. Larvenstadium ist aber auf Grund der Größe fähig, einen Angriff der Milben erfolgreich durch Schlagen des Abdomens und rektales Ausscheiden einer klebrigen Substanz abzuwehren. Alle bisher getesteten Raubmilben bevorzugen daher die 1. Larvenstadien als Beute, welche bedeutend kleiner und schwächer sind als die übrigen Stadien (GERSON et al. 2003).

Das oben erwähnte Abwehrverhalten der Thripse beeinflusst eine erfolgreiche Attacke der Milben negativ. Mit zunehmender Größe der Raubmilben im Zuge der Entwicklung soll auch die Anzahl der erfolgreichen Angriffe auf Thripslarven ansteigen (WALZER et al. 2004). In diesem Zusammenhang fällt auf, dass es lediglich bis zum Stadium der Deutonymphe, welches bedeutend größer ist als die Protonymphe, zu hoher Mortalität der Juvenilstadien kam. Bei *T. tabaci* als Nahrungsquelle verstarben 54,9 % der Milben im Larvenstadium. 23,5 % starben während des Protonymphenstadiums. Wurde den Milben *F. occidentalis* als Futter angeboten, so verstarben 30,2 % während des Larvenstadiums und 36,4 % als Protonymphe. Dies lässt den Schluss zu, dass die hohe Mortalität der Raubmilbenlarven bei Fütterung mit *T. tabaci* z. T. auf die schwierige Fangbarkeit oder

Gegenattacken der Beutetiere zurückzuführen ist. In dem hier dargestellten Versuch konnte gelegentlich beobachtet werden, dass *F. occidentalis* eine hohe Aggressivität gegenüber ihrem natürlichen Gegenspieler *A. swirskii* aufweist. So ist auf Grund des beobachteten Mortalitätszeitpunktes, nämlich meist während der Häutungsphase, anzunehmen, dass die Larven von *F. occidentalis* während dieser Zeit die Milben attackiert und ausgesaugt haben. Raubmilbenlarven nehmen generell vor der Häutung zur Protonympe eine mehrstündige Ruheposition ein (z.B. SCHAUSBERGER and CROFT 1999). Auch KARG (1994) erwähnt, dass Raubmilben vor und während der Häutung die Bewegung einschränken. Zahlreiche tote Milben lagen verschrumpelt und demnach ausgesaugt in den Plexiglaskäfigen, wobei gelegentlich auch das Saugen der Thripslarven an den Raubmilben beobachtet werden konnte. WALZER et al. (2004) bestätigen diese Beobachtung, konnten jedoch nie einen Angriff von *F. occidentalis* auf aktive Milben beobachten. Diese Autoren nehmen daher an, dass Thripse eher schwache oder tote Raubmilben attackieren. In diesem Zusammenhang ist eine weitere Beobachtung, ähnlich zu jener von SCHAUSBERGER and CROFT (1999), erwähnenswert. Diese Autoren schreiben, dass sich Larven, welche keine bzw. fakultativ Nahrung zu sich nehmen, oft Ruheplätze in Ecken oder unter dachähnlichen Strukturen aufsuchen. Sie führen das Aufsuchen von Verstecken vorwiegend auf die Wehrlosigkeit der Larven gegenüber Prädatoren - vor allem während der Häutungsphase zur Protonympe - zurück. Diese künstlichen Strukturen simulieren natürliche Blattstrukturen und bieten daher Schutz vor Feinden. Auch *Amblyseius swirskii* - Larven, welche sich fakultativ ernähren, wurden häufig in diesen Bereichen aufgefunden. SCHAUSBERGER and CROFT (1999) erwähnen außerdem, dass solche künstlichen Strukturen wie z. B. Fäden des Netzes, natürliche Strukturen - in diesem Falle Blatthaare bzw. Domatien - imitieren und von Milben gerne als Eiablagestellen angenommen werden. Diese Domatien (Haarstrukturen auf der Blattunterseite meist in Blattachsen) dienen den Milben als Schutz während der Häutungsphase, stellen aber auch eine wichtige Schutzfunktion für die Raubmilbeneier dar. Wie auch MESSELINK et al. (2006) feststellten, werden die Eier von Raubmilben oft an Blatthaaren abgelegt. Auch in den hier dargestellten Untersuchungen konnte beobachtet werden, dass die Weibchen ihre Eier gerne auf vorhandene Fäden (Klebstoff, Fäden des Netzes) in den Plexiglaskäfigen ablegten. Auch kleine Nischen wurden gerne für die Eiablage verwendet. Mehr als  $\frac{3}{4}$  der gelegten Eier von Phytoseiiden wurden bei Freilandproben in Domatien vorgefunden (WALTER and PROCTOR, 1999).

Ein Angriff von *T. tabaci* auf die Raubmilben oder das Saugen an toten Milben konnte nicht beobachtet werden. Auch VAN RIJN et al. (1995) gehen davon aus, dass junge *T. tabaci* Larven nicht fähig sind, Raubmilben zu überwältigen. Die im Versuchsverlauf gestorbenen Milbenlarven und -protonymphen dürften daher verhungert sein oder sind während der Häutungsphase gestorben. Letzteres war daran zu erkennen, dass die Protonymphen z. T. noch halb in der Exuvie steckten oder die Protonymphen häufig tot neben der Exuvie lagen. Die gestorbenen Milben hatten ein dünnes, aber kein verschrumpeltes Erscheinungsbild. MILNE and WALTER (1998) beobachteten allerdings, dass auch *T. tabaci* auf für sie wenig geeigneten Wirtspflanzen, wie z.B. Gurke, vorhandene *T. urticae* – Eier als zusätzliche Nahrungsquelle (Proteine) verwendeten. Durch dieses Verhalten konnte *T. tabaci* gegenüber rein pflanzlicher Nahrung den Entwicklungszyklus schneller vollenden und die Oviposition steigern.

Manche Raubmilben brauchen für die Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier je nach Geschlecht unterschiedlich lang. Bei manchen Arten brauchen Weibchen länger für den Entwicklungszyklus als Männchen (HELLE and SABELIS 1985). In den hier dargestellten Versuchen entwickelten sich die Weibchen und Männchen gleich rasch. In der Publikation von EL-LAITHY and FOULY (1992) entwickelten sich *A. swirskii* – Weibchen bei Fütterung mit *T. urticae* etwas langsamer als die männlichen Artgenossen (5,5 bzw. 5,2 Tage). Ein markanter Unterschied besteht hier im Eistadium, welches bei den Weibchen 1,84 und bei den Männchen 1,37 Tage dauerte (EL-LAITHY and FOULY 1992).

Darüber hinaus liegt die Prädationsleistung der weiblichen Raubmilben generell über jener der männlichen Tieren (z.B. SCHAUSBERGER 2006, mündlich Mitteilung, YOUSEF et al. 1982). Dies liegt einerseits an ihrem größeren Körpervolumen und andererseits daran, dass befruchtete Weibchen viel Energie für die Eiproduktion benötigen. MOMEN and EL-SAWAY (1993) beobachteten, dass die Prädationsrate der weiblichen Milben bald nach der Paarung beträchtlich ansteigt. In der Entwicklungsphase hatte das Geschlecht der Milben bei keiner Entwicklungsstufe einen Einfluss auf die Prädationsrate. Die Larven vertilgten - unabhängig vom Geschlecht der Milben - zwischen 2,1 und 2,4 Thripslarven. Männliche und weibliche Protonymphen verzehrten etwa gleich viele *F. occidentalis* – Larven. Diente hingegen *T. tabaci* als Nahrung, so war die Prädationsrate der Weibchen (7,7 Larven) höher als die der Männchen (4,6 Larven). Im Deutonymphenstadium wiesen die Männchen

und Weibchen bei Fütterung mit *F. occidentalis* aber auch bei Fütterung mit *T. tabaci* eine etwa gleich hohe Fraßrate auf.

Hinsichtlich der Prädationsleistung aller Stadien gesamt, d.h. von der Larve bis zum adulten Tier, besteht ein relativ großer Unterschied zwischen den Beutearten, welcher jedoch aufgrund der hohen Schwankungsbreite statistisch nicht nachweisbar war. Die weiblichen Milben verzehrten 17,8 Larven von *F. occidentalis*, während die Fraßrate der männlichen Tiere bei 18,6 Larven lag. Diente *T. tabaci* als Nahrung, so wurden 12,9 Larven von den weiblichen Milben gefressen während die männlichen Tiere 10 Larven während des Entwicklungszyklus benötigten. In den Untersuchungen von DRESCHER (2005) verzehrten *N. cucumeris* –Weibchen während ihres gesamten Lebens bis zu fünfmal mehr Larven als die männlichen Artgenossen. Die aufgetretenen Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen können zumindest bei Fütterung der Milbe mit *T. tabaci* DRESCHER (2005) zu Folge zum einen auf die unterschiedliche Größe von Männchen und Weibchen und zum anderen auf die erhöhte Nahrungsaufnahme der Weibchen während der Reproduktion zurückgeführt werden.

## 4.2 Ovipositionsversuch

Von besonderer Relevanz für die Eignung von Nützlingen in der biologischen Schädlingskontrolle ist eine hohe Reproduktionsleistung der Räuber (ZEGULA 2004). Die Beuteart hatte in den hier dargestellten Untersuchungen keinen signifikanten Einfluss auf die Ovipositionsrate. Die tägliche Eiablage rate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* betrug 0,92 Eier und schwankte zwischen 0 und 3 abgelegten Eier/Tag/Milbe. Bei *T. tabaci* als Beute wurden 0,99 Eier/Weibchen/Tag abgelegt, wobei die tägliche Eiablage rate zwischen 0 und 2 Eier/Milbe schwankte.

Ein Vergleich der Ovipositionsrate von *Amblyseius swirskii* mit jener von *N. cucumeris* zeigt, dass letztere eine gleich hohe Reproduktionsleistung wie *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* aufweist (0,9 Eier pro Tag) (ZEGULA 2004). Die Eiablage rate von *I. degenerans* lag laut ZEGULA (2004) bei *F. occidentalis* als Beute lediglich bei 0,1 Eiern pro Tag. VAN HOUTEN et al. (1995) halten jedoch eine tägliche Ovipositionsrate von 2,2 bzw. 1,4 Eiern bei *N. cucumeris* bzw. *I. degenerans* für die erfolgreiche Bekämpfung des

kalifornischen Blütenthrips für ausreichend. Die Ergebnisse von GILLESPIE (1989) kommen den Bedingungen von VAN HOUTEN et al. (1995) am nächsten. *Neoseiulus cucumeris* legte bei diesen Untersuchungen 1,5 Eier pro Tag (20 °C). Die Ergebnisse von CASTAGNOLI et al. (1990) ähneln jenen von GILLESPIE (1989). GLOCKEMANN (1994) konnte bei *N. barkeri* bei Fütterung mit *F. occidentalis* eine Eiablagerrate von lediglich 0,5 Eier/Weibchen/Tag beobachten, wobei die Versuche an Zierpflanzen durchgeführt wurden.

Bei Fütterung der Raubmilben *N. cucumeris*, *I. degenerans* und *N. barkeri* mit *T. tabaci* konnten folgende Eiablagerraten eruiert werden: Die Ovipositionsrates von *N. cucumeris* lag bei durchschnittlich 1,1 Eier pro Milbe pro Tag, während *I. degenerans* 1,2 Eier täglich ablegte (DRESCHER 2005). LOOMANS et al. (1995) erwähnen, dass BONDE (1989) bei *N. barkeri* eine tägliche Eiablagerrate von 2,3 Eier beobachtete. EL-LAITHY and FOULY (1992) eruierten für *N. barkeri* eine durchschnittliche Eiablagerrate von 1,3 Eier/Weibchen/Tag bei Fütterung mit der Beute *T. urticae*.

Während der 10 Versuchstage schwankte die Reproduktionsrate im zeitlichen Verlauf relativ stark. Erst am zweiten Tag des Versuchs kam es bei beiden Beutearten zu einem deutlichen Anstieg der Ovipositionsrates. Diese schwache Eiablagerrate am ersten Tag kann auf die Nahrungsumstellung von Zuckermaispollen auf Thripse und auch auf die eintägige Hungerperiode zurückgeführt werden. Ab dem zweiten Tag erfolgte während der gesamten Versuchszeit eine kontinuierliche leichte Abnahme der Eiablagerrate bei Fütterung mit beiden Beutearten. Dies ist auf die natürliche Alterung der Weibchen zurückzuführen.

Die tägliche durchschnittliche Prädationsleistung während des Ovipositionsversuches bei Fütterung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* war signifikant unterschiedlich (7,1 bzw. 3,4 Thripslarven) und auch der zeitliche Verlauf beeinflusste die Fraßleistung. Bei *T. tabaci* als Beute blieb die Prädationsrate während der gesamten Versuchsdauer auf gleich hohem Niveau, während sie bei *F. occidentalis* als Beute nach 4 Tagen kontinuierlich abnahm. In letzterem Fall ist eine Korrelation zwischen Oviposition und Prädation zu erkennen – je weniger die Milbe fraß, desto weniger Eier wurden abgelegt. Zahlreiche Autoren wie z.B. MC MURTRY et al. (1970) und KARG (1993) schreiben, dass die Eiablagerrate der Phytoseiiden positiv mit der Prädationsrate korreliert.

Das Geschlechterverhältnis der Nachkommen kann Hinweise auf die Qualität und Quantität der angebotenen Nahrung geben. Bei manchen Arten sind die Weibchen in der Lage, das Geschlecht der gelegten Eier zu bestimmen (HELLE and SABELIS 1985). WALTER and PROCTOR (1999) schreiben, dass das Geschlechterverhältnis bei Phytoseiiden unter günstigen Bedingungen häufig von den Weibchen (bis zu 90 %) dominiert wird. Ist das Geschlechterverhältnis stark zugunsten der Weibchen verschoben, so lässt sich die Nahrungsqualität und -verfügbarkeit als gut bzw. sehr gut geeignet für die Milben einstufen. Unter günstigen Bedingungen liegt das Verhältnis von Weibchen zu Männchen bei etwa 65 zu 35 % (SABELIS 1985). Das Geschlechterverhältnis ist für die Praxis des Pflanzenschutzes vor allem für eine Vorhersage der Populationsentwicklung der Nützlinge von Bedeutung (GLOCKEMANN 1994). In den hier vorgestellten Untersuchungen betrug das Geschlechterverhältnis der Nachkommen von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* 70 : 30 % zugunsten der Weibchen und war bei Fütterung mit *T. tabaci* mit 63 : 37 % ähnlich. Beide Thripsarten scheinen also eine gute Nahrung für *A. swirskii* zu sein, da der weibliche Anteil klar überwiegt. In ähnlicher Weise dominierten in den Untersuchungen von MESSELINK et al. (2006) die weiblichen Milben von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* mit 83 % klar über die männlichen Artgenossen. Der Versuch von MESSELINK et al. (2006) fand allerdings im Glashaus unter „semi-natürlichen“ Bedingungen statt, während die hier dargestellten Untersuchungen ausschließlich unter Laborbedingungen durchgeführt wurden.

ABOU-AWAD and ELSAWI (1992) eruierten das Geschlechterverhältnis von *A. swirskii* bei Fütterung mit reinem Pollen (*Ricinus communis* L.), bei alleiniger Fütterung mit tierischer Beute (*T. urticae*) und bei Fütterung mit einem Pollen – *T. urticae* Gemisch. Das Geschlechterverhältnis war bei Tieren, die nur mit Pollen ernährt wurden gleich wie bei Ernährung mit *T. urticae* (2,2 Weibchen : 1 Männchen), während es bei Fütterung mit einem Pollen – *T. urticae* Gemisch weniger stark zugunsten der Weibchen verschoben war (1,7 Weibchen : 1 Männchen). Während bei Fütterung mit dem Pollen – *T. urticae* Gemisch das Geschlechterverhältnis ident mit jenem bei Fütterung von *A. swirskii* mit *T. tabaci* ist, ist auch das Verhältnis bei Fütterung mit Pollen bzw. *T. urticae* fast ident mit jenem bei Fütterung mit *F. occidentalis*. *Iphiseius degenerans* und *N. cucumeris* hatten bei den Versuchen von MESSELINK et al. (2006) hingegen einen relativ hohen Anteil an Männchen (46 bzw. 41 % Männchen). Dies lässt den vorsichtigen Schluss zu, dass *F. occidentalis* besonders für *I. degenerans* eine sub-optimale Nahrungsquelle darstellt.

Während der Dauer des Ovipositionsversuches konnte immer wieder beobachtet werden, dass die Milben bei den täglichen Kontrollen - nachdem sie für 24 Stunden zehn Thripslarven als Beute zur Verfügung hatten - scheinbar hungrig waren. Dies äußerte sich darin, dass viele Versuchstiere in den Plexiglaskäfigen hin und her rannten und dabei immer wieder bereits ausgesaugte Thripslarven betasteten und ansaugten. Dies ist weiters ein Indiz, dass Raubmilben auch tote Thripse als Nahrungsquelle akzeptieren. GLOCKEMANN (1994) beobachtete ebenfalls, dass *N. barkeri* genauso wie *A. swirskii* tote Thripse als Nahrung nutzte. Weiters konnte die Autorin keinen Angriff von *N. barkeri* gegen *F. occidentalis* verzeichnen, im Gegenteil – vielmehr zogen sich die Raubmilben bei Kontakt mit einem Thrips zurück. GLOCKEMANN (1994) scheint es daher unwahrscheinlich, dass *N. barkeri* zumindest in gewissen Zierpflanzenkulturen in der Lage ist, Nymphen von *F. occidentalis* zu überwältigen und zu töten.

### 4.3 Aggressivitätstest

In diesem Test sollte die Latenz der weiblichen Raubmilben bis zur Attacke der Thripse, hier als Aggressivität bezeichnet, geprüft werden. Das Experiment wurde auf zwei verschiedenen Substraten – nämlich auf Blattarenen und in Netzarenen – durchgeführt, wobei die Latenz der Raubmilben bis zur Attacke der Thripse in den Netzarenen (Plexiglaskäfigen) deutlich kürzer war. Auffällig ist, dass die Raubmilbenweibchen in den Netzarenen bereits nach 1 Minute die erste Thripslarve erbeuteten, wobei es egal war, ob es sich um *F. occidentalis* oder *T. tabaci* handelte. Auf den Blattarenen konnte, ebenfalls unabhängig von der Thripsart, erst nach 5 Minuten der erste erfolgreiche Angriff verzeichnet werden. GLOCKEMANN (1994) zitiert in ihrer Arbeit RAMAKERS (1988), welcher schreibt, dass *A. cucumeris* und *A. barkeri* in verschiedenen Kulturen unterschiedlich erfolgreich sind. Möglicherweise ist dies auf die verschiedenen Blattstrukturen und die damit verbundene unterschiedlich rasche Lokalisierung der Beutetiere zurückzuführen. In den vorliegenden Versuchen dürfte den Milben die Lokalisierung der Beute auf den künstlichen Arenen deutlich leichter gefallen sein als auf den Bohnenblättern.

Die Aggressivität gegenüber *F. occidentalis* war auf beiden Substraten höher als jene gegen *T. tabaci* – die Beute hatte aber statistisch gesehen keinen Einfluss auf die Angriffslust der

Milbe. HARDIE und MINKS (1999) schreiben, dass TEERLING (1995) erwähnt, *N. cucumeris* würde durch ein Alarmpheromon bestehend aus Decyl - und Dodecyl - Acetat, welches von *F. occidentalis* produziert wird, angezogen. Es ist durchaus denkbar, dass auch *A. swirskii* dieses Pheromon als Kairomon verwendet und dadurch *F. occidentalis* schneller lokalisieren kann als *T. tabaci* bzw. gegenüber ersterer Thripsart ein etwas aggressiveres Verhalten an den Tag legt.

Einige Raubmilben waren gegenüber ihrem Beutetier so aggressiv, dass der erste erfolgreiche Angriff innerhalb einer Minute stattfand. Diese enorme Aggressivität könnte eventuell mit der 1-tägigen Hungerperiode, der die Tiere ausgesetzt waren, zusammenhängen. LOOMANS et al. (1995) zitieren in ihrer Arbeit CLAUDIO (1991), welcher schreibt, dass *N. cucumeris* gegenüber *F. occidentalis* aggressiver ist als *N. barkeri*. WALZER et al. (2004) testeten die Aggressivität von *N. californicus* und *P. persimilis* gegenüber *F. occidentalis*. Der Generalist *N. californicus* war gegenüber *F. occidentalis* weit aggressiver als der Spezialist *P. persimilis*, was sich in früheren und häufigeren Attacken zeigte. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass auch die Raubmilbe *A. swirskii*, welche ebenfalls ein Generalist ist, aggressiver agiert als ein Spezialist.

#### **4.4 Bedeutung für die biologische Kontrolle**

Mehrere Studien der letzten Jahre weisen darauf hin, dass die Raubmilbe *A. swirskii* das Potential hat, Schädthripse erfolgreicher zu kontrollieren als die bisher für die Thripskontrolle erhältlichen Nützlinge. Die vorliegenden Untersuchungen belegen, dass *A. swirskii* sowohl den kalifornischen Blütenthrips *F. occidentalis* als auch den Zwiebelthrips *T. tabaci* als primäre Beutetiere nutzen kann.

Mitarbeiter der Firma Koppert stellten Vergleiche von *A. cucumeris*, *I. degenerans*, *Amblyseius andersoni* und *A. swirskii* auf Paprikakulturen im Einsatz gegen *F. occidentalis* an. Unter Glashausbedingungen konnten sich *A. swirskii* und *I. degenerans* besser etablieren als *N. cucumeris* und *A. andersoni*. Ein Versuch in kleinen Käfigen zeigte, dass sich die Population von *A. swirskii* - obwohl 30mal mehr *N. cucumeris* ausgesetzt wurden als *A. swirskii* - gleich gut im Paprikabestand etablieren konnte und auch die Thripspopulation mindestens so gut kontrollierte wie *N. cucumeris* (WWW.ALLABOUTSWIRSKII.COM). Vertreter des weltweit größten

Nützlingsproduzenten Koppert – Biological Systems ([www.koppert.nl](http://www.koppert.nl)) sind daher der Meinung, dass die Räubmilbe *A. swirskii* die bis heute hauptsächlich gegen Thripse eingesetzten *N. cucumeris* und *I. degenerans*, ersetzen wird (BOLCKMANS et al. 2005, VAN HOUTEN et al. 2005). MESSELINK et al. (2006) gehen davon aus, dass Raubmilben subtropischer Herkunft wie z.B. *A. swirskii* oder *T. limonicus*, *F. occidentalis* besser kontrollieren können als Raubmilben aus temperierten Klimaten ( wie z.B. *N. cucumeris* und *N. barkeri*). Ein Grund dafür scheint die bessere Verträglichkeit hoher Temperaturen und damit gekoppelter geringer Luftfeuchtigkeit in Glashäusern zu sein (MESSELINK et al. 2006, ZEGULA 2004).

MESSELINK et al (2006) berichten, dass die räuberischen Milben *T. limonicus*, *A. swirskii* und *E. ovalis* scheinbar das beste Potential für eine biologische Schädlingskontrolle von Thripsen und auch von Weiße Fliegen zumindest in Gurkenkulturen haben. *Frankliniella occidentalis* und Weiße Fliegen sind in Gurkenkulturen in Gewächshäusern meist immer in geringer Dichte vorhanden, weswegen die oben genannten Milbenarten besonders empfehlenswert für deren biologische Bekämpfung sind. Mit dem Zugriff auf zwei Beutearten könnten sich die Milben besser etablieren und eventuell eine höhere Populationsdichte erreichen als Räuber, die lediglich auf eine Beuteart spezialisiert sind. Der Einsatz von *A. swirskii* könnte somit eine nachhaltige Kontrolle beider Hauptschädlinge ermöglichen. Die zukünftige Verfügbarkeit von *A. swirskii* und deren großflächige Einsatz in Glashauskulturen hängen wesentlich von der Methode und damit den Kosten der Massenzüchtung ab. Dies scheint aber laut Koppert zufriedenstellend gelöst zu sein ([WWW.KOPPERT.NL](http://WWW.KOPPERT.NL)).

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war, die Eignung der räuberischen Milbe *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) zur biologischen Bekämpfung des Kalifornischen Blütenthrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) und des Zwiebelthrips *T. tabaci* (Lindeman) zu testen. Zu diesem Zweck wurden folgende Lebenszyklus - Parameter der Raubmilben ermittelt:

- (1) Entwicklung von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (2) Ovipositionsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- (3) Aggressivität von *A. swirskii* gegenüber ihren Beutetieren

Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass beide Thripsarten, *F. occidentalis* und *T. tabaci*, geeignete Beutetiere für *A. swirskii* sind. Die Raubmilben attackierten beide Thripsarten rasch und konnten mit beiden Beutearten die Juvenilentwicklung abschließen und fortwährend Nachkommen produzieren.

Die Raubmilben hatten während der Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier bei Fütterung mit beiden Thripsarten eine relativ hohe Mortalität (66 % bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. 78 % bei Fütterung mit *T. tabaci*). Ein geschlechtsspezifischer Unterschied hinsichtlich der Entwicklungszeit konnte nicht festgestellt werden. Die Eignung als Gegenspieler von Thripsen hängt auch von der Prädationsleistung der Raubmilbe ab. Die hier erzielten Ergebnisse zeigen, dass die Raubmilbe *A. swirskii* im Schnitt während der Gesamtentwicklungszeit 18,1 *F. occidentalis* – Larven bzw. 11,8 *T. tabaci* – Larven verzehrte. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied hinsichtlich der Prädationsrate konnte bei keinem Entwicklungsstadium nachgewiesen werden. Ein Vergleich der Entwicklungszeit von *A. swirskii* mit jener von *N. cucumeris* lässt erkennen, dass *N. cucumeris* bei Fütterung mit beiden Thripsarten für die Entwicklung mehr Zeit benötigt und dabei weniger Thripse vertilgt als *A. swirskii*. Die Entwicklungszeit von *N. barkeri* hingegen liegt bei Fütterung mit beiden Thripsarten unter jener von *A. swirskii*. *Iphiseius degenerans* entwickelt sich bei Fütterung mit *F. occidentalis* schneller als *A. swirskii*, jedoch kann sie den Entwicklungszyklus mit *T. tabaci* als Beute nicht vollenden.

Eine weitere Voraussetzung für eine erfolgreiche biologische Schädlingskontrolle ist die Reproduktionsfähigkeit eines Räubers mit der ihm zur Verfügung stehenden Beute. In den

hier vorgestellten Untersuchungen lag die Reproduktionsrate bei ausschließlicher Ernährung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* bei 0,92 bzw. 0,99 Eiern/Milbe/Tag. *Amblyseius swirskii* – Weibchen wiesen während des 10-tägigen Ovipositionsversuches bei Fütterung mit *F. occidentalis* eine tägliche Prädationsrate von 7,1 Larven und bei *T. tabaci* als Beute durchschnittlich 3,4 Thripslarven pro Tag auf. Ein signifikanter Einfluss konnte nur bei der Prädationsrate nachgewiesen werden.

*Neoseiulus cucumeris* weist im Vergleich zu *A. swirskii* bei Fütterung mit beiden Thripsarten eine etwa gleich hohe bzw. etwas höhere Reproduktionsrate auf. Die Eiablagezeiten von *I. degenerans* und *N. barkeri* liegen bei *F. occidentalis* als Beute unter jener von *A. swirskii*. Diente *T. tabaci* als Beute, so war die Ovipositionsrate von *I. degenerans* und *N. barkeri* höher als jene von *A. swirskii*. Das Geschlechterverhältnis der Nachkommenschaft betrug bei Fütterung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* 2,3 : 1 und bei *T. tabaci* als Beute 1,7 : 1 zugunsten der Weibchen.

*Amblyseius swirskii* legte auf Netzarenen (i.e., in künstlichen Käfigen) gegenüber beiden Thripsarten ein aggressiveres Verhalten an den Tag als auf Blattarenen. Weiters konnte beobachtet werden, dass die Aggressivität gegenüber *F. occidentalis* etwas größer war als jene gegenüber *T. tabaci*.

## **6. VERZEICHNISSE**

### **6.1 Literaturverzeichnis**

ABOU AWAD B. A., ELSAWI S. A. (1992): Generations and reproduction in the predacious mite *Amblyseius swirskii* Ath.-Hen. (Acari, Phytoseiidae) fed with artificial and natural diets. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 65, 115 – 117.

ALFORD D. V. (1999): A Textbook of Agricultural Entomology. Blackwell Wissenschafts- Verlag GmbH. Berlin.

BELLOWS T. S., FISHER T. W., CALTAGIRONE L. E., GORDH G., DAHLSTEN D. L., HUFFAKER C. B. (1999): Handbook of biological control – principles and applications of biological control. Academic Press. USA.

BLÜMEL S. (2004): Integrierte und biologische Schädlingskontrolle im Gartenbau. Vorlesungsunterlagen. Universität für Bodenkultur, Wien.

BLÜMEL S., FISCHER – COLBRIE P., HÖBAUS E. (1998): Nützlinge: Helfer im zeitgemässen Pflanzenschutz. Verlag Jugend & Volk Ges.m.b.H.; Wien.

BOLCKMANS K., VAN HOUTEN Y., HOOGERBRUGGE H. (2005): Biological control of the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*) and of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) with the phytoseiid predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, 1962. International Symposium on biological control of Arthropods. Davos, Schweiz. September 12 to 16 2005.

BOLCKMANS K., VAN HOUTEN Y., HOOGERBRUGGE H., BELDA J., CALVO J., PIRON M. (2006): *Amblyseius swirskii* – a new breakthrough in biological control in greenhouses. ABIM, Lucerne. 23. Oktober 2006. ([www.abim-lucerne.ch](http://www.abim-lucerne.ch)).

BONDE J. (1989): Biological studies including population growth parameters of the predatory mite *Amblyseius barkeri* (Acarina:Phytoseiidae) at 25 °C in the laboratory. Entomophaga 34: 274 – 287.

CASTAGNOLI M., DEL BENE G., GARGANI E., SIMONI S. (1990): Suitability of *Amblyseius cucumeris* (Oud.) (Acarina, Phytoseiidae) for the biological control of *Thrips tabaci* (Lindeman) and *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera Thripidae). Redia 73, 53 – 62.

CORTESERO A. M., STAPEL J. O., LEWIS W. J. (2000): Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. Biological Control 17, 35 – 49.

DICKE M., DE JONG M., ALERS M. P. T., STELDER C. T., WUNDERKIND R., POST J. (1989): Quality control of mass-reared arthropods: nutritional effects on performance of predatory mites. Journal of Applied Entomology 108, 462 – 475.

DRESCHER K. (2005): Untersuchungen über die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung von *Thrips tabaci* Lind. (Thys., Thripidae) durch Verwendung unterschiedlicher, räuberischer Arthropoden-Arten in Gemüsekulturen. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

EL-LAITHY A. Y. M., FOULY A. H. (1992): Life table parameters of the two phytoseiid predators *Amblyseius scutalis* (Athias-Henriot) and *A. swirskii* A.-H. (Acari, Phytoseiidae) in Egypt. Journal of Applied Entomology 113, 8 – 12.

ELSAWI S. A., ABOU-AWAD B. A. (1992): Starvation and fertilization affecting reproduction in *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot and *A. gossipi* El-Bädry (Acari, Phytoseiidae). Journal of Applied Entomology 113, 239-243.

FORTMANN M. (1993): Das grosse Kosmosbuch der Nützlinge. Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. Stuttgärt.

FREY J. E. (1990): Kalifornischer Blütenthrips – Schädlingsbekämpfung im Bereich Zierpflanzen. Separatdruck aus „Der Gartenbau“, Nr. 28/1990.

GERSON U., SMILEY L., OCHOA R. (2003): Mites (Acari) for Pest Control. Blackwell Wissenschafts Verlag. Berlin.

- GILLESPIE D. R. (1989): Biological control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber by *Amblyseius cucumeris*. Entomophaga 34, 185 – 192.
- GLOCKEMANN B. (1994): Raubmilben in Gewächshäusern als Antagonisten des kalifornischen Blütenthrips *Frankliniella occidentalis*. Dissertation. Naturwissenschaftliche Fakultät der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig.
- HARDIE J., MINKS A. K. (1999): Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants. CABI - Publishing. Wallingford. UK.
- HASSAN S. A. (1993): Pflanzenschutz mit Nützlingen: im Freiland und unter Glas. Ulmer Fachbuch : Landwirtschaft und Gartenbau. Stuttgart.
- HELLE W., SABELIS M. W. (1985): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Volume 1B. Amsterdam. Elsevier.
- HODA F. M., EL-NAGGAR M. E., TAHA A. H., IBRAHIM G. A. (1986): Effect of different types of food on fecundity of predacious mite *Amblyseius swirskii* Athias – Henriot (Acari: Phytoseiidae). Bull. Soc. Entomology Egypte 66, 113 – 116.
- JANSSEN A., FARAJI F., VAN DER HAMMEN T., MAGALHAES S., SABELIS M. W. (2002): Interspecific infanticide deters predators. Ecology Letters 5, 490 – 494.
- KAHRER A. (1998): Möglichkeiten der Thripsbekämpfung an Zwiebeln. Der Pflanzenarzt 4/1998, 24 – 26.
- KAHRER A. GROSS M. (2002): Gemüseschädlinge. Österreichischer Agrarverlag. Leopoldsdorf.
- KARG W. (1994): Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt: Lebensweise, Artenbestimmung und Nutzung. Die neue Brehm-Bücherei, Band 624. Magdeburg.
- KRANTZ G. (1978): A manual of Acarology, 2nd Edition. Oregon State University Book Stores, Inc., Corvallis, USA.

KREITER S. (1991): Les caractéristiques biologiques des acariens prédateurs d'acariens et leur utilisation en lutte biologique. Le Progrès agricole et Viticole, N° 11, Figure 3, 251.

LOOMANS A. J. M., VAN LENTEREN J. C., TOMMASINI M. G., MAINI S., RIUDAVETS J. (1995): Biological control of thrips pests. Wageningen Agricultural University Papers.

MC MURTRY J.A., HUFFAKER C.B., VAN DE VRIE M. (1970): Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 40, 331 – 390.

MESSELINK G., VAN STEENPAAL S. E. F., RAMAKERS P. M. J. (2006): Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. BioControl 51, 753 – 768.

MILNE M., WALTER G. H. (1998): Significance of mite prey in the diet of the onion thrips *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). Australian Journal of Entomology 37, 120 – 124.

MORITZ G. (1999): Thripse: kleine Insekten – große Probleme?. Getreide 5. Jahrgang (2) 1999, 22 - 25.

MOMEN F. M., EL-SAWAY S. A. (1993): Biology and feeding behaviour of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Acarologia 34 (3), 199 – 204.

SABELIS M. W. (1985): Sex allocation. In: HELLE, W. and SABELIS, M.W. (eds) Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Volume 1B. Amsterdam, Elsevier, pp 83-94.

SCHADE M., SENGONCA C. (1998): Labor- und Freilanduntersuchungen zur Biologie und Ökologie von *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera, Thripidae) unter Einfluss verschiedener Wirtspflanzen. Mitteilungen BBA (Berlin-Dahlem) 357, 216-217.

SCHAUSBERGER P. (1997): Inter- and intraspecific predation on immatures by adult females in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 21, 131-150.

SCHAUSBERGER P., CROFT B. A. (1999): Activity, Feeding, and Development Among Larvae of Specialist and Generalist Phytoseiid Mite Species (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology* 28, 322 – 329.

SWIRSKII E., AMITAI S., DORZIA N. (1967): Laboratory studies on the feeding, development and reproduction of the predacious mites *Amblyseius rubini* Swirski and Amitai and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Israel Journal of Agricultural Research* 17 (2), 101 – 119.

VAN HOUTEN Y. M., VAN RIJN P.C.J., TANIGOSHI L. K., VAN STRATUM P., BRUIN J. (1995): Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. *Experimental & Applied Entomology* 74, 225 – 234.

VAN LENTEREN J. C., LOOMANS A. J. M. (1998): Is there a natural enemy good enough for biological control of thrips? The 1998 Brighton Conference – Pests & Diseases.

VAN RIJN P. C. J., MOLLEMA C., STEENHUIS-BROERS G. M. (1995): Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Bulletin of Entomological Research* 85, 285 – 297.

VENZON M., PALLINI A., JANSSEN A. (2001): Interactions mediated by predators in arthropod food webs. *Neotropical Entomology* 30, 1 – 9.

WALTER D. E., PROCTOR H. C. (1999): Mites: ecology, evolution and behaviour. CABI Publishing. Wallingford, UK.

WALZER A., PAULUS H. F., SCHAUSBERGER P. (2004): Ontogenetic shifts in intraguild predation on thrips by phytoseiid mites: the relevance of body size and diet specialization. *Bulletin of Entomological Research* 94, 577 – 584.

YOUSEF A. A., EL-KEIFL A. H., METWALLY A. M. (1982): Zur Wirkung von Temperatur und Photoperiode auf die Entwicklung, Ernährung und Eiablage der Raubmilbe *Amblyseius swirskii* Ath. – Henr. (Acari, Gamasida, Phytoseiidae). Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 55, 107 – 109.

ZEGULA T. (2004): Eignung unterschiedlicher räuberischer Arthropoden-Arten zur biologischen Bekämpfung von *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (Thysanoptera: Thripidae) sowie Erhebungen zur möglichen Ausbreitung von *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) im europäischen Unterglasanbau. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

## 6.2 Elektronische Medien

<http://www.allesoverswirskii.nl>; Dezember 2006.

<http://www.allaboutswirskii.com>; Februar 2007.

<http://www.nuetzlinge.de>; Juni 2006.

<http://www.wb-online.nl>; Juni 2006.

<http://www.koppert.nl>; Juni 2006.

## 6.3 Abbildungsverzeichnis

- 1.1: Entwicklungsstadien von Thysanoptera dargestellt anhand von *F. occidentalis*
- 1.2: Schadsymptome von *F. occidentalis* (Pergande) an Gemüsekulturen und Zierpflanzen
- 1.3: Aussehen und Schadsymptome von *T. tabaci* (Lindeman)
- 1.4: Genereller Milbenkörperbau
- 1.5: Entwicklungszyklus Raubmilbe, Ei – Larve – Protonympe – Deutonymphe adultes Tier
- 1.6: Kontrolle von *F. occidentalis* in Gurkenkulturen mit verschiedenen Raubmilbenarten

- 1.7: *Amblyseius swirskii* betastet leere Eihülle von Weissen Fliegen
- 1.8: Ansicht von *A. swirskii* (Mikroskoppräparat) mit den typischen langen Haaren am Ende des Idiosomas
- 2.1: Saugröhrchen (Exhaustor)
- 2.2: Zuchtarena für *A. swirskii*
- 2.3: Plexiglaskäfige für *A. swirskii*
- 3.1: Mortalität und Überlebensrate (in %) der Raubmilbe *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.2: Überlebensfunktion der Jungtiere von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.3: Dauer der Entwicklung (Tage) der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.4: Geschlechtsspezifische Unterschiede der durchschnittlichen Entwicklungszeit (Tage) von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.5: Natürliche Sterblichkeit des 1. Larvenstadiums von *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.6: Prädationsrate der einzelnen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.7: Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Prädationsrate von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.8: Durchschnittliche Ovipositionsrate pro Raubmilbenweibchen bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.9: Durchschnittliche Prädationsrate pro Raubmilbenweibchen bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.10: Geschlechterverhältnis Weibchen zu Männchen bei Fütterung von *A. swirskii* mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*.
- 3.11: Durchschnittlich benötigte Zeit (min) der Raubmilbe *A. swirskii* bis zur erfolgreichen Erbeutung einer Thripslarve (1. Stadium).

## 6.4 Tabellenverzeichnis

- 1.1: Raubmilben im Einsatz gegen Thripse
- 2.1: Entwicklungsstadien und durchschnittliche Entwicklungszeit von Phytoseiden
- 3.1: Post-Hoc-Test für die Larvenentwicklung der Raubmilbe *A. swirskii* mit bzw. ohne Beute
- 3.2: Test der Zwischensubjekteffekte der Prädationsrate der verschiedenen Entwicklungsstadien von *A. swirskii* bei Fütterung mit *F. occidentalis* und *T. tabaci*
- 3.3: Durchschnittliche Anzahl der von *A. swirskii* gelegten Eier bei Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci*
- 3.4: Durchschnittliche Prädationsrate pro adultes *A. swirskii* –Weibchen bei alleiniger Fütterung mit *F. occidentalis* bzw. *T. tabaci* sowie die durchschnittliche tägliche Prädationsleistung pro Milbe
- 3.5: Test der Zwischensubjekteffekte des Aggressivitätstests