

分类号: S4
学号: 20222012080

密级: 公开
单位代码: 10759

石河子大学

硕士学位论文



混合猎物对双尾新小绥螨生长发育及 控害作用的影响

学位申请人	左丽
指导教师	张建萍 教授
申请学位门类级别	农学硕士
学科、专业名称	植物保护
研究方向	农业昆虫与害虫防治
所在学院	农学院

中国·新疆·石河子

2025 年 6

分类号: S4

密 级: 公开

学 号: 20222012080

单位代码: 10759

石河子大学

硕士学位论文



混合猎物对双尾新小绥螨生长发育及 控害作用的影响

学 位 申 请 人	左 丽
指 导 教 师	张 建 萍 教 授
申请学位门类级别	农 学 硕 士
学 科 、 专 业 名 称	植 物 保 护
研 究 方 向	农 业 昆 虫 与 害 虫 防 治
所 在 学 院	农 学 院

中国·新疆·石河子

2025 年 6 月

**Impact of mixed prey on the growth, development, and pest control
efficacy of *Neoseiulus bicaudus***

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Agriculture

By

Zuo Li

(Plant Protection)

Dissertation Supervisor: Prof.Zhang Jian-ping

June, 2025

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名： 左丽

时间： 2025 年 5 月 27 日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名： 左丽

时间： 2025 年 5 月 27 日

导师签名： 张建平

时间： 2025 年 5 月 27 日

本研究承蒙

国家自然科学基金“非目标猎物对双尾新小绥螨捕食效能的影响”（32060635）
自治区重大专项“环塔里木盆地现代设施蔬菜病虫害绿色防控关键技术与集成示范”（2022A02005-3）
兵团科技人才类项目“北疆农作物害虫天敌资源发掘、保育及利用项目”（2024DB001）

资助

This study was supported by
National Natural Science Foundation of China “Impact of Non-Target Prey on the Predatory Efficiency of *Neoseiulus barkeri*” (32060635).
The Regional Major Project “Research and Integrated Demonstration of Key Technologies for Green Pest and Disease Control in Modern Protected Vegetable Cultivation around the Tarim Basin” (2022A02005-3)
The Talent-Oriented Science and Technology Project of the Production and Construction Corps “Discovery, Conservation, and Utilization of Natural Enemies of Crop Pests in Northern Xinjiang” (2024DB001).

摘 要

双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* 是新疆本土的一种捕食螨，对西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*、截形叶螨 *Tetranychus truncatus* 和土耳其斯坦叶螨 *T. turkestanii* 均有一定的控制作用。在田间实际环境中，这些猎物常常混合发生，次要猎物的存在可能干扰捕食螨对主要猎物的控害效果。由于土耳其斯坦叶螨是新疆北疆棉花和大豆等作物上的主要种类，本研究将其作为主要猎物，将截形叶螨和西花蓟马作为次要猎物，以评估次要猎物存在时对捕食螨防治主要猎物的影响程度。为此，本研究系统探究了混合猎物条件下（次要猎物：主要猎物的比例设置为 1:20、1:10、1:5）对捕食螨的生长发育与繁殖能力、营养物质的利用以及控害作用的影响。主要结果如下：

（1）混合猎物对双尾新小绥螨生长发育与繁殖的影响

通过建立两性生命表，研究混合猎物对双尾新小绥螨生长发育与繁殖的影响。结果显示，与取食单一猎物土耳其斯坦叶螨雌成螨的捕食螨相比，取食截形叶螨雌成螨和土耳其斯坦叶螨雌成螨混合猎物（比例为 1:5）后的捕食螨未成熟期缩短了 9%，平均世代周期缩短了 10%，雌成螨的存活率和内禀增长率均提高了 24%，种群增长速度是取食单一猎物增长速度的 7.59 倍；取食西花蓟马 I 龄若虫和土耳其斯坦叶螨雌成螨混合猎物（比例为 1:5）后的捕食螨产卵量提高了 48%，雌成螨存活率提高了 39%，内禀增长率提高了 37%，平均世代周期缩短了 7%，种群增长速度是取食单一猎物增长速度的 24.11 倍。

（2）混合猎物对双尾新小绥螨体内营养物质的影响

通过测定取食混合猎物后的双尾新小绥螨体内的蛋白质、可溶性糖以及脂肪含量发现，与取食单一猎物的捕食螨相比，取食不同比例的截形叶螨雌成螨和土耳其斯坦叶螨雌成螨混合猎物后的捕食螨体内蛋白质含量稳定，而可溶性糖含量在混合猎物比例为 1:5 时最高，为 2.23 ± 0.54 mg/g，脂肪含量在混合猎物比例为 1:10 时最高，为 38.55 ± 3.63 mg/g。取食不同比例西花蓟马 I 龄若虫与土耳其斯坦叶螨雌成螨混合猎物后的捕食螨体内的蛋白质含量在混合猎物比例为 1:5 时最高，为 88.31 ± 2.52 mg/g，可溶性糖含量则最低，为 1.00 ± 0.18 mg/g，脂肪含量无显著差异。

（3）混合猎物对双尾新小绥螨控制土耳其斯坦叶螨的影响

在温室罩笼试验中，评估了双尾新小绥螨对混合猎物群体中土耳其斯坦叶螨的控害效果。结果显示，与捕食螨控制单一猎物土耳其斯坦叶螨的数量相比，捕食螨能够有效控制截形叶螨与土耳其斯坦叶螨混合猎物中的土耳其斯坦叶螨数量，对整个种群的防效最高可达 65%（比例为 1:20）、68%（比例为 1:10）和 64%（比例为 1:5）；捕食螨能够防治西花蓟马与土耳其斯坦叶螨混合猎物中的土耳其斯坦叶螨数量，对整个种群的防效最高可达 72%（比例为 1:20）、74%（比例为 1:10）和 85%（比例为 1:5）。此外，混合猎物对捕食螨控制土耳其斯坦叶螨的数量并无显著差异。

综上所述，在混合猎物条件下，双尾新小绥螨能获得更丰富的营养物质，并对其生长发育与繁殖产生积极的影响，在该条件下，捕食螨的种群增长明显提升。温室释放试验中，捕食螨也能有效控制混合猎物中土耳其斯坦叶螨的数量，次要猎物的存在不影响捕食螨对主要猎物的控制效果。这为新疆地区害螨的生物防治及综合管理提供了理论和技术支持。

关键词：捕食螨；混合猎物；生长发育；营养物质；生物防治

Abstract

Neoseiulus bicaudus, a native predatory mite species in Xinjiang, has demonstrated a certain level of control against *Frankliniella occidentalis*, *Tetranychus truncatus*, and *T. turkestanii*. In actual field conditions, these prey species often co-occur in mixed populations. The presence of minor prey may interfere with the control efficacy of predatory mites on the major prey. Since *T. turkestanii* is the dominant pest species on cotton and soybean crops in Xinjiang, it was selected as the major prey in this study, while *T. truncatus* and *F. occidentalis* were chosen as minor prey to assess the impact of their presence on the control of the major prey by predatory mites. To this end, this study systematically investigated the effects of mixed prey conditions (with minor prey: major prey ratios set at 1:20, 1:10, and 1:5) on the growth, development, and reproductive capacity of predatory mites, their utilization of nutritional substances, and their pest control efficacy. The key findings are as follows:

(1) Effects of mixed prey on the growth, development, and reproduction of *N. bicaudus*.

The impact of mixed prey on the growth, development, and reproduction of *N. bicaudus* was investigated through the construction of two-sex life tables. The results showed that compared with predatory mites feeding solely on adult female *T. turkestanii*, those feeding on a mixture of adult female *T. truncatus* and *T. turkestanii* (at a ratio of 1:5) exhibited a 9% reduction in immature period, a 10% reduction in mean generation time, a 24% increase in adult female survival rate and intrinsic rate of increase, and a population growth rate 7.59 times higher than that of mites feeding on a single prey species. Additionally, predatory mites feeding on a mixture of first-instar nymphs of *F. occidentalis* and adult female *T. turkestanii* (at a ratio of 1:5) exhibited a 48% increase in egg production, a 39% increase in adult female survival rate, a 37% increase in intrinsic rate of increase, a 7% reduction in mean generation time, and a population growth rate 24.11 times higher than that of mites feeding on a single prey species.

(2) The impact of mixed prey on the nutritional composition within *N. bicaudus*.

The study investigated the effects of mixed prey on the nutritional composition within *N. bicaudus* by measuring the protein, soluble sugar, and lipid contents in predatory mites fed on mixed prey. The results showed that compared with predatory mites fed on a single prey species, those fed on mixtures of *T. truncatus* adult females and *T. turkestanii* adult females at different ratios exhibited stable protein content. The highest soluble sugar content (2.23 ± 0.54 mg/g) was observed when the mixed prey ratio was 1:5, while the highest lipid content (38.55 ± 3.63 mg/g) was found at a ratio of 1:10. For predatory mites fed on mixtures of *F. occidentalis* first-instar larvae and *T. turkestanii* adult females at different ratios, the highest

protein content (88.31 ± 2.52 mg/g) was observed at a ratio of 1:5, whereas the lowest soluble sugar content (1.00 ± 0.18 mg/g) was recorded. No significant differences in lipid content were detected among different ratios of this mixed prey.

(3) The impact of mixed prey on the control of *T. turkestanii* by *N. bicaudus*.

In greenhouse cage experiments, the efficacy of *N. bicaudus* in controlling *T. turkestanii* within mixed prey populations was evaluated. The results showed that, compared with controlling *T. turkestanii* as a single prey species, the predatory mite *N. bicaudus* was able to effectively control the population of *T. turkestanii* in mixtures with *T. truncatus*, achieving maximum control efficiencies of 65% (at a ratio of 1:20), 68% (at a ratio of 1:10), and 64% (at a ratio of 1:5) for the entire population. Additionally, *N. bicaudus* was able to control the population of *T. turkestanii* in mixtures with *F. occidentalis*, with the highest control efficiencies for the entire population reaching 72% (at a ratio of 1:20), 74% (at a ratio of 1:10), and 85% (at a ratio of 1:5). Additionally, the presence of mixed prey did not significantly affect the number of *T. turkestanii* controlled by the predatory mite.

In summary, under mixed prey conditions, *N. bicaudus* is able to obtain a more diverse range of nutrients, which positively influences its growth, development, and reproduction. Under these conditions, the population growth of the predatory mite is significantly enhanced. In greenhouse release experiments, the predatory mite effectively controlled the population of *T. turkestanii* within mixed prey communities, and the presence of secondary prey did not compromise its control efficacy against the primary prey. These findings provide theoretical and technical support for the biological control and integrated management of pest mites in Xinjiang.

Key words: Predatory mite; Mixed prey; Growth and development; Nutritional composition; Biological control

目录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
目录.....	V
缩略表.....	VII
第 1 章 文献综述.....	1
1.1 天敌与害虫生物防治.....	1
1.2 捕食螨在生物防治中的应用.....	2
1.2.1 植绥螨在生物防治中的应用.....	2
1.2.2 双尾新小绥螨的研究现状.....	3
1.3 猎物对天敌的影响.....	4
1.3.1 猎物对天敌捕食效率的影响.....	4
1.3.2 猎物对天敌生长发育的影响.....	5
1.3.3 猎物对天敌体内营养物质的影响.....	5
1.4 混合猎物系统对天敌的影响.....	6
1.5 本研究的目的地及意义.....	7
1.6 技术路线.....	8
第 2 章 混合猎物对双尾新小绥螨生长发育与繁殖的影响.....	9
2.1 材料与方法.....	9
2.1.1 供试植物及螨（虫）源.....	9
2.1.2 试验方法.....	11
2.1.3 数据分析.....	12
2.2 结果与分析.....	14
2.2.1 截形叶螨和土耳其斯坦叶螨混合饲养对双尾新小绥螨生长发育与繁殖的影响.....	14
2.2.2 西花蓟马和土耳其斯坦叶螨混合饲养对双尾新小绥螨生长发育与繁殖的影响.....	21
2.3 讨论.....	28
2.4 结论.....	30
第 3 章 混合猎物对双尾新小绥螨体内营养物质的影响.....	32

3.1 材料与方法	33
3.1.1 供试植物与虫源	33
3.1.2 主要仪器与试剂	33
3.1.3 试验方法	33
3.1.4 数据分析	36
3.2 结果与分析	36
3.2.1 猎物体内的营养物质	36
3.2.2 截形叶螨和土耳其斯坦叶螨混合猎物对双尾新小绥螨体内营养物质的影响	37
3.2.3 西花蓟马和土耳其斯坦叶螨混合猎物对双尾新小绥螨体内营养物质的影响	39
3.2.4 双尾新小绥螨取食混合猎物后的生长发育及种群参数与营养物质的相关性	41
3.3 讨论	43
3.4 结论	44
第4章 混合猎物对双尾新小绥螨控制土耳其斯坦叶螨的影响	46
4.1 材料与方法	46
4.1.1 供试植物与虫源	46
4.1.2 试验场所	46
4.1.3 试验方法	47
4.1.4 数据分析	48
4.2 结果与分析	49
4.2.1 截形叶螨和土耳其斯坦叶螨混合时双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的控制作用	49
4.2.2 西花蓟马和土耳其斯坦叶螨混合时双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的控制作用	56
4.3 讨论	64
4.4 结论	65
第5章 全文总结与展望	66
5.1 全文总结	66
5.2 展望	67
参考文献	68
致谢	76
作者简介	78

缩略表

缩写词 Abbreviation	全称 Full form	含义 Definition
FSPtu	The population of <i>N. bicaudus</i> fed on a single prey species, <i>T. turkestan</i>	以单一猎物土耳其斯坦叶螨为食的双尾新小绥螨种群
天敌 FMPtr-tu	The population of <i>N. bicaudus</i> fed on a mixed prey combination of <i>T. truncatus</i> and <i>T. turkestan</i>	以截形叶螨和土耳其斯坦叶螨为食的双尾新小绥螨种群
FMPoc-tu	The population of <i>N. bicaudus</i> fed on a mixed prey combination of <i>F. occidentalis</i> and <i>T. turkestan</i>	以西花蓟马和土耳其斯坦叶螨为食的双尾新小绥螨种群
猎物 SPtu	The single-prey group of <i>T. turkestan</i>	单一猎物土耳其斯坦叶螨组
MPtr-tu	The mixed prey combination of <i>T. truncatus</i> and <i>T. turkestan</i>	截形叶螨和土耳其斯坦叶螨混合猎物组合
MPoc-tu	The mixed prey combination of <i>F. occidentalis</i> and <i>T. turkestan</i>	西花蓟马和土耳其斯坦叶螨混合猎物组合

第1章 文献综述

1.1 天敌与害虫生物防治

我国已知的农作物害虫有 739 种，它们分布广泛，常爆发成灾，为农业生产带来不可估量的损失（吴孔明，2016）。因传统化学防治方法的广泛应用，造成害虫抗药性增强和农药残留，农田生态破坏甚至导致害虫再次暴发，这些问题对农产品质量及害虫的长期治理构成了挑战（张礼生等，2019；暴可心等，2021）。因此人们转向更为环保和可持续的生物防治策略。

生物防治是利用自然界的天敌昆虫、寄生物或病原微生物来控制害虫数量来保护作物，提高农业生产力的方法。这种方法的前提条件是必须充分了解天敌生态学特性及其与害虫的关系。天敌昆虫又分为寄生性天敌昆虫与捕食性天敌昆虫，而天敌捕食螨也是一类重要的生物防治资源，在控制害虫方面发挥着独特的作用。例如，寄生蜂在害虫体内产卵，实现长期控制害虫的数量，这不仅抑制了害虫的繁殖，还促进了生态平衡（史树森等，2009）。近年来，生物防治已取得了许多成功。例如，松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 作为一种重要的卵寄生蜂，被广泛应用于防治草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 等害虫的防治，寄生率可达 10%-28%，大大降低了害虫的种群密度（Kenis et al., 2024）。纤丽瓢虫 *Harmonia sedecimnotata* 作为一种捕食性天敌，对蚜虫有非常有效的控制作用，单头瓢虫每天可以捕食数十到上百头蚜虫，能减少化学农药的使用（Boopathi et al., 2020）。此外，巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 作为一种天敌捕食螨，不仅能有效捕食多种叶螨，还能在多种气候条件下生存和繁衍。如当环境温度为 27°C 且湿度为 75% 时，其雌成螨和第 II 若螨对茶黄蓟马 I 龄若虫的日捕食量分别高达 10.35 头和 12.82 头（周炆等，2020）。

天敌控制害虫可以减少对化学农药的依赖，对可持续农业和减轻环境压力至关重要。如可以通过合理运用天敌降低害虫危害，从而提升作物的健康状态和产量，还能通过引入野生天敌或释放人工繁殖的天敌有效控制害虫，从而有利于生态环境及提高收获作物的产量和品质。另外，依靠天敌进行的生物防治不仅环保，还能显著提升经济价值。这种防治方法通常成本较低，且具有更高的可持续性。因为天敌在自然生态系统内具有自我繁殖的能力，而化学农药则需持续购买和施用。所以深入理解和应用天敌的生物防治机制是未来农业生产模式转型的重要一步。这不仅有助于提高农业的生产力和可持续性，还能实现经济效益的最大化，同时确保生态安全得到有效保障。因此，推广生物防治技

术和深入研究天敌与害虫的关系,对农业生态系统的健康和可持续管理至关重要。其中,天敌捕食螨作为重要的天敌资源之一,具有很强的捕食能力和适应性,能够有效控制害虫等多种害虫的种群数量,其在生物防治中发挥着不可替代的作用,值得在实践中进一步推广和应用。

1.2 捕食螨在生物防治中的应用

捕食螨是一类可以以植食性害虫(螨)为食的天敌螨类,包含植绥螨科(Phytoseiidae)、囊螨科(Ascidae)和蒲螨科(Pyemotidae)等。其能够有效捕食叶螨、瘿螨、蓟马等小型害虫,且相较于这些害虫(螨),捕食螨体型微小,生长发育迅速,繁殖能力强,捕食效率高,并且具有相似的生态位特征,被广泛应用于农林业害虫及小型害虫的防治(徐学农等,2013)。此外,部分捕食螨种类因饲养成本低,适合大量繁殖,为实施淹没式释放技术奠定了坚实基础。具有显著捕食能力的捕食螨种类,采用淹没式的方法其防治成效与化学防治不分上下(Van and Bueno,2003)。在害虫综合管理中,捕食螨防治害虫是一种关键的生物防治手段,其发挥着至关重要的作用,特别是植绥螨科研究与应用最深入,并在实际应用中取得了良好成效(贺成龙和刘怀,2011)。

1.2.1 植绥螨在生物防治中的应用

作为螨类中物种繁多且分布广泛的代表性类群,植绥螨科备受关注。据研究统计,全球已记录的植绥螨科涵盖91属、多达2709种(Demite et al.,2014)。在我国植绥螨科的种类资源也相当丰富,已明确的种类有15属、307种之多(Wu et al.,2010)。目前市场上有超过20种商业化的植绥螨,包括加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus*、巴氏新小绥螨和斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* 等,这些品种在农业中得到了广泛的运用(陈俊谕,2022)。这些捕食螨的主要食物来源是叶螨、瘿螨和木虱等小型吸汁性害虫(Xu and Zhang,2015),通过捕食这些害虫有助于长期稳定地控制害虫数量。植绥螨具有显著的捕食特性,包括广食性和寡食性种类,捕食量大,作用迅速。这些特性使得植绥螨在生物防治中具有多方面的应用价值(袁杰等,2009)。使用植绥螨作为生物控制手段能够减少对化学杀虫剂的依赖,减轻环境负担,同时有助于提升农产品的品质和安全性。这一控制方法的效果已通过众多研究得到验证,如Fan和Petitt(1994)、McMurtry和Croft(1997)、Messelink等(2008)以及徐学农等(2015)的研究。植绥螨的这些优势和基础为其在天敌产品开发中提供了重要价值,并在控制农业害虫方面发挥关键作用。所以植绥螨已经受到了世界各国的广泛重视,成为生物防治领域的一个重要组成部分。

我国生物防治工作的一个关键方面是挑选和利用高效的植绥螨种类,这包括引入国

外技术成熟的植绥螨品种、国内资源的调查与筛选,以及国内植绥螨天敌生物防治产品的繁殖与推广(李洞洞等,2021)。直接引入的植绥螨天敌产品繁殖技术已较为成熟,但对其在我国环境中的适应性和防治效果还需深入研究。自20世纪80年代起,中国引入了多种植绥螨,如西方盲走螨 *Typhlodromus occidentalis*、智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 和伪新小绥螨 *Amblyseius fallacis* 等(王恩东等,2021)。在近年,中国已发现了具有生物防治潜力的本土植绥螨种类,如江原钝绥螨 *Amblyseius eharai*、芬兰真绥螨 *Euseius finlandicus*、尼氏真绥螨 *Euseius nicholsi* 等,已逐渐应用于生物防治中(陈俊谕,2022)。这些植绥螨种类的筛选和应用,不仅丰富了我国生物防治的天敌资源库,还有助于提高生物防治的效果和可持续性。

Fathipour 等(2020)发现,在25°C的环境条件下,斯氏钝绥螨对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 的捕食能力较强,其对卵的日捕食量可达26.83粒,对若螨的日捕食量则为19.89头。王佳武(2017)在新疆伊犁的薰衣草和薄荷田间释放加州新小绥螨,有效控制了叶螨各阶段的种群增长。Fraulo 和 Liburd (2007)在美国东南部的草莓研究中发现,少量释放加州新小绥螨即可有效预防草莓全生长期遭受二斑叶螨侵害。在温室黄瓜种植的环境中,按40-300头/m²的释放密度投放巴氏新小绥螨后,六个温室内的棉蓟马数量均被有效控制在每片叶15头以下(Hansen,1988)。Hessein 和 Parrella (1990)发现,巴氏新小绥螨和胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 对抗西花蓟马的效果显著优于对照组。植绥螨在生物防治中的应用前景广阔,不仅能有效地控制多种害虫,还能促进农业生产的可持续发展。随着研究的深入和技术的进步,植绥螨在生物防治中的作用将越来越受到重视。

1.2.2 双尾新小绥螨的研究现状

双尾新小绥螨是一种重要的捕食性螨类,自2013年在新疆伊犁被发现以来,因其对高温干旱环境的强适应性,展现出显著的生物防治潜力(王振辉等,2015),能够有效控制多种害虫,如土耳其斯坦叶螨、烟粉虱 *Bemisia tabaci* 和花蓟马 *Franklinilla intonsa* 等(董芳等,2019;韩国栋等,2020)。

双尾新小绥螨的生长发育和繁殖受温度、光照、寄主植物及食物类型的影响。其最佳发育和繁殖温度为26°C,适宜活动温度为20°C-35°C,但在新疆短时高温(接近46°C)条件下,其卵孵化率降低,死亡率增加(李永涛等,2016)。光照方面,12-16h为最佳光照时数,光照不足或过长均会延长发育时间(张燕南等,2016)。在不同寄主植物中,菜豆叶片因其叶毛短且密度小,为捕食螨提供了适宜的生长和繁殖环境;相比之下,番茄叶片由于表面叶毛浓密,则不适合其取食(张燕南等,2018)。从食物类型来看,该捕食螨取食天然猎物时,体型较大,捕食能力增强;取食替代猎物时,体型相对较小,

运动速度也较慢；取食人工猎物时，虽然体型较小，但运动速度有所提升，捕食能力却有所下降（Su et al., 2019a）。但腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 作为替代猎物，可显著缩短该捕食螨的发育时间并提高其内禀增长率和净增值率，是最适合的饲养食物（Su et al., 2019b）。另外，在生物防治中，当土耳其斯坦叶螨发生较轻时，以益害比 1:10 或 1:20（二次释放）的方式投放双尾新小绥螨，其防效可达 50%以上（董芳等，2019）；在发生严重时，可将丁氟螨酯与该捕食螨联合使用以增强防治效果（符正实等，2020）。此外，当土耳其斯坦叶螨与烟粉虱同时存在时，虽然对这两种害虫均有防效，但其对叶螨的取食数量大于烟粉虱，对烟粉虱的防效会降低（韩国栋等，2020）。该捕食螨在防治西花蓟马时，对其一龄若虫的捕食数量大于二龄若虫（朱安迪等，2022）。双尾新小绥螨还可用于防治花蓟马，其捕食量最高可达 6.1 头/日，以 1:1 的益害比释放时，防治效果最佳（王嘉阳等，2023）。

1.3 猎物对天敌的影响

猎物与天敌之间的相互作用是多方面的，不仅涉及捕食效率和生长发育，还与营养物质的获取等密切相关。猎物的种类多样性以及其行为特性会直接影响到天敌的捕食策略和其生长繁殖的能力（李娇娇等，2016）。例如，取食烟粉虱后的六斑月瓢虫 *Cheilomenes sexmaculata* 的雌虫寿命和繁殖力最低，而取食玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* 的最高（唐良德等，2017）。同时，猎物的营养成分，如可溶性糖、脂肪和可溶性蛋白含量，对天敌昆虫的发育历期、成虫寿命和繁殖能力具有显著影响（Thompson, 1999）。这种相互作用不仅影响了天敌的生存和繁衍，还通过反馈机制进一步调节了整个生态系统内种群间的平衡状态。

1.3.1 猎物对天敌捕食效率的影响

猎物对天敌的捕食效能影响涉及多个方面，其中猎物种类的多样性至关重要。不同猎物种类的体型、行为和防御机制存在差异，所以对于不同类型的猎物，天敌需要具备不同的捕食策略，才能保证自身能量与风险的平衡，提高捕食效率。如一些天敌擅长捕食小型、动作缓慢的猎物，而另一些天敌则擅长捕食大型、防御能力强的猎物，这种猎物与天敌之间的相互适应提高了天敌的捕食效率（吴焕振等，2024）。而猎物的行为特性，如快速移动和强大的防御能力，有时会加大天敌的捕食成本，减弱捕食效能。例如，群居猎物的集体防御机制会降低被捕食风险，从而挑战天敌的捕食策略（Vandermoten et al., 2012）。然而猎物与天敌之间的相互适应是影响捕食效率的关键因素。在长期的适应过程中，天敌可能进化出针对特定猎物的技巧，而猎物则进化出相应的防御策略，这