应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2019, 56(4): 750–759. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2019.087

双尾新小绥螨防治菜豆土耳其斯坦叶螨的释放技术研究*

符振实** 苏 杰 董 芳 韩国栋 张建萍***

（新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用自治区高校重点实验室，新疆建设兵团绿洲生态农业省部共建国家重点实验室培训基地，石河子大学农学院，石河子 832000）

摘 要 **【目的】**明确双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* 防治菜豆上土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani* 的最佳释放比例、释放时期和释放次数。**【方法】** 在室内盆栽和田间菜豆植株上，通过不同害螨起始密度、不同益害比以及不同释放频次，定时定点调查土耳其斯坦叶螨的种群数量，比较不同处理下，双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效。**【结果】** 室内盆栽试验中，益害比为 1∶1 与 1∶5 和 1∶10 之间的防效差异较小，防效在 50%以上，益害比 1∶15 和 1∶30 的防效均在 50%以下。田间试验中，益害比为 1∶5 释放双尾新小绥螨对菜豆土耳其斯坦叶螨的防效均在 81.65%以上，在释放后第 28 天达到了 95.16%。益害比为 1∶10 和 1∶20 的防效持续 28 d 保持在 64.01%以上。1∶20 在一次释放后第 2 天的防效为 64.27%，经过二次释放，第 4 天后的防效均在 91.72%以上。害螨起始高密度（60 头/株）下释放双尾新小绥螨，防效均在 26%以下，低密度（15 头/株）和中密度（30 头/株）的防效均在 48.44%以上。**【结论】** 双尾新小绥螨对菜豆上土耳其斯坦叶螨有很好的控制效果，推荐在土耳其斯坦叶螨危害较轻时，按益害比 1∶10 或者 1∶20（二次）释放双尾新小绥螨，确保较高的防效和较少的双尾新小绥螨释放量。

关键词 双尾新小绥螨；土耳其斯坦叶螨；生物防治；益害比

Optimizing the release of *Neoseiulus bicaudus* to control *Tetranychus turkestani* on string beans

FU Zhen-Shi** SU Jie DONG Fang HAN Guo-Dong ZHANG Jian-Ping***

(Key Laboratory at Universities of Xinjiang Uygur Autonomous Region for Oasis Agricultural Pest Management and Plant Protection Resource Utilization, The Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture, Xinjiang Production and Construction Group, College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract **[Objectives]** To evaluate the optimal release ratio, release period and release frequency of the predatory mite *Neoseiulus bicaudus* to control the spider mite *Tetranychus turkestani* on string beans. **[Methods]** The number of *T. turkestani* on potted string beans and outdoor string bean crops was counted at fixed times and locations under different initial mite densities, different release ratios and different release frequencies. **[Results]** In the indoor experiment, the difference in control between different release ratios (predator: prey) of 1∶1, 1∶5 and 1∶10 was small, with control above 50% in all treatments. However, control following release ratios of 1∶15 and 1∶30 was less than 50%. In the field experiment, a predator prey: ratio of 1∶5 achieved control of above 81.65%, reaching 95.16% on the 28th day after release. Predator prey∶ ratios of 1∶10 and 1∶20 achieved 64.01% control for 28 days, and a predator prey: ratio of 1∶20 (two releases) was 64.27% the second day after the first release, and above 91.72% on the fourth day after the second release. At an initial high density (60 individuals/plant), the control effect of *N. bicaudus on T. turkestani* was less than 26%, but at moderate to low initial prey densities control was above 48.44%. **[Conclusion]** *N. bicaudus*is is an effective biological control agent for *T. turkestani* on

*资助项目 Supported projects：兵团区域创新引导计划项目（2018BB043）

**第一作者 First author，E-mail：747684069@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zhjp_agr@shzu.edu.cn

收稿日期 Received：2019-04-13；接受日期 Accepted：2019-06-20

string beans. To ensure the best results we suggest that *N. bicaudus* should be released at a ratio of 1∶10 or 1∶20 (two releases) when the spider mite population is relatively low.

Key words　*Neoseiulus bicaudus*; *Tetranychus turkestani*; biological control; release ratio

土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani*（Ugarovet Nikolskii）隶属于真螨目（Acariforms），叶螨科（Tetranychidae），叶螨属（*Tetranychus*）。该螨个体小、食性杂，发育起点温度低，世代短，繁殖量大，是新疆的优势种群，严重危害豆类、棉花、玉米、蔬菜等多种农作物，减少产量和降低品质（刘敏等，2015；王振辉等，2015）。目前主要使用杀螨剂进行化学防治，由于土耳其斯坦叶螨多栖息于叶片背面吸食汁液（李东育等，2012），使得杀螨剂的施用费时费力，成本高，增加了防治难度。同时，化学防治也会带来农药残留、害虫产生抗药性、再猖獗等问题。因此，绿色环保的生物防治技术受到了广大科技工作者的青睐（季雪婧等，2019）。

利用有益螨类控制有害螨类和其他农业害虫是一种有效的生防技术，而植绥螨是其中一类研究最多的捕食性天敌资源（徐学农等，2013）。郭建晗等(2015)研究了有益真绥螨 *Euseius utilis* 对截形叶螨不同螨态和西花蓟马 1 龄若虫的捕食情况，发现有益真绥螨是对截形叶螨 *Tetranychus truncatus* 和西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 有防治潜力的生防作用物。张肖肖（2015）研究发现东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis* 对烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）和朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 有很好的控制效果。植绥螨在我国分布广泛，至 2006 年已有 300 多种植绥螨被记录（吴伟南等，2008），新疆部分地区就有 4 属 19 种（鲁素玲和张建萍，2000）。

双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* 于 2013 年在新疆伊犁首次采集，经鉴定属蛛形纲（Arachnida）、蜱螨亚纲（Acari）、植绥螨科（Phytoseiidae）新小绥螨属（*Neoseiulus* Hughes），其个体小，发育历期短，雌雄均有 5 个螨态，能够捕食叶螨、蓟马、粉虱等小型昆虫（Li *et al.*，2015；王振辉等，2015；Zhang *et al.*，2017）。双尾新小绥螨的控害效能不仅与防治靶标有关，还与温湿度、光照、害螨的寄主植物、以及害螨的发生数量有关。在 38、42、46 ℃下，双尾新小绥螨的卵和成螨随着温度的升高，卵的孵化率降低，雌成螨的寿命缩短（李永涛等，2016）。光照时数在 12-16 h 最适合双尾新小绥螨的生长发育（张燕南等，2016）。双尾新小绥螨对带螨受害叶具有极强的趋性，而在受害植株间，相较于棉花、茄子、黄瓜和番茄，大豆的引诱率最高（董芳等，2018）。其次双尾新小绥螨在菜豆和棉花上的运动速度最快，捕食能力最强，而在茄子、黄瓜和番茄运动速度相比较而言较慢，取食能力也较低（张燕南等，2018）。不仅光温条件及不同植物挥发物可限制捕食螨的扩散，释放比例及时期也会影响捕食螨的防治效果（宫亚军等，2015）。关于双尾新小绥螨防治蔬菜害螨技术未见报道，因此，本研究以菜豆为寄主植物，进行室内外试验，探讨在不同益害比、土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani* 不同起始密度和释放次数情况下，双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨种群的影响以及控制效果，以期在田间防治中为合理利用双尾新小绥螨提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

供试寄主植物：菜豆（品种：双季豆），新疆吉丰种业有限公司。

土耳其斯坦叶螨：采自石河子大学试验站，以菜豆为寄主植物在光照培养箱内[（26±1）℃，RH60%，光周期 16L∶8D]连续饲养 120 代以上。

双尾新小绥螨：采自新疆伊犁地区，以土耳其斯坦叶螨饲养于实验室光照培养箱内[（26±1）℃，RH60%，光周期 16L∶8D]连续饲养 120 代以上。

1.2 不同益害比释放双尾新小绥螨对菜豆土耳其斯坦叶螨的控制作用

1.2.1 室内盆栽试验 2017 年 12 月在石河子大学农学院试验站玻璃温室内进行试验，根据不同释放益害比设置 6 个处理，分别为 1∶1、1∶5、1∶10、1∶15、1∶30 和 CK（不释放捕食螨），每处理 6 个重复。每盆（上口径 30 cm，下口径 21 cm，高 28 cm）播种 4 粒种子，保留 2 株长势健壮的菜豆，作为一个重复。当每盆内两棵植株各生长至 15 片真叶时，每片叶接入 1 头土耳其斯坦叶螨雌成螨。当天在植株的中部按相应的益害比释放双尾新小绥螨雌成螨，释放后每 3 d 一次调查。调查用 20 倍手持放大镜观察并记录上中下三片叶的土耳其斯坦叶螨活动螨数量。

1.2.2 田间试验 试验于 2018 年 6 月至 7 月在石河子大学农学院试验站进行，试验根据不同释放益害比共设置 5 个处理，分别为 1∶5、1∶10、1∶20 和 1∶20（二次）和 CK（不释放捕食螨），每处理 32 个重复，每个重复一棵菜豆植株。在大田种植菜豆的植株间距为 50 cm，生长至 1.8 m 高、约 30 片真叶时，每株中部接入 40 头土耳其斯坦叶螨雌成螨（6 月 19 日），当天按相应益害比在植株中部释放双尾新小绥螨。分别于 6 月 21 日、6 月 23 日、6 月 26 日、7 月 3 日、7 月 10 日、7 月 17 日和 7 月 24 日调查，用 20 倍手持放大镜观察并记录每株菜豆上中下 3 个高度、每个高度东南西北方向各一片叶上的叶螨数量（每株调查 12 片叶）。其中 1∶20（二次）组于 6 月 21 日进行二次释放。

1.3 不同害螨起始密度释放双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的控制作用

2018 年 3-4 月在石河子大学玻璃温室内进行本试验。设 3 个土耳其斯坦叶螨起始密度，即低密度（15 头/株）、中密度（30 头/株）和高密度（60 头/株），设置相对应的 3 个 CK，即 6 个处理，每处理 6 个重复（共 3×2×6=36 个重复）。植株生长至 15 片真叶时，分别按照害螨起始密度设置，低密度每叶接入 1 头土耳其斯坦叶螨雌成螨，即每株 15 头。中密度每叶接入 2 头土耳其斯坦叶螨雌成螨，即每株 30 头。高密度每叶接入 4 头土耳其斯坦叶螨雌成螨，即每株 60 头。当天 3 个处理在植株的中部均按 1∶10 的益害比释放捕食螨。释放后每 3 d 一次调查，用 20 倍手持放大镜观察并记录植株上中下三片叶的土耳其斯坦叶螨活动螨数量。

1.4 数据分析

根据调查数据用 Microsoft Office Excel 2010 和 Spss19 软件计算双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效及对不同处理间的差异显著性进行单因素方差分析（ANOVA），用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较，显著性均在 0.05 水平上。

虫口减退率（%）= [(处理前活螨数－处理后活螨数)/处理前活螨数] ×100；

防效（%）= [(处理组虫口减退率－对照组减退率) / (1－对照组减退率)] ×100。

2 结果与分析

2.1 不同益害比释放双尾新小绥螨对盆栽菜豆上土耳其斯坦叶螨种群的影响

不同益害比释放双尾新小绥螨控制盆栽菜豆上的土耳其斯坦叶螨，其种群数量比较见图 1。同一处理不同时间条件下益害比为 1∶1 的土耳其斯坦叶螨种群数量先增后减，在第 8 天达到高峰，而与第 4、第 12 天没有显著性差异（P>0.05）。其他 4 个处理与对照组的害螨种群数量都随着时间延长而增多，其中对照组、1∶5、1∶10、1∶15 和 1∶30 的害螨种群数量在第 12 天均达到高峰，分别是第 4 天的 3.60 倍、2.67 倍、2.22 倍、2.87 倍、2.88 倍。按不同益害比释放双尾新小绥螨，各处理与对照组间的害螨种群数量存在较大差异。释放后的第 4 天，益害比为 1∶1 的害螨种群数量显著低于对照组的害螨种群数量，降低了 63.36%。释放后的第 8 天，不同益害比间的害螨种群数量无显著性差异但均显著低于对照组的害螨种群数量，其中益害比为 1∶1、1∶5、1∶10 的害螨种群数量分别下降了 71.81%、62.46%、53.56%。释放后的第 12 天，益害比为

1∶1、1∶5、1∶10 的害螨种群数量均显著低于对照组的害螨种群数量，分别下降了 80.91%、49.04%、50.82%。说明在整个试验期内土耳其斯坦叶螨的种群数量始终上升，随着双尾新小绥螨释放比例的提高，土耳其斯坦叶螨的种群数量明显减少。

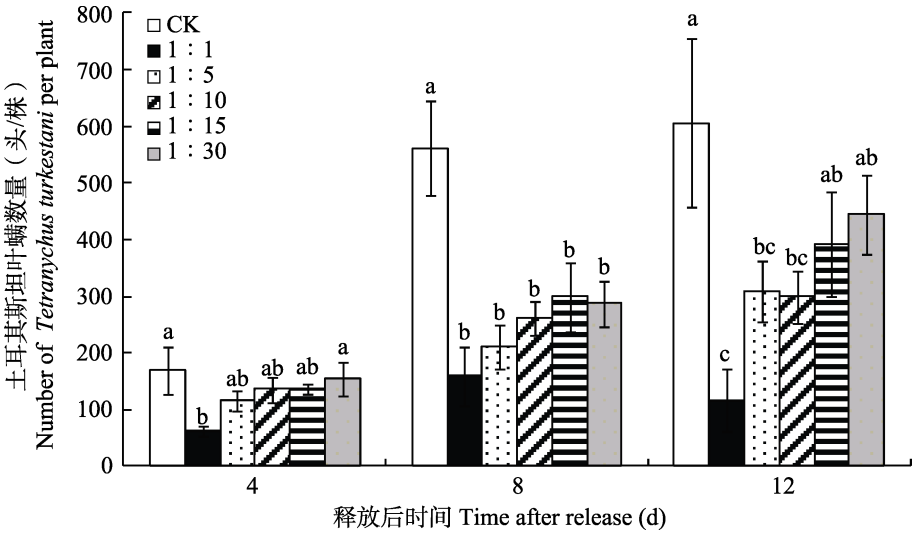

图 1　不同益害比释放双尾新小绥螨对盆栽菜豆上土耳其斯坦叶螨种群数量的影响

Fig. 1　The effect of population number of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* on potted string bean under different release ratios

图中数据为平均值±标准误。柱上标有不同小写字母表示同一时间不同处理在 P=0.05 的差异显著，不同大写字母表示同一处理不同时间在 P=0.05 的差异显著（Duncan 氏新复极差法）。下图同。

Data in the table are mean ± SE. Histograms with different lowercase letters indicate significant difference between different treatments at the same time at the 0.05 level; while with different capital letters indicate significant difference between different times at the same treatment at the 0.05 level (Duncan's new multiple range test). The same below.

2.2　不同益害比释放双尾新小绥螨对盆栽菜豆上土耳其斯坦叶螨的防效比较

不同益害比双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的控制效果存在较大差异（表 1）。释放后第 4 天，益害比为 1∶1、1∶5、1∶10、1∶15 和 1∶30 的防效分别为 63.37%、31.19%、20.30%、18.81%和 8.42%，其中益害比为 1∶1 的防效显著高于益害比为 1∶10、1∶15 和 1∶30 的防效。释放后第 8 天，不同益害比间无显著性差异（P>0.05）。释放后第 12 天，益害比为 1∶1、1∶15 和 1∶30 的防效分别为 80.91%、35.30%和 26.79%的防效。其中益害比为 1∶1 的防效显著高于益害比为 1∶15 和 1∶30 的防效。在整个试验期内益害比为 1∶1 的防效始终维持在 63%以上，不同时间的防效无显著性差异。益害比为 1∶5 的防效在第 8 天达到最高，为 62.46%，显著高于第 4、12 天。益害比为 1∶10 的防效在第 8 天达到最高，为 53.56%，显著高于第 4 天。益害比为 1∶15 和 1∶30 的防效均在 49%以下，不同时间的防效无显著差异。说明随释放比例的提高，双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效明显提高且持续的时间越长。

2.3　不同益害比释放双尾新小绥螨对田间菜豆上土耳其斯坦叶螨种群的影响

在田间菜豆上释放不同益害比双尾新小绥螨控制土耳其斯坦叶螨种群数量的比较见图 2。在整个试验期内，对照组的害螨种群数量在第 21 天达到了高峰，为 411.09 头/株。益害比为 1∶20 和 1∶10 的种群数量在第 28 天增长至最高，分别为 90.44 头/株和 50.68 头/株。益害比为 1∶5 的害螨种群数量在第 21 天增长至最高，为 36.72 头/株。1∶20（二次）的害螨种群数量始终

呈下降趋势，其中在第 2 天为最高 35.96 头/株。在同一害螨起始密度下释放双尾新小绥螨，不同益害比的害螨种群数量均显著低于对照组的害螨种群数量，其中于 6 月 21 日进行二次释放双尾新小绥螨后，益害比为 1∶20（二次）的害螨种群数量一直保持在较低水平且始终低于各处理的害螨种群数量。释放后第 4 天至第 35 天，1∶20（二次）的害螨种群数量始终低于 1∶20 的害螨种群数量，在第 14 天、第 21 天和第 35 天达到显著性水平。释放后第 35 天，益害比为 1∶5 和 1∶20（二次）的害螨种群数量显著低于益害比为 1∶20、1∶10 和对照组的害螨种群数量。在释放后第 21 天和第 28 天，对照组害螨种群数量达到高峰，各处理的害螨种群数量由低到高依次为 1∶20（二次）<1∶5<1∶10<1∶20。由此说明相同害螨起始密度下，随释放比例的提高以及释放次数的增加，土耳其斯坦叶螨的种群数量明显减少。

表 1　不同益害比释放双尾新小绥螨对盆栽菜豆土耳其斯坦叶螨的防效比较

Table 1　The control effect of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* on potted string bean under different release ratios

益害比 Release ratio (predator∶prey)	防效 Control effect (%)		
	释放 4 d 后 After release 4 d	释放 8 d 后 After release 8 d	释放 12 d 后 After release 12 d
1∶1	63.37±5.17aA	71.81±9.49aA	80.91±9.17aA
1∶5	31.19±10.83abB	62.46±7.09aA	49.04±8.79abAB
1∶10	20.30±13.49bB	53.56±5.34aA	50.82±7.59abA
1∶15	18.81±5.35bA	46.74±10.97aA	35.30±15.25bA
1∶30	8.42±18.00bA	48.96±7.48aA	26.79±11.67bA

表中数据为平均值±标准误，同列数据后标有不同小写字母表示同一时间不同处理在 0.05 水平上差异显著，同行数据后标有不同大写字母表示同一处理不同时间在 *P*=0.05 的差异显著性（Duncan 氏新复极差法）。下表同。

Data in the table are mean ± SE, and followed by different letters in the same column indicate significant difference between different treatments at the same time at the 0.05 level; while followed by the different capital letters indicate significant difference between different times at the same treatment at the 0.05 level (Duncan's new multiple range test). The same below.

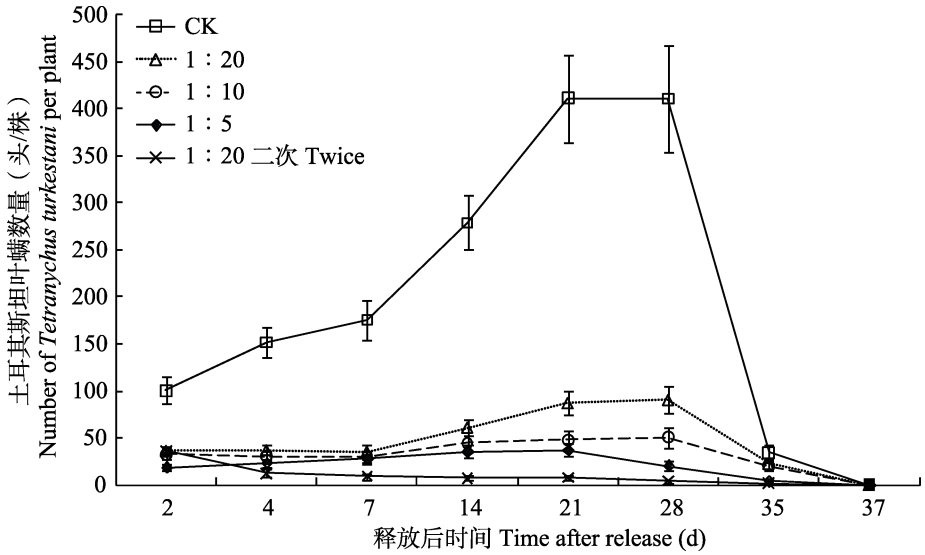

图 2　不同益害比释放双尾新小绥螨对田间菜豆上土耳其斯坦叶螨种群数量的影响

Fig. 2　The effect of population number of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* on the field string bean under different release ratios

2.4　不同益害比释放双尾新小绥螨对田间菜豆上土耳其斯坦叶螨的防效

不同益害比释放双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效存在较大差异（表 2）。释放后第 2 天，益害比为 1∶5 的防效为 81.65%，显著高于其余 3 种益害比的防效。释放后第 4 天和第 7 天，益害比为 1∶20（二次）的防效在 90%以上，显著高于其余 3 种益害比的防效。释放后第 14 天，益害比为 1∶5 的防效显著高于益害比为 1∶20 的防效，达到了 87.34%，益害比为 1∶20（二次）的防效显著高于其余 3 种益害比的防效，达到了 97.33%。释放后第 21 天，益害比为 1∶5 和 1∶20（二次）的防效分别为 91.07%和 98.06%，其中益害比为 1∶20（二次）的防效显著高于其余 3 种益害比的防效，益害比为 1∶5 和 1∶10 的防效显著高于益害比为 1∶20 的防效。释放后第 28 天，益害比为 1∶20（二次）和 1∶5 的防效在 95%以上，显著高于其余两种益害比的防效，益害比为 1∶10 的防效达到了 87.67%，显著高于益害比为 1∶20 的防效。释放后第 35 天，益害比为 1∶5 和 1∶20（二次）的防效在 88%以上，显著高于其余两种益害比的防效。益害比为 1∶5 的防效始终维持在 81%以上，且不同时间的防效无显著性差异。在第 35 天，益害比为 1∶10 的防效下降至 40.64%，均显著低于不同时间的防效，在第 35 天前，其防效始终维持在 67%以上，在第 21 天达到最高 88.39%。益害比为 1∶20 的防效在第 35 天下降至 33.90%，均显著低于不同时间的防效，在第 35 天前，其防效始终维持在 64%以上。1∶20（二次）的防效在一次释放后的第 2 天仅为 64.27%，经二次释放，防效均在 90%以上。综合上述结果表明随释放比例的提高以及释放次数的增加，双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效明显提高且持效期越长。

表 2　不同益害比释放双尾新小绥螨对田间菜豆土耳其斯坦叶螨的防效比较

Table 2　The predatory effect of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* on field string bean under different release ratios

益害比 Release ratio (predator∶prey)	防效 Control effect (%)						
	释放 2 d After release 2 d	释放 4 d After release 4 d	释放 7 d After release 7 d	释放 14 d After release 14 d	释放 21 d After release 21 d	释放 28 d After release 28 d	释放 35 d After release 35 d
1∶5	81.65±3.89aB	84.78±2.86abB	84.27±3.03bB	87.34±2.46bAB	91.07±1.67bAB	95.16±1.18aA	88.84±5.01aAB
1∶10	67.59±6.06bB	79.97±3.60bAB	82.79±3.40bAB	84.05±3.21bcAB	88.39±2.45bA	87.67±2.74bA	40.64±12.65bC
1∶20	64.01±3.89bA	75.64±3.35bA	79.87±4.41bA	78.10±3.20cA	78.81±3.00cA	78.00±3.54cA	33.90±14.61bB
1∶20 二次 Twice	64.27±4.75bB	91.72±2.79aA	94.68±1.90aA	97.33±0.94aA	98.06±0.63aA	98.96±0.43aA	95.96±2.87aA

2.5　不同害螨起始密度对双尾新小绥螨控制土耳其斯坦叶螨种群的影响

在不同害螨起始密度下，按益害比 1∶10 释放双尾新小绥螨，低密度（15 头/株）的害螨种群数量存在较大差异（图 3）。释放后第 4 天和第 12 天，处理组的害螨种群数量显著低于对照组的种群数量；中密度（30 头/株）的害螨种群数量在释放双尾新小绥螨后的整个试验时期都存在差异（图 4）。在释放后第 4 天、第 8 天和第 12 天，处理组的害螨种群数量均显著低于对照组的害螨种群数量，相较于对照组，处理组害螨的种群数量分别下降了 67.88%、51.26%、48.44%；高密度（60 头/株）的害螨种群数量随时间的延长均无显著性差异（P>0.05）（图 5）。在同一处理不同时间下，低密度（15 头/株）的对照组和处理组的害螨种群数量在第 12 天分别增长至 750 头/株和 285 头/株，均显著高于第 4、第 8 天。中密度（30 头/株）的害螨种群数量在

第 12 天分别增长至 803.33 头/株和 414.17 头/株，均显著高于第 4、第 8 天。高密度（60 头/株）的对照组和处理组的害螨种群数量在第 12 天分别增长至 1 546.67 头/株和 1 196.67 头/株，不同时间的种群数量均无显著性差异。说明相同益害比下释放双尾新小绥螨，土耳其斯坦叶螨种群数量随着害螨密度的下降而差异明显。

2.6 不同害螨起始密度对双尾新小绥螨控制土耳其斯坦叶螨防效的影响

按益害比为 1∶10 不同害螨起始密度释放双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的防效存在差异（表 3）。释放后第 4 天，低密度（15 头/株）、中密度（30 头/株）和高密度（60 头/株）的防效分别为 62.73%、67.88%和 25.24%，其中低密度和中密度处理组的防效无显著性差异（$P>0.05$），但均显著高于高密度处理组的防效。释放后第 8 天，低密度和中密度处理组的防效维持在 50%以上，高于高密度处理组的防效，未达到显著性水平（$P>0.05$）。释放后第 12 天，中密度和高密度处理组的防效在 50%以下，低密度处理组的防

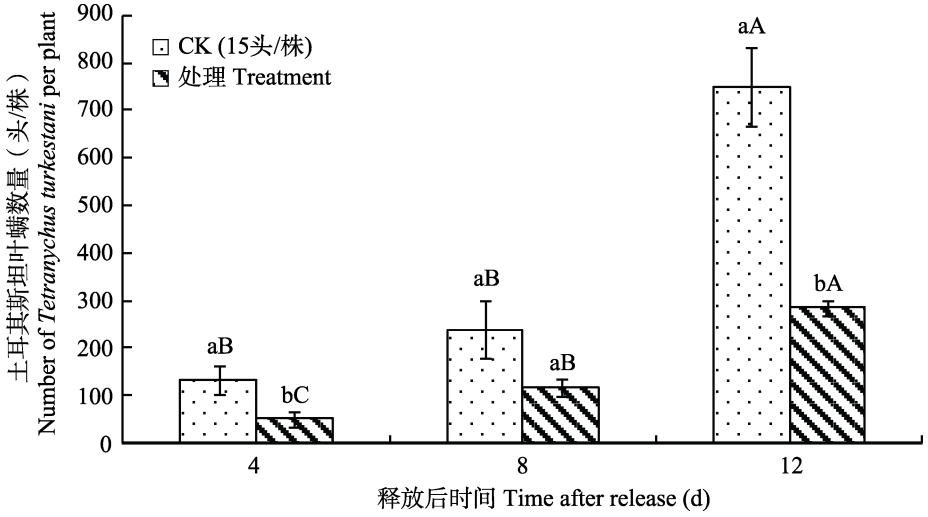

图 3 害螨低密度下双尾新小绥螨（相同益害比）对土耳其斯坦叶螨种群数量的影响

Fig. 3 The effect of population number of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* under low density of prey and the same predatory-prey ratio

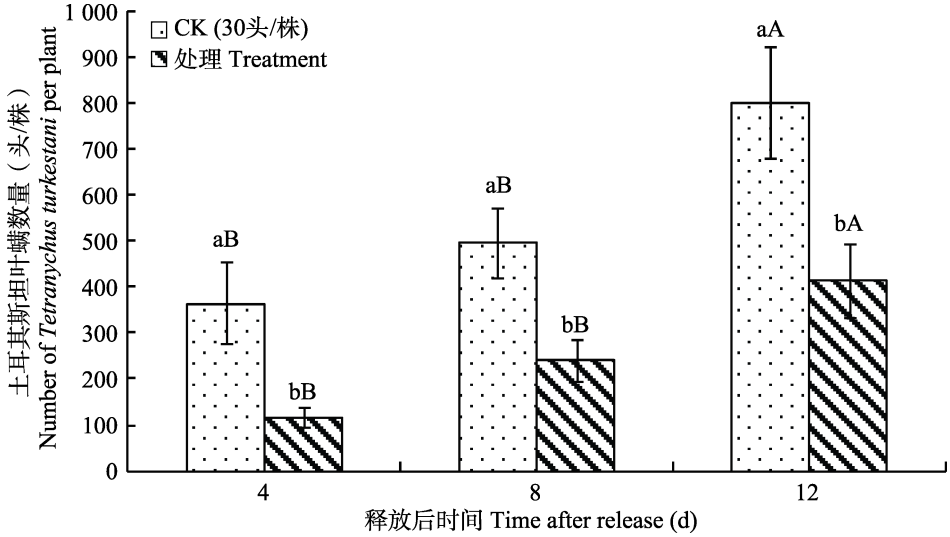

图 4 害螨中密度下双尾新小绥螨（相同益害比）对土耳其斯坦叶螨种群数量的影响

Fig. 4 The effect of population number of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* under medium density of prey and the same predatory-prey ratio

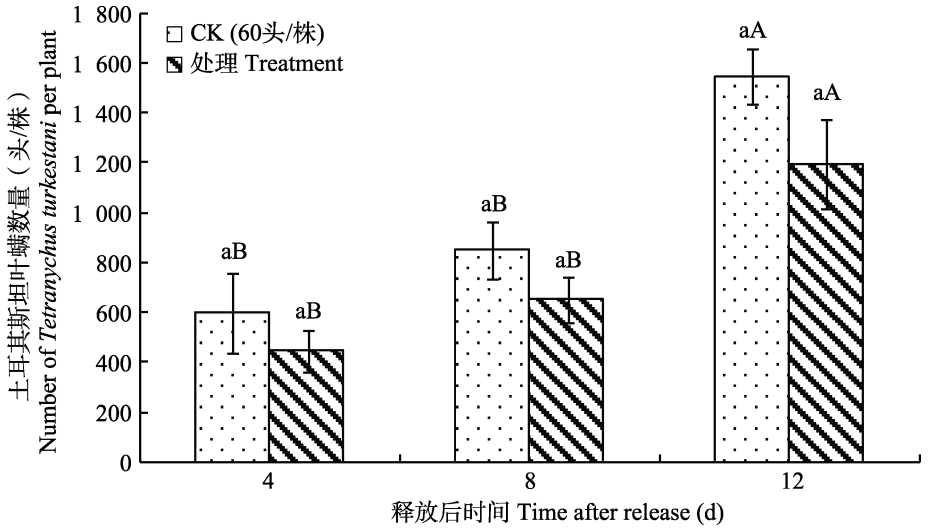

图 5　害螨高密度下双尾新小绥螨（相同益害比）对土耳其斯坦叶螨种群数量的影响

Fig. 5　The effect of population number of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* under high density of prey and the same predatory-prey ratio

表 3　不同害螨起始密度对双尾新小绥螨（相同益害比）控制盆栽菜豆土耳其斯坦叶螨的防效影响

Table 3　The predatory effect of the *Neoseiulus bicaudus* on *Tetranychus turkestani* on potted string bean under different initial density of harmful mites and the same predatory-prey ratio

害螨起始密度 Prey densities	防效 Control effect (%)		
	释放 4 d 后 After release 4 d	释放 8 d 后 After release 8 d	释放 12 d 后 After release 12 d
15 头/株 15 individuals/plant	62.73±12.02aA	50.35±7.27aA	62.00±2.26aA
30 头/株 30 individuals/plant	67.88±6.29aA	51.26±9.11aA	48.44±10.01abA
60 头/株 60 individuals/plant	25.24±14.26bA	23.51±10.82aA	22.63±11.49bA

效显著高于高密度处理组的防效。在整个试验期内，低密度（15 头/株）和中密度（30 头/株）的防效始终保持在 48%以上，高密度（60 头/株）的防效均在 26%以下，其中各处理不同时间的防效均无显著性差异。说明在益害比为 1∶10 时，随着土耳其斯坦叶螨起始密度的降低，双尾新小绥螨的防效有所提高。即在害螨发生早期释放双尾新小绥螨效果更好且持效期更长。

3　讨论

释放捕食螨防治害螨是一种环境友好型的生物防治技术，可以很好地控制害螨的种群数量，减少杀螨剂的使用，同时也保护了其他捕食性天敌。然而，不同的捕食性天敌在不同寄主植物上的释放效果不同。研究发现芬兰钝绥螨 *Amblyseius finlandicus* 对受叶螨危害的麻栎、板栗叶片有很强的趋性（孙绪艮等，2002）。伊绥螨 *Iphiseius degenerans* 对未受害的植物有趋性，而在蓟马危害的植物与未受害植物的选择中，没有表现出明显趋性（董文霞等，2010）。在 5 种植物中，双尾新小绥螨对螨害大豆的趋性最强，显著高于茄子，极显著高于番茄和黄瓜，与棉花无显著性差异（董芳等，2018）。

本研究发现释放双尾新小绥螨，均能控制盆栽菜豆土耳其斯坦叶螨的种群数量。按益害比为 1∶10 释放双尾新小绥螨，低中密度的防效保持在 48.44%以上。释放后第 4 天和第 12 天，低密度的防效均显著高于高密度的防效，与宫亚军等

（2015）得出按益害比 1∶30 释放智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 对不同二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 密度的防效在后期差异不明显的结论有所不同。在田间菜豆上释放双尾新小绥螨，益害比为 1∶5 的防效均在 81.65%以上，益害比为 1∶10 和 1∶20 的防效持续 28 d 保持在 64.01%以上。1∶20（二次）在释放后第 2 天，防效仅为 64.27%，之后均在 90%以上。与宫亚军等（2015）提出在二斑叶螨发生早期按益害比为 1∶10-1∶30 释放智利小植绥螨，能够保证较快防效和较少捕食螨释放量的建议类似。与郭喜红等（2012）的研究明显不同，其发现益害比为 1∶10、1∶30、1∶90 时，拟长毛钝绥螨 *Amblyseius pseudolongispinosus* 对板栗害螨的防治效果差异不显著。

按益害比为 1∶10，在害螨高密度下释放双尾新小绥螨，防效均在 30%以下，而在害螨低密度下释放双尾新小绥螨能够保持在 50%以上的防效。虽然在害螨高密度下，双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨依然有控制效果，但害螨由于数量大，会严重危害菜豆，导致叶片枯死。所以建议在害螨发生早期按益害比 1∶10 或者 1∶20（二次）释放双尾新小绥螨。

本试验是在温室与田间进行，作物单一，没有考虑到其他捕食性天敌的存在。在实际应用时，应根据田间害螨发生实际情况，充分考虑环境因素，适当调整释放比例及次数。另外，是否可以利用化学防治协调双尾新小绥螨联合防治叶螨，达到快速环保的防治效果，有待进一步研究。

参考文献 (References)

Dong F, Zhang YN, Chen J, Zhang JP, 2018. Preferences of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein for five host plants odours. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(3): 438–444. [董芳, 张燕南, 陈静, 张建萍, 2018. 双尾新小绥螨对五种寄主植物不同受害后挥发物的趋性. 应用昆虫学报, 55(3): 438–444.]

Dong WX, Wang GC, Sun XL, Chen ZM, 2010. Research progress on the chemical ecology of predatory mites. *Acta Ecologica Sinica*, 30(15): 4206–4212. [董文霞, 王国昌, 孙晓玲, 陈宗懋, 2010. 捕食螨化学生态研究进展. 生态学报, 30(15): 4206–4212.]

Gong YJ, Wang ZH, Wang S, Zhu L, Shi BC, Wei SJ, 2015. Biological control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on eggplant. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(5): 1123–1130. [宫亚军, 王泽华, 王甦, 朱亮, 石宝才, 魏书军, 2015. 智利小植绥螨对茄子二斑叶螨控制效果研究. 应用昆虫学报, 52(5): 1123–1130.]

Guo JH, Jia YH, Meng RX, Liu WM, Zhang DX, 2015. Functional responses of *Euseius utilis* on *Tetranychus truncatus* and *Frankliniella occidentalis*. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, 43(3): 55–58. [郭建晗, 贾永红, 孟瑞霞, 刘文明, 张东旭, 2015. 有益真绥螨对截形叶螨和西花蓟马的捕食功能反应. 内蒙古农业科技, 43(3): 55–58.]

Guo XH, Dong J, Yue J, Yin Z, Qiao Y, Li C, Li QB, 2012. Control effect of *Amblyseius pseudolongispinosus*on strawberries and chestnut mites. *China Plant Protection*, 32(11): 30–32. [郭喜红, 董杰, 岳瑾, 尹哲, 乔岩, 李超, 李清波, 2012. 释放拟长毛钝绥螨对草莓和板栗害螨的控制作用. 中国植保导刊, 32(11): 30–32.]

Ji XJ, Kou YT, Zhang LS, 2019. Analysis on the international development trend of biological control research based on bibliometrics. *Chinese Journal of Biological Control*, 35(1): 120–126. [季雪婧, 寇远涛, 张礼生, 2019. 基于文献计量学的国际生物防治研究发展态势分析. 中国生物防治学报, 35(1): 120–126.]

Li DY, Wang XD, Zhang JH, Zhao YY, 2012. Indoor toxicity measurement of various miticides against *Tetranychus turkestani* and Safety Assessment.*Xinjiang Agricultural Sciences*, 49(12): 2229–2233. [李东育, 汪小东, 张建华, 赵伊英, 2012. 多种杀螨剂对土耳其斯坦叶螨室内毒力测定及安全评价. 新疆农业科学, 49(12): 2229–2233.]

Li YT, Jiang JYQ, Huang YQ, Wang ZH, Zhang JP, 2015. Effects of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus bicaudus* (Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus turkestani* (Tetranychidae). *Systematic* and *Applied Acarology*, 20(5): 478–490.

Li YT, Li M, Pan YF, Zhang YN, Zhang JP, 2016. Effects of brief exposure of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein to high temperature. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 40–47. [李永涛, 刘敏, 潘云飞, 张燕南, 张建萍, 2016. 短时高温暴露处理对双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 生长发育的影响. 应用昆虫学报, 53(1): 40–47.]

Liu M, Li YT, Li T, Su J, Duan XK, Wang ZH, Zhang JP, 2015. Effects of sub-lethal concentrations of Azocyclotin on the movement rates of *Tetranychus turkestani* (Ugarov *et* Nikolskii). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 593–599. [刘敏,

李永涛, 李婷, 苏杰, 段祥坤, 王振辉, 张建萍, 2015. 三唑锡亚致死浓度对土耳其斯坦叶螨运动速率的影响. 应用昆虫学报, 52(3): 593–599.]

Lu SL, Zhang JP, 2000. The preliminary report of species of Phytoseiid mites in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 38(S1): 127–128. [鲁素玲, 张建萍, 2000. 新疆植绥螨科种类调查初报. 新疆农业科学, 38(S1): 127–128.]

Sun XG, Yin SY, Li B, 2002. Studies on theinterrelationship among *Oligonychus ununguis* host plants and *Amblyseius finlandicus* Ⅰ. The olfactory responses of *Oligonychus ununguis* to host plants and *Amblyseius finlandicus* to preys. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(1): 76–81. [孙绪艮, 尹淑艳, 李波, 2002. 针叶小爪螨-寄主植物-芬兰钝绥螨相互关系的研究Ⅰ. 针叶小爪螨对寄主植物和芬兰钝绥螨对猎物的嗅觉反应. 林业科学, 38(1): 76–81.]

Wang ZH, Li YT, Li T, Lu YH, Zhang JP, Xu XN, 2015. The morphology and predatory behavior of the mite *Neoseiulus bicaudus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 580–586. [王振辉, 李永涛, 李婷, 陆宴辉, 张建萍, 徐学农, 2015. 双尾新小绥螨的形态特征及捕食性功能. 应用昆虫学报, 52(3): 580–586.]

Wu WN, Zhang JP, Fang XD, Liu H, Guo MF, 2008. Nutritional types of phytoseiid mites and application in biological control. *Chinese Journal of Biological Control*, 24(1): 85–90. [吴伟南, 张金平, 方小端, 刘慧, 郭明昉, 2008. 植绥螨的营养生态学及其在生物防治上的应用. 中国生物防治, 24(1): 85–90.]

Xu XN, Lv JL, Wang ED, 2013. Review of research on predatory mites and its applications in China. *China Plant Protection*, 33(10): 26–34. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 捕食螨在中国的研究与应用. 中国植保导刊, 33(10): 26–34.]

Zhang XX, 2015. Predation, prey preference and life table of *Amblyseius orientalis* on *Bemisia tabaci* and *Tetranychus cinnabarinus*. Master thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [张肖肖, 2015. 东方钝绥螨对烟粉虱和朱砂叶螨的捕食、喜好性以及生命表的研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Zhang YN, Gu JM, Chen J, Wang PL, Zhang JP, 2018. Effectof host plants on the movement rate and predation ability of *Neoseiulus bicaudus* (Mesostigmata: Phytoseiidae). *Acta Entomologica Sinica*, 61(9): 1047–1053. [张燕南, 顾佳敏, 陈静, 王佩玲, 张建萍, 2018. 寄主植物对双尾新小绥螨运动速率及捕食能力的影响. 昆虫学报, 61(9): 1047–1053.]

Zhang YN, Jiang JYQ, Zhang YJ, Qiu Y, Zhang JP, 2017. Functional response and prey preference of *Neoseiulus bicaudus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) to three important pests in Xinjiang, China. *Environ. Entomol.*, 46(3): 538–543.

Zhang YN, Li YT, Jiang JYQ, Su J, Guo DD, Zhang JP, 2016. Effects of different photoperiods on the development and population parameters of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 48–54. [张燕南, 李永涛, 蒋珏瑛琪, 苏杰, 郭丹丹, 张建萍, 2016. 光照时间对双尾新小绥螨生长发育及种群参数的影响. 应用昆虫学报, 53(1): 48–54.]