

利用幼虫粪粒数制定防治指标的研究*

刘贤谦 荆英 王满 师光禄 姚彦明 李连昌

摘要 1992~1995年经过对枣步曲排粪规律、食叶量、枣树蓄叶量以及不同失叶水平对枣果产量影响的系统研究,建立了排粪量与平均气温的数量模型: $F = 0.5629 + 0.0162T$,枣树蓄叶量估测模型:株蓄叶总面积=株总枣股数×每股平均枣吊数×每吊平均枣叶数×平均枣叶面积,单位树冠面积下单位时间落粪粒数动态防治指标模型: $Y = (226.194X_3 - 373.7546) X_3^{-2} (0.5659 + 0.0162T)$,经林间验证,准确度在90%以上。

关键词 枣步曲 排粪量 防治指标

在枣步曲(*Sucra jujuba* Chu)综合防治中,防治指标的制定至关重要,以往防治指标均以虫口密度为标准。但枣树(*Ziziphus jujuba* Mill.)树体高大,上树调查不便,因而影响了防治指标的研究与应用^[1]。

国外一些学者曾研究过昆虫幼虫粪粒大小与龄期的关系^[2],以及利用幼虫落粪数确定种群数量^[3]。在国内,刘友樵^[4]、陈昌洁^[5]等曾研究过马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker)幼虫排粪量的特性。张旭、萧刚柔等^[6]进行了马尾松毛虫落粪及有关因子与种群密度关系的研究,分别建立了用落粪及有关因子估计高树上幼虫数的单世代及多世代回归模型。薛贤清等^[7]利用马尾松毛虫幼虫地面落粪数量来推算高树上虫口密度,简便易行,准确可靠。然而利用幼虫粪粒数制定防治指标,国内外则未见报道。对于枣步曲防治指标的研究,国内外也未见系统的研究。为此,1992年至1995年,经过系统的调查研究,摸清了枣步曲幼虫的排粪规律以及与气温的密切关系,利用幼虫粪粒数制定出防治指标。

1 研究方法

(1) 1992~1994年于枣步曲发生期,在山西省太谷县里修及南张的枣园内各选40株长势相同,枣步曲危害严重的标准树,分别在其树冠下的东、西、南、北四个方位平铺2m²的塑料布各一块,在24h内每隔2h收集统计一次虫粪,记录相应的气温等有关的气象因子,并将系统调查完的树随即于树冠喷布2.5%敌杀死乳油6000倍液,过2h将树上的枣步曲幼虫全部震落收集,带回室内分析统计落在塑料布上的虫数,找出枣步曲幼虫昼夜排粪量的变化规律。

(2) 1995年于枣步曲发生期在稷山县的姚村枣园,野外枣枝套直径20cm,长40cm的白色细箩底尼龙袋30个,每袋接刚孵化的幼虫15头(至3龄后隔5d换一次枝条),逐日统计排粪量与食叶量,并记录相应的有关气象因子,直至化蛹为止。

1996—06—02 收稿。

刘贤谦教授,荆英、王满,师光禄(山西农业大学 山西太谷 030801);姚彦明(山西省稷山县林业局);李连昌(山西省农科院)。

* 1994~1996年山西省自然科学基金资助项目“枣树害虫生态调控研究”内容之一。参加调查的还有植保、森保1988~1991届部分毕业生,在此一并致谢。

(3) 在稷山县姚村枣园选择 10 株长势相同的标准树, 严格控制各种害虫危害, 于 1995 年枣步曲幼虫发生危害期间, 分 25%、50%、75%、100% 和 0(对照) 5 个水平一次性人工模拟摘叶, 重复 2 次, 隔 10 d 调查一次座果率(用 30 吊的平均吊果比表示), 方差分析座果率变化。

(4) 1994 ~ 1995 年在太谷北 枣园选择 25 株枣步曲密度大的样树, 用化学农药控制危害 25%、50%、75%、100% 及 0 五个水平, 重复 5 次。枣果成熟时, 从东、西、南、北、上、中、下七个方位各随机抽取 30 个枣吊统计吊果比, 称果重, 进行方差分析。

(5) 在稷山选取一般管理水平, 不同树龄的 30 株枣树, 测其树高、冠高、冠幅(东、西、南、北平均) 和胸围, 逐枝数其枣股数, 各个方位随机抽取 30 个枣股, 30 个枣吊, 100 斤枣叶, 分别测量计算每股平均枣吊数, 每吊平均枣叶数和平均枣叶面积, 最后算出各株蓄叶总面积。

株蓄叶总面积 = 株总枣股数 × 每股平均枣吊数 × 每吊平均枣叶数 × 平均枣叶面积

(6) 根据产值损失和防治费用计算枣树的受害允许水平和枣步曲幼虫防治指标。

(7) 根据幼虫排粪量、食叶量与气温的关系、枣树的蓄叶面积, 求出常温下单位时间、面积枣步曲排粪数量的防治指标。

2 结果与分析

2.1 枣步曲幼虫排粪规律

2.1.1 幼虫排粪数量及粪粒大小 经 4 a 连续观察各龄幼虫排粪数量及粪粒大小(表 1) 看出, 枣步曲幼虫的排粪粒数随龄期的增大而略增多, 增长幅度小于 10%, 对于基层测报或者制定防治指标, 可用平均粪粒数推算虫口密度。粪粒近似于圆柱形, 高径比平均为 1.5 : 1, 这一特征相当稳定。不同龄期的幼虫, 所排粪粒大小变化较大, 随着龄期的增大, 粪粒高与直径以平均 1.45 及 1.42 的速率增大, 粪粒的体积与鲜重则以约 3 倍的速率增加, 因此可用粪粒的大小来判断幼虫的龄期, 可用粪粒的体积与重量估计幼虫对枣叶的取食量。

表 1 枣步曲幼虫排粪数量及大小

(1992 ~ 1994 年, 太谷)

| 龄 期 | 历 期 (d) | 一昼夜排粪量 (粒) | 粪粒平均 | | 鲜粪粒平均重 (mg) | 高径比 |
|-----|------------|---------------|-------|--------|----------------|------|
| | | | 高(mm) | 直径(mm) | | |
| 1 | 6.5 | 19 | 0.55 | 0.38 | - | 1.45 |
| 2 | 6.0 | 19 | 0.84 | 0.56 | 1.130 9 | 1.50 |
| 3 | 5.0 | 20 | 1.05 | 0.71 | 2.120 4 | 1.49 |
| 4 | 5.0 | 21 | 1.46 | 1.02 | 4.615 7 | 1.43 |
| 5 | 11.0 | 21 | 2.37 | 1.53 | 17.163 9 | 1.55 |

2.1.2 幼虫昼夜排粪规律 表 2 显示枣步曲幼虫排粪粒数随昼夜气温的变化而变化, 以平均气温 T 为自变量, 平均排粪粒数 F 为因变量进行一元线性回归分析, 得:

$$F = 0.565 9 + 0.016 2T \quad (1)$$

相关系数 $r = 0.732$, $r > r_{0.01, 28} = 0.708$, 说明昼夜间气温变化与幼虫排粪量相关回归关系极显著, 可用(1)式来描述, 即在平均气温 15.3 ~ 28.9 的范围内可用平均气温来估测排粪数量, 也可用粪粒数推算高树上虫口密度或者判断虫口密度是否达到或超过防治指标。查阅山西各枣区历年气象资料, 枣步曲幼虫危害期平均气温一般都在 15.3 ~ 28.9 之间, 所以(1)式至少在山西枣区是适用的。

2.1.3 幼虫平均排粪粒数随日平均温度的变化 1995年在稷山套袋养虫资料如表3所示。

对表3资料进行回归分析,得回归方程

$$F = 1.6849 + 0.8142T \quad (2)$$

方程(2)中 F 为 24 h 排粪粒数, T 为日平均气温, 相关系数 $r = 0.8466$, $r > r_{0.01, 28} = 0.708$, 说明日平均气温与日平均排粪数量的相关回归关系也达到极显著水平。可用地面 24 h 收集的虫粪粒数(用 m 表示)和平均气温 T 估计高树上幼虫密度(设为 n)。

$$n = m/F = m / (1.6849 + 0.8142T) \quad (3)$$

表3 枣步曲幼虫排粪粒数随日平均温度的变化

| 日均气温 T ($^{\circ}$ C) | 17.1 | 18.1 | 17.1 | 19.6 | 18.5 | 18.5 | 23.0 | 23.4 | 23.4 | 23.4 | 26.4 | 26.8 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 日均排粪数 F (粒) | 12.7 | 16.7 | 16.3 | 20.0 | 15.0 | 17.7 | 22.3 | 23.5 | 20.1 | 19.0 | 22.3 | 22.3 |

2.2 枣步曲幼虫食叶量

通过室外套袋饲养幼虫统计,可知枣步曲幼虫的食叶量随龄期的增长而呈几何级数的增加(表4)。若以食叶量为 Y , 龄期为 X , 则回归方程为: $Y = 0.5414X^{3.17}$, 相关系数 $r = 0.975$, 经显著性检验, 相关系数极显著。3龄前幼虫食叶量很小, 食叶面积仅 13.63 cm^2 , 仅占幼虫一生食叶量的 6.39%, 4~5龄食叶量猛增, 总食叶面积为 187.5 cm^2 , 占幼虫一生总食叶量的 93.22%, 说明 4、5龄幼虫为暴食阶段, 防治的时期在 4龄以前。

表4 枣步曲幼虫食叶量

| 龄期 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
|-----------------------|-------|------|------|-------|-------|----------|
| 食叶面积(cm^2) | 0.77 | 3.6 | 9.25 | 52.5 | 135.0 | 201.12 |
| 食叶百分率(%) | 0.004 | 1.79 | 4.60 | 26.10 | 67.12 | 100 |

2.3 枣步曲幼虫危害损失量测定

2.3.1 林间模拟摘叶试验结果 林间五水平模拟摘叶试验后的座果率变化调查结果列于表5, 并对表中7月25日数据进行方差分析, $F = 7.7932$, 达到极显著水平。多重比较结果(表6)看

表5 不同摘叶水平枣树的座果率

(单位: %)

| 时 间 (月-日) | 0% | | | 25% | | | 50% | | | 75% | | | 100% | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 平均 | 1 | 2 | 平均 | 1 | 2 | 平均 | 1 | 2 | 平均 | 1 | 2 | 平均 |
| 06-05 | 1.80 | 2.01 | 1.90 | 1.75 | 1.65 | 1.70 | 0.77 | 0.87 | 0.82 | 0.35 | 0.41 | 0.38 | 0.01 | 0.11 | 0.09 |
| 06-15 | 2.70 | 3.70 | 3.20 | 3.20 | 3.80 | 3.50 | 1.54 | 1.46 | 1.50 | 0.75 | 0.47 | 0.64 | 0.14 | 0.18 | 0.16 |
| 06-25 | 5.10 | 3.50 | 4.30 | 4.35 | 3.85 | 4.10 | 2.80 | 1.40 | 2.10 | 0.80 | 0.84 | 0.82 | 0.22 | 0.19 | 0.21 |
| 07-05 | 3.20 | 1.80 | 2.50 | 1.90 | 1.90 | 2.40 | 1.55 | 0.65 | 1.10 | 0.55 | 0.46 | 0.51 | 0.03 | 0.07 | 0.05 |
| 07-15 | 2.50 | 2.10 | 2.30 | 2.70 | 1.50 | 2.10 | 0.75 | 0.65 | 0.70 | 0.31 | 0.51 | 0.41 | 0.02 | 0.04 | 0.03 |
| 07-25 | 1.35 | 1.65 | 1.50 | 1.35 | 1.25 | 1.30 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.10 | 0.30 | 0.20 | 1.01 | 0.01 | 0.01 |

出, 摘叶 25% 与不摘叶比较, 平均吊果比差异不显著; 摘叶 50%、75%、100% 与摘叶 25% 以及不摘叶间比较, 吊果比差异极显著, 说明这三个水平严重影响枣树的座果率, 从而影响红枣的产量。

2.3.2 不同自然危害水平对枣产量的影响 枣步曲不同自然危害水平下枣产量的测定结果列于表 7。经方差分析 $F=149.55, F_{0.01}=4.43$, 说明不同自然危害水平间鲜

枣产量存在着极显著的差异, 经用邓肯氏新复极差法进行多重比较, 失叶 25% 与不失叶(0%) 之间差异不显著, 这两水平与其它三水平之间比较差异均极显著, 而且失叶率 100% 产量极显著低于失叶率 75%, 失叶率 75% 产量又极显著低于失叶率 50%。说明失叶率 25% 对红枣产量影响很小或无影响, 失叶率超过 25%, 红枣产量大幅度下降。因此可将失叶率 25% 作为枣步曲的防治指标。

表 7 不同自然危害水平鲜枣产量测定结果

| 失叶率(%) | 鲜枣产量(g/30吊) | | | | | 合计 | 平均 |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 0 | 577.71 | 550.20 | 601.29 | 573.78 | 534.48 | 2 837.46 | 567.49 |
| 25 | 506.96 | 554.13 | 518.76 | 573.78 | 538.41 | 2 692.04 | 538.41 |
| 50 | 318.33 | 306.54 | 168.99 | 263.31 | 357.63 | 1 414.80 | 282.96 |
| 75 | 145.41 | 82.53 | 110.04 | 176.85 | 212.22 | 727.05 | 145.41 |
| 100 | 47.16 | 11.79 | 19.65 | 35.37 | 27.51 | 141.48 | 28.30 |

2.4 枣树蓄叶量估测模型

为了不使与蓄叶量有关的主要因子的信息丢失, 选取线性逐步回归分析的方法, 建立蓄叶量估测方程。为保证所建模式的稳定性和其在生产上的适用性, 对各个立木因子进行单相关普查, 选择相关系数绝对值大于 0.4 的因子作为组成回归方程的候选因子。经计算, 选中的因子有树高(X_1)、冠高(X_2)、冠幅(X_3)、胸围(X_4), 它们与蓄叶量(Y) 的相关系数 r 分别为 0.847 5、0.732 8、0.913 9、0.780 0 ($N=30$), 查相关系数临界值表 $r_{0.01, 28}=0.463$, 以上各值均大于 0.463, 相关关系极显著, 故建立以下蓄叶量线性回归估测方程:

$$Y = -37.198 5 + 3.745 86X_1 + 2.134 2X_2 + 15.911 5X_3 - 40.789 5X_4 \quad (4)$$

复相关系数 $R=0.922 55^{**}$, 显然也达到极显著水平。

$$Y = -31.266 6 + 3.990 7X_2 + 16.408 2X_3 - 34.957 4X_4 \quad (R=0.921 79^{**}) \quad (5)$$

$$Y = -25.654 7 + 17.858 8X_3 - 32.951 4X_4 \quad (R=0.920 23^{**}) \quad (6)$$

$$Y = -23.615 2 + 14.291 8X_3 \quad (R=0.913 89^{**}) \quad (7)$$

以上模型均可用于估测蓄叶量, 但从适用性考虑, 用冠幅 X_3 估测蓄叶量, 既量测方便, 也能满足精度要求。

2.5 以落粪量为指标的防治指标

根据以上研究结果, 以冠幅 X_3 估测蓄叶量, 每头幼虫一生食叶量按 201.12 cm^2 计, 经济损失阈值以失叶 25% 为标准, 算出以株为单位, 以 1 m^2 树冠面积为单位的幼虫防治指标, 进而用(1)式算出在不同温度下, 1 m^2 树冠下 1 h 落粪数量为指标的防治指标, 其数学模型为:

| 平均吊果比 | 差异显著性 | |
|-------|-------|------|
| | 0.05 | 0.01 |
| 1.5 | a | A |
| 1.3 | a | A |
| 0.65 | b | B |
| 0.3 | c | B |
| 0.01 | d | C |

$$Y = (226.194X_3 - 373.7546) X_3^{-2} (0.5659 + 0.0162T) \quad (8)$$

式中 Y 为落粪量防治指标, 即 1 m^2 树冠下 1 h 的平均落粪粒数; X_3 为平均树冠冠幅; T 为观测时的平均气温。部分计算结果列于表 8。

表 8 枣步曲幼虫防治指标(食叶 25%)

| 冠幅 X_3 (m) | 理论蓄叶量 Y (m^2) | 株幼虫数 (头) | 幼虫数 (头/ m^2) | 平均排粪数量[粒/($\text{h} \cdot \text{m}^2$)] | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|
| | | | | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 2.0 | 4.97 | 61.78 | 19.67 | 15.90 | 17.5 | 19.1 | 20.7 |
| 2.4 | 10.69 | 132.88 | 29.37 | 23.76 | 26.14 | 28.51 | 30.89 |
| 2.8 | 16.40 | 203.86 | 33.11 | 26.78 | 29.46 | 32.15 | 34.83 |
| 3.2 | 22.12 | 274.96 | 34.19 | 27.66 | 30.43 | 33.20 | 35.96 |
| 3.6 | 27.84 | 346.06 | 34.00 | 27.50 | 30.26 | 33.01 | 35.76 |
| 4.0 | 33.55 | 417.04 | 33.19 | 26.85 | 29.54 | 32.22 | 34.91 |
| 4.4 | 39.27 | 488.14 | 32.10 | 25.97 | 28.57 | 31.17 | 33.77 |
| 4.8 | 44.99 | 559.24 | 30.90 | 25.00 | 27.50 | 30.00 | 32.50 |
| 5.2 | 50.70 | 630.22 | 29.68 | 24.01 | 26.41 | 28.82 | 31.22 |
| 5.6 | 56.42 | 699.09 | 28.38 | 22.96 | 25.26 | 27.55 | 29.85 |
| 6.0 | 62.14 | 772.42 | 27.32 | 22.10 | 24.31 | 26.52 | 28.74 |
| 6.4 | 67.85 | 843.40 | 26.22 | 21.21 | 23.33 | 25.46 | 27.58 |
| 6.8 | 73.57 | 914.50 | 25.18 | 20.37 | 22.41 | 24.45 | 26.49 |
| 7.2 | 79.29 | 985.16 | 24.21 | 19.58 | 21.54 | 23.51 | 25.47 |
| 7.6 | 85.00 | 1 056.58 | 23.29 | 18.84 | 20.73 | 22.61 | 24.50 |
| 8.0 | 90.72 | 1 127.68 | 22.43 | 18.14 | 19.96 | 21.78 | 23.59 |

由表 8 可知, 随树冠的增大, 蓄叶量增大, 以株幼虫数为指标的防治指标也增大, 增值幅度为 18.2 倍。因此, 以株幼虫数为指标的防治指标, 不便于应用。但以 1 m^2 树冠面积的幼虫数以及落粪数量为指标的防治指标则变化不大, 幼虫数从 $19.67 \text{ 头}/\text{m}^2$ 增至 $34.19 \text{ 头}/\text{m}^2$, 又降至 $22.43 \text{ 头}/\text{m}^2$, 变化幅度仅为 1.7 倍, 落粪量尽管受平均气温的影响, 但影响不大, 况且经查阅山西枣区历年气象资料, 枣步曲幼虫期白天气温一般均在 $20 \sim 30$ 之间, 变化幅度也不大。总的变化趋势是, 幼龄树冠幅小, 叶面积系数也小, 落粪量防治指标也较小; 老龄树尽管树冠大, 但叶面积系数小, 落粪量防治指标也小。因此对于幼龄及老龄树, 在正常天气状况下, 白天 1 m^2 树冠下 1 h 平均落粪量 20 粒可作为防治指标, 而对于中龄树则以 25 粒作为防治指标较适宜, 这样对于基层测报员及枣农来说, 简便易行, 经 1995 年在稷山枣区试用, 准确度在 90% 以上。若要得到确切的防治指标, 可查阅表 8, 或将冠幅与平均气温代入(8)式计算即可求得。

3 结 论

(1) 枣步曲幼虫的排粪量与日平均气温以及昼夜温度的变化密切相关, 各龄幼虫的排粪粒数变化不大, 故可用调查时的气温估测幼虫的平均排粪数量, 从而估计高大树上的虫口密度与危害程度。

(2) 枣步曲幼虫的食叶量与排粪量(体积、重量)随着龄期的增长而呈几何级数的增加, 4、5 龄为暴食阶段, 故防治时应在 4 龄前进行, 以免造成大的危害。

(3) 枣树蓄叶量与树高、冠高、冠幅、胸围等因子密切相关, 尤其与冠幅的相关程度最高。用冠幅估计蓄叶量简便易行, 且能满足一般生产对精度的要求。

(4) 经自然危害的枣产量调查及人工模拟摘叶试验得出, 枣树对枣步曲的危害具有补偿作用, 危害 25% 的枣叶对枣的座果率及产量无明显的影响, 危害 50% 时座果率及产量明显下降, 所以把失叶率 25% 作为防治指标, 据此算出相应的虫口密度防治指标和落粪量防治指标, 建立以冠幅与平均气温为自变量的落粪量防治指标动态数学模型。

参 考 文 献

- 1 刘贤谦, 师光禄, 李世虎, 等. 枣步曲幼虫空间分布型及抽样技术的研究. 林业科学, 1995, 31(1): 17~22.
- 2 Bean J. L., Frass size as indicator of spruce budworm larval instar. Ann. Ent. Soc. Am., 1959, 52: 605~608.
- 3 Morris R F. Frass-drop measurement in studies of the European spruce sawfly. Univ. Michigan Sch. Forestry and Conseru Bull., 1949, 12: 58.
- 4 刘友樵, 殷蕙芬, 陈孝泽. 湖南省马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker)生物学特性的初步观察. 见: 中国林业科学研究院林业科学研究所森林保护研究室昆虫组编著. 森林昆虫论文集(第一集). 北京: 科学出版社, 1959. 39~66.
- 5 陈昌洁, 王志贤, 蔡振声, 等. 马尾松毛虫及其预测预报. 见: 中国林业科学研究院林业科学研究所森林保护研究室昆虫组编著. 森林昆虫论文集(第一集). 北京: 科学出版社, 1959. 67~86.
- 6 张旭, 萧刚柔, 卢崇飞, 等. 马尾松毛虫落粪及有关因子与种群密度关系的研究. 林业科学, 1986, 22(3): 252~259.
- 7 薛贤清, 严放金, 茅洪新, 等. 利用幼虫粪粒数推算高大树上虫口密度. 南京林业大学学报, 1986, (4): 83~90.

Studies on Determining Control Action Threshold by Frass-drop Amount of *Sucra jujuba*

Liu Xianqian Jing Ying Wang Manqun Shi Guanglu Yao Yanming Li Lianchang

Abstract From 1992 to 1995, systematic studies had been made on the frass-drop amount and leaf-eating amount of *Sucra jujuba*, the leaf-yield of jujube tree, and the influences of different leaf-losing levels on fruit-output of jujube trees. The mathematic model of frass-drop amount and average temperature, the estimatic survey model of leaf-yield of jujube tree, and the dynamic control action threshold model according to frass-drop amount in per time and per area were set up as: $F = 0.5629 + 0.0162T$, (T total leaf-yield area) = (total spur of jujube) \times (average jujube deciduous spur of per spur) \times (average leaves of per jujube deciduous spur) \times (average leaf area), $Y = (226.194X_3 - 373.7546) X_3^{-2} (0.5659 + 0.0162T)$ respectively. The results of field examinations showed that the accuracy of all these models was over 90%.

Key words *Sucra jujuba* frass-drop control action threshold

Liu Xianqing, Professor, Jing Ying, Wang Manqun, Shi Guanglu (Shanxi Agricultural University Taigu, Shanxi 030801); Yao Yanming (Forest Bureau of Jishan County, Shanxi Province); Li Lianchang (Shanxi Academy of Agricultural Sciences).