

**Zeitlich gestaffelter Einsatz der Raubmilben *Neoseiulus californicus* und *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae) zur nachhaltigen biologischen/integrierten Spinnmilbenbekämpfung im Gartenbau – Evaluierung einer neuen Ausbringungsstrategie.**

Endbericht Forschungsprojekt 1184

Projektleitung und Bearbeitung

Mag. Andreas Walzer

Institut für Zoologie, Abt. Evolutionsbiologie

Universität Wien

In Kooperation mit: Dr. S. Blümel, Institut für Phytomedizin, Bundesamt und  
Forschungszentrum für Landwirtschaft;

Dr. P. Schausberger, Institut für Pflanzenschutz, Universität für Bodenkultur, Wien

November 2002

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2. Testorganismen, Erhaltungszuchten, Versuchseinheiten</b>	<b>6</b>
2.1. Testorganismen	6
2.2. Erhaltungszuchten von <i>P. persimilis</i> , <i>N. californicus</i> und <i>F. occidentalis</i>	6
2.3. Zucht für die Versuche	7
<b>3. Versuche</b>	<b>7</b>
<b>3.1. Welche alternativen Nahrungsquellen stehen dem Generalisten <i>N. californicus</i> im Pflanzenbestand zur Verfügung?</b>	<b>7</b>
3.1.1. Literaturrecherche	7
3.1.2 Experimente: Schlüsselfaktoren der intraguild Prädation zwischen <i>P. persimilis</i> , <i>N. californicus</i> und <i>F. occidentalis</i> .	10
3.1.2.1. Experiment 1: Größenverhältnisse zwischen Prädator (Raubmilben) und Beute (L <sub>1</sub> Larven von <i>F. occidentalis</i> ).	11
3.1.2.2. Experiment 2: Aggressivität und Prädationserfolg von <i>P. persimilis</i> und <i>N. californicus</i> bei Nahrungsangebot von <i>F. occidentalis</i> (L <sub>1</sub> Larven)	11
3.1.2.3. Experiment 3: Juvenile Entwicklung und Oviposition der Raubmilben bei Prädation an L <sub>1</sub> Larven von <i>F. occidentalis</i> .	14
3.1.2.4. Experiment 4: Juvenile Entwicklung und Oviposition von <i>F. occidentalis</i> bei Prädation an Eiern von <i>T. urticae</i> , <i>P. persimilis</i> und <i>N. californicus</i> .	19
3.1.2.5. Experiment 5: Verhalten (Aktivität, Prädation, Blattfraß) von L <sub>1</sub> Larven bei Nahrungsangebot von <i>P. persimilis</i> , <i>N. californicus</i> oder <i>T. urticae</i> Eiern.	21
3.1.2.6 Diskussion	22

<b>3.2. Wird durch die Anwesenheit von con- oder heterospezifischen Raubmilben die Nahrungsplatzwahl und das Ovipositionsverhalten von <i>P. persimilis</i> und <i>N. californicus</i> beeinflusst?</b>	<b>25</b>
3.2.1. Methode	26
3.2.2. Ergebnisse	28
3.2.3. Diskussion	38
<b>3.3. Ist der zeitlich gestaffelte Einsatz von <i>P. persimilis</i> und <i>N. californicus</i> in bezug auf Langfristigkeit und Effizienz vorteilhafter als der traditionelle Einsatz von <i>P. persimilis</i>?</b>	<b>40</b>
3.3.1. Glashausversuch	40
3.3.1.1. Methode	40
3.3.1.2. Ergebnisse	42
3.3.1.2. Diskussion	46
3.3.2. Der zeitlich gestaffelte Einsatz von <i>N. californicus</i> und <i>P. persimilis</i> in einer kommerziellen Rosengärtnerei	48
3.3.2.1. Methode	49
3.3.2.2. Ergebnisse	52
3.3.2.3. Diskussion	56
<b>4. Schlussfolgerungen und Implikationen für die Praxis der biologischen/integrierten Spinnmilbenkontrolle in mehrjährigen Glashauskulturen</b>	<b>58</b>
<b>5. Literatur</b>	<b>60</b>
<b>6. Veröffentlichungen, Vorträge</b>	<b>63</b>

## 1. Einleitung

Herbivore Arthropoden werden in naturnahen Lebensräumen von einem Komplex an natürlichen Gegenspielern aus Prädatoren, Parasiten und Pathogenen als gemeinsame Ressource genutzt, wobei die Populationsdichten der in Agroökosystemen häufig schädlichen Arthropoden im allgemeinen wirkungsvoll reguliert werden. In Erwartung synergistischer oder additiver Effekte bei der biologischen/integrierten Schädlingsbekämpfung wurde in den letzten Jahren verstärkt der simultane Einsatz mehrerer Antagonisten gegen eine Schädlingsart getestet (Duso, 1989; Clements & Harmsen, 1992; Croft and MacRae 1992 ab; Ehler 1992; Schausberger, 1998; Duso and Vettorazzo, 1999; Schausberger and Walzer, 2001). Solche Lebensgemeinschaften, welche die gleichen Ressourcen in ähnlicher Weise nutzen, werden als Gilde bezeichnet (Root, 1967). In artifiziellen Nahrungsgefügen kann eine Gilde, bestehend aus mehreren Antagonisten zu einem Anstieg, zum Gleichbleiben oder zu einer Abnahme der Schädlingspopulation gegenüber dem Einsatz einer einzigen Nützlingsart führen (Rosenheim et al., 1993; Sunderland et al., 1997; Losey & Denno, 1998). Neben den abiotischen Faktoren und den Wechselbeziehungen zwischen den trophischen Ebenen Wirtspflanze/Schädling/Nützling spielt die Artenzusammensetzung der Gilde und die sich daraus ergebenden direkten und indirekten Interaktionen zwischen den Prädatoren und/oder Parasitoiden innerhalb der Gilde eine Schlüsselrolle über Erfolg und Mißerfolg der Schädlingskontrolle (Rosenheim et al., 1995; Janssen et al., 1998).

Die beiden Raubmilbenarten *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot und *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) scheinen aufgrund ihrer biologischen und ökologischen Eigenschaften geeignete Kandidaten für einen kombinierten Einsatz zur Spinnmilbenbekämpfung unter Glas zu sein. Die Raubmilbe *P. persimilis* ist aufgrund des hohen Reproduktions- und Prädationspotentials ein effizienter Räuber von Spinnmilben der Gattung Tetranychus. *Phytoseiulus persimilis* ist bezüglich des Beutespektrums auf Spinnmilben (Acari: Tetranychidae) spezialisiert und kann bei Beutemangel nur kurze Zeit überleben (McMurtry and Croft, 1997). Daher führt Spinnmilbenmangel unweigerlich zum Zusammenbruch der Raubmilbenpopulation und bei einem nochmaligen Aufkommen der Spinnmilbe muss *P. persimilis* neu ausgebracht werden. In der Praxis ist daher die Kontrolle der Spinnmilben durch *P. persimilis* in Kurzkulturen (Gurke, Paradeiser, Paprika) durchaus zufriedenstellend, während in mehrjährigen Kulturen (Gerbera, Rosen, Grünpflanzen) nur eine kurzfristige Kontrolle möglich ist.

Die polyphage Raubmilbe *Neoseiulus californicus* weist ein geringeres Prädationspotential als *P. persimilis* auf, kann aber bei Spinnmilbenmangel auf andere Nahrungsquellen wie Thripse (Thysanoptera: Thripidae) und Pollen ausweichen (Croft et al., 1998). Ein weiterer Vorteil von *N. californicus* ist die hohe Toleranz gegenüber Pflanzenschutzmitteln im Vergleich zu *P. persimilis* (Blümel, 1999). Es gibt auch Hinweise, dass bei *N. californicus* durch Kurztagbedingungen, verbunden mit niedrigen Temperaturen, Diapause ausgelöst wird (Castagnoli et al., 1994; Schöntag, 1999). Daher ist es vorstellbar, dass *N. californicus* in Glashäusern überwintern kann und somit langfristig ein Nützling zur Spinnmilbenkontrolle im Pflanzenbestand vorhanden ist.

Wissenschaftliche Untersuchungen über einen kombinierten Einsatz der beiden Raubmilbenarten zur Spinnmilbenkontrolle lassen den Schluss zu, dass eine längerfristige Unterdrückung der Spinnmilben in mehrjährigen Kulturen möglich ist, wobei ein zeitlich gestaffelter Einsatz einem simultanen Einsatz der Raubmilben vorzuziehen ist. Diese innovative Ausbringungsstrategie würde bedeuten, dass der Generalist *N. californicus* bei Vorhandensein von Alternativnahrung vor einem sichtbaren Spinnmilbenbefall ausgebracht wird. Durch die Etablierung eines "Basisnützlings" ist zu erwarten, dass dadurch das Aufkommen der Spinnmilben verzögert wird. Kommt es lokal im Pflanzenbestand zu einer Spinnmilbengradation, so wird der Nahrungsspezialist *P. persimilis* eingesetzt. Neben der längerfristigen Kontrolle der Spinnmilben ist auch mit einer Reduktion des Pestizidaufwandes und mit geringeren Aufwandmengen von *P. persimilis* gegenüber einem Einzeleinsatz von *P. persimilis* zu rechnen. Neben den angeführten positiven Effekten könnten Interaktionen zwischen den beiden Raubmilben aber auch den Bekämpfungserfolg negativ beeinflussen. *Neoseiulus californicus* erbeutet auch Eier und Juvenilstadien von *P. persimilis* und ist der stärkere intraguild Prädator als *P. persimilis* (Walzer and Schausberger, 1999ab; Walzer et al., 2001). *Phytoseiulus persimilis* kann daher Schwierigkeiten haben, sich in einem Pflanzenbestand, in welchem *N. californicus* bereits etabliert ist, anzusiedeln. Es ist vorstellbar, dass *P. persimilis* lokal (Blatt, Einzelpflanze, Pflanzengruppe) durch *N. californicus* verdrängt wird. Es kann auch das Beutesuchverhalten und somit die Spinnmilbendezimierung von *P. persimilis* durch die Anwesenheit eines Konkurrenten beeinträchtigt werden. Daher sollen folgende Fragestellungen untersucht werden:

- 1) Welche alternativen Nahrungsquellen stehen für den Generalisten *N. californicus* im Pflanzenbestand zur Verfügung?
  - a) Literaturrecherche

- b) Schlüsselfaktoren der intraguild Prädation zwischen *N. californicus*, *P. persimilis* und *F. occidentalis*
- 2) Wird durch die Anwesenheit von con- oder heterospezifischen Raubmilben die Nahrungsplatzwahl und das Ovipositionsverhalten von *P. persimilis* und *N. californicus* beeinflusst?
- 3) Ist ein zeitlich gestaffelter Einsatz der beiden Raubmilbenarten in bezug auf Langfristigkeit und Effizienz vorteilhafter als der traditionelle Einsatz von *P. persimilis*?
- a) Populationsversuche im Glashaus
- b) und in einer kommerziellen Rosengärtnerei.

Bei positiver Evaluierung des zeitlich gestaffelten Einsatzes von *N. californicus* und *P. persimilis* soll ein Ausbringungskonzept entwickelt werden, welches eine Umsetzung des kombinierten Einsatzes der Raubmilben zur Spinnmilbenkontrolle in die gartenbauliche Praxis gewährleistet.

## 2. Testorganismen, Erhaltungszuchten, Versuchseinheiten

Alle Versuche mit Ausnahme des Populationsversuches in einer Rosengärtnerei wurden am Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Phytomedizin durchgeführt.

### 2.1. Testorganismen

Die für die Versuche verwendeten Raubmilben *P. persimilis* und *N. californicus* wurden aus den Erhaltungszuchten des Instituts für Phytomedizin entnommen. Der kalifornische Blütenthrips *Frankliniella occidentalis* wurde in einer Rosengärtnerei gesammelt. Zur Nahrungsversorgung der beiden Raubmilbenarten wurden Spinnmilben der Art *Tetranychus urticae* Koch verwendet, die ebenfalls aus der hauseigenen Massenzucht stammten.

### 2.2. Erhaltungszuchten von *P. persimilis*, *N. californicus* und *F. occidentalis*

*Phytoseiulus persimilis* wurde auf Buschbohnenpflanzen, die mit *T. urticae* befallen waren, in einer Glashauskabine bei 22°C, 65% rel. Luftfeuchte und 16h Photoperiode gezüchtet. Die Raubmilbe *N. californicus* wurde auf einer Kunststoffunterlage (35 x 60 x 5 cm), die mit spinnmilbenbefallenen Buschbohnenblättern bedeckt war, gezüchtet. Die Kunststoffunterlage befand sich in einem Wasserbad, um ein Entkommen der Raubmilben zu verhindern. Der

kalifornische Blütenthrips wurde auf Buschbohnenblättern gezüchtet. Die Buschbohnenblätter befanden sich in Kunststoffbehältern (18 x 15 x 5 cm), die mit feuchter Watte ausgelegt waren. Als Zusatznahrung wurde *Rhycinus communis* L. Pollen zur Verfügung gestellt. Die beiden letztgenannten Zuchtverfahren wurden in einer Klimakammer bei 25°C, 65% rel. Luftfeuchte und 16h Photoperiode durchgeführt.

### 2.3. Zucht für die Versuche

Die Zuchten von gleich alten Eiern und/oder Larven von *P. persimilis*, *N. californicus* und *F. occidentalis* erfolgten in der Klimakammer (25°C, 65% rel. Luftfeuchte und 16h Photoperiode).

Raubmilben: Unterseits perforierte Kunststoffschalen (18 x 15 x 5 cm) wurden mit feuchter Watte ausgelegt und darauf wurden Buschbohnenblätter mit der Unterseite nach oben platziert. Mit einem Pinsel wurden Spinnmilben auf die Blätter gebürstet. Danach wurden adulte Weibchen auf die Blätter gesetzt. Nach 24 h konnten die ersten gleich alten Eier abgesammelt werden.

Kalifornischer Blütenthrips: Die Zucht erfolgte nach der gleichen Methode wie die Massenzucht von *F. occidentalis*. In die Behälter wurden *F. occidentalis* Weibchen aus der Massenzucht auf die Blätter gesetzt. Die Weibchen wurden nach 24 h wieder entfernt und nach 4-5 Tagen konnten die ersten L<sub>1</sub> Larven für die Versuche entnommen werden.

## 3. Versuche

### 3.1. Welche alternativen Nahrungsquellen stehen dem Generalisten *N. californicus* im Pflanzenbestand zur Verfügung?

#### 3.1.1. Literaturrecherche

Ziel der Literaturrecherche war es, das potentielle Nahrungsspektrum von *N. californicus* zu erfassen und anschließend mit ein oder zwei Nahrungsquellen weiterführende

Untersuchungen über die Wertigkeit der Nahrung in bezug auf Überleben, Entwicklung und Reproduktion von Juvenilstadien und Weibchen von *N. californicus* durchzuführen. Bei der Literaturrecherche wurde als Richtwert für potentielle alternative Nahrungsquellen die Ovipositionsrate/Weibchen/Tag von *N. californicus* herangezogen. Die höchsten Ovipositionsraten erreichte *N. californicus* bei Nahrungsangebot von Spinnmilben der Gattung *Tetranychus*. Aber auch bei Nahrungsangebot von anderen Milbenarten wurden teilweise ähnlich hohe Ovipositionsraten von *N. californicus* erzielt. Pflanzliche Nahrung wie Pollen kann ebenfalls als Alternativnahrung zu Spinnmilben eingestuft werden. Innerhalb der Insekten war der kalifornische Blüenthrips *Frankliniella occidentalis* die hochwertigste Nahrungsquelle in bezug auf die Ovipositionsrate.

### **Oviposition/Weibchen/Tag (Literaturdaten)**

#### 1) Spinnmilben aus der Gattung *Tetranychus*

<i>T. urticae</i>	3.45 (Croft et al., 1998)
<i>T. urticae</i>	2.85 (Castagnoli & Simoni, 1991)
<i>T. urticae</i>	2.00 (Moraes & McMurtry, 1985)
<i>T. cinnabarinus</i>	2.37 (Swirski et al., 1970)
<i>T. cinnabarinus</i>	2.61 (Friese & Gilstrap, 1982)
<i>T. evansi</i>	0.50 (Moraes & McMurtry, 1985)

#### 2) andere Spinnmilben

<i>Oligonychus illicis</i>	0.87 (Croft et al., 1998)
<i>Oligonychus pratensis</i>	2.50 (Pickett & Gilstrap, 1986)
<i>Panonychus ulmi</i>	2.01 (Croft et al., 1998)
<i>Eotetranychus orientalis</i>	1.25 (Swirski et al., 1970)

#### 3) andere Milben

<i>Brevipalpus phoenicis</i>	1.25 (Swirski et al., 1970)
<i>Aculus schlechtendali</i>	0.83 (Croft et al., 1998)
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	2.14 (Castagnoli & Falchini, 1993)



## 4) Insekten

<i>Bemisia tabaci</i>	0.13 (Swirski et al., 1970)
<i>Pray citri</i> Eier	0.00 (Swirski et al., 1970)
<i>Spodoptera littoralis</i> Eier	0.08 (Swirski et al., 1970)
<i>Retithrips syriacus</i>	0.04 (Swirski et al., 1970)
<i>Aonidiella aurantii</i>	0.53 (Swirski et al., 1970)
<i>Frankliniella occidentalis</i>	1.12 (Croft et al., 1998)

## 5) Pollen

Rhizinus	1.07 (Swirski et al., 1970)
Mais	0.88 (Swirski et al., 1970)
Mais	1.18 (Croft et al., 1998)
Avocado	1.12 (Swirski et al., 1970)
<i>Carpobrotus edulis</i>	1.07 (Swirski et al., 1970)
<i>Carpobrotus edulis</i>	1.26 (Castagnoli & Simoni, 1991)
Mandel	0.81 (Swirski et al., 1970)

*F. occidentalis* wurde in den weiteren Versuchen aus folgenden Gründen in den Mittelpunkt der Untersuchungen gestellt:

- 1) Der kalifornische Blütenthrips *Frankliniella occidentalis* gilt als einer der Hauptschädlinge bei Zierpflanzen und im Gemüsebau. Diese Thrips - Art ist in geschützten Kulturen, in denen biologische/integrierte Schädlingsbekämpfung angewendet wird, mit den beiden Raubmilbenarten *P. persimilis* und *N. californicus* vergesellschaftet (Venzon et al., 2001).
- 2) Da *F. occidentalis* nicht nur phytophag ist, sondern auch Spinnmilben-Eier erbeuten kann, ist *F. occidentalis* auch als Konkurrent um Nahrung für die beiden Raubmilbenarten anzusehen.
- 3) Darüber hinaus wurde vor kurzem belegt, dass *F. occidentalis* auch Raubmilben-Eier erbeutet (Roda et al., 2000). Interaktionen wie intraguild Prädation und Konkurrenz um Nahrung zwischen den drei potentiellen Konkurrenten *F. occidentalis*, *N. californicus* und *P. persimilis* könnten möglicherweise Auswirkungen auf die biologische Kontrolle des Zielorganismus *T. urticae* haben.
- 4) In Vorversuchen konnte überraschenderweise festgestellt werden, dass auch der Nahrungsspezialist *P. persimilis* in der Lage ist, *F. occidentalis* zu überwältigen. Es

stellte sich daher die Frage, in welcher Form *P. persimilis* von der Prädation an *F. occidentalis* profitiert.

### **3.1.2. Experimente: Schlüsselfaktoren der intraguild Prädation zwischen *P. persimilis*, *N. californicus* und *F. occidentalis*.**

#### **Hintergrund**

Die Auswirkungen der intraguild Prädation (IGP) können entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung, Verteilung und Häufigkeit von Arten in einem Nahrungsgefüge haben. Das Größenverhältnis zwischen dem IG Prädator und der IG Beute und die Nahrungsbandbreite des IG Prädators werden als die Schlüsselfaktoren für die Richtung und Häufigkeit der IGP angesehen (Polis et al., 1989). IG Prädatoren sind entweder größer oder gleich groß als die IG Beute. Weiters wird angenommen, dass Generalisten stärkere IG Prädatoren sind als Spezialisten, da Generalisten von IGP in bezug auf die juvenile Entwicklung und Oviposition mehr profitieren sollten als Spezialisten. Folglich sollten die Kombinationen negatives Prädator/Beute Größenverhältnis + Spezialist und positives Prädator/Beute Größenverhältnis + Generalist die Endpunkte eines Kontinuums, reichend von nicht gefährlichen bis zum sehr gefährlichen Prädator für *F. occidentalis*, sein. Daher wurden zunächst die Größenverhältnisse zwischen Prädator (Raubmilben) und Beute (*F. occidentalis*) berechnet. In einem zweiten Schritt wurden die Entwicklung zum Adulttier und die Oviposition erhoben, wenn den beiden Raubmilbenarten *F. occidentalis* als Nahrung angeboten wird. Als Beutestadium wurden ausschließlich L<sub>1</sub> Larven verwendet, da die Eier von *F. occidentalis* in das Pflanzengewebe gelegt werden und daher für Raubmilben als Beute nicht verfügbar sind. Die L<sub>2</sub> Larven von *F. occidentalis* sind größer als die adulten Raubmilben und sind folglich nur schwer zu erbeuten. Da aber *F. occidentalis* in der Lage ist, Raubmilbeneier anzustechen, wurden auch die juvenile Entwicklung und die Oviposition von *F. occidentalis* bei Nahrungsangebot von Raub- und Spinnmilbeneiern evaluiert. Weiters wurde das Prädationsverhalten der L<sub>1</sub> Larven an Raub- und Spinnmilbeneiern in bezug auf Aktivität und Prädation erhoben.

### 3.1.2.1. Experiment 1: Größenverhältnisse zwischen Prädator (Raubmilben) und Beute (L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*).

Die Körperlänge von Protonymphen und Weibchen der beiden Raubmilbenarten und L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* wurde ermittelt. Die Exemplare (19- 20 Wiederholungen) wurden auf einem Objektträger fixiert (Hoyer's Medium). Anschließend wurden die Objektträger für 1h auf eine Thermoplatte (35-40°C) gelegt und danach 24 Stunden bei Raumtemperatur gelagert. Bei den L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* wurde die Körperlänge (distales Ende vom Caput bis zum caudalen Ende des Abdomens) gemessen. Raubmilben fixieren die Beute mit dem ersten Beinpaar. Somit ist die Körperlänge mit der Länge des ersten Beinpaares entscheidend, welche Beute in bezug auf ihre Größe überwältigt werden kann. Daher wurden die Raubmilben mit ausgestrecktem ersten Beinpaar fixiert und die Länge des Idiosomas wurde gemeinsam mit der Länge des ersten Beinpaares kombiniert. Der distale Endpunkt des ersten Beinpaares wurde auf die Longitudinalachse zwischen dem Beinpaar projiziert und die Gesamtlänge vom distalen Endpunkt des Beinpaares bis zum caudalen Ende des Idiosomas gemessen. Das Prädator/Beute Größenverhältnis wurde durch Division der Länge der L<sub>1</sub> Larve durch die Länge des Prädators berechnet. Der Vergleich der Größenverhältnisse erfolgte mit der univariaten Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test).

### Ergebnisse

Die Prädator/Beute Größenverhältnisse unterschieden sich sowohl zwischen den Arten als auch innerhalb der Arten (df 1,2 = 3, 76; F = 162,364; P < 0,001). Nur die Weibchen von *P. persimilis* (Prädator/Beute Verhältnis = 1,32) waren größer als die L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*, während *N. californicus* Weibchen (Prädator/Beute Verhältnis = 0,94) etwa gleich groß waren wie die Beute. Die *P. persimilis* Protonymphen (Prädator/Beute Verhältnis = 0,82) waren geringfügig kleiner, die *N. californicus* Protonymphen (Prädator/Beute Verhältnis = 0,59) hingegen deutlich kleiner als die L<sub>1</sub> Larven.

### 3.1.2.2. Experiment 2: Aggressivität und Prädationserfolg von *P. persimilis* und *N. californicus* bei Nahrungsangebot von *F. occidentalis* (L<sub>1</sub> Larven)

Die Experimente 2 und 3 wurden in geschlossenen Plexiglaszellen durchgeführt (Durchmesser 15mm, Höhe 3mm) (Schausberger, 1997). Ein engmaschiges Gazenetz bildete den Boden der Zelle und durch ein Deckglas wurde die Zelle nach dem Einfügen der Testorganismen geschlossen. Das Deckglas wurde mit einem Gummiband fixiert. Einzelnen

Protonymphen (vorher 12 Stunden ohne Nahrung) und Weibchen (vorher 24 Stunden ohne Nahrung) von *P. persimilis* und *N. californicus* wurden je eine L<sub>1</sub> Larve von *F. occidentalis* als Nahrung in den Einzelzellen angeboten. Der Zeitpunkt (Raubmilbe berührt L<sub>1</sub> Larve von *F. occidentalis* mit dem ersten Beinpaar) und der Ausgang der Attacke der Raubmilben (erfolglos: L<sub>1</sub> Larve kann entkommen; erfolgreich: Raubmilbe saugt L<sub>1</sub> Larve von *F. occidentalis* aus) wurden erhoben, indem die Zellen alle 2-4 Minuten kontrolliert wurden. Als Maß für die Aggressivität wurde das Verhältnis Anzahl der Wiederholungen/Anzahl der Attacken innerhalb des Versuchszeitraumes herangezogen. Der Prädationserfolg wurde aus dem Verhältnis Anzahl der erfolgten Attacken/Anzahl der erfolgreichen Attacken berechnet. Die Versuche dauerten 8 Stunden (40 Wiederholungen). Das Überleben der L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* und der Angriffszeitpunkt der Raubmilben wurden mit Hilfe des Kaplan-Meier Test analysiert. Innerhalb des Kaplan-Meier Test wurden die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit der L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* und der kumulierte Angriffszeitpunkt der Raubmilben mit dem Breslow Test paarweise zwischen den Varianten verglichen. Die Kaplan –Meier Methode ermöglicht die Schätzung des Zeitpunktes von Ereignissen (Überlebenswahrscheinlichkeit der L<sub>1</sub> Larven, Angriffszeitpunkt der Raubmilben) auch bei Vorhandensein von zensierten Fällen. Zensierte Fälle sind solche Fälle, bei denen das Ereignis (Tod der L<sub>1</sub> Larve, Angriff der Raubmilbe) innerhalb des Versuchszeitraumes nicht eintritt. Der Prädationserfolg innerhalb der Varianten wurde mit einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test) analysiert.

## **Ergebnisse**

Unabhängig vom Entwicklungsstadium erwies sich der Generalist *N. californicus* als aggressiver und attackierte die angebotene Beute früher als der Spezialist *P. persimilis*. 24 Prozent der Protonymphen von *P. persimilis* attackierten die L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* und waren somit aggressiver als die Weibchen von *P. persimilis*, welche keine L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* innerhalb von 8 Stunden attackierten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Aggressivität von Protonymphen von *P. persimilis* (PP P) und *N. californicus* (NC P) und Weibchen von *P. persimilis* (PP W) und *N. californicus* (NC W) bei Angebot von einzelnen L<sub>1</sub> Larven (*F. occidentalis*) innerhalb von 8 Stunden.

Variante	PP P	NC P	PP W	NC W
	Aggressivität (Verhältnis)	Zeitpunkt der Attacke (min.)	paarweise Signifikanz	
PP P	0.24	452	0.0009	0.015
NC P	0.60	359	0.0001	0.532
PP W	0.00	-		0.0003
NC W	0.53	379		

Breslow Test, gemeinsam über alle Varianten: U= 24.71, df = 3, P < 0.0001.

Da keine Attacken der *P. persimilis* Weibchen an den Larven von *F. occidentalis* erfolgten, überlebten alle Larven bis zum Ende des Versuches. Die Überlebensrate der *F. occidentalis* Larven unterschied sich in Anwesenheit von *P. persimilis* und *N. californicus* Protonymphen nicht signifikant und lag bei 84 und 93 Prozent. Die geringste Überlebensrate mit 47 Prozent hatten die L<sub>1</sub> –Larven bei Anwesenheit von *N. californicus* Weibchen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Überleben von L<sub>1</sub> Larven (*F. occidentalis*) in Anwesenheit von Protonymphen von *P. persimilis* (PP P), *N. californicus* (NC P) und Weibchen von *P. persimilis* (PP W) und *N. californicus* (NC W) über einen Zeitraum von 8 Stunden.

Variante	Überlebende (Verhältnis)	Überleben (Stunden)	PP P	NC P	PP W	NC W
			Paarweise Signifikanz			
PP P	0.84	7.81	0.296	0.069	0.0008	
NC P	0.93	7.77		0.256	0.0002	
PP W	1.00	8.00				0.0003
NC W	0.47	6.54				

Breslow Test, gemeinsam über alle Varianten: U= 30.54, df = 3, P < 0.0001.

Der Prädationserfolg der attackierenden Raubmilbenstadien (exklusive *P. persimilis* Weibchen) an den L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* unterschied sich signifikant (ANOVA, df 1,2 = 2, 31; F = 25.448; p < 0.0001). Die *N. californicus* Weibchen konnten alle attackierten L<sub>1</sub>

Larven überwältigen, während *P. persimilis* Protonymphen zu 71% erfolgreich waren. Die geringste Erfolgsrate mit 11% hatten die *N. californicus* Protonymphen aufzuweisen.

### **3.1.2.3. Experiment 3: Juvenile Entwicklung und Oviposition der Raubmilben bei Prädation an L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*.**

Juvenilentwicklung: Gleich alte Eier von *P. persimilis* und *N. californicus* wurden einzeln in die Plexiglaszellen transferiert. Um potentielle Prädation von *F. occidentalis* Larven an Raubmilben-Eiern und Larven auszuschließen, wurden erst die Protonymphen der Raubmilben mit je 8 L<sub>1</sub> Larven (*F. occidentalis*) versorgt. In der Kontrollvariante wurden die Protonymphen mit gemischten *T. urticae* Stadien versorgt. Die Zellen wurden 2mal täglich auf Überleben, Prädation und Entwicklung der Raubmilben kontrolliert. Die Beute wurde ebenfalls 2mal täglich erneuert. Die Experimente wurden bis zum Erreichen der Geschlechtsreife bzw. bis zum Tod des Juvenilstadiums durchgeführt (20 bis 30 Wiederholungen). Die Entwicklungszeiten und Überlebensraten innerhalb der Varianten wurden mit einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test) verglichen und die Prädationsraten (bei der Kontrollvariante nicht erhoben) wurden mit dem Student t-Test analysiert.

Oviposition: Einzelne Weibchen von *P. persimilis* und *N. californicus* wurden zufällig von den Zucht -Arenen ausgewählt und 24h ohne Nahrung in Einzelzellen isoliert. Danach wurden pro Einzelzelle 10 L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* als Nahrung zur Verfügung gestellt. Als Kontrolle dienten Varianten ohne Nahrung (mit Wasserversorgung) und mit gemischten *T. urticae* Stadien. Alle 24h wurde das Überleben (alle Varianten), die Oviposition (Kontrolle mit *T. urticae*, mit L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*) und Prädation (mit L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*) der Raubmilben ermittelt. Die Versuchsdauer betrug 12 Tage (20 Wiederholungen). Das Überleben der Raubmilben wurde mit Hilfe des Kaplan-Meier Test analysiert. Innerhalb des Kaplan-Meier Test wurde die Überlebenswahrscheinlichkeit der Raubmilben mit dem Breslow Test paarweise zwischen den Varianten verglichen. Die Ovipositionsraten innerhalb der Varianten wurden mit einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test) verglichen. Die Prädationsraten der Raubmilben an den L<sub>1</sub> -Larven von *F. occidentalis* wurden mit Hilfe des Student t Tests verglichen.

## Ergebnisse

Die Prädationsraten unterschieden sich bei Angebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* sowohl innerhalb der beiden Nymphenstadien der beiden Raubmilbenarten als auch zwischen den beiden Raubmilbenarten (ANOVA, df 1,2 = 3,72; F = 20,95; P < 0.001). Protonymphen von *P. persimilis* konsumierten mehr L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* als Protonymphen von *N. californicus*, während bei den Deutonymphen das umgekehrte Ergebnis vorlag. Proto- und Deutonymphen von *P. persimilis* hatten gleich hohe Prädationsraten, hingegen konsumierten Deutonymphen von *N. californicus* dreimal mehr L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* als Protonymphen von *N. californicus* (Abbildung 1).

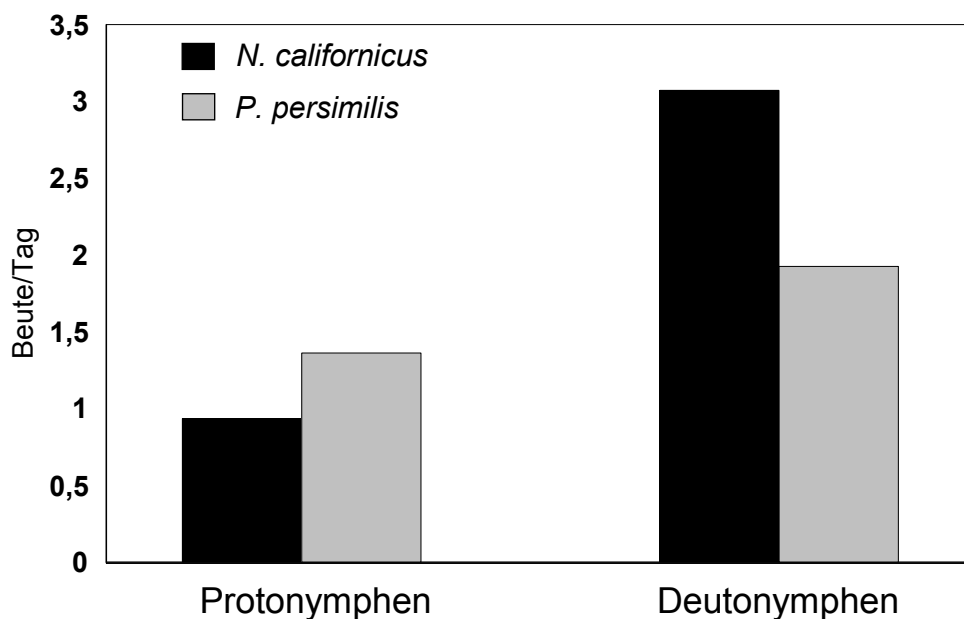


Abbildung 1: Prädation von *N. californicus* und *P. persimilis* Juvenilstadien an L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*.

Die Gesamtmortalität von *P. persimilis* war bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* signifikant höher als jene von *N. californicus*, während bei Angebot der Primärnahrung *T. urticae* alle Juvenilstadien beider Raubmilbenarten die Geschlechtsreife erreichten. Bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven war die Mortalität der Protonymphen beider

Arten höher als jene der Deutonymphen. Alle Deutonymphen (11) von *N. californicus* erreichten die Geschlechtsreife, während 4 von 6 Deutonymphen von *P. persimilis* sich bis zum Adulttier entwickelten (Tabelle 3). 8 bzw. 7 tote Protonymphen von *N. californicus* und *P. persimilis* wiesen stark deformierte Körper auf, was ein Hinweis auf Prädation der L<sub>1</sub> – Larven von *F. occidentalis* an diesen Protonymphen sein kann. Allerdings konnte eine direkte Prädation an Protonymphen nicht beobachtet werden. Es ist daher auch nicht ausgeschlossen, dass die L<sub>1</sub> Larven schon tote Protonymphen ausgesaugt hatten.

Tabelle 3: Mortalität der Juvenilstadien von *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) in Einzelzellen, versorgt mit L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* (FO) oder mit gemischten *T. urticae* (TU) Stadien.

Prädator	Beute	Mortalität		
		Protonymphen	Deutonymphen	Gesamt
NC	FO	0.63a	0.00a	0.63a
PP	FO	0.79a	0.33b	0.86b
NC	TU	0.00b	0.00a	0.00c
PP	TU	0.00b	0.00a	0.00c
ANOVA				
	df <sub>1,2</sub>	3, 84	3, 42	3, 84
	F	24.424	6.087	31.146
	p	0.000	0.002	0.000

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Spalten unterscheiden sich signifikant.

Nur 4 von 29 bzw. 11 von 30 Juvenilstadien von *P. persimilis* und *N. californicus* erreichten das Adultstadium bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis*, während alle Juvenilstadien von *P. persimilis* und *N. californicus* bei *T. urticae* als Nahrung das Adultstadium erreichten. Die Entwicklungszeiten von *P. persimilis* und *N. californicus* bei Versorgung mit L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* waren doppelt so hoch wie jene bei *T. urticae* als Nahrung. Bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* waren die



Entwicklungszeiten der Protonymphen von *N. californicus* signifikant höher als jene von *P. persimilis*, während es bei den Deutonymphen umgekehrt war (Tabelle 4).

Tabelle 4: Entwicklungszeiten (Tage) von *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) bei Versorgung mit L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* (FO) oder mit gemischten *T. urticae* (TU) Stadien in Einzelzellen.

Prädator	Beute	Entwicklungsstadien				
		Eier	Larven	Protonymphen	Deutonymphen	Gesamt
NC	FO	2.04	0.68	5.34a	2.39a	10.42a
PP	FO	1.84	0.53	3.12a	3.32b	8.66b
NC	TU	2.14	0.75	1.60b	1.17a	5.67c
PP	TU	1.95	0.57	1.07b	1.05a	4.65c
ANOVA						
	df <sub>1,2</sub>	3, 84	3,84	3, 42	3, 40	3, 40
	F	5.35	7.245	61.723	23.462	122.163
	P	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Spalten unterscheiden sich signifikant.

Tabelle 5: Überleben von Weibchen von *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC), ohne Nahrung (ON) oder versorgt mit *F. occidentalis* (FO) oder *T. urticae* (TU) über 12 Tage in Einzelzellen.

Prädator	Beute	Überleben (Tage)	Überlebende (Verhältnis)	NC+FO PP+FO NC+TU PP+TU NC+NO				
				Paarweise Signifikanz				
NC	FO	8.97	0.40					
PP	FO	4.50	0.00	0.000				
NC	TU	11.50	0.86	0.009	0.000			
PP	TU	11.65	0.77	0.016	0.000	0.667		
NC	ON	8.10	0.13	0.388	0.000	0.000	0.000	
PP	ON	4.90	0.00	0.000	0.269	0.000	0.000	0.000

Breslow Test, gemeinsam über alle Varianten: U= 74.89, df= 5, P < 0.0001.

Die höchsten Überlebensraten und die meisten Überlebenden hatten beide Raubmilbenarten bei Angebot ihrer Primärnahrung aufzuweisen. Der Spezialist *P. persimilis* konnte ohne

Nahrung und bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* durchschnittlich nur 4,9 bzw. 4,5 Tage überleben. Der Generalist *N. californicus* hingegen überlebte bei diesen Varianten doppelt so lange (Tabelle 5).

Die Prädationsraten bei Angebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* waren von *N. californicus* (3.19 L<sub>1</sub> Larven /Tag) signifikant höher als jene von *P. persimilis* (2.08 L<sub>1</sub> Larven /Tag) (T = 3.406; df = 27, p = 0.002). Nur *N. californicus* war bei Angebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* in der Lage, Eier zu reproduzieren. Bei Nahrungsangebot von *T. urticae* war die Ovipositionsrate von *N. californicus* war dreimal höher als jene bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* (ANOVA, LSD. Df 1,2 = 3, 52; F = 44,17; P < 0,001) (Abbildung 2).

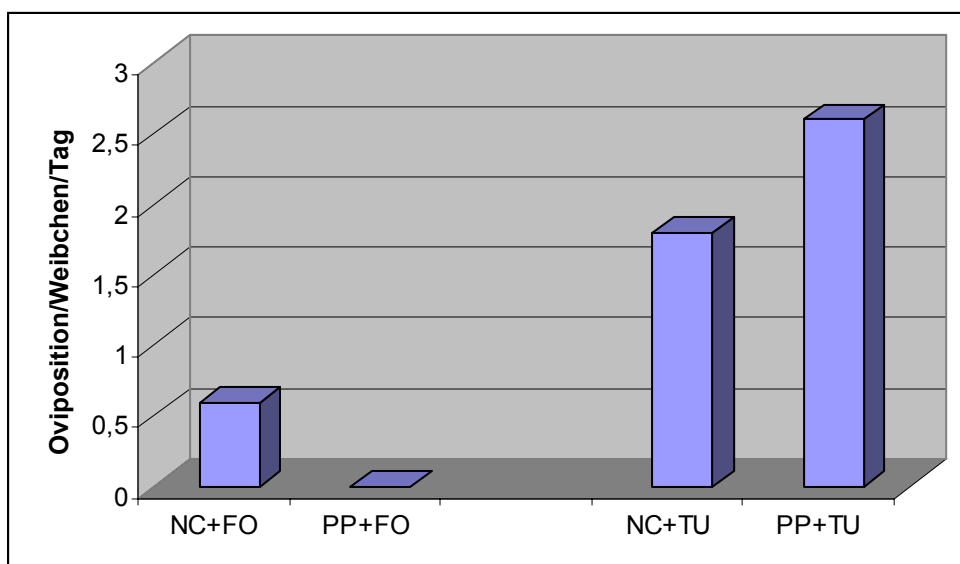


Abbildung 2: Ovipositionsraten von *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) Weibchen bei Nahrungsangebot von L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* (FO) und *T. urticae* (TU) über 12 Tage in Einzelzellen.

### 3.1.2.4. Experiment 4: Juvenile Entwicklung und Oviposition von *F. occidentalis* bei Prädation an Eiern von *T. urticae*, *P. persimilis* und *N. californicus*.

Die Experimente 4 und 5 wurden in Petrischalen (Durchmesser 3cm) durchgeführt. Eine ausgestanzte Buschbohnen Scheibe (2,5cm Durchmesser) wurde mit der Oberseite nach unten in die mit feuchter Watte ausgekleidete Petrischale gelegt. Um ein Entkommen von *F. occidentalis* zu verhindern, wurde die Petrischale mit einem Deckel verschlossen. Die Luftzirkulation wurde durch eine mit einem Gaze Netz versehene Ausnehmung im Deckel gewährleistet.

Juvenilentwicklung: Frisch geschlüpfte L<sub>1</sub> Larven wurden auf die ausgestanzten Buschbohnenblätter in den Petrischalen gesetzt und mit ausreichender Menge an Eiern von *T. urticae* oder *P. persimilis* oder *N. californicus* versorgt. Die Mortalität und Entwicklung der L<sub>1</sub> Larven wurden alle 24 Stunden kontrolliert und die alten Eier durch neue ergänzt. Als Kontrolle wurde die Entwicklung der L<sub>1</sub> Larven auf Buschbohnenblätter ohne tierische Nahrung beobachtet. Die Versuche wurden bis zum Erreichen des Adultstadiums oder bis zum Tod der Larven oder Nymphen durchgeführt und jede Variante hatte 30 Wiederholungen.

Oviposition: Einzelne Weibchen aus der Erhaltungszucht wurden auf die ausgestanzten Buschbohnenblätter in den Petrischalen gesetzt und mit 20 Eiern von *T. urticae* oder *P. persimilis* oder *N. californicus* versorgt. Als Kontrolle wurde die Oviposition auf Buschbohnenblätter ohne tierische Nahrung erhoben. Die Prädation und Oviposition wurden alle 24 Stunden ermittelt. Die Buschbohnenblätter und die Eier wurden alle 24 Stunden durch neue ersetzt. Die alten Buschbohnenblätter wurden 24 h lang in 70%igem Ethanol eingelegt. Danach war das Chlorophyll ausgewaschen und die ins Pflanzengewebe gelegten Eier konnten mit Hilfe eines Auflicht-Binokulars ausgezählt werden. Die Versuche (20 Wiederholungen) dauerten 3 Tage, wobei die Ovipositionsraten des ersten Tages nicht berücksichtigt wurden, um eine mögliche Einflussnahme der vorangegangenen Nahrung auf die Ovipositionsrate zu minimieren. Mortalität, Entwicklung, Oviposition und Prädation wurden mit univariater Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test) analysiert.

### Ergebnisse

Die Gesamtentwicklungsdauer der L<sub>1</sub> Larven bei Konsumation von *T. urticae* Eiern war signifikant geringer als in den anderen Varianten. Das zusätzliche Nahrungsangebot von Raubmilben-Eiern, die auch angestochen wurden, bewirkte keine kürzere Entwicklungsdauer im Vergleich zu ausschließlich pflanzlicher Nahrung. Die Mortalität war bei Anwesenheit von

*P. persimilis* Eiern am höchsten und lag bei 60 Prozent. Die L<sub>1</sub> Larven hatten bei den Varianten PP+Blatt und NC+Blatt die höchsten Ausfälle (50 und 30 Prozent). Keine bzw. sehr geringe Ausfälle gab es bei den Varianten TU+Blatt und Blatt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Juvenilentwicklung von *F. occidentalis* auf Buschbohnenblättern bei Nahrungsangebot von *P. persimilis* (PP), *N. californicus* (NC) oder *T. urticae* (TU) Eiern.

Nahrung	L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		Gesamt	
	E <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	E <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	E <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	E <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	E <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>
PP+Blatt	2,8ac	0,5a	3,7a	0,2a	1,2a	0,0	2,9a	0,0	10,5a	0,6a
NC+Blatt	2,5bc	0,3b	3,8a	0,1a	1,3a	0,0	2,8a	0,0	10,4a	0,4b
TU+Blatt	2,4b	0,0c	3,4a	0,0b	1,3a	0,0	2,5b	0,0	9,6b	0,0c
Blatt	3,0a	0,04c	3,8a	0,04b	1,2a	0,0	2,9a	0,0	10,9a	0,08c
ANOVA										
df <sub>1,2</sub>	3, 136	3, 180	3, 123	3, 135	3, 122		3, 122		3, 122	3, 180
F	9,64	17,779	1,154	3,165	0,721		4,446		6,835	23,148
P	0,000	0,000	0,33	0,027	0,542		0,005		0,000	0,000

Die Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Spalten unterscheiden sich signifikant.

<sup>1</sup>Entwicklung in Tagen

<sup>2</sup>Mortalität (Verhältnis)

Die Prädationsraten der *F. occidentalis* Weibchen an Raubmilbeneiern waren signifikant höher als an Spinnmilbeneiern (df<sub>1,2</sub> = 2, 41; F = 3,482; P = 0,04). Hingegen war die Ovipositionsrate bei Konsumation von Spinnmilbeneiern höher als in allen anderen Varianten (df<sub>1,2</sub> = 3, 55; F = 16,195; P < 0,001). Trotz der Prädation an Raubmilbeneiern war die Ovipositionsrate niedriger als auf leeren Blättern (Tabelle 7).

Tabelle 7: Prädation und Oviposition von *F. occidentalis* Weibchen auf Buschbohnenblättern bei Nahrungsangebot von *P. persimilis*, *N. californicus* oder *T. urticae* Eiern.

	PP+Blatt	NC+Blatt	TU+Blatt	Blatt
Oviposition (Weibchen/Tag)	0,5a	0,4a	2,9b	1,9c
Prädation (Weibchen/Tag)	8,0a	7,6a	5,25b	-

Die Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

### 3.1.2.5. Experiment 5: Verhalten (Aktivität, Prädation, Blattfraß) von L<sub>1</sub> Larven bei Nahrungsangebot von *P. persimilis*, *N. californicus* oder *T. urticae* Eiern.

Einzelne frisch geschlüpfte L<sub>1</sub> Larven aus der Aucht wurden auf die ausgestanzten Buschbohnenblätter in den Petrischalen gesetzt und mit 20 Eiern von *T. urticae* oder *P. persimilis* oder *N. californicus* versorgt. Nach 2 Stunden wurde die Aktivität (nicht aktiv = Rasten, aktiv = Wandern) der L<sub>1</sub> Larven für 25 Minuten mittels Stoppuhr erhoben. Der Parameter Aktivität wurde durch das Verhältnis gesamte Beobachtungszeit (25 min.) zur Zeitspanne Wandern berechnet. Alle 24 Stunden wurde die Anzahl der angestochenen Eier ermittelt und die gesamten Eier durch neue ersetzt. Der Versuch dauerte 2 Tage (30 Wiederholungen). Danach wurden die Fraßspuren am Blatt mit Hilfe eines Quadratmillimeterrasters quantifiziert. Die Parameter Aktivität, Prädation und Blattfraß wurden mit univariater Varianzanalyse (ANOVA, LSD Test) verglichen.

#### Ergebnisse

Blattfraß war in der Variante ohne zusätzliche potentielle tierische Nahrung am größten. Die Fläche der Fraßspur war bei Anwesenheit von Spinnmilbeneiern deutlich größer als bei Anwesenheit von Raubmilbeneiern (unabhängig von der Raubmilbenart). Die Prädationsraten der L<sub>1</sub> Larven an den Spinn- oder Raubmilbeneiern lagen bei 1 bis 1,5 Eier pro Tag und unterschieden sich nicht signifikant. Die Aktivität der L<sub>1</sub> Larven war in Gegenwart von Raubmilbeneiern deutlich höher als in den beiden anderen Varianten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Aktivität, Prädation und Blattfraß von L<sub>1</sub> Larven bei Nahrungsangebot von *P. persimilis* (PP), *N. californicus* (NC) oder *T. urticae* (TU) Eiern.

	Prädation (Eier/L <sub>1</sub> Larve/Tag)	Aktivität (Verhältnis)	Blattfraß (mm <sup>2</sup> )
PP+Blatt	1,0	0,38a	1,5a
NC+Blatt	1,5	0,34a	1,6a
TU+Blatt	1,3	0,20b	3,1b
Blatt	-	0,19b	6,9c
(ANOVA)df <sub>1,2</sub>	2, 87	3, 116	3, 116
F	0,84	7,262	35,131
P	0,435	0,000	0,000

Die Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Spalten unterscheiden sich signifikant.

### 3.1.2.6. Diskussion

#### *Phytoseiulus persimilis* und *Neoseiulus californicus* als Prädatoren an L<sub>1</sub> Larven von *Frankliniella occidentalis*

Für beide Raubmilben-Arten sind Spinnmilben als Primärnahrung anzusehen. Bei der Aufnahme von Alternativnahrung müssen dieselben biologischen Prozesse möglich sein als bei der Aufnahme der Primärnahrung. Für Juvenilstadien ist das in erster Linie das Überleben und die Entwicklung zur Geschlechtsreife; für Adulte (Weibchen) ist es ebenfalls das Überleben und die Reproduktion. Ist nur das Überleben möglich, so spricht man von Supplementärnahrung. Die Weibchen von *P. persimilis* konnten bei Prädation an den L<sub>1</sub> Larven im Gegensatz zu den *N. californicus* Weibchen keine Eier produzieren, während ein geringer Prozentsatz der Protonymphen beider Raubmilbenarten bei Prädation an L<sub>1</sub> Larven die Geschlechtsreife erlangte. Daher sind L<sub>1</sub> Larven des kalifornischen Blütenthrips *F. occidentalis* für *P. persimilis* Weibchen als Supplementärnahrung, für die Protonymphen beider Raubmilbenarten und für die Weibchen von *N. californicus* als potentielle Alternativnahrung einzustufen.

Die Prädation der Protonymphen beider Raubmilbenarten an L<sub>1</sub> Larven (*F. occidentalis*) war mit hohen Kosten in Bezug auf die Entwicklungsdauer bis zum Adulttier und die Mortalität verbunden. Die durchschnittliche Entwicklungsdauer war doppelt so lang wie jene mit Spinnmilben als Nahrung und nur 11 von 30 bzw. 4 von 29 Juvenilstadien von *N. californicus* und *P. persimilis* konnten sich bis zur Geschlechtsreife entwickeln. Die hohe Mortalität bei beiden Raubmilbenarten dürfte auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein.

Die Bereitschaft, einen bestimmten Beutetypus zu attackieren, hängt vom Maß der Aggressivität des Prädators gegenüber der Beute ab. Die aggressiveren *N. californicus* Protonymphen scheinen L<sub>1</sub> Larven aktiv aufzusuchen und häufiger zu attackieren als die weniger aggressiven *P. persimilis* Protonymphen. Für einen anschließenden Prädationserfolg (Überwältigen der Beute) ist das Größenverhältnis zwischen Prädator und Beute von entscheidender Bedeutung. Die deutlich kleineren Protonymphen von *N. californicus* hatten Schwierigkeiten, die größeren L<sub>1</sub> Larven zu überwältigen und hatten einen geringen Prädationserfolg. Erfolgte jedoch eine Attacke der Protonymphen von *P. persimilis* an den nur geringfügig größeren L<sub>1</sub> Larven, so waren die Protonymphen von *P. persimilis* erfolgreicher als die Protonymphen von *N. californicus*. Daraus lässt sich schließen, dass die hohe Mortalität der *N. californicus* Protonymphen auf ihre geringe Körpergröße zurückzuführen ist

(die größeren *N. californicus* Deutonymphen erreichten zu 100% die Geschlechtsreife), während die *P. persimilis* Protonymphen geringes Interesse zeigten, L<sub>1</sub> Larven überhaupt zu attackieren.

Die Weibchen beider Raubmilbenarten waren aufgrund ihrer Körpergröße in der Lage, L<sub>1</sub> Larven zu erbeuten, aber nur der Generalist *N. californicus* konnte fortlaufend Eier produzieren. Die *P. persimilis* Weibchen waren deutlich weniger aggressiv als die Stadien von *N. californicus*, aber auch als die eigenen Protonymphen.

Ein interessanter Aspekt ist die Tatsache, dass für Juvenilstadien der als Spezialist klassifizierte Raubmilbe *P. persimilis* neben L<sub>1</sub> Larven von *F. occidentalis* auch andere Nahrungsquellen als potentielle Alternativnahrung (con- und heterospezifische Raubmilben) geeignet sind, hingegen für Weibchen keine Alternativnahrung bekannt ist. Möglicherweise entwickelt sich die Nahrungsspezialisierung auf Spinnmilben der Gattung *Tetranychus* stufenweise im Laufe der Ontogenese.

### **Verteidigungsstrategien des kalifornischen Blütenthrips *Frankliniella occidentalis***

*Frankliniella occidentalis* zeigt eine bemerkenswerte Anzahl von Verteidigungsstrategien gegenüber Raubmilben: *F. occidentalis* Weibchen bevorzugen Pflanzen mit Spinnmilben gegenüber Pflanzen mit Raubmilben und *P. persimilis* (Pallini, persönliche Mitteilung); Larven suchen Spinnmilbengespinste als Versteck auf, wenn sie Duftstoffen von für sie gefährlichen Prädatoren ausgesetzt sind (Pallini et al., 1998; Venzon et al., 2000); Larven und Weibchen können Raubmilbeneier anstechen (Roda et al., 2000; Faraji et al., 2002). Aber sowohl Larven als auch Weibchen erzielen keinen Nutzen durch die Erbeutung der Raubmilbeneier in bezug auf juvenile Entwicklung und Oviposition. Im Gegenteil, die Mortalität der Larven von *F. occidentalis* war bei Anwesenheit von Raubmilbeneiern sehr hoch. Die Hyperaktivität der Larven bei Anwesenheit von Raubmilbeneiern, verbunden mit geringem Blattfraß könnte zu hoher Sterblichkeit durch Verhungern geführt haben. Eine andere mögliche Erklärung wäre, dass die Raubmilbeneier für die Larven toxisch sind. Die Weibchen hingegen scheinen offensichtlich die Oviposition bei Anwesenheit von Raubmilbeneiern zu unterdrücken, da sie mehr Eier auf Blättern ohne Raubmilbeneier als auf Blättern mit Raubmilbeneier produzieren. Daher dient das Anstechen von Raubmilbeneiern ausschließlich der Elimination eines zukünftigen Konkurrenten und Prädators.

### Implikationen für die Praxis

Die Präferenz von *F. occidentalis* für spinnmilbenfreie Pflanzen gegenüber Pflanzen mit Spinnmilben oder Pflanzen mit Spinnmilben und *P. persimilis* reduziert die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Vorkommens von *P. persimilis* und *F. occidentalis* in Spinnmilbenkolonien (Janssen et al., 1998; Pallini, persönliche Mitteilung). Obwohl *P. persimilis* auch Pflanzen aufsucht, die mit Spinnmilben und *F. occidentalis* befallen sind (Janssen et al., 1999), sollten Begegnungen zwischen *P. persimilis* und *F. occidentalis* in Spinnmilbengespinsten bei Abwesenheit von Thrips-Prädatoren wie *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) und/oder *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) selten sein. Selbst bei Anwesenheit von *Neoseiulus cucumeris* und/oder *Orius* sp., die *F. occidentalis* möglicherweise veranlasst, Spinnmilbengespinste aufzusuchen, sollte die Erbeutung von *F. occidentalis* Larven durch *P. persimilis* bei Vorhandensein von Spinnmilben nur sporadisch erfolgen, während umgekehrt das Anstechen von *P. persimilis* Eiern durch *F. occidentalis* möglicherweise häufiger passieren kann. Bei Abwesenheit von Spinnmilben bevorzugt *P. persimilis* Pflanzen mit Thrips gegenüber schädlingsfreien Pflanzen (Janssen et al., 1998). In solchen Situationen ist das Risiko für *F. occidentalis*, von *P. persimilis* erbeutet zu werden, am höchsten. Aufgrund ihrer polyphagen Ernährungsweise sollten Begegnungen zwischen *N. californicus* und *F. occidentalis* häufiger sein als zwischen *P. persimilis* und *F. occidentalis*. *Neoseiulus californicus* und *F. occidentalis* können gemeinsam in Blüten, auf spinnmilbenfreien Blättern und in Spinnmilbengespinsten vorkommen (Walzer, persönliche Beobachtung). Zieht man nur den Nutzen der IGP in bezug auf juvenile Entwicklung und Oviposition des Prädators in Betracht, so sollte IGP zwischen *F. occidentalis* und *N. californicus* asymmetrisch zu Gunsten von *N. californicus* verlaufen. Im Allgemeinen sollten die Auswirkungen der IGP in Glashaus-Rosen zwischen den beiden Raubmilbenarten *P. persimilis* und *N. californicus* und dem kalifornischen Blüenthrips *F. occidentalis* auf die Populationsentwicklung von *F. occidentalis* aus folgenden Gründen wenig bis gar keinen Einfluß haben:

- 1) Beobachtungen in kommerziellen Rosengärtnereien zufolge kommt *F. occidentalis* überwiegend in den Rosenblüten vor. Beide Raubmilbenarten sind sehr selten an Blüten anzutreffen.
- 2) In Glashaus-Rosenbeständen werden aufgrund des geringen Bekämpfungserfolges keine Nützlinge wie *N. cucumeris* und/oder *Orius* sp. gegen *F. occidentalis* eingesetzt. Daher sollte *F. occidentalis* bei einem möglichen Aufenthalt auf Rosenblättern keine Spinnmilbengespinste als Versteck aufsuchen.



- 3) Die Prädationsraten beider Raubmilbenarten liegen deutlich unter den Prädationsraten von Thrips-Prädatoren wie *N. cucumeris* und *Orius* sp.. Außerdem bietet sich für *N. californicus* und *P. persimilis* durch die Einschränkung auf nur ein Beutestadium (nur L<sub>1</sub>-Larven) nur ein kurzes Zeitfenster der Prädation, da die Entwicklung zur deutlich größeren L<sub>2</sub>-Larve bereits nach 1-2 Tagen abgeschlossen ist.

Trotzdem kann der kalifornische Blüenthrips *F. occidentalis* als Beute (ausschließlich L<sub>1</sub> Larven) möglicherweise das zeitweilige Überleben einzelner Individuen von *N. californicus* und *P. persimilis* sicherstellen, um Nahrungsengpässe zu überwinden. Negative Auswirkungen auf die Spinnmilbenkontrolle durch die Anwesenheit von *F. occidentalis* sind nicht zu erwarten.

### **3.2. Wird durch die Anwesenheit von con- oder heterospezifischen Raubmilben die Nahrungsplatzwahl und das Ovipositionsverhalten von *P. persimilis* und *N. californicus* beeinflusst?**

#### **Hintergrund**

Zahlreiche Studien belegen, dass IGP zwischen *P. persimilis* und *N. californicus* stark asymmetrisch zu Gunsten des Generalisten *N. californicus* verlaufen kann (Walzer & Schausberger, 1999ab, Walzer et al. 2001). Allerdings scheinen die Effekte der IGP zwischen *P. persimilis* und *N. californicus* mit der Zunahme der Komplexität der Testsysteme abzunehmen (Walzer et al, 2001; Schausberger & Walzer, 2000; Blümel & Walzer, 2002). Auf Blattarenen ohne Migrationsmöglichkeiten wurde *P. persimilis* unabhängig von der Spinnmilbendichte von *N. californicus* verdrängt (Walzer et al., 2001). Im Pflanzenbestand (Gerbera, Rose) war hingegen bei hohen Spinnmilbendichten *P. persimilis* der dominante Prädatör (Schausberger & Walzer, 2000; Blümel & Walzer, 2002). Aus ökologischer Sicht sollte ein Konsument einen Nahrungsplatz nicht nur hinsichtlich der Qualität und Quantität der Nahrung auswählen, sondern der Konsument sollte auch das Prädationsrisiko abschätzen können und Nahrungsplätze mit geringem oder keinem Prädationsrisiko auswählen. *Neoseiulus californicus* bevorzugt Larven von *P. persimilis* gegenüber Eiern und Protonymphen. Eine Möglichkeit, das Prädationsrisiko der Larven von *P. persimilis* zu reduzieren, wäre die Vermeidung der Eiablage in Spinnmilbenplätzen mit *N. californicus*. Umgekehrt hat *N. californicus* zwar nur ein geringes Prädationsrisiko in Nahrungsplätzen mit *P. persimilis*, aber der Nahrungsspezialist *P. persimilis* ist der deutlich stärkere Konkurrent um Nahrung. Daher sollte auch *N. californicus* Nahrungsplätze mit Spinnmilben und *P.*

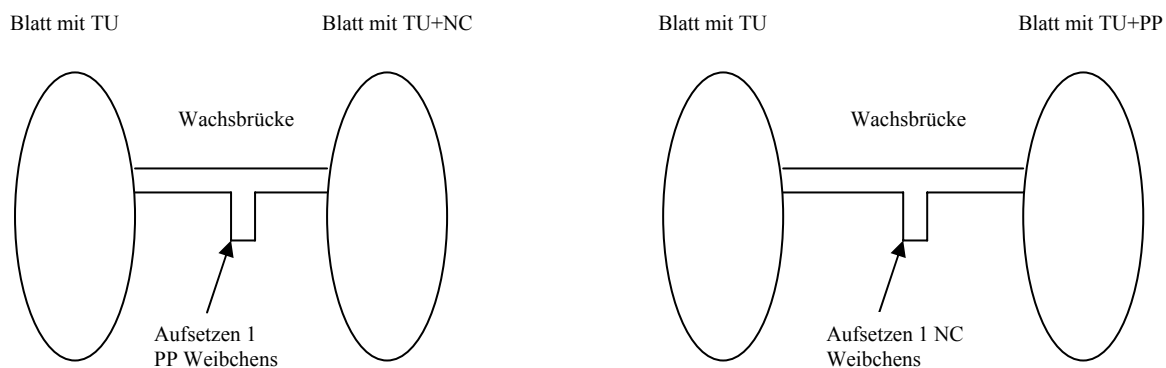
*persimilis* meiden. In diesem Versuchsblock sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Vermeiden *P. persimilis* und *N. californicus* Nahrungsplätze mit hohem Prädations- bzw. Konkurrenzdruck?
- Haben die beiden Raubmilbenarten unterschiedliche Strategien entwickelt, um das Prädationsrisiko ihrer Nachkommen zu minimieren?

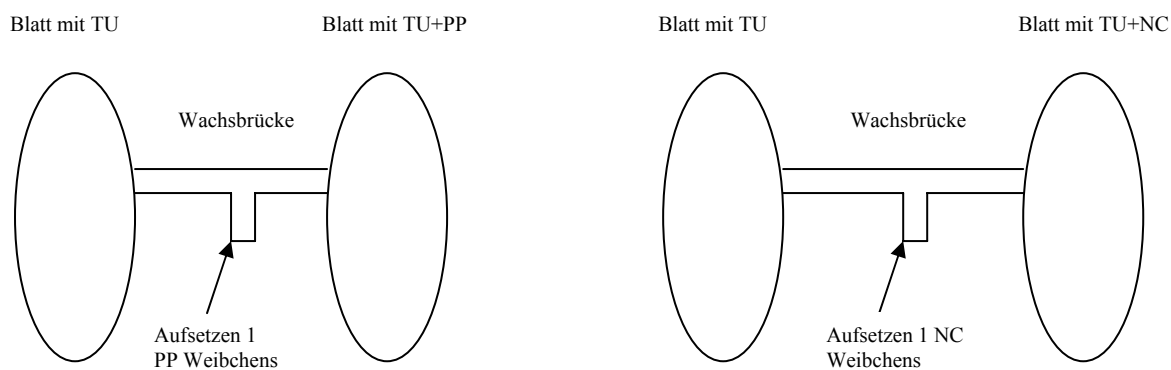
### 3.2.1. Methode

In einen mit Wasser gefüllten Kunststoffbehälter (7 x 10 x 5 cm) befand sich eine ovale 1 cm hohe Baumwollschicht, die nicht die Wände des Behälters berührte. Zwei Teilblätter eines dreiteiligen Buschbohnenblattes wurden mit der Unterseite nach oben in 3 cm Entfernung zueinander auf die feuchte Baumwolle gelegt. Die Blätter wurden mit einer T - förmigen Wachsbrücke verbunden, wobei die beiden Endpunkte die Verbindung zu den Blättern herstellten und der mittelständige Arm den Ausgangspunkt für die Test - Individuen darstellte. Die zwei Einzelblätter eines dreiteiligen Buschbohnenblattes wurden mit 5 Spinnmilbenweibchen besiedelt. Nach 24 Stunden wurden die Weibchen entfernt und die Anzahl der Spinnmilbeneier (die späteren Juvenilstadien) auf 20 Stück angeglichen. Einen Tag später wurden je 10 Spinnmilbenweibchen pro Blatt aufgesetzt. Nach 24 Stunden wurden entweder die Hälfte der Blätter mit 4 *P. persimilis* oder 5 *N. californicus* Weibchen besiedelt (Varianten 1 und 2) oder die eine Hälfte der Blätter mit 4 *P. persimilis* Weibchen und die andere Hälfte mit 5 *N. californicus* Weibchen besiedelt (Variante 3) (Abbildung 3). Einen Tag später wurden die Spinn- und Raubmilbenweibchen entfernt. Die Zahl der Spinnmilbeneier wurde auf 100, die Anzahl der mobilen Juvenilstadien von *T. urticae* auf 20 angeglichen. Die Zahl der Raubmilbeneier wurde auf 10 reduziert und die Lage der Raubmilbeneier am Blatt zeichnerisch festgehalten. Ein Blatt mit ausschließlich Spinnmilben wurde durch eine Wachsbrücke mit einem Blatt mit Spinnmilben und heterospezifischen Raubmilbeneiern verbunden. Zu Versuchsbeginn wurde ein *P. persimilis* oder *N. californicus* Weibchen auf den Startpunkt gesetzt (Abbildung 3). Ausgewertet wurden die Erstwahl der Weibchen und der Aufenthalt der Weibchen nach jeder Stunde innerhalb von sechs Stunden. Die Aktivität der Weibchen (Wandern, Rasten, Fressen) und eine potentielle Oviposition wurden ebenfalls festgehalten. Nach 24 Stunden wurde nochmals die Platzwahl und Aktivität eruiert und die Anzahl der Nahrungsplatzwechsel, die Prädationsraten und Ovipositionsraten ermittelt.

**Variante 1: Wahl zwischen Nahrungsplatz mit Spinnmilben und Nahrungsplatz mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern**



**Variante 2: Wahl zwischen Nahrungsplatz mit Spinnmilben und Nahrungsplatz mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern**



**Variante 3: Wahl zwischen Nahrungsplatz mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern und Nahrungsplatz mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern**

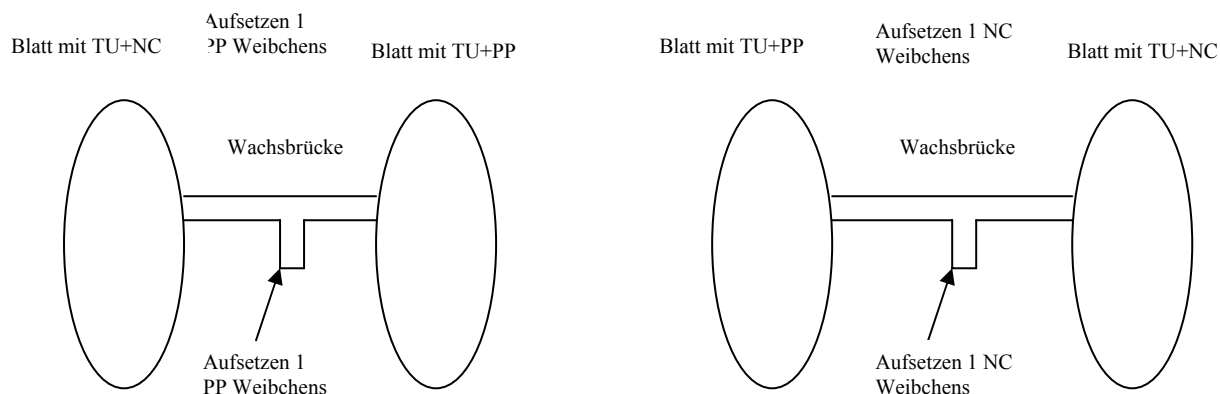


Abbildung 3 : Methodik und Versuchsanordnung im Versuchsblock 2

Die statistische Auswertung des Wahlverhaltens und der Ovipositionspräferenz erfolgte bei allen Experimenten mit Hilfe des Binomial-Tests. Die Anzahl der Nahrungsplatzwechsel, Prädationsraten, Ovipositionsraten und die Aktivität wurden mit der univariaten Varianzanalyse (ANOVA, LSD) verglichen.

### 3.2.2. Ergebnisse

#### **Häufigkeit des Nahrungsplatzwechsels und Nahrungsplatzwahl von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen.**

Unabhängig von der Versuchsvariante wechselten *P. persimilis* Weibchen signifikant häufiger den Nahrungsplatz als *N. californicus* Weibchen (ANOVA; df 1,2 = 5, 124; F= 28,171; P= 0,000). Während die überwiegende Mehrheit der *N. californicus* Weibchen in den zuerst gewählten Nahrungsplatz blieb, wechselten die *P. persimilis* Weibchen bis zu 4mal den Nahrungsplatz. Der signifikant häufigste Nahrungsplatzwechsel von *P. persimilis* Weibchen erfolgte zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern (Abbildung 4).

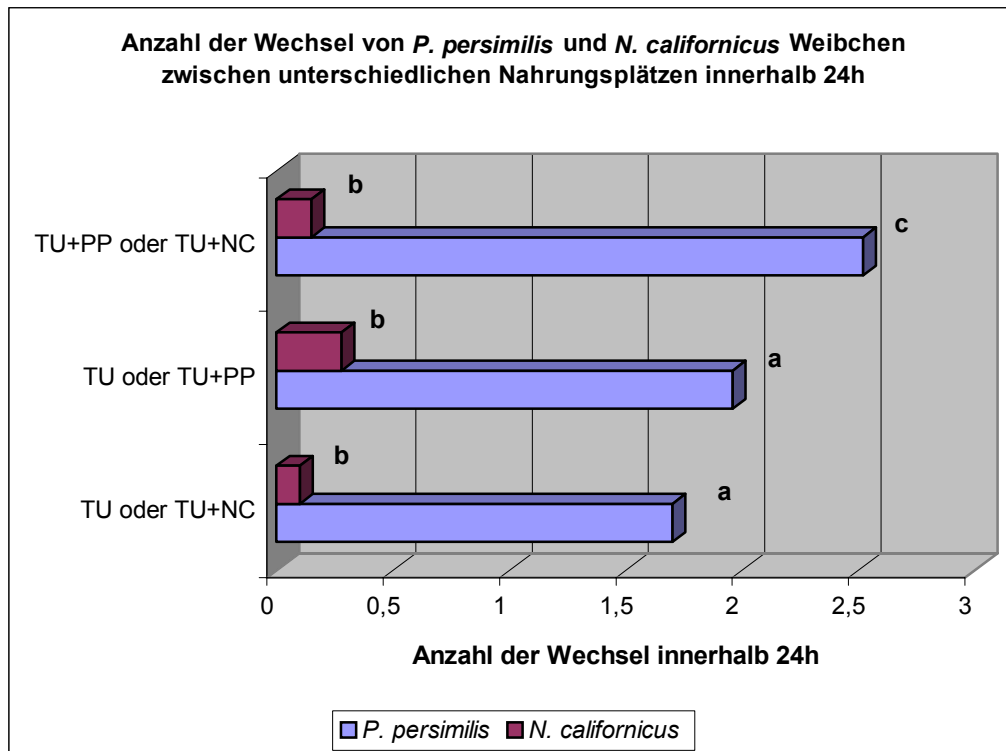


Abbildung 4: Anzahl der Wechsel von *P. persimilis* oder *N. californicus* Weibchen bei Wahl zwischen Blättern mit Spinnmilben (TU) oder Spinnmilben mit *N. californicus* Eiern (TU+NC); Blättern mit Spinnmilben (TU) oder Spinnmilben mit *P. persimilis* Eiern (TU+PP); und Blättern mit Spinnmilben mit *P. persimilis* Eiern (TU+PP) oder Spinnmilben mit *N. californicus* Eiern (TU+NC) (Die Werte von Balken gekennzeichnet mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant( ANOVA,LSD)).

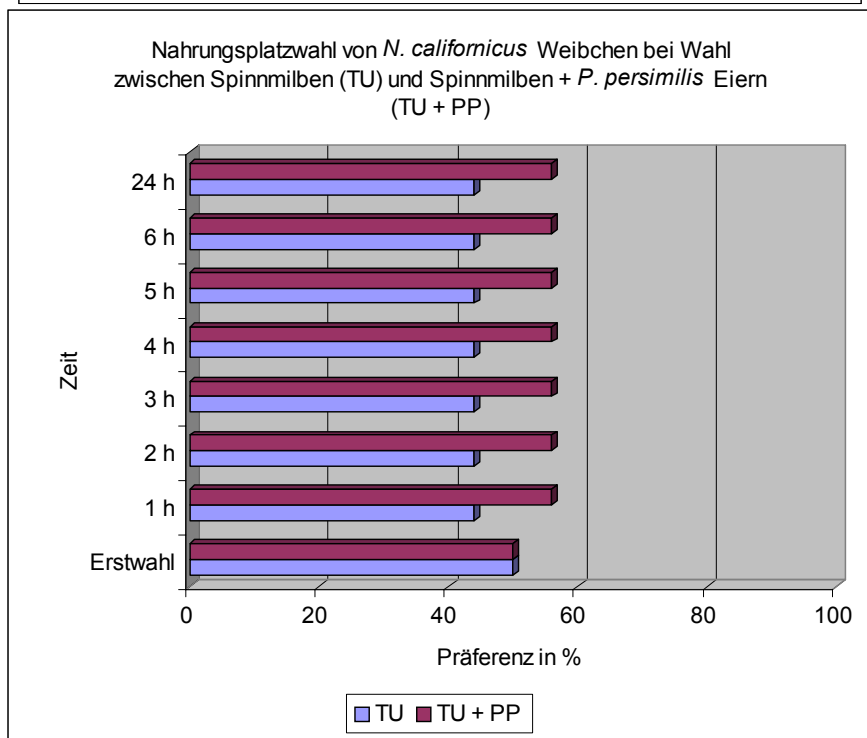
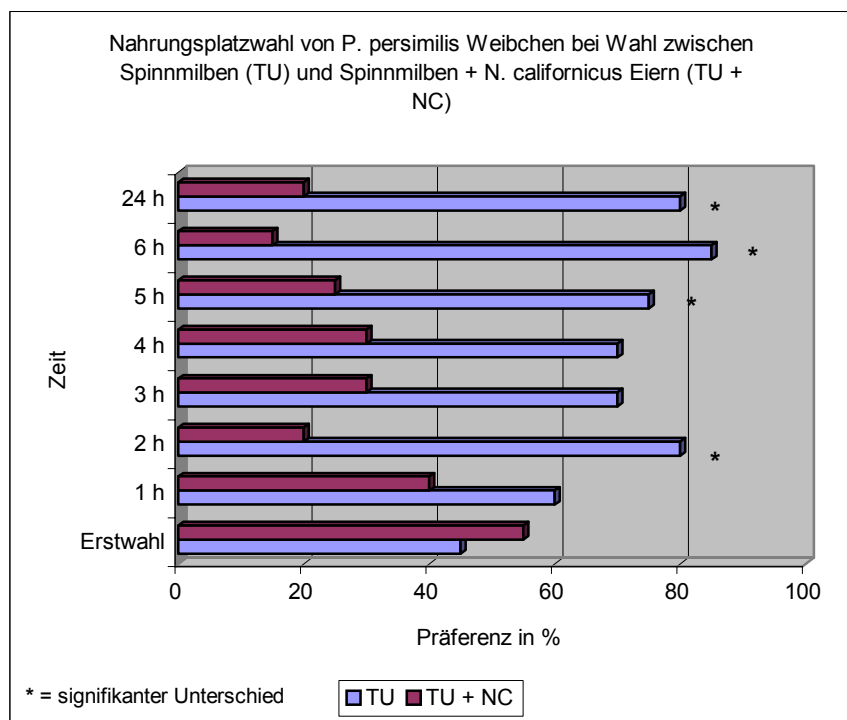


Abbildung 5: Nahrungplatzpräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen bei Wahl zwischen Spinnmilben und Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern.

Zu keinem Auswertungszeitpunkt zeigten die Weibchen von *Neoseiulus californicus* eine Präferenz für Nahrungsplätze mit ausschließlich Spinnmilben, Nahrungsplätze mit Spinnmilben und heterospezifischen Raubmilbeneiern oder für Nahrungsplätze mit Spinnmilben und conspezifischen Raubmilbeneiern. *Phytoseiulus persimilis* Weibchen hingegen bevorzugten eindeutig Nahrungsplätze mit ausschließlich Spinnmilben nach 2, 5, 6 und 24 Stunden, wenn sie die Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und *N. californicus* Eiern hatten. Bei der Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + *P. persimilis* Eiern und zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + *P. persimilis* Eiern und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + *N. californicus* Eiern konnten keine signifikanten Unterschiede in der Nahrungsplatzwahl von *P. persimilis* Weibchen festgestellt werden. Aber in beiden Varianten war nach 5 und 6 Stunden eine Tendenz zu den Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und conspezifischen Raubmilbeneiern zu erkennen, die Unterschiede waren aber nicht signifikant (Abbildung 5 bis 7).

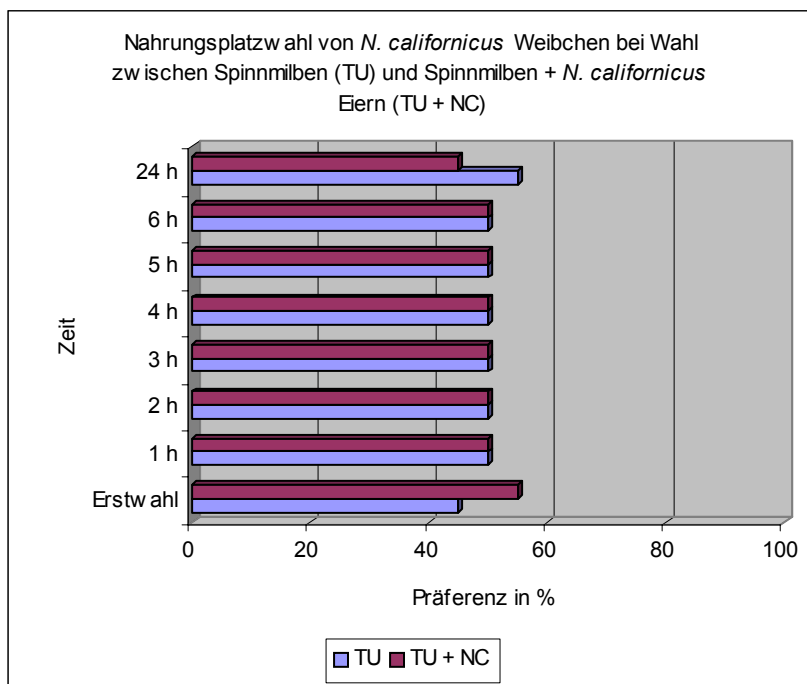
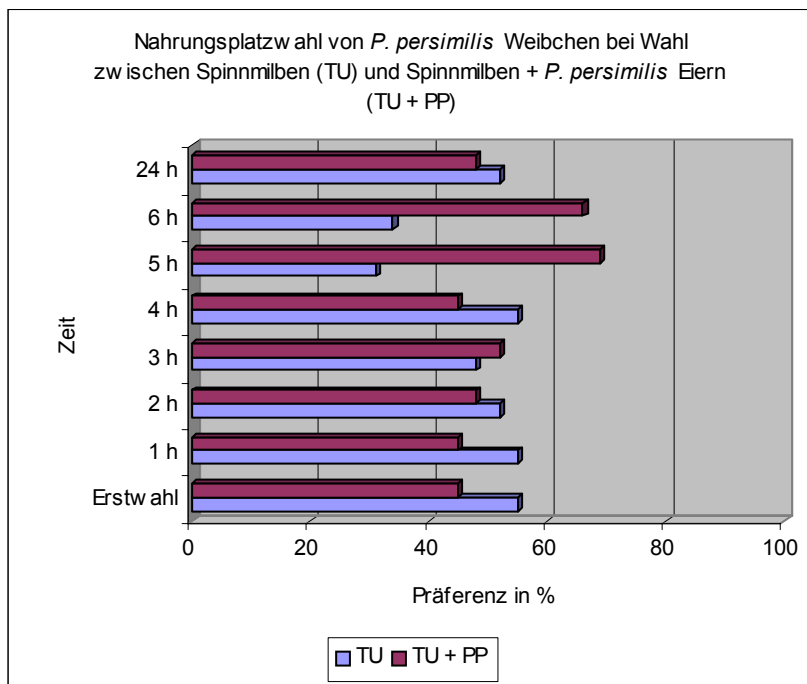


Abbildung 6: Nahrungsplatzpräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen bei Wahl zwischen Spinnmilben und Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern.



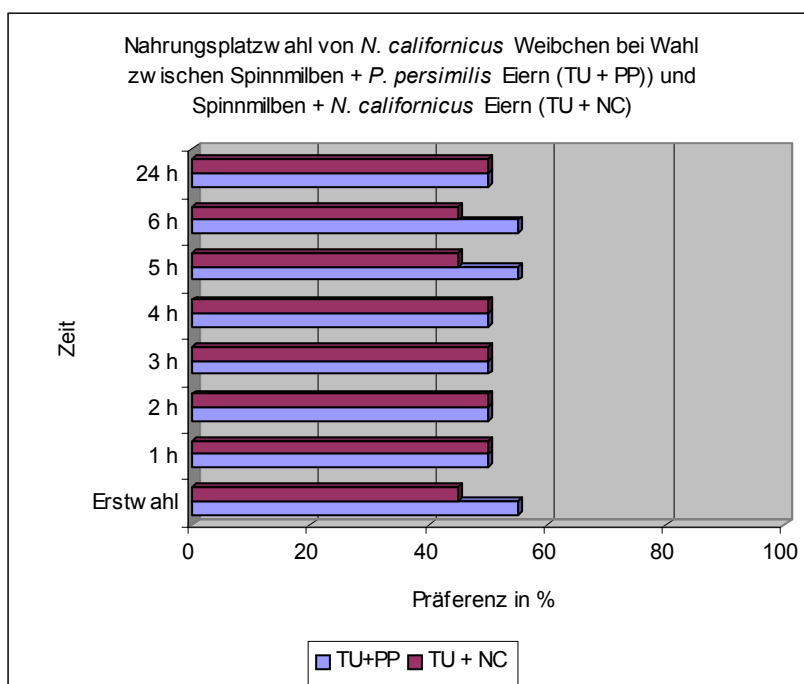
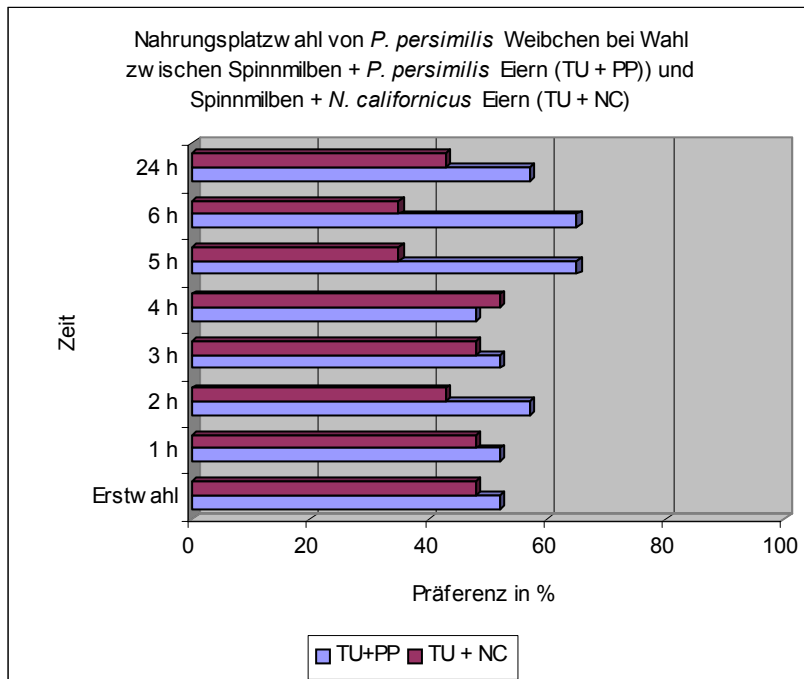


Abbildung 7: Nahrungswahlpräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen bei Wahl zwischen Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern und Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern.

### Ovipositionspräferenz, Oviposition und Prädation von *P. persimilis* und *N. californicus*

*Phytoseiulus persimilis* Weibchen bevorzugten eindeutig Nahrungsplätze mit ausschließlich Spinnmilben für die Eiablage nach 6 und 24 Stunden, während die Weibchen von *N. californicus* in dieser Variante keine Ovipositionspräferenz erkennen ließen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ovipositionspräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen nach 6 und 24 Stunden bei Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben oder mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern.

Prädatoren	Zeit	Nahrungsplatz		
		TU <sup>1</sup> + NC <sup>2</sup>	TU <sup>1</sup>	TU <sup>1</sup> + PP <sup>3</sup>
			(Verhältnis)	
<i>P. persimilis</i>	6 h	0,72a	0,28a	-
	24 h	0,95a	0,05b	-
<i>N. californicus</i>	6 h	-	0,5a	0,5a
	24 h	-	0,47a	0,53a

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

<sup>1</sup> *Tetranychus urticae* (Eier und Juvenilstadien)

<sup>2</sup> *Neoseiulus californicus* (Eier)

<sup>3</sup> *Phytoseiulus persimilis* (Eier)

Bei der Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben oder mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern konnten für beide Raubmilbenarten keine Ovipositionspräferenzen nachgewiesen werden, obwohl beide Arten nach 6 Stunden eine Tendenz zu Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern erkennen ließen (Tabelle 10).

Tabelle 10 : Ovipositionspräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen nach 6 und 24 Stunden bei Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben oder mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern.

Prädatoren	Zeit	Nahrungsplatz		
		TU <sup>1</sup> + NC <sup>2</sup>	TU <sup>1</sup> (Verhältnis)	TU <sup>1</sup> + PP <sup>3</sup>
<i>P. persimilis</i>	6 h	-	0,37a	0,63a
	24 h	-	0,48a	0,52a
<i>N. californicus</i>	6 h	0,64a	0,36a	-
	24 h	0,45a	0,55a	-

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

<sup>1</sup> *Tetranychus urticae* (Eier und Juvenilstadien)

<sup>2</sup> *Neoseiulus californicus* (Eier)

<sup>3</sup> *Phytoseiulus persimilis* (Eier)

Nach 6 Stunden waren signifikant mehr *P. persimilis* Eier im Nahrungsplatz mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern zu finden und auch *N. californicus* produzierte mehr Eier im Nahrungsplatz mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern als im Nahrungsplatz mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern. Der Unterschied war bei *N. californicus* aber nicht signifikant. Nach 24 Stunden hingegen war keine Signifikanz bezüglich der Ovipositionspräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen bei Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern oder mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern festzustellen (Tabelle 11).

Tabelle 11 : Ovipositionspräferenz von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen nach 6 und 24 Stunden bei Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + conspezifischen Raubmilbeneiern oder mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern.

Prädatoren	Zeit	Nahrungsplatz	
		TU <sup>1</sup> + NC <sup>2</sup>	TU <sup>1</sup> + PP <sup>3</sup>
<i>P. persimilis</i>	6 h	0,21a	0,79b
	24 h	0,40a	0,60a
<i>N. californicus</i>	6 h	0,78a	0,22a
	24 h	0,47	0,53a

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

<sup>1</sup> *Tetranychus urticae* (Eier und Juvenilstadien)

<sup>2</sup> *Neoseiulus californicus* (Eier)

<sup>3</sup> *Phytoseiulus persimilis* (Eier)

In den kumulierten Prädations- und Ovipositionsraten zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen *P. persimilis* und *N. californicus*. Unabhängig von der Versuchsvariante hatte der Spinnmilben-Spezialist *P. persimilis* signifikant höhere Prädationsraten an Spinnmilben und höhere Ovipositionsraten als der Generalist *N. californicus*. Die Gesamtovipositionsrate von *N. californicus* bei der Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben oder Nahrungsplätzen mit Spinnmilben + heterospezifischen Raubmilbeneiern war deutlich geringer als in den anderen Versuchsvarianten (Tabelle 12). Beide Raubmilbenarten konnten wiederholt bei dem erfolglosen Versuch, heterospezifische Raubmilbeneier anzustechen, beobachtet werden. Trotzdem konsumierte *N. californicus* signifikant mehr heterospezifische Raubmilbeneier als *P. persimilis*. Kannibalismus trat vereinzelt beim Spezialisten *P. persimilis* auf (ANOVA. Df 1,2= 5, 124; F= 10,299; P= 0,000) (Tabelle 13).

Tabelle 12: Prädation und Oviposition von *P. persimilis* und *N. californicus* bei Wahl zwischen verschiedenen Nahrungsplätzen.

Prädator	Wahl zwischen	Prädation	Oviposition
		TU/Weibchen/Tag	Eier/Weibchen/Tag
<i>P. persimilis</i>	TU und TU + NC	27,5a	3,55a
<i>N. californicus</i>	TU und TU + PP	14,5b	1,89b
<i>P. persimilis</i>	TU und TU + PP	26,28a	3,41a
<i>N. californicus</i>	TU und TU + NC	14,7b	2,55c
<i>P. persimilis</i>	TU + PP und TU + NC	24,73a	3,17a
<i>N. californicus</i>	TU + NC und TU + PP	13,45b	2,25bc
ANOVA			
Df 1,2		5, 124	5, 124
F		30,443	10,818
P		0,000	0,000

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Spalten unterscheiden sich signifikant.

Tabelle 13: Kannibalismus und IGP bei *P. persimilis* und *N. californicus* (kumuliert über alle Varianten).

IGP		Kannibalismus	
<i>P. persimilis</i>	<i>N. californicus</i>	<i>P. persimilis</i>	<i>N. californicus</i>
0,05a	0,46b	0,08a	0,0c

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

### **Aktivitätsmuster von *P. persimilis* und *N. californicus* Weibchen innerhalb der angebotenen Nahrungsplätzen.**

Die beiden Raubmilbenarten zeigten unterschiedliche Aktivitätsmuster in bezug auf Fressen, Wandern und Rasten. *Phytoseiulus persimilis* verbrachte deutlich mehr Zeit mit Fressen (*P. persimilis*: 15% der Gesamtaktivität; *N. californicus* 7% der Gesamtaktivität; T-Test: Df= 897,105, T= 4,005, P= 0,000) und Wandern (*P. persimilis*: 48% der Gesamtaktivität; *N. californicus* 21% der Gesamtaktivität; T-Test: Df= 909,654, T= 8,915, P= 0,000) als *N. californicus*, die deutlich inaktiver war als *P. persimilis* (Rasten: *P. persimilis*: 37% der Gesamtaktivität; *N. californicus* 72% der Gesamtaktivität; T-Test: Df= 890,36, T= -11,215, P= 0,000).

Während *N. californicus* ihre Aktivität in den verschiedenen Nahrungsplätzen nicht änderte, war bei *P. persimilis* das Verhältnis zwischen Fressen, Rasten und Wandern vom jeweiligen Nahrungsplatz abhängig. Deutlich weniger Zeit verbrachte *P. persimilis* mit dem Konsumieren von Spinnmilben in Nahrungsplätzen mit conspezifischen Raubmilbeneiern als in Nahrungsplätzen mit heterospezifischen Raubmilbeneiern oder in Nahrungsplätzen ohne Raubmilbeneier (ANOVA:  $df_{1,2} = 2, 503$ ;  $F = 3,135$ ;  $P = 0,044$ ). Am aktivsten war *P. persimilis* in Nahrungsplätzen mit heterospezifischen Raubmilbeneiern mit den höchsten Anteil am Wandern (ANOVA:  $df_{1,2} = 2, 503$ ;  $F = 4,656$ ;  $P = 0,01$ ) und den niedrigsten Anteil am Rasten (ANOVA:  $df_{1,2} = 2, 503$ ;  $F = 3,384$ ;  $P = 0,035$ ) (Tabelle 14).

Tabelle 14: Fressen, Wandern und Rasten (Verhältnis) der Raubmilben *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) in Nahrungsplätzen mit Spinnmilben (TU), Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und *P. persimilis* Raubmilbeneiern (TU+PP) oder Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und *N. californicus* Raubmilbeneiern (TU+NC).

	Fressen			Rasten			Wandern		
	Nahrungsplätze								
	TU	TU+PP	TU+NC	TU	TU+PP	TU+NC	TU	TU+PP	TU+NC
PP	0,18a	0,1b	0,18a	0,41a	0,38a	0,26b	0,40a	0,52b	0,55b
NC	0,07a	0,05a	0,08a	0,73a	0,75a	0,68a	0,20a	0,20a	0,24a

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in den Reihen unterscheiden sich signifikant.

### 3.2.3. Diskussion

Die Weibchen des Nahrungsspezialisten *P. persimilis* zeigten bei der Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und *N. californicus* Eiern eine eindeutige Präferenz für Nahrungsplätze mit ausschließlich Spinnmilben. Ebenso wurden mehr Eier in Nahrungsplätze ohne *N. californicus* Eier abgelegt. Mit diesem Ovipositionsverhalten minimiert *P. persimilis* nicht nur die mögliche Nahrungskonkurrenz, sondern senkt vor allem das Prädationsrisiko der eigenen Nachkommen. Eine offene Frage ist, welches Signal diese Reaktion bei den *P. persimilis* Weibchen ausgelöst hat. In Frage kommen sowohl direkte Signale von den kurz zuvor anwesenden *N. californicus* Weibchen (Duftspuren der Weibchen, Eier von *N. californicus*, Kot von *N. californicus*) als auch indirekte Signale (tote Spinnmilben, Alarmpheromone der *T. urticae* Weibchen). Olfaktometerversuche könnten diese Frage klären.

Warum sollte *P. persimilis* Nahrungsplätze mit conspezifischen Raubmilben gegenüber Nahrungsplätzen mit ausschließlich Spinnmilben meiden?

Nahrungsplätze mit conspezifischen Raubmilben haben für neu hinzukommende Weibchen zwei wesentliche Nachteile: 1) Da *P. persimilis* auf Spinnmilben als Nahrung hochspezialisiert ist, bedeutet die Anwesenheit von Raubmilben der eigenen Art in einem Nahrungsplatz eine deutlich stärkere Nahrungskonkurrenz als die Anwesenheit von weniger spezialisierten heterospezifischen Raubmilben wie *N. californicus*. 2) Es gibt auch ein hohes Prädationsrisiko für die eigenen Nachkommen, da Kannibalismus bei *P. persimilis* stärker ausgeprägt ist als bei den meisten anderen Raubmilbenarten (Schausberger & Croft, 2000).

Überraschenderweise bevorzugte *P. persimilis* weder Nahrungsplätze mit Spinnmilben noch Nahrungsplätze mit Spinnmilben und conspezifischen Raubmilbeneiern. Konkurrenz um Nahrung könnte durch die Anzahl von 120 Spinnmilbenstadien in jedem Nahrungsplatz möglicherweise nur eine geringe Rolle gespielt haben. Aber ein Prädationsrisiko in Nahrungsplätzen mit conspezifischen Raubmilbeneiern war vorhanden, da sich aus diesen Eiern früher Nymphen und somit potentielle Prädatoren entwickeln würden als aus den neuen Raubmilbeneiern des Testtieres. Eine genauere Analyse über das Präferenzverhalten von *P. persimilis* bei der Wahl zwischen Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und conspezifischen Raubmilbeneiern zeigt aber, dass es zwei etwa gleich große Gruppen von *P. persimilis* Weibchen mit entgegengesetzten Präferenzen gab. Eine Gruppe bevorzugte den Nahrungsplatz mit ausschließlich Spinnmilben und produzierte dort auch deutlich mehr Eier, während die andere Gruppe das umgekehrte Verhalten zeigte.

*Phytoseiulus persimilis* ist in der Lage, zwischen verwandten und nicht verwandten Raubmilbenstadien zu unterscheiden und vermeidet Kannibalismus an verwandten Raubmilben. Es ist daher möglich, dass jene Weibchen, die bevorzugt in Nahrungsplätzen mit Spinnmilben und conspezifischen Raubmilbeneiern Eier ablegten, nah verwandte Raubmilbeneier vorgefunden hatten. Neben der minimierten Gefahr des Kannibalismus hat die Eiablage in einem solchen Nahrungsplatz den Vorteil für die Nachkommen, potentielle Paarungspartner vorzufinden. Die andere Gruppe von *P. persimilis* Weibchen sollten demnach keine verwandten Eier vorgefunden haben und diese Weibchen haben daher den Nahrungsplatz mit dem geringeren Prädationsrisiko aufgesucht.

Der Generalist *N. californicus* blieb hingegen in den meisten Fällen in jenem Nahrungsplatz, der zuerst gewählt wurde, unabhängig von der Zusammensetzung des Nahrungsplatzes. Auffallend war aber die hohe Prädationsrate von *N. californicus* an heterospezifischen Raubmilbeneiern im Gegensatz zum Spezialisten *P. persimilis*. So zeigten der Spezialist *P.*

*persimilis* und der Generalist *N. californicus* unterschiedliche Strategien, um das Prädationsrisiko ihrer Nachkommen zu reduzieren. *Phytoseiulus persimilis* vermied Nahrungsplätze mit heterospezifischen Raubmilbeneiern und produzierte Eier überwiegend in Nahrungsplätzen mit ausschließlich Spinnmilben. *Neoseiulus californicus* reduzierte den Prädationsdruck für ihre Nachkommen, indem es durch Anstechen und Aussaugen von heterospezifischen Raubmilbeneiern die Anzahl der potentiellen Prädatoren reduzierte.

### **3.3. Ist der zeitlich gestaffelte Einsatz von *P. persimilis* und *N. californicus* in bezug auf Langfristigkeit und Effizienz vorteilhafter als der traditionelle alleinige Einsatz von *P. persimilis*?**

#### **3.3.1. Glashausversuch**

##### **Hintergrund**

Der Einsatz von zwei Nützlingsarten gegen eine Schädlingsart ist nur dann sinnvoll, wenn die gemeinsamen Effekte der Nützlinge zumindest der Summe der Einzeleffekte der Nützlingsarten gegenüber dem Schädling entsprechen. Man spricht dann von additiven Effekten. In diesem Fall beeinflussen sich die beiden Nützlingsarten weder positiv noch negativ. Kommt es zu einer positiven Beeinflussung der beiden Nützlingsarten, so sind synergistische Effekte gegenüber dem Schädling zu erwarten, die größer sind als die Summe der Einzeleffekte. Eine exakte Erhebung dieser Effekte ist nur unter kontrollierten Bedingungen möglich, um alle anderen Faktoren auszuschließen, die ebenfalls die Populationsentwicklung des Schädlings beeinflussen können.

##### **3.3.1.1. Methode**

Die klimatischen Bedingungen in den fünf getrennten Glashauskabinen wurden mit Hilfe einer computergesteuerten Klimakontrolle auf folgende Sollwerte eingestellt: Minimale Nachttemperatur 18°C, minimale Tagestemperatur 25°C, relative Luftfeuchte 60%, Photoperiode 14h/10d. Bei einer Lichtstärke unter 10000 Lux wurde künstlich beleuchtet und bei einer Lichtstärke über 25000 Lux wurde die Schattierung aktiviert. Die Lüftungsklappen bleiben während des Versuches geschlossen, um einen Zuflug von Schädlingen zu vermeiden. Die Versuchsperiode erstreckte sich vom 14.09.02 bis 20.11.02. Über die gesamte



Versuchsperiode zeigten die gemessenen Tages/Nachttemperaturen und die relativen Luftfeuchtwerte nur geringe Abweichungen von den eingestellten Sollwerten. Der Versuch wurde mit Buschbohnen durchgeführt. Eine Versuchseinheit bestand aus 15 Buschbohnenpflanzen in einem 3l Topf, gefüllt mit Standarderde. 5 radial angeordnete Holzstäbe pro Topf dienten als Rankhilfe für die Buschbohnen. Je 6 Töpfe (6 Wiederholungen pro Variante) wurden auf einem Tisch (4,4 × 0,9 m) pro Kabine gestellt, wobei die Abstände zwischen den Wiederholungen etwa 80 cm betragen. Um ein potentielles Aufkommen von Schädlingen (Thrips, Weiße Fliege, Blattläuse) zu verhindern, war jeder Tisch von einem Holzrahmen umgeben (4,4 × 0,9 × 1,5 m), dessen Flächen aus einem feinmaschigen Vorhangstoff bestanden.

Es wurden insgesamt 5 Varianten durchgeführt: 1) Kontrolle mit *T. urticae* (TU); 2) *T. urticae* mit *P. persimilis* (PP); 3) *T. urticae* mit *N. californicus* (NC); 4) *T. urticae* mit *P. persimilis* und *N. californicus* (Anfangsdichte der Raubmilben betrug die Hälfte vom Einzelartsystem) (1/2 PP+1/2NC); 5) *T. urticae* mit *P. persimilis* und *N. californicus* (gleiche Anfangsdichte der Raubmilben wie im Einzelartsystem) (PP+NC). Achtzehn Tage vor Versuchsbeginn wurde jede Versuchseinheit mit 6 *T. urticae* Weibchen, welche auf die Primärblätter gesetzt wurden, besiedelt. 4 Tage später wurde die Besiedelung mit derselben Anzahl an Spinnmilben wiederholt. Vier Tage vor Versuchsbeginn wurden folgende Raubmilben-Freisetzungen (ebenfalls auf die Primärblätter) getätigt: 1) In den Einzelvarianten wurden pro Topf 8 Weibchen von *P. persimilis* (PP) oder *N. californicus* (NC) pro Pflanze ausgebracht. 2) Im dualen Art-System PP+NC wurden pro Pflanze 8 Weibchen von *P. persimilis* und *N. californicus* ausgebracht. 3) Im dualen Art-System 1/2PP+1/2NC wurden pro Pflanze 4 Weibchen von *P. persimilis* und *N. californicus* ausgebracht. Diese Besiedelung wurde 1 Tag vor Versuchsbeginn wiederholt.

Die Auszählung der Spinn- und Raubmilbenstadien fand täglich statt, wobei pro Pflanze je ein Blatt aus 3 unterschiedlichen Höhenstufen entnommen wurde (Zone 1: 20-30 cm Höhe; Zone 2: 40-50 cm Höhe; Zone 3: 60-70 cm Höhe). Die ausgewerteten Blätter wurden wieder an dieselbe Stelle zurückgelegt, von der sie entnommen worden waren. Der Versuch dauerte 30 Tage. Am Tag 30 wurden nach der letzten Auswertung die Fisolen pro Pflanze geerntet und das Gesamtgewicht der Fisolen pro Pflanze ermittelt.

Der theoretische additive Effekt des kombinierten Einsatzes von *N. californicus* und *P. persimilis* konnte folgendermaßen berechnet werden: Die Differenzen zwischen der Spinnmilbendichte in der Kontrolle (TU) und der Spinnmilbendichte in den Einzelart-Systemen (NC<sub>tu</sub>; PP<sub>tu</sub>) wurden für jedes Auswertungsdatum ermittelt und dann addiert. Dieser

Wert entspricht der Summe der Einzeleffekte der Raubmilbenpopulationen *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) auf die Populationsentwicklung der Spinnmilben pro Tag. Folglich ergibt die Differenz  $TU - ((TU - NC_{tu}) + (TU - PP_{tu}))$  jene Spinnmilbendichte pro Tag, die bei einem additiven Effekt der beiden Raubmilbenpopulationen *P. persimilis* (PP) und *N. californicus* (NC) auf die Spinnmilbenpopulation pro Tag zu beobachten wäre. Diese berechnete Spinnmilbenentwicklung wurde mit dem beobachteten Verlauf der Spinnmilbenpopulation im dualen Artsystem PP+NC verglichen.

### 3.3.1.2. Ergebnisse

#### Kontrolle

Erwartungsgemäß erreichte *T. urticae* in der Kontrollvariante ohne Raubmilben die höchsten Populationsdichte mit einem Maximum von 194 Spinnmilben/Blatt am Tag 29 (Abbildung 8).

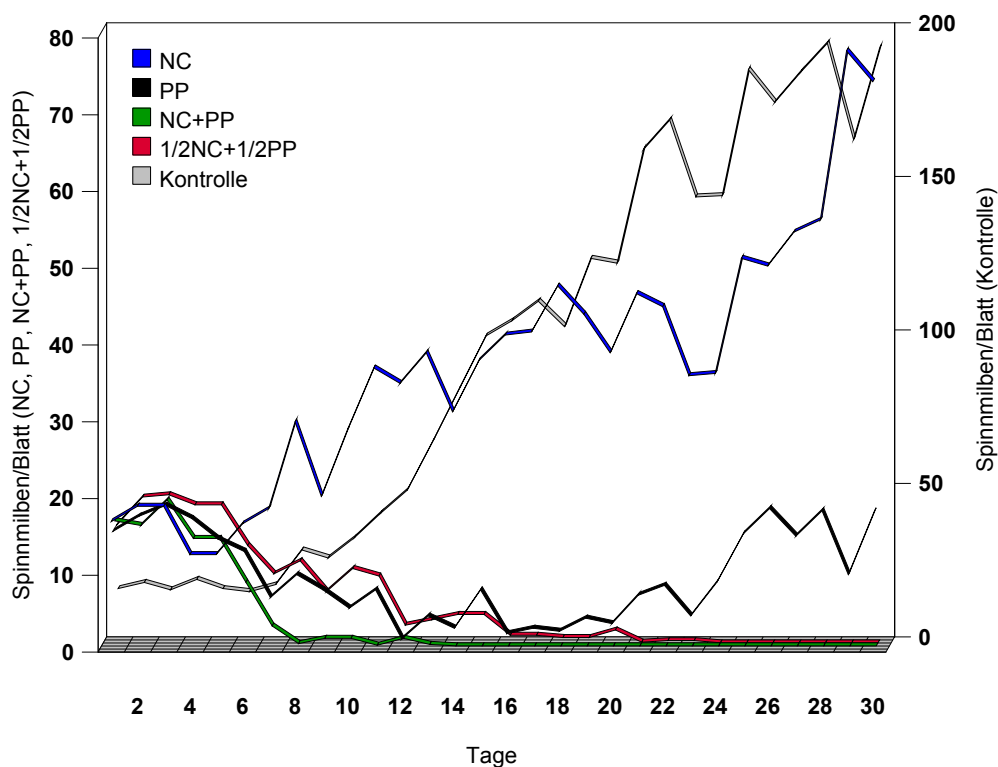


Abbildung 8: Spinnmilbenentwicklung im Kontrollsystem (ohne Raubmilben), in den Einzelart-Systemen PP und NC, und in den dualen Artsystemen PP+NC und 1/2PP+1/2NC an Buschbohnenpflanzen über 30 Tage.

### Einzelart-Systeme

Der Generalist *N. californicus* hatte im ersten Drittel des Versuchszeitraumes auf die Spinnmilbenentwicklung geringen bis gar keinen Einfluss, welche bis zum Tag 9 denselben Verlauf wie in der Kontrollvariante nahm. Erst ab Tag 10 verlangsamte sich der Populationsanstieg von *T. urticae* im Vergleich zur Kontrollvariante und *T. urticae* erreichte ein Maximum von 74 Spinnmilben/Blatt am Tag 30. Die Populationsentwicklung von *N. californicus* war von einem langsamen Anstieg von 0,3 Raubmilben/Blatt am Tag 1 bis zu 2,7 Raubmilben/Blatt am Tag 20 gekennzeichnet. Erst ab Tag 21 war ein deutlich rascherer Anstieg zu verzeichnen und am Tag 30 waren 10,5 Raubmilben/Blatt vorhanden.

Im Einzelartsystem mit dem Spezialisten *P. persimilis* wurde die Population von *T. urticae* nach anfänglichem Anstieg auf 19 Spinnmilben/Blatt bis zum Tag 12 auf 1,3 Spinnmilben/Blatt reduziert. Die Population von *P. persimilis* erreichte am Tag 5 die maximale Dichte von 1,7 Individuen pro Pflanze und danach nahm die Populationsdichte rasch ab und am Tag 13 erlosch die Population von *P. persimilis*. *T. urticae* konnte sich wieder etablieren und erreichte schließlich am Tag 30 Populationsdichten von 12 Spinnmilben/Blatt (Abbildung 9 A,B).

Im kombinierten System PP+NC konnte *T. urticae* nach 13 Tagen vollständig eliminiert werden. Die Populationsdichten beider Raubmilbenarten unterschieden sich von den Populationsdichten in den beiden Einzelart-Systemen bis zum Tag 5 nur geringfügig. *Phytoseiulus persimilis* und *N. californicus* erreichten am Tag 5 und Tag 7 ihre Maxima mit 1,4 und 0,9 Raubmilben/Blatt. Danach nahm die Populationsdichte von *P. persimilis* rasch ab und erlosch am Tag 15, während *N. californicus* in geringen Populationsdichten (0,07 Raubmilben/Blatt) bis zum Tag 30 überlebte (Abbildung 9 C,D).

Im dualen Artsystem 1/2PP+1/2NC konnte sich *T. urticae* deutlich länger etablieren als im dualen System PP+NC. Erst am Tag 23 waren die Spinnmilben eliminiert. Beide Raubmilbenarten blieben hinter den Populationsmaxima der Einzelart-Systeme zurück. Die Populationsmaxima von *P. persimilis* und *N. californicus* lagen bei 1,1 Raubmilben/Blatt am Tag 8 und 0,6 Raubmilben/Blatt am Tag 12. Der Generalist *N. californicus* überlebte um eine Woche länger als der Spezialist *P. persimilis* und verschwand am Tag 30 (Abbildung 9 E,F).

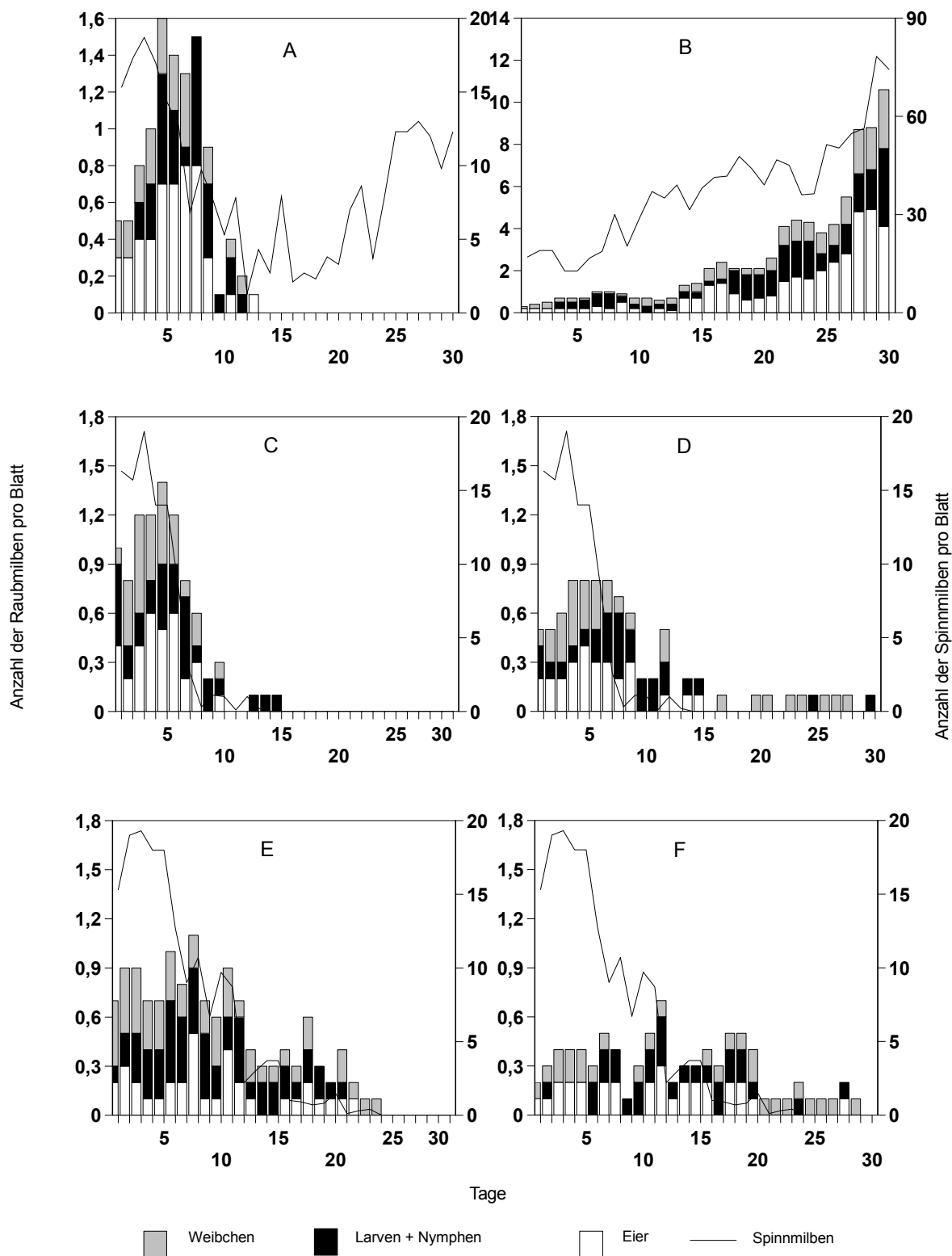


Abbildung 9: Populationsentwicklung von *P. persimilis* (A,C,E) und *N. californicus* (B,D,F) in den Einzelartsystemen PP und NC (A,B), im dualen System PP+NC (C;D) und im dualen System 1/2PP+1/2NC (E,F) auf Buschbohnen über 30 Tage.

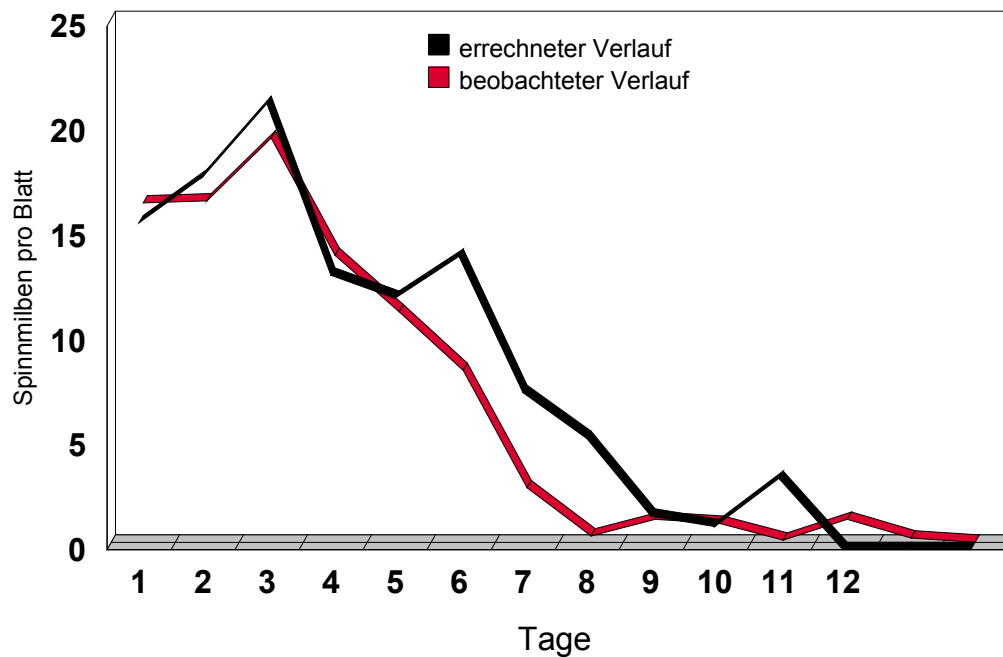


Abbildung 10: Errechneter und beobachteter Verlauf der Spinnmilbenkontrolle durch den gemeinsamen Einsatz von *P. persimilis* und *N. californicus*.

Der errechnete Spinnmilbenverlauf unter der Annahme, dass sich die Einzeleffekte von *N. californicus* und *P. persimilis* addieren, stimmte mit dem beobachteten Spinnmilbenverlauf im dualen System PP+NC bis zum Tag 5 im wesentlichen überein. Danach waren die Spinnmilbendichten im dualen System deutlich niedriger als die berechneten Spinnmilbendichten. Aber in der letzten Phase (Tag 11, 12) waren die beobachteten Werte etwas höher als die berechneten Werte (Abbildung 10).

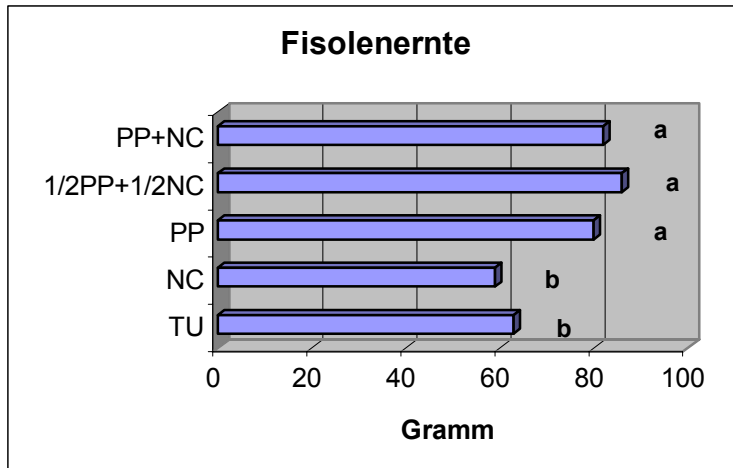


Abbildung 11 : Erntemengen an Fisolen (Gramm) pro Pflanze bei Versuchsende im Kontrollsystem (TU), in den Einzelart-Systemen (PP, NC) und in den dualen Systemen (1/2PP+1/2NC, PP+NC).

Die Mengen an Fisolen unterschieden sich signifikant zwischen den Varianten (ANOVA; LSD:  $df_{1,2} = 4, 25$ ,  $F = 6,307$ ;  $P = 0,001$ ). Das Gewicht der geernteten Fisolen in der Kontrolle und im Einzelart-System mit *N. californicus* war gleich hoch, während die Erntemenge der Fisolen in den anderen Varianten deutlich höher waren (Abbildung 11).

### 3.3.1.3. Diskussion

Zwei oft in der Praxis beobachtete Aspekte des Raubmilbeneinsatzes von *P. persimilis* und *N. californicus* zur Spinnmilbenkontrolle konnten unter kontrollierten Bedingungen bestätigt werden.

Erstens war der Generalist *N. californicus* nicht in der Lage, innerhalb des Versuchszeitraumes von 30 Tagen ausreichende Populationsdichten aufzubauen, die ein weiteres Ansteigen der Spinnmilbenpopulation verhindert hätten. Die für einen Generalisten typischen Eigenschaften von *N. californicus* wie geringes Prädations- und Ovipositionspotential im Vergleich zu Spezialisten wie *P. persimilis* sind in der Praxis nicht geeignet, um eine rasche Spinnmilbenunterdrückung bei hohen Spinnmilbendichten und/oder in Kurzulturen (Gurke, Paprika, Paradeiser) zu gewährleisten. Die hohen Raubmilbendichten

gegen Ende des Versuches (10 Raubmilben/Blatt) bestätigen Beobachtungen aus der Praxis, dass *N. californicus* erst 3-5 Wochen nach dem Ausbringen im Pflanzenbestand für die Spinnmilbenbekämpfung relevante Populationsdichten aufgebaut hat. Daher sollte *N. californicus* in 1- oder mehrjährigen Kulturen (Gerbera, Rosen) bei geringem Spinnmilbenaufkommen eingesetzt werden.

Zweitens konnte der Spinnmilben-Spezialist *P. persimilis* die Spinnmilbenpopulation innerhalb von 12 Tagen auf 1,3 Spinnmilben/Blatt reduzieren, aber nach dem Verschwinden von *P. persimilis* stagnierte die Spinnmilbenpopulation einige Tage auf niedrigem Niveau und stieg dann wieder auf 13 Spinnmilben/Blatt an. Dieses Phänomen wiederholt sich im Praxiseinsatz innerhalb einer Saison üblicherweise bis zu 15mal, was auch zu einem mehrmaligen Einsatz von *P. persimilis* pro Saison führt.

Hingegen konnte in beiden dualen Artsystemen die Spinnmilbenpopulation innerhalb des Versuchszeitraumes von 30 Tagen gänzlich eliminiert werden, wobei im dualen Artsystem 1/2PP+1/2NC die Unterdrückung der Spinnmilbe erwartungsgemäß länger dauerte als im dualen System PP+NC. Wie der Vergleich errechneter Spinnmilbenverlauf (unter der Annahme von additiven Effekten) mit dem Spinnmilbenverlauf im dualen System PP+NC zeigte, gab es in der ersten Phase des Versuches bis zum Tag 7 weder eine negative noch eine positive gegenseitige Beeinflussung der beiden Raubmilbenarten und daher war der Gesamteffekt der Raubmilben im kombinierten System mehr oder weniger deckungsgleich mit der Summe der Einzeleffekte in den Einzelart-Systemen. In dieser Phase dürfte es aufgrund der noch hohen Spinnmilbendichten zu keiner Konkurrenz um Nahrung zwischen *P. persimilis* und *N. californicus* gekommen sein. Ein Indiz dafür sind auch die annähernd gleichen Populationsdichten von *P. persimilis* und *N. californicus* im dualen Artsystem und in den Einzelart-Systemen. Das Verhältnis Eier+Juvenilstadien zu Adulttieren von 2:1 in den Raubmilbenpopulationen von *N. californicus* und *P. persimilis* deutet auch darauf hin, dass es zu keiner IGP zwischen den Raubmilbenarten in diesem Zeitraum gekommen ist. Ein Grund für die gegenseitige Nichtbeeinflussung der Raubmilben kann in der Nahrungsplatzpräferenz von *P. persimilis* liegen. Weibchen von *P. persimilis* vermeiden Nahrungsplätze mit *N. californicus* und legen ihre Eier zum überwiegenden Teil in Nahrungsplätze ohne *N. californicus* ab. Dieses Verhalten von *P. persimilis* minimiert das Zusammentreffen von *P. persimilis* und *N. californicus* zumindest bei hohen Spinnmilbendichten. Ab Tag 8 aber sind eindeutig synergistische Effekte in bezug auf die Spinnmilbenkontrolle aufgetreten, d.h. die Summe der Einzeleffekte wurde ab diesem Zeitpunkt übertroffen. Ein möglicher Grund für diesen Effekt könnte das Fluchtverhalten von *T. urticae* in Anwesenheit von *P. persimilis*

sein. *Tetranychus urticae* verlässt Nahrungsplätze in denen vorher *P. persimilis* anwesend war (Grostal & Dicke, 1999). Im Einzelart-System mit *P. persimilis* kann dieses Ausweichen auf andere Blätter zu einer Neugründung einer Spinnmilbenkolonie führen. Im dualen Art-System läuft aber *T. urticae* Gefahr, ein Blatt zu wählen, auf dem sich *N. californicus* befindet. *Neoseiulus californicus* hingegen ist durch die rasche Spinnmilbendezimierung durch *P. persimilis* gezwungen, den Spinnmilben nachzuwandern. So könnte das Fluchtverhalten von *T. urticae* und das Nachwandern von *N. californicus* zu vermehrten Begegnungen zwischen *T. urticae* und *N. californicus* führen und somit die Eliminierung der Spinnmilben beschleunigen. Aber nicht nur synergistische sondern auch langfristige Effekte bei der Spinnmilbenkontrolle konnten im dualen System nachgewiesen werden. Nur beim kombinierten Einsatz wurde die Spinnmilbe langfristig unterdrückt, was auf die Anwesenheit des Generalisten *N. californicus* zurückzuführen ist. Auch die verminderte Fitness der von Spinnmilben befallenen Buschbohnenpflanzen durch geringere Ernteerträge konnte belegt werden.

### **3.3.2. Der zeitlich gestaffelte Einsatz von *N. californicus* und *P. persimilis* in einer kommerziellen Rosengärtnerei**

#### **Hintergrund**

Ziel des zweijährigen Langzeitversuches in einer Rosengärtnerei war es, eine Evaluierung des zeitlich gestaffelten Einsatzes von *N. californicus* und *P. persimilis* in bezug auf die Effizienz und Langfristigkeit der Spinnmilbenkontrolle unter Praxisbedingungen durchzuführen. Die Bedingungen bei diesem Versuch unterschieden sich neben der längeren Versuchsdauer und einem anderen Wirtspflanzensystem vom Glashausversuch 3.3.1. im Wesentlichen in folgenden Punkten:

- 1) Durch das Auftreten anderer tierischer Schaderreger wie Weiße Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*), dem kalifornischen Blütenthrips (*Frankliniella occidentalis*) und diversen Blattlausarten war die Verwendung chemischer Pflanzenschutzmittel notwendig.
- 2) Die Kulturmaßnahmen beinhalteten nicht nur die regelmäßige Entnahme von Trieben mit Blüten, sondern auch zeitweilig Rückschnitte der rein vegetativen Triebe während der Saison bis hin zu einem kompletten Rückschnitt der Triebe in der Winterpause.



- 3) Anders als im Glashausversuch konnte die Qualität der eingesetzten Raubmilben (Menge der Raubmilben; bei Blattware das Verhältnis Raubmilben zu Spinnmilben) nicht oder nur sporadisch überprüft werden.

Unter einem zeitlich gestaffelten Einsatz der beiden Raubmilben *N. californicus* und *P. persimilis* ist folgendes zu verstehen: Da die Spinnmilbe *T. urticae* in der Lage ist, in Rosenbeständen zu überwintern, kann der Generalist *N. californicus* schon im zeitigen Frühjahr (März) auch ohne sichtbare Spinnmilbenschäden eingesetzt werden. *Neoseiulus californicus* sollte dann das erste sichtbare Spinnmilbenaufkommen deutlich verzögern. Bei verstärktem Auftreten von *T. urticae* soll dann der Nahrungsspezialist *P. persimilis* gezielt in den stark befallenen Pflanzen eingesetzt werden. Die Fähigkeit von *N. californicus*, sich im Pflanzenbestand langfristig zu etablieren und dabei weiter Spinnmilben zu konsumieren, sollte sich vor allem im Frühjahr und Frühsommer des zweiten Versuchsjahres in Form von einem zeitlich stark verzögerten Auftreten der Spinnmilbe positiv bemerkbar machen.

### 3.3.2.1. Methode

Der Versuch wurde im März in zwei Glashäusern (je 900m<sup>2</sup>) 2001 in einem Rosenbetrieb in Essling begonnen und wurde bis Oktober 2002 durchgeführt. Beide eingesetzten Raubmilbenarten wurden kommerziell erworben, um praxisnahe Bedingungen zu schaffen. *Phytoseiulus persimilis* wurde auf Buschbohnenblättern, die mit Spinnmilben (als Nahrungsversorgung für die Raubmilben) besiedelt waren, geliefert. Sägespäne dienten bei *N. californicus* als Trägermaterial. Es war geplant, dass *N. californicus* verstärkt im Frühjahr ausgebracht wird. Sollte es lokal im Pflanzenbestand zu einer Spinnmilbengradation kommen, so wird der Nahrungsspezialist *P. persimilis* eingesetzt. Die Auswertung der befallenen Triebe mit Blüten und die Auszählung der Raub- und Spinnmilben erfolgten alternierend in vierzehntägigen Abständen.

Tabelle 15: Einsatzzeitpunkte der Raubmilben und Applikationen von chemischen PSM im Glashaus 1.

Datum	Chemische Pflanzenschutzmittel		Raubmilben	
	Produkt	Zielorganismus	<i>N. californicus</i>	<i>P. persimilis</i>
07.03.2001			4000	
14.03.2001			4000	
28.03.2001				2000
29.03.2001	Admiral/Plenum	Weißer Fliege		
04.04.2001				3000
11.04.2001				5000
13.04.2001	Applaud/Plenum	Weißer Fliege		
18.04.2001				6000
20.04.2001	Acorit	Spinnmilbe		
25.04.2001				3000
02.05.2001				3000
04.05.2001	Acorit	Spinnmilbe	2000	
08.05.2001	Vertimec	Spinnmilbe		
11.05.2001	Torque	Spinnmilbe		
12.05.2001			2000	
16.05.2001			2000	5000
17.05.2001	Torque	Spinnmilbe		
23.05.2001	Torque/Acorit	Spinnmilbe		4000
30.05.2001			2000	
31.05.2001	Samba/Phosdrin	Spinnmilbe		
07.06.2001	Samba/Plenum	Weißer Fliege		
08.06.2001				2000
13.06.2001	Nissuron/Torque			
23.06.2001	Acorit/Torque			
21.06.2001				5000
27.06.2001			4000	4000
04.07.2001	Acorit/Torque	Spinnmilben		
19.07.2001	Acorit/Torque	Spinnmilben		
25.07.2001				2000
07.08.2001	Plenum/Aplaud	Weißer Fliege		
08.08.2001				500
25.04.2002			2000	
02.05.2002			4000	
08.05.2002			4000	1000
15.05.2002				4000
22.05.2002				5000
23.05.2002	Plenum	Blattläuse		
29.05.2002				2000
05.06.2002				5000
10.06.2002	Plenum			
12.06.2002				3000
19.06.2002				3000
26.06.2002				2000
03.07.2002				1000
05.07.2002	Phosdrin	Thrips		
09.07.2002	Phosdrin	Thrips		
13.07.2002	Phosdrin	Thrips		
17.07.2002	Phosdrin	Thrips		
20.07.2002	Phosdrin	Thrips		
26.07.2002	Phosdrin	Thrips		
31.07.2002				1000
01.08.2002	Phosdrin	Thrips		
05.08.2002	Phosdrin	Thrips		
09.08.2002	Phosdrin	Thrips		
11.08.2002	Plenum	Weißer Fliege		
14.08.2002				3000
21.08.2002				3000
28.08.2002				5000
30.08.2002	Plenum/Admiral	Weißer Fliege		
09.09.2002	Phosdrin	Blattläuse		
14.09.2002	Plenum/Admiral	Weißer Fliege		

Tabelle 16: Einsatzzeitpunkte der Raubmilben und Applikationen von chemischen PSM im Glashaus 2.

Datum	Chemische Pflanzenschutzmittel		Raubmilben	
	Produkt	Zielorganismus	<i>N. californicus</i>	<i>P. persimilis</i>
07.03.2001			4000	
14.03.2001			4000	
28.03.2001				4000
30.03.2001	Admiral/Plenum	Weißer Fliege		
04.04.2001				4000
10.04.2001	Admiral/Plenum	Weißer Fliege		
11.04.2001				5000
18.04.2001				4000
25.04.2001				5000
30.04.2001	Acorit	Spinnmilbe		
02.05.2001				5000
04.05.2001			2000	
08.05.2001	Vertimec	Spinnmilbe		
11.05.2001	Torque	Spinnmilbe		
12.05.2001			2000	
16.05.2001			2000	
17.05.2001	Torque	Spinnmilbe		
23.05.2001	Torque/Acorit	Spinnmilbe		3000
30.05.2001			2000	
31.05.2001	Samba/Phosdrin	Spinnmilbe		
07.06.2001	Samba	Spinnmilbe		
08.06.2001				2000
13.06.2001	Nissuron/Torque	Spinnmilbe		
20.06.2001				1000
23.06.2001	Acorit/Torque	Spinnmilbe		
27.06.2001				2000
04.07.2001	Acorit/Torque	Spinnmilbe, Thrips		
19.07.2001	Acorit/Torque	Spinnmilbe		
18.05.2002	Plenum/Applaud	Blattläuse		
22.05.2002				1000
23.05.2002	Plenum	Blattläuse		
29.05.2002			4000	1000
05.06.2002			4000	2000
10.06.2002	Plenum	Blattläuse		
12.06.2002				2000
19.06.2002	Plenum/Phosdrin	Blattläuse, Thrips		2000
26.06.2002				6000
03.07.2002				5000
04.07.2002	Torque/Acorit	Spinnmilbe		
05.07.2002	Phosdrin	Thrips		
09.07.2002	Phosdrin	Thrips		
10.07.2002			4000	6000
13.07.2002	Phosdrin	Thrips		
17.07.2002	Phosdrin	Thrips		
18.07.2002	Torque/Acorit	Spinnmilbe		
20.07.2002	Phosdrin	Thrips		
24.07.2002				6000
26.07.2002	Phosdrin	Thrips		
31.07.2002				4000
01.08.2002	Phosdrin	Thrips		
05.08.2002	Phosdrin	Thrips		
09.08.2002	Phosdrin	Thrips		
11.08.2002	Plenum	Weißer Fliege		
14.08.2002				3000
16.08.2002	Tamaron	Thrips		
19.08.2002	Tamaron	Thrips		
23.08.2002	Tamaron	Thrips		
30.08.2002	Plenum/Admiral	Weißer Fliege		
09.09.2002	Phosdrin	Blattläuse		
14.09.2002	Plenum/Admiral	Weißer Fliege		

### 3.3.2.2. Ergebnisse

Glashaus 1

Am 07.03.2001 wurde der Generalist *N. californicus* zum ersten Mal ausgebracht.

Spinnmilbenschäden waren zu diesem Zeitpunkt schon sichtbar und *T. urticae* hatte zu Versuchsbeginn eine Populationsdichte von 10 Spinnmilben/Blatt aufzuweisen. Trotz des wiederholten Einsatzes des Nahrungsspezialisten *P. persimilis* konnte ein weiteres Ansteigen der Spinnmilbenpopulation bis auf 75 Spinnmilben/Blatt bis zum 16.05.2001 nicht verhindert werden. Anfang Mai wurde auch ein massiver Rückschnitt der vegetativen Triebe durchgeführt, sodass der Generalist *N. californicus* nochmals ausgebracht werden musste. Das massive Ungleichgewicht zwischen der Spinnmilbenpopulation und der Raubmilbenpopulationen wurde bei der Berechnung der zahlenmäßigen Verhältnisse zwischen Raubmilben und Spinnmilben deutlich. Am 02.05. kamen auf eine Raubmilbe *P. persimilis* 485 Spinnmilben und auf eine Raubmilbe *N. californicus* 125 Spinnmilben. Obwohl *P. persimilis* in wesentlich höheren Mengen ausgesetzt wurde, war der Generalist *N. californicus* in dieser Phase die dominierende Raubmilbenart. Erst die mehrmalige Applikation von chemischen Pflanzenschutzmitteln und der weitere Einsatz von Raubmilben stoppten den Populationszuwachs von *T. urticae* und in weiterer Folge sank die Spinnmilbenpopulation bis zum 25.07. auf 10 Spinnmilben/Blatt. Am 19.07.2001 wurde die letzte Applikation eines chemischen Pflanzenschutzmittels gegen Spinnmilben durchgeführt. Bis zum Versuchsende am 02.10.2002 wurden ausschließlich Raubmilben und keine chemischen Pflanzenschutzmittel zur Spinnmilbenkontrolle verwendet. Das Zahlenverhältnis zwischen Raub- und Spinnmilben am 25.07.2001 verbesserte sich auf 1 Raubmilbe (*P. persimilis* und *N. californicus* zusammen) auf 8 Spinnmilben.

Die Anzahl der befallenen Triebe stieg zumeist 7 bis 14 Tage später mit dem Anstieg der Spinnmilbenpopulation ebenfalls an. Es konnten große Sortenunterschiede festgestellt werden. Am anfälligsten erwiesen sich die Sorten Isis und Akito, welche in der ersten Saison Ausfälle bis 95% zu verzeichnen hatten.

Gegen Ende August 2001 waren nur noch vereinzelt Spinnmilben zu finden (0,02 Spinnmilben/Blatt) und ab dem 19.09.2001 waren auch keine *P. persimilis* Raubmilben mehr vorhanden. Im November und Dezember waren sowohl Spinnmilben (2-7 Spinnmilben/Blatt) als auch *N. californicus* Raubmilben (0,01-0,03 Raubmilben/Blatt) zu finden. Mitte Jänner 2002 wurden sämtliche Triebe zurückgeschnitten, sodass über einen Zeitraum von 5 Wochen

Auswertungen nicht sinnvoll waren. Bei den ersten Auswertungen der Raub- und Spinnmilben im Jahr 2002 konnten keine *N. californicus* Raubmilben auf den Blättern gefunden werden, was vermutlich eine Folge des massiven Rückschnitts der Rosenpflanzen war. Deshalb wurde *N. californicus* am 25.04.2002 nochmals ausgebracht. Das erste nennenswerte Spinnmilbenaufkommen konnte am 15.05.2002 mit 10 Spinnmilben/Blatt beobachtet werden. Im Vergleich zum Jahr 2001 erfolgte das erste Auftreten von *T. urticae* um fast 2 ½ Monate später. Im Gegensatz zum Jahr 2001 konnte die Spinnmilbe 2002 sehr erfolgreich mit den Raubmilben *P. persimilis* und *N. californicus* unterdrückt werden. Erwartungsgemäß war in dieser Saison *P. persimilis* dem Generalisten *N. californicus* zahlenmäßig überlegen. *Tetranychus urticae* erreichte in der Saison 2002 am 29.05. das Populationsmaximum von 20 Spinnmilben/Blatt, welche um 273 niedriger war als im Jahr 2001. Ebenfalls zurückgegangen sind die Prozentsätze der befallenen Triebe pro Rosensorten, die kurzfristig maximal 50 Prozent erreichten (Tabelle 15; Abbildung 12 und 13).

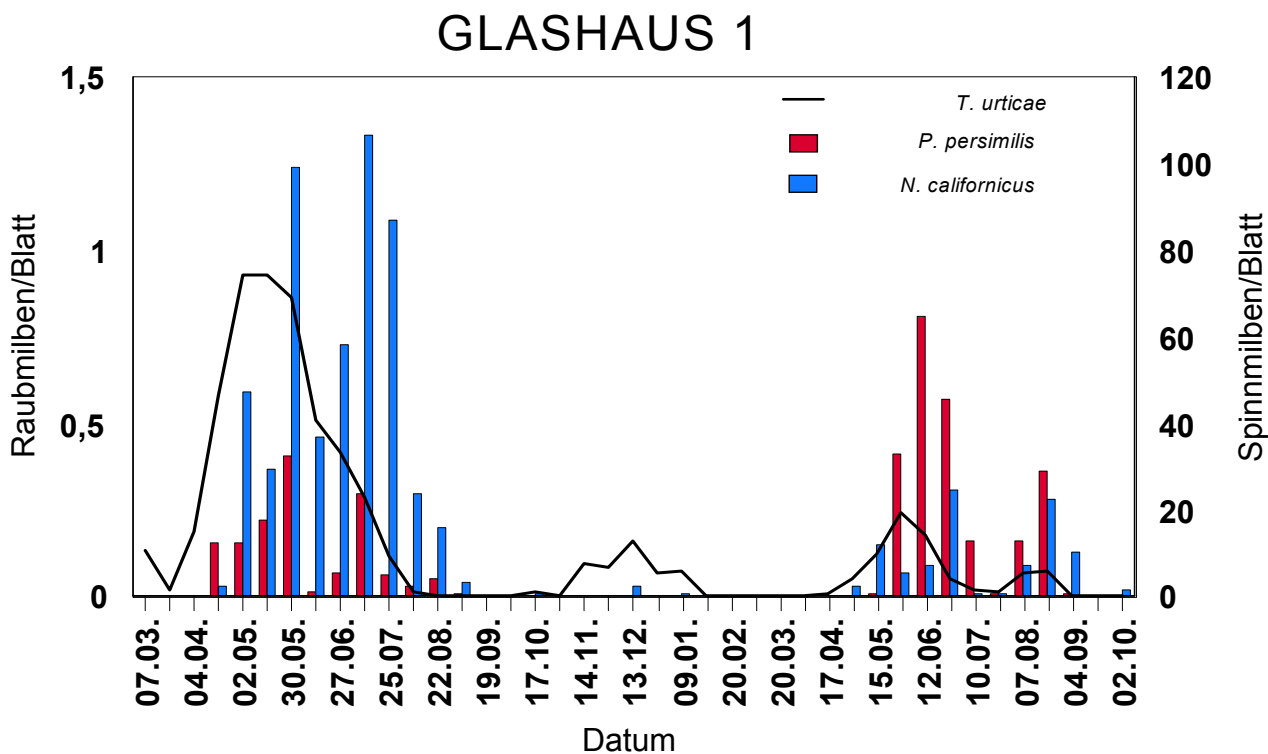


Abbildung 12: Spinn und Raubmilbenentwicklung im Glashaus 1.

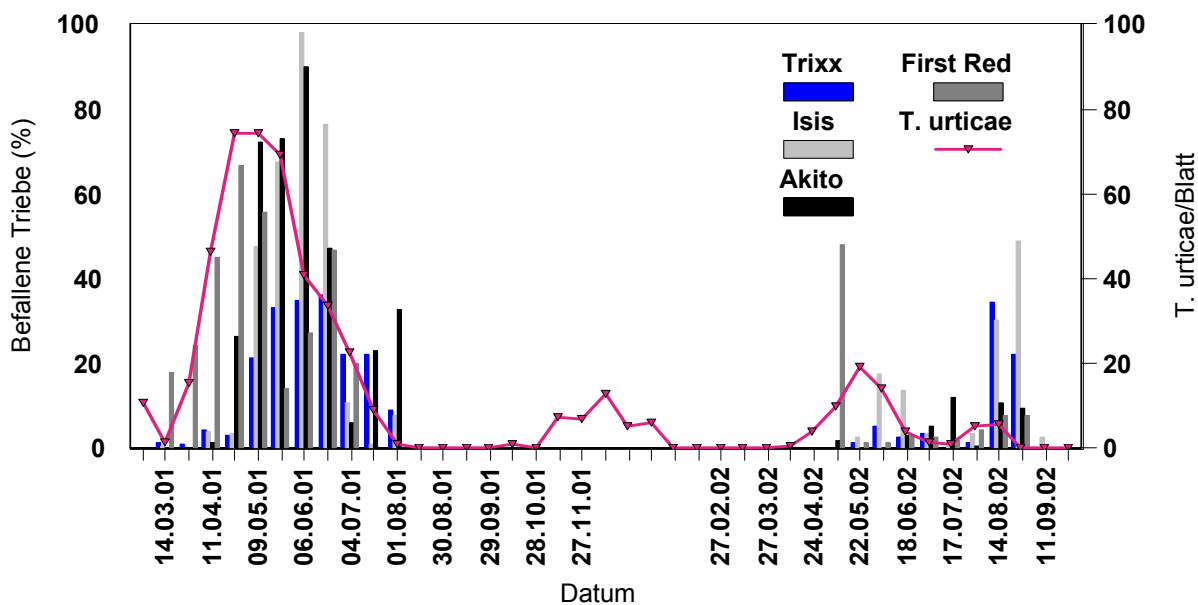


Abbildung 13: Prozentsatz der befallenen Triebe der Sorten Trixx , Isis, Akito und First Red und die Populationsentwicklung der Spinnmilbe *T. urticae* im Glashaus 1.

## Glashaus 2

Auch im Glashaus 2 hatte die Spinnmilbe schon am 03.07.2001 eine Populationsdichte von 9,5 Spinnmilben/Blatt erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Generalist *N. californicus* ausgebracht und 20 Tage später wurde auch der Spezialist *P. persimilis* in großen Mengen ausgesetzt, was aber den rapiden Anstieg der Spinnmilbenpopulation nicht verhinderte. Am 02.05.2001 wurden 120 Spinnmilben/Blatt ausgezählt. Das Zahlenverhältnis zwischen Raub- (*P. persimilis* und *N. californicus*) und Spinnmilben betrug zu diesem Zeitpunkt 1:254. Im Zeitraum von 04.04. und 30.05.2001 waren die Populationen von *P. persimilis* und *N. californicus* etwa gleich groß, obwohl *P. persimilis* in doppelt so hohen Mengen ausgesetzt wurde wie *N. californicus*. Wie im Glashaus 1 konnte die Spinnmilbenpopulation nur durch mehrmalige Applikationen von chemischen Pflanzenschutzmitteln (zwischen 03.04. und 23.06. neunmalige Anwendung) und zusätzlichem Einsatz von Raubmilben kontrolliert werden. Am 25.07.2001 wurden Populationsdichten von 7 Spinnmilben/Blatt ermittelt und das Verhältnis zwischen Raub- und Spinnmilben betrug 1:6,5. In der dritten Augustwoche 2001 verschwand die Raubmilbe *P. persimilis* und 3 Wochen später war auch keine Spinnmilbe mehr auf Rosenblättern zu finden. Der Generalist *N. californicus* war bis zum 17.10.2001 auf Rosenblättern vorhanden. Ähnlich wie im Glashaus 1 waren 67% der verkaufsfähigen Triebe zum Höhepunkt des Spinnmilbenaufkommens mit Spinnmilben befallen. Die anfälligsten Sorten waren Trixx und First Red. Im Glashaus 2 wurden die Rosentriebe schon Mitte Dezember zurückgeschnitten, sodass die erste Auswertung 2002 erst am 04.03. stattfand. Vom 19.09.2001 bis zum 29.05.2002 (fast 9 Monate) waren praktisch keine Spinnmilben vorhanden, sodass weder der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln noch das Ausbringen von Raubmilben zur Spinnmilbenkontrolle in diesem Zeitraum notwendig waren. Am 29.05.2002 wurden die ersten Raubmilben (*N. californicus* und *P. persimilis*) eingesetzt. Am 12.06.2002 waren 10 Spinnmilben/Blatt vorhanden und 14 Tage später erreichte *T. urticae* ihr Populationsmaximum von 24 Spinnmilben/Blatt, welches nur ein 1/5 des Populationsmaximums des Jahres 2001 ausmachte. Trotz dieser moderaten Spinnmilbendichten musste im Juli *T. urticae* zweimal mit chemischen Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden, da die Sorte Prophyta überdurchschnittlich stark befallen war. Die Ausfälle an Trieben betragen zu diesem Zeitpunkt bei dieser Sorte 80%. Am 21.08.2002 wurde bei sehr geringen Spinnmilbendichten (0,8 Spinnmilben/Blatt) keine *P. persimilis* Raubmilbe mehr gefunden. Der Generalist *N. californicus* hingegen überlebte bis zum Versuchsende (Tabelle 16, Abbildung 14 und 15).

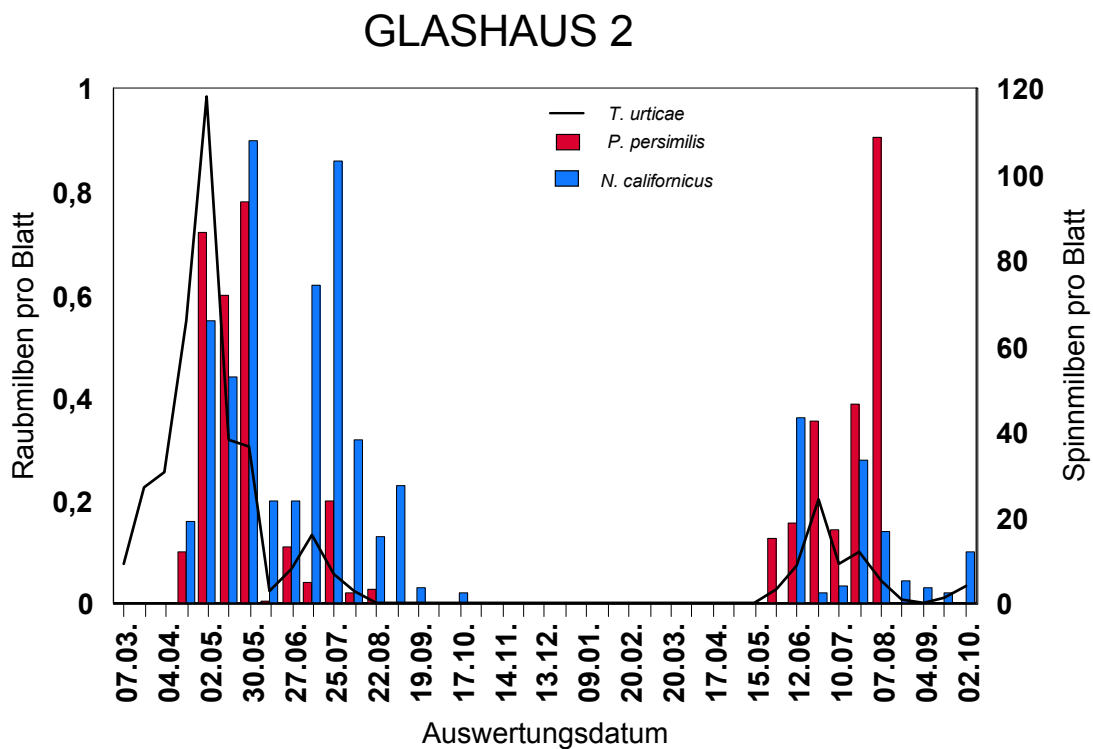


Abbildung 14: Spinn- und Raubmilbenentwicklung im Glashaus 2.

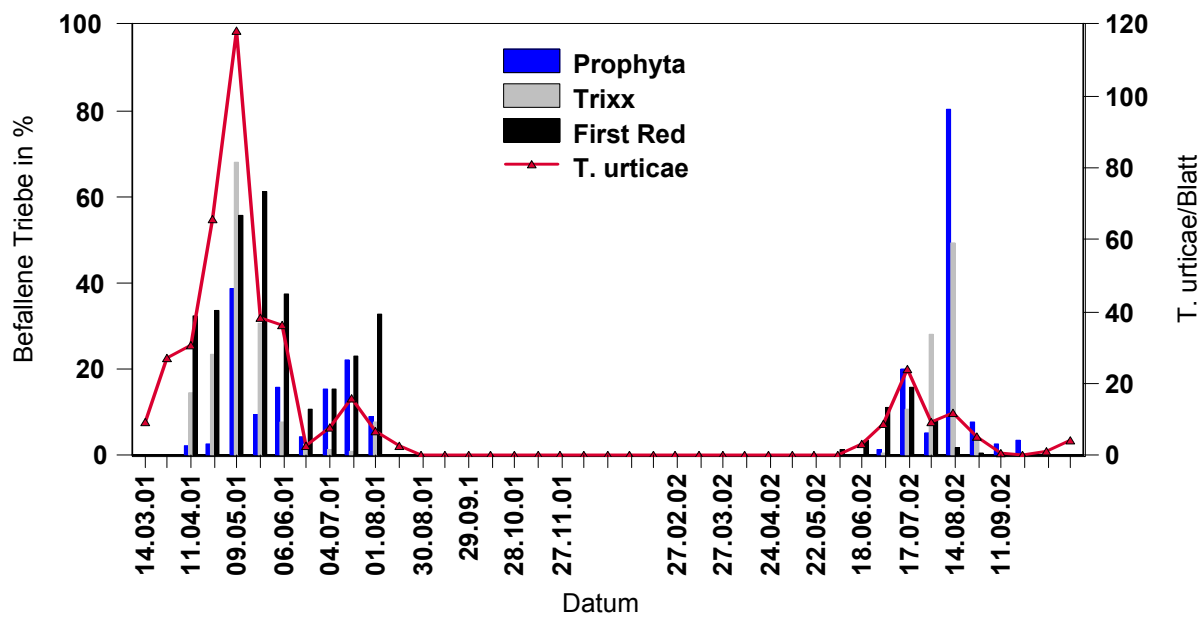


Abbildung 15: Prozentsatz der befallenen Triebe der Sorten Trixx, Prophyta und First Red und die Populationsentwicklung der Spinnmilbe *T. urticae* im Glashaus 2.



### 3.3.2.3. Diskussion

Der Versuch verlief mit Ausnahme der ersten Monate im Jahr 2001 sehr erfolgreich, wobei sich die Verbesserungen gegenüber einem alleinigen Einsatzes von *P. persimilis* vor allem im zweiten Jahr bemerkbar machten. Durch die Etablierung des Generalisten *N. californicus* bis in den Dezember 2001 und durch den Rückschnitt der Rosen wurde das Aufkommen von *T. urticae* im Jahr 2002 weit in den Frühsommer hinein verschoben. Üblicherweise ist schon im März mit einem ersten Auftreten von *T. urticae* zu rechnen (siehe Saison 2001). Danach konnte *T. urticae* mit gezielter Ausbringung von *P. persimilis* in beiden Glashäusern rasch und effizient kontrolliert werden. *Phytoseiulus persimilis* wurde nicht gleichmäßig im Bestand verteilt, sondern verstärkt an jenen Rosenpflanzen ausgebracht, die sichtbare Spinnmilbenschäden aufwiesen. Erwartungsgemäß war in dieser Phase der Nahrungsspezialist *P. persimilis* in höheren Populationsdichten vertreten als der Generalist *N. californicus*. Danach war *T. urticae* nur in niedrigen Populationsdichten vorhanden und der Generalist *N. californicus* war die dominante Raubmilbenart. Für die langfristige Unterdrückung von *T. urticae* war sicherlich die Etablierung von *N. californicus* verantwortlich.

Die ineffiziente Kontrolle im Frühjahr des Jahres 2001 durch die Raubmilben trotz der Ausbringung ausreichender Raubmilbenmengen ist auf die bei den Auswertungen erhobenen geringen Populationsdichten von *P. persimilis* zurückzuführen. Trotz des überreichen Angebots an Nahrung (Spinnmilben) war der Generalist *N. californicus* in dieser Phase über den Spinnmilben-Spezialisten *P. persimilis* mit dem höheren Reproduktionspotential dominant. Die folgenden Faktoren könnten verantwortlich für das geringe Aufkommen von *P. persimilis* gewesen sein, welches letztendlich zu einer ineffizienten biologischen Spinnmilbenkontrolle in den ersten Monaten des Jahres 2001 geführt hat:

- 1) Aus Hauptgrund ist die schlechte Qualität der zugekauften Raubmilbe *P. persimilis* (geringere Anzahl an Raubmilben als angegeben; hohes Spinnmilben/Raubmilben Verhältnis) anzuführen.
- 2) Intensives Zurückschneiden der Rosen im Frühjahr könnte den Aufbau der Raubmilben-Populationen verzögert haben. Deshalb musste *N. californicus* im Sommer nochmals ausgebracht werden.
- 3) *N. californicus* ist toleranter gegenüber wiederholten Akarizid Applikationen als *P. persimilis* (Blümel, 1999).

Insgesamt betrachtet kann aber der zeitlich gestaffelte Einsatz von *N. californicus* und *P. persimilis* positiv in Hinblick auf Langfristigkeit und Effizienz der biologischen/integrierten Spinnmilbenkontrolle bewertet werden. Es konnte durch die vorzeitige Ausbringung von *N.*

californicus keine negative Beeinflussung der später ausgebrachten Raubmilbe *P. persimilis* nachgewiesen werden. Ob der Generalist *N. californicus* in Rosenbeständen überwintern kann, konnte aufgrund des Rückschnittes der Rosen im Winter nicht eindeutig belegt werden. Beide Raubmilbenarten erfüllten die ihnen aufgrund ihrer biologischen und ökologischen Eigenschaften zugeteilten Rollen bei der Spinnmilbenkontrolle. Der Generalist *N. californicus* war verantwortlich für den langfristigen Bekämpfungserfolg und der Spezialist *P. persimilis* konnte die Spinnmilben rasch und effizient unterdrücken. Somit ergänzten sich die beiden Raubmilbenarten ideal. Im zweiten Versuchsjahr konnten auch die Einsatzmengen der beiden Raubmilbenarten um 15% und die Anzahl der Applikationen von chemischen Pflanzenschutzmitteln um 90% gesenkt werden. Auch der Prozentsatz der befallenen Rosentriebe ging deutlich zurück.

#### **4. Schlussfolgerungen und Implikationen für die Praxis der biologischen/integrierten Spinnmilbenkontrolle in mehrjährigen Glashauskulturen**

Die vorliegende Studie ist generell als wesentlicher Beitrag zu einem besseren Verständnis der Wechselbeziehungen zwischen den Faktoren in den zunehmend komplexer werdenden Systemen der biologischen/integrierten Schädlingskontrolle im Gartenbau zu sehen. Es wurden grundlegende biologisch und ökologisch bedeutsame Kenntnisse über die Interaktionen zwischen den kombiniert eingesetzten Nützlingen *N. californicus* und *P. persimilis* und zweier Herbivoren (Spinnmilbe *T. urticae*; kalifornischer Blütenthrips *F. occidentalis*) gewonnen. Die Detailergebnisse wurden/werden in umfassender Form auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Fachveranstaltungen präsentiert und in Fachjournalen veröffentlicht.

Der kombinierte Einsatz von *P. persimilis* und *N. californicus* ist dem traditionellen alleinigen Einsatz von *P. persimilis* zur Spinnmilbenkontrolle in Langzeitkulturen (Rose, Gerbera, Grünpflanzen) vor allem aufgrund der gewährleisteten Langfristigkeit der Spinnmilbenkontrolle vorzuziehen. Folgende Punkte sind aber bei der Anwendung unbedingt zu beachten:

**1) Einsatzzeitpunkt von *N. californicus*.** Das Alternativnahrungsangebot für *N. californicus* in Rosenkulturen beschränkt sich auf wenige tierische Nahrungsquellen wie Weiße Fliegen und deren Ausscheidungsprodukte (Nomikou et al., 2000) und den Larven des kalifornischen Blütenthrips *F. occidentalis* (Croft et al., 1998; Walzer and Schausberger, 2002). Beide Arten

sind neben der Spinnmilbe *T. urticae* die Hauptschädlinge in Rosenkulturen und sind zeitweilig in hohen Populationsdichten anzutreffen. Darüber hinaus kann die Weiße Fliege *T. vaporariorum* in Glashäusern überwintern und eine mögliche Alternativnahrung für *N. californicus* im Frühjahr darstellen. Der Einsatzzeitpunkt für *N. californicus* im Frühjahr hängt im Wesentlichen von der Kulturführung der Rosen ab. Ein Rückschnitt der Rosen im Winter bedingt einen späten Einsatzzeitpunkt von *N. californicus*, da in diesem Fall vermutlich keine geeigneten Nahrungsquellen für eine Populationsentwicklung von *N. californicus* vorhanden sind. In diesem Fall sollte *N. californicus* erst beim ersten Auftreten der Spinnmilbe *T. urticae* eingesetzt werden. Erfolgt kein Rückschnitt, so kann *N. californicus* bei geeigneten klimatischen Bedingungen (Durchschnittstemperaturen nicht unter 20°C) im März eingesetzt werden.

**2) Ausbringungsart der Raubmilben.** *Neoseiulus californicus* wird in kleinen Behältern mit Sägespänen als Trägermaterial geliefert. Zur Ausbringung auf Rosen mit ihren kleinflächigen Blättern empfiehlt es sich, die Sägespäne auf zuvor aufgebretete Küchenrollenabschnitte zu streuen, damit keine Raubmilben im feuchten Bodensubstrat landen. Der Generalist *N. californicus* ist gleichmäßig im Bestand auszubringen. Die Raubmilben sind erst 3-5 Wochen später auf den Pflanzen zu finden. *Phytoseiulus persimilis* wird zumeist auf Buschbohnenblättern geliefert, die dann auf die Rosenblätter gelegt werden. Eine gleichmäßige Besiedlung ist nicht empfehlenswert, *P. persimilis* sollte verstärkt an befallenen Pflanzen ausgebracht werden. Meistens findet man *P. persimilis* schon eine Woche nach der Ausbringung in den Gespinsten der Spinnmilbe.

**3) Ausbringungsmengen der Raubmilben.** Bei der Erstbesiedlung mit *N. californicus* im Frühjahr sollten zweimal innerhalb von 7 Tagen je 5 Raubmilben/m<sup>2</sup> eingesetzt werden. Sollten während der Saison längere Zeit keine *N. californicus* Raubmilben auffindbar sein, sollte nochmals nachbesiedelt werden. Wichtig ist das Vorhandensein von *N. californicus* im Herbst, da in diesem Zeitabschnitt die Spinnmilbendichten nachhaltig durch *N. californicus* reduziert werden kann und dadurch das Aufkommen von *T. urticae* im folgenden Frühjahr zeitlich stark verzögert wird. Die Frequenz der Ausbringungen und die Einsatzmengen von *P. persimilis* sind von der Befallsstärke der Spinnmilben abhängig und reichen von 3 bis 7 Raubmilben/m<sup>2</sup> pro Einsatztermin.

**4) Qualität der Raubmilben.** Die Qualität und Quantität der Raubmilben ist vor Ort nur schwer überprüfbar. Bei *P. persimilis* auf Blattware lohnt es sich aber, hin und wieder ein Blatt auf das Verhältnis Raubmilben zu Spinnmilben zu überprüfen. Sollten keine oder nur wenige Raubmilben im Gegensatz zu Spinnmilben zu finden sein (Verhältnisse von

Raubmilben zu Spinnmilben von 1:15 und darüber), sollte auf die Ausbringung der Blätter verzichtet werden. Man sollte sich vor Augen halten, dass man bei diesen Raub-/Spinnmilbenverhältnissen eher den Schädling als den Nützling ausbringt.

## 5.Literatur

- Blümel, S., 1999. Susceptibility of *Neoseiulus californicus* to pesticides in the laboratory compared to other predatory mites. Meeting of the IOBC/WPRS WG "Pesticides and beneficial organisms". 26-30 October, 1999, Versailles, France.
- Blümel, S. and A. Walzer, 2002. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Hentriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouse cut roses. Syst. Appl. Acarol. 7: 35-48.
- Castagnoli, M. and S. Simoni, 1991. Influenza della temperatura sull'incremento delle popolazioni di *Amblyseius californicus* (Mc Gregor) (Acari: Phytoseiidae). Redia 74: 621-640.
- Castagnoli, M. and Falchini, L. 1993. Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae). Redia 76: 273-279.
- Castagnoli, M., Ligouri, M., Simoni, S., Pintucchi, M., Guidi, S. and Tsolakis, H., 1994. Observations on diapause induction in three phytoseiid (Phytoseiidae) species. Acarology IX, Proceedings 1, 1-9.
- Croft, B.A. and MacRae, I.V. 1992a. Biological control of apple mites by mixed populations of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) and *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 21: 202-209.
- Croft, B.A. and MacRae, I.V. 1992b. Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environ. Entomol. 21: 1168-1177.
- Croft, B.A., Monetti, L.N. and Pratt, P.D. 1998. Comparative life histories and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective predators of spider mites? Environ. Entomol. 27: 531-538.
- Duso, C. 1989. Role of the predatory mites *Amblyseius aberrans* (Oud.), *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari, Phytoseiidae) in vineyards. I. The effects of single or mixed phytoseiid population releases on spider mite densities

- (Acari, Tetranychidae). J. Appl. Entomol. 107: 474-492.
- Duso, C. and Vettorazzo, E. 1999. Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 23: 741-763.
- Grostal P. and M. Dicke, 1999. Direct and indirect cues of predation risk influence behavior and reproduction of prey: a case of acarine interactions. Behav. Ecol. 10:422-427.
- Ehler, L.E. 1992. Guild analysis in biological control. Environ. Entomol. 21: 26-40.
- Faraji F., A. Janssen and M.W. Sabelis, 2002. The benefits of clustering eggs: the role of egg predation and larval cannibalism in a predatory mite. Oecologia 131: 20-26.
- Friese D.D. and F.E. Gilstrap, 1982. Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). Internat. J. Acarol. 8: 85-89.
- Janssen, A., A. Pallini, M. Venzon and M.W. Sabelis, 1998. Behavior and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. Exp. Appl. Acarol. 22: 497-521.
- Janssen, A., A. Pallini, M. Venzon and M.W. Sabelis, 1999. Absence of odour-mediated avoidance of heterospecific competitors by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. Entomol. Exp. Appl. 92: 73-82.
- Losey J.E. and R.F. Denno, 1998. Positive predator-predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. Ecology 79, 1084-1092.
- McMurtry, J.A. and Croft, B.A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Ann. Rev. Entomol. 42: 291-321.
- Moraes G.J. and J.A. McMurtry, 1985. Comparison of *Tetranychus evansi* and *T. urticae* (Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of phytoseiid mites. Entomophaga 30: 393-397.
- Nomikou, M., Janssen, A., Schraag R. and M.W. Sabelis, 2001. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. Exp. Appl. Acarol. 25: 271-291.
- Pallini A., Janssen, A. and M.W. Sabelis, 1998. Predators induce interspecific herbivore competition for food in refuge space. Ecology Letters 1: 171-177.
- Pickett C.H. and F.E. Gilstrap, 1986. Predation of *Oligonychus pratensis* (Aca.: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius californicus* (Aca.: Phytoseiidae) under controlled conditions. Entomophaga 31: 205-212.

- Polis, G.A., Myers, C.A. and Holt, R.D. 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20: 297-330.
- Roda, A., J. Nyrop, M. Dicke and G. English-Loeb, 2000. Trichomes and spider-mite webbing protect predatory mite eggs from intraguild predation. *Oecologia* 125: 428-435.
- Root, R., 1967. The niche exploitation pattern of the blue-grey gnat catcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-350.
- Rosenheim J.A., Wilhoit, L.R. and Armer, C.A. 1993. Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population. *Oecologia* 96: 439-449.
- Rosenheim, J.A., Kaya, H.K., Ehler, L.E., Marois, J.J. and Jaffee, B.A. 1995. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biol. Control* 5: 303-335.
- Schausberger, P. 1997. Inter- and intraspecific predation on immatures by adult females in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari, Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 21: 131-150.
- Schausberger, P. 1998. Population growth and persistence when prey is diminishing in single species and two species systems of the predatory mites *Typhlodromus pyri*, *Euseius finlandicus* and *Kampimodromus aberrans*. *Ent. Exp. Appl.* 88: 275-286.
- Schausberger, P. and Croft, B. A. 2000. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? *Exp. Appl. Acarol.* 24: 709-725.
- Schausberger, P. and Walzer, A. 2001. Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. *Bio. Control* in press.
- Schöntag K., 1999. Laboruntersuchungen zu Entwicklung, Reproduktion und Diapause der Raubmilbe *Neoseiulus californicus* McGregor (Acarina: Phytoseiidae). Diploma Thesis, Institute for Plant Protection, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria, pp. 83.

- Sunderland, K.D., Axelsen J.A., Dromph K., Freier B., Hemptinne J.-L., Holst N.N., Mols P.J.M., Peterson M.K., Powell W., Ruggle P., Triltsch H., and L. Winder, 1997. Pest control by a community of natural enemies. *Acta Jutlandica* 72:271-326.
- Swirski, E., Amitai, S. and Dorzia, N. 1970. Laboratory studies on the feeding habits, post-embryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilenensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Entomophaga* 15: 93-106.
- Venzon M., Janssen, A., A. Pallini and M.W. Sabelis, 2000. Diet of a polyphagous arthropod predator affects refuge seeking of its thrips prey. *Ani. Behav.* 60: 369-375.
- Venzon M., A. Pallini and A. Janssen, 2001. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. *Neotr. Entomol.* 30: 1-9.
- Walzer, A. and Schausberger, P. 1999a. Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *BioControl* 43: 457-468.
- Walzer, A. and Schausberger, P. 1999b. Predation preferences and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *BioControl* 43: 469-478.
- Walzer A. and P. Schausberger. Key factors of intraguild predation among *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* (Acari, Phytoseiidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Proceedings of XI International Congress of Acarology; 8-13.10.2002, Merida, Yucatan, Mexico, eingereicht.
- Walzer, A. Blümel S. and P. Schausberger 2001. Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. *Experimental and Applied Acarology* 25: 731-743.

## 6. Veröffentlichungen, Vorträge

### 1) Posterpräsentation am 3. Symposium Phytomedizin und Pflanzenschutz im Gartenbau, 17-20. September, Wien

A. Walzer, S. Blümel, & H. Hausdorf: Successive release of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae) for sustainable biological/integrated control of spider mites in greenhouse roses – Interim results of a long-term trial in a commercial nursery.

**2) Vortrag am 3. Milbenkundlichen Kolloquium, Graz, 12. 10. 2001**

A. Walzer: Stellen Juvenilstadien von *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera) eine Supplement- oder Alternativnahrung für die Raubmilben *P. persimilis* und *N. californicus* dar?

**3) Vortrag am Symposium Acari: Evolution, Biology and Ethology, XI International Congress of Acarology; 8-13.10.2002, Merida, Yucatan, Mexico**

A. Walzer und P. Schausberger: Intraguild predation among *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* and *Frankliniella occidentalis*: The significance of body size, diet specialization and nutritional benefits.

**4) Posterpräsentation bei den österreichischen Pflanzenschutztagen 2002, 27-28. November, Tulln**

A. Walzer, S. Blümel, & H. Hausdorf: Erste Ergebnisse des gestaffelten Einsatzes der Raubmilbenarten *Neoseiulus californicus* und *Phytoseiulus persimilis* zur nachhaltigen biologischen Spinnmilbenkontrolle an Schnittrosen unter Glas.

**5) Publikation:** S. Blümel, A. Walzer & H. Hausdorf, 2002. Successive release of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae) for sustainable biological control of spider mites in greenhouse cut roses – Interim results of a two years study in a commercial nursery. IOBC/OILB Bulletin 25 (1): 21-24.

**6) Publikation:** A. Walzer & P. Schausberger, 2002. Intraguild predation (IGP) between the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and the effects on their population dynamics. IOBC/OILB Bulletin 25 (1): 297-300.

**7) Publikation:** A. Walzer & P. Schausberger. Key factors of intraguild predation among *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* (Acari, Phytoseiidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Proceedings of XI International Congress of Acarology; 8-13.10.2002, Merida, Yucatan, Mexico, eingereicht.