

УДК: 635.9:632.731/58:005.936.2

## ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ АМЕРИКАНСКОГО ТРИПСА (*ECHINOTHRIPS AMERICANUS* MORGAN) НА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ В ОРАНЖЕРЕЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Г.Е. Сергеев, Г.И. Сухорученко, Л.Ю. Кудряшова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Американский трипс (*Echinothrips americanus*) – адвентивный вид, единственный представитель рода *Echinothrips*, который распространился за пределы своего анцестрального ареала. Его инвазия на Европейский континент из США (1993), из Нидерландов – в теплицы 19 стран Европы. В России он отмечен в Ботаническом саду им. В.Л. Комарова БИН РАН (2005) и в Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного университета (2006). Произошло быстрое расселение и расширение круга поражаемых растений. Методы учета заселенности американским трипсом (АТ) трудоемки, их эффективность зависит от численности вредителя, квалификации исследователя. С целью снижения физических и временных затрат при учетах американского трипса (АТ) потребовалась оптимизация визуального метода их проведения. За основу разработки метода взят регрессионный анализ с предварительной линеаризацией исследуемых взаимосвязей. Реализация соответствующего алгоритма осуществлена с использованием метода «симметризации». Исходный материал для расчетов получен на 5 видах растений после 30 учетов численности разных стадий развития АТ в течение года. Используются показатели средневыворочная плотность трипсов на лист (Y) и процент заселенных листьев (X). После линеаризующих преобразований, корреляционного и регрессионного анализов получены уравнения регрессии и построены номограммы, позволяющие оценить плотность разных стадий АТ на лист по проценту заселенных листьев в выборке без непосредственного учета численности насекомых. Предложенный метод учета АТ может быть использован при наблюдениях за изменениями его численности в течение года, служить основой для определения эффективности защитных мероприятий, проводимых как целенаправленно против АТ, так и комплекса вредных членистоногих, обитающих на различных видах растений в оранжереях. На растениях высотой до 1 м предложенный метод учета эффективен. Для учетов на растениях высотой 2 и более метров – реализация метода требует проведения дополнительных исследований.

**Ключевые слова:** адвентивный вид, визуальный метод учета, регрессионный анализ, асимметрия статистических распределений, итерационная линеаризация, плотность фитофага на лист, процент заселенных листьев, номограммы.

Американский трипс (*Echinothrips americanus*) – адвентивный вид, родиной которого считается юго-восточная часть Северной Америки, где он широко встречается в природных условиях на различных видах травянистых и древесных растений, а начиная с 1984 г. отмечается в качестве вредителя ряда декоративных и овощных культур в теплицах США и Канады [Oetting, 1987; Oetting et al. 1993; Opit et al., 1997].

Американский трипс – единственный представитель рода *Echinothrips*, который распространился за пределы своего анцестрального ареала. Инвазия американского трипса на Европейском континенте началась в 1993 г., когда фитофаг был завезен с *Syngonium sp.* из США в тепличные хозяйства Нидерландов, из которых он расселился по теплицам девятнадцати стран Европы [Vierbergen et al., 2006]. В начале нового столетия американский трипс был завезен с цветочной продукцией в Юго-Восточную Азию и стал вредителем цветочных и овощных культур в теплицах Японии [Itoh et al., 2003], Таиланда [Mound, 2000], Китая [Mirab-Baloum et al., 2010].

В Россию американский трипс попал также антропогенным путем. В 2005 г. он был завезен с декоративными растениями в оранжерею Ботанического сада им. В.Л. Комарова БИН РАН г. Санкт-Петербурга [Другова, Варфоломеева, 2006]. В 2006 г. фитофаг обнаружен в Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) на ряде экспонируемых в тропических оранжереях видов растений [Клишина, Великань, 2007]. В последующие годы произошло быстрое расселение американского трипса на выращиваемых в тропических и субтропических оранжереях

этих ботанических садов декоративных растениях, число которых увеличилось с 2 видов из 2 семейств в 2005 г. до 101 вида из 51 семейства в 2009 г. [Клишина, Другова, 2009]. На основании наших исследований этот список в 2013 г. увеличился до 117 видов растений из 57 семейств не только за счет декоративных, но и ряда видов сорных растений, обнаруженных в оранжереях, а также овощных и цветочных культур, искусственно заселенных трипсом в изолированном боксе теплиц ВИЗР [Кудряшова и др., 2013].

Одним из распространенных методов учета заселенности и численности американского трипса на различных видах растений является визуальное их обследование, требующее тщательности проведения и высокой квалификации обследователя [Varga et al., 2010]. Как правило, визуальные учеты бывают эффективны при высокой заселенности растений вредителем; при низкой численности трудоемкость обследований значительно возрастает.

В условиях оранжерей с большим разнообразием жизненных форм выращиваемых растений визуальный учет численности американского трипса – весьма трудоемкий процесс, связанный с большими затратами времени. Для снижения физических и временных затрат при учетах американского трипса на экспонируемых в ботанических садах видах растений возникла необходимость оптимизации визуального метода их проведения. Задача была решена на основе установления эмпирической связи показателя плотности трипса на лист растения, непосредственного определения которой требует немало времени, с процентом листьев во взятой их выборке, на которых он был замечен.

## Методика исследований

Исходный материал для оптимизации визуального метода учета американского трипса был собран в 2012 г. на пяти видах растений, постоянно заселяемых им в тропических оранжереях

ботанического сада СПбГУ. Наблюдения проводили на растениях с разными жизненными формами, типизированных по высоте (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика растений в опытах по оптимизации учета численности американского трипса

Наименование	Семейство	Жизненная форма
Сингониум ( <i>Syngonium auritum</i> L.)	Ароидные (Araceae)	Травянистая лиана длиной до 30 см
Мирабилис, ночная красавица ( <i>Mirabilis jalapa</i> L.)	Никтагиновые (Nyctaginaceae)	Многолетнее травянистое растение высотой до 50 см
Акалифа щетинистоволосистая ( <i>Acalypha hispida</i> L.)	Молочайные (Euphorbiaceae)	Вечнозеленый кустарник высотой до 1 м
Геттарда (гуэттарда) ( <i>Guettarda</i> sp.)	Мареновые (Rubiaceae)	Листопадный кустарник высотой до 2 м
Клеродендрум Томсона ( <i>Clerodendrum thomsoniae</i> Balf. f.)	Вербеновые (Verbenaceae)	Вечнозеленый кустарник высотой до 3 м

На каждом растении в течение года с интервалом в 10 дней проведено около тридцати учетов численности разных стадий развития американского трипса на 20 листьях, выбранных произвольно из разных ярусов. Были получены ряды плотностей трипса на лист ( $Y$ ) и соответствующие плотностям доли листьев в выборках из 20 листьев, на которых трипс был обнаружен (процент заселенных трипсом листьев –  $X$ ).

За основу методики обработки экспериментальных данных был взят регрессионный анализ. Использованию этого метода в области защиты растений от вредителей и болезней свойственна своя специфика [Сергеев, Левина, 1981; Сергеев, 1998]. Основное затруднение возникает в связи с тем, что, как и вообще в биологии, линейные зависимости здесь встречаются лишь в виде исключения, и обычно регрессионный анализ требует предварительной линеаризации исследуемых взаимосвязей. Выбор соответствующего алгоритма не всегда очевиден. Автоматизировать линеаризацию позволяет метод “симметризации”, или “итерационной линеаризации” [Васильев и др., 1973; Поляков и др., 1978; Сергеев и др., 2008], предложенный С.В. Васильевым и Г.Е. Сергеевым (1966) в связи с необходимостью решения задач учёта и прогноза численности насекомых в защите растений. Он достаточно широко распространён и был включён в отдельные пакеты прикладных программ по математической статистике (без ссылки на разработчика).

Эффективность алгоритма симметризации объясняется следующим. Взаимосвязи переменных, которые имеют нормальное статистическое распределение (обладающее нулевой асимметрией) линейны. Но, как уже достаточно подтвердила практика исследований, обычно линейными бывают также взаимосвязи и при прочих унимодальных распределениях с нулевой асимметрией. В биологии вообще нелинейности взаимосвязей имеют, как правило, монотонный характер.

## Результаты исследований

Рассмотрим на примере сингониума, как производились анализ и преобразование эмпирических данных для построения номограмм. В таблице 2 представлены данные 27 визуальных учетов численности разных стадий развития американского трипса на 20 листьях сингониум, а также рассчитанные на их основе средняя плотность трипса на лист ( $Y$ ) и процент заселенных им листьев ( $X$ ).

На рисунке 1 приведены скеттер-диаграммы зависимости плотности трипса от процента заселенных им листьев, свидетельствующие о существенной нелинейности их взаимосвязи (следствие асимметрии статистических распределений  $Y$  и  $X$ ). Коэффициенты асимметрии  $A$  для статистических распределений  $Y$  и  $X$  в данном случае были достаточно существенны (значения  $A$  1.4 и 0.6), что не позволяло оценивать эту связь коэффициентом корреляции; возникла необходимость в соответствующих симметризу-

В связи с этим линейность моделируемой связи достигается обеспечением симметрии статистических распределений у исследуемых переменных. Вместо исходных шкал измерения используются шкалы преобразованные (соответствующий универсальный алгоритм программируется без особых затруднений), в результате становятся неважными прочие особенности статистических распределений исследуемых параметров (прежде весьма существенные).

Обеспечение опосредованной оценки плотности американского трипса по проценту заселённых листьев во взятой их выборке (на которых трипс был вообще обнаружен) было следующим. Исходные эмпирические данные были сведены в подготовленные для расчетов таблицы. В таблицы также включены средне-выборочная плотность трипсов на лист ( $Y$ ) и процент заселенных листьев ( $X$ ). Далее значения  $Y$  и  $X$  были преобразованы в соответствующие значения ( $y$ ,  $x$ ), тоже занесённые в таблицы для расчетов. Линеаризующие функции были рассчитаны с помощью алгоритма «итерационной линеаризации» [Сергеев et al., 2014].

Для каждого вида растений ряды преобразованных значений ( $y$ ,  $x$ ) были подвергнуты линейному корреляционному и регрессионному анализам. Ввиду высоких корреляций, уравнения регрессии обеспечивали высокую точность оценок. После подстановки упомянутых выше линеаризующих функций в полученные линейные уравнения регрессии ( $y$  по  $x$ ) были выведены соответствующие нелинейные уравнения регрессии ( $Y$  по  $X$ ) и по этим уравнениям построены номограммы. Номограммы позволяют оценивать плотность разных стадий развития американского трипса на лист по проценту заселенных листьев во взятой выборке без непосредственного учета численности насекомого и вообще без вычислений, графически.

юющих преобразованиях (рис. 1 А). С этой целью были рассчитаны параметры для двух соответствующих функций преобразования:

$$y = 80.15 + 23.81 \ln(Y + 0.07805); \quad x = -126.9 + 49.38 \ln(X + 19.43).$$

Рассчитанные функции обеспечивают нулевые коэффициенты асимметрии для статистических распределений преобразованных значений  $y$  и  $x$  (с заданными средним значением 50 и среднеквадратическим отклонением 20) и их линейную взаимосвязь (рис. 1 Б). Округлённые до целого значения  $y$  и  $x$  приведены в пятом и седьмом столбцах таблицы 2.

Коэффициент корреляции между преобразованными измерениями этих параметров оказался очень высоким ( $r = 0.986$ ). Функция регрессии в симметризованных шкалах имеет следующий вид:

$$\bar{y} = 0.9994x - 0.08294 \pm 3.42.$$

Таблица 2. Исходные данные для оптимизации метода учета плотности американского трипса на листьях сингониума

День учета от начала года	Число разных стадий развития трипса, обнаруженных при учете	Число листьев в выборке, заселенных трипсом	Средняя плотность трипса на лист, Y	y	Процент заселенных трипсом листьев, X	x
11	0	0	0.00	19	0	20
18	0	0	0.00	19	0	20
24	0	0	0.00	19	0	20
66	1	1	0.05	31	5	31
73	0	0	0.00	19	0	20
88	2	2	0.10	39	10	40
101	1	1	0.05	31	5	31
110	23	10	1.15	85	50	82
115	7	6	0.35	60	30	66
125	8	5	0.40	63	25	60
139	23	10	1.15	85	50	82
144	13	8	0.65	73	40	75
152	1	1	0.05	31	5	31
159	6	4	0.30	57	20	55
166	5	4	0.25	54	20	55
172	2	2	0.10	39	10	40
181	3	2	0.15	45	10	40
188	3	3	0.15	45	15	48
195	11	5	0.55	69	25	60
201	4	3	0.20	50	15	48
204	6	4	0.30	57	20	55
215	11	8	0.55	69	40	75
222	14	8	0.70	74	40	75
229	11	8	0.55	69	40	75
236	2	2	0.10	39	10	40
250	3	3	0.15	45	15	48
274	8	5	0.40	63	25	60

y, x – преобразованные значения Y и X в результате итерационной линеаризации

После подстановки в эту формулу приведённых выше функций преобразования выводится итоговая функция нелинейной регрессии в исходных шкалах. Получаем формулу для практической оценки плотности трипса на лист ( $\bar{Y}$ ) по проценту заселённых им листьев (X):

$$\bar{Y}(X,t) = 0.0001672 \times 1.0429^{3.4t} \times (X+19.43)^{2.0727} - 0.07805.$$

Оценку вероятной плотности американского трипса на лист по зарегистрированной заселённости листьев с помощью данной формулы рассмотрим на следующем примере. Допустим, что среди  $n = 20$  обследованных листьев сингониума трипс был обнаружен на четырёх листьях и их заселённость составила  $X=20\%$ . Рассчитываем соответствующую средне-ожидаемую плотность (для  $X=20, t=0$ ):

$$\bar{Y}(X,t) = \bar{Y}(20,0) = 0.0001672 \times 1.0429^{3.3 \times 0} \times (20+19.43)^{2.0727} - 0.07805 = 0.26.$$

Аналогично рассчитываем верхний вероятный предел плотности  $\bar{Y}(20,1)=0.31$  и нижний предел  $\bar{Y}(20,-1)=0.22$ .

Согласно таблице 2, данная заселённость  $X=20\%$  была фактически зарегистрирована в 159, 166 и 204 дни учёта. На листьях тогда было обнаружено 6; 5 и 6 особей разных стадий развития трипса. Это означало реальные плотно-

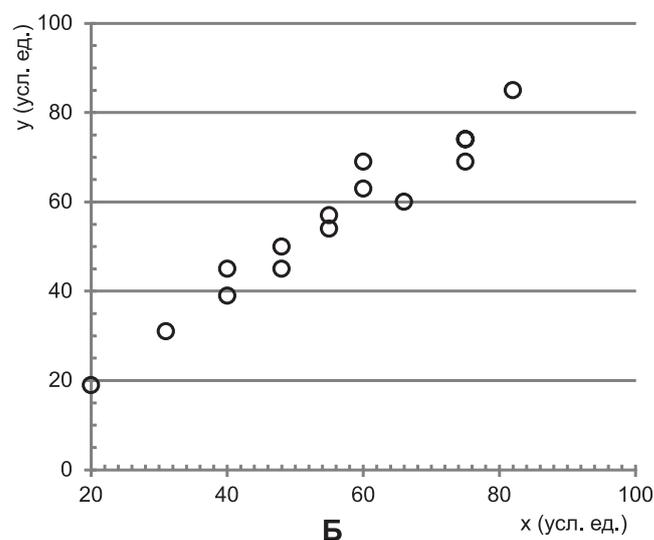
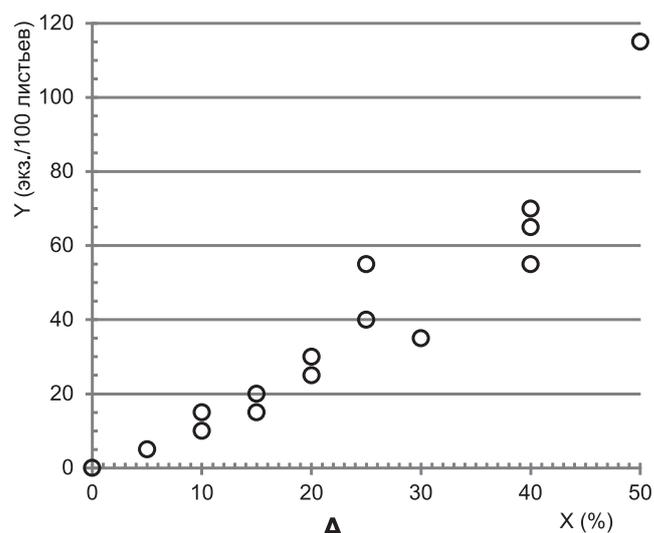


Рисунок 1. Скеттер-диаграммы зависимости плотности американского трипса от процента заселенных им листьев сингониума до (А) и после (Б) линеаризующего преобразования по методу симметризации (ордината – плотность трипса, абсцисса – доля заселенных листьев)

сти  $\bar{Y}=0.30; 0.25$  и  $0.30$  экземпляров на лист, что соответствует полученным по формуле оценкам.

Аналогичная математическая обработка экспериментальных данных была проведена по учетам американского трипса на листьях остальных использованных в исследованиях видах растений (мирабилис, акалифа, гетгарда и клеродендрум).

Применительно к растению мирабилис были получены следующие результаты. Коэффициенты асимметрии для статистических распределений Y и X были существенны (значения 1.8 и -0.4). Функции преобразования:

$$y = 19.02 + 18.57 \ln(Y+1.150);$$

$$x = 225.2 - 42.33 \ln(129.3 - X).$$

Коэффициент корреляции между плотностью и заселённостью  $r=0.93$ . Функция регрессии в симметризованных шкалах имеет следующий вид:

$$\bar{y} = 0.9263x + 3.588 \pm 7.65.$$

Функция регрессии в исходных шкалах – формула для практической оценки плотности трипса на лист ( $\bar{Y}$ ) по проценту заселённых им листьев (X):

$$\bar{Y}(X,t) = 28757.47 \times 1.0552^{7.65t} \times (128.8-X)^{-2.0797} - 1.163.$$

Применительно к растению акалифа коэффициенты асимметрии для статистических распределений  $Y$  и  $X$  были также существенны (значения  $A$  1.3 и  $-0.5$ ). Функции преобразования:

$$y = 13.76 + 27.07 \ln(Y + 1.022);$$

$$x = 314.7 - 60.98 \ln(144.5 - X).$$

Коэффициент корреляции измерений плотности и заселённости  $r = 0.94$ . Функция регрессии в симметризованных шкалах имеет следующий вид:

$$\bar{y} = 0.9475x + 2.705 \pm 7.14.$$

Функция регрессии в исходных шкалах – формула для практической оценки плотности трипса на лист ( $Y$ ) по проценту заселённых им листьев ( $X$ ):

$$\bar{Y}(X,t) = 40404.48 \times 1.0376^{7.14t} \times (144.5 - X)^{-2.1344} - 1.022.$$

На растении геттарда коэффициенты асимметрии для статистических распределений плотности трипса  $Y$  и процента заселённых листьев  $X$  оказались несущественны (значения  $A$  0.90 и 0.01). Соответственно функция преобразования для  $Y$  имеет вид:

$$y = 19.05x \ln(Y + 0.4656) + 31.10.$$

Коэффициент корреляции измерений плотности и заселённости  $r = 0.84$ . Функция регрессии у по  $X$ :

$$\bar{y} = 0.631 \cdot X + 17.916 \pm 11.1.$$

Функция регрессии в исходных шкалах имеет вид:

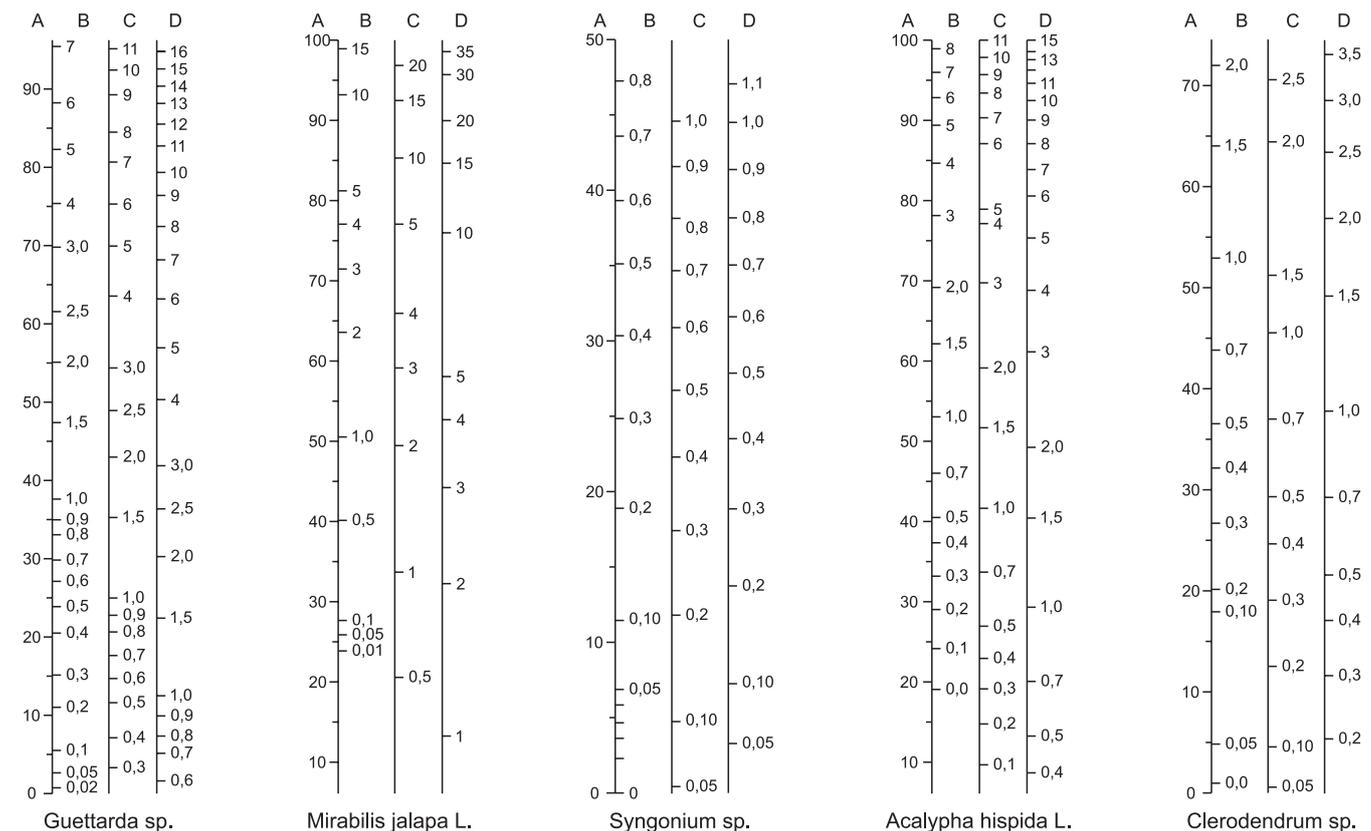


Рисунок 2. Номограммы для оценки плотности американского трипса на лист по частоте встречаемости заселённых им листьев

### Выводы

Применение оптимизированного метода учета разных стадий развития американского трипса с использованием построенных номограмм позволяет значительно экономить затраты времени при определении его численности на наиболее предпочитаемых видах растений – хозяев в оранжереях ботанического сада. Вместо проведения трудоемких подсчетов разных стадий развития фитофага

$$Y = 0.5004 \times 1.0337^X \times 1.7908^{2t} - 0.4651.$$

Применительно к клеродендруму получены следующие результаты. Коэффициенты асимметрии для статистических распределений  $Y$  и  $X$  асимметрия несущественна (значения  $A$  1.84 и 0.13). Соответственно, функция преобразования для  $Y$ :

$$y = 54.52 + 30.90 \cdot \ln(Y + 0.2427).$$

Коэффициент корреляции между плотностью и заселённостью  $r = 0.94$ . Функция регрессии у по  $X$ :

$$\bar{y} = 0.03122 \cdot X - 1.2150 \pm 0.2341.$$

Функция регрессии в исходных шкалах:

$$\bar{Y} = 0.2967 \times 1.032^X \times 1.2638^{2t} - 0.2429.$$

Для приведенных пяти функций нелинейной регрессии в исходных шкалах были построены графические номограммы (рис. 2), позволяющие получать оценку плотности трипса по проценту заселённости листьев без калькулятора. По каждому виду растения приводятся четыре шкалы. Первая (A) соответствует проценту листьев в выборке из 20 обследованных, на которых трипс был просто обнаружен. Шкала (C) указывает соответствующую средне-ожидаемую плотность трипса на один лист, шкала (B) – нижний вероятный предел плотности, четвертая (D) – верхний ее предел.

на листьях заселённых растений можно определять его плотность на лист по проценту заселённых листьев в их выборке из 20 листьев, произвольно взятых из разных ярусов растений, независимо от их высоты и архитектоники.

Предложенный оптимизированный метод учета американского трипса может быть использован при наблюдениях за изменениями его численности в течение

года. Этот метод учета может также служить основой для определения эффективности защитных мероприятий в борьбе с американским трипсом, проводимых как целенаправленно против него, так и против всего комплекса вредных членистоногих, обитающих на различных видах растений в оранжереях.

Анализ полученных результатов также показал, что при проведении наблюдений за численностью трипса на

растениях высотой до 1 м выявляется сильная асимметрия статистических распределений исследуемых параметров, влекущая высокую нелинейность их взаимосвязи. Однако асимметрия существенно снижается при учетах на растениях высотой 2 и более метров. Это обуславливает целесообразность проведения дальнейших исследований по усовершенствованию учетов численности американского трипса.

Plant Protection News, 2015, 2(84), p. 36 – 41

## OPTIMIZED METHOD OF EVALUATION OF AMERICAN THRIPS (*ECHINOTHRIPS AMERICANUS*) NUMBERS ON ORNAMENTAL PLANTS IN BOTANICAL GARDEN GREENHOUSES

G.E. Sergeev, G.I. Sukhoruchenko, L.Yu. Kudryashova

All-Russian Institute of Plant Protection, St Petersburg

A new method of evaluation of American thrips (*Echinothrips americanus* Morgan) numbers is proposed. The pest habitats on different life forms of such decorative plants as *Syngonium auritum* L., *Mirabilis jalapa* L., *Acalypha hispida* L., *Clerodendrum thomsoniae* Balf. f.), *Guettarda* sp. are studied. These species are constantly populated by thrips in greenhouses of botanical gardens. Original variables (accounting data) have been transformed with iterative linearization algorithm ("symmetrization"). The variables transformed have been subjected to linear regression analysis. The corresponding to the original variables nonlinear regression functions have been obtained by symmetrization transformation substitution. Nomograms have been built on the basis of these functions. Nomograms allow to evaluate graphically density of thrips per leaf basing on the percentage of leaves on which the insects have been detected in a sample taken. As a result, the time has been excluded for number calculation of different stages of thrips development on the infested plant leaves. This has reduced greatly the time required for surveying the American thrips population on decorative plants and for evaluating the efficiency of protective measures.

**Keywords:** adventive species; visual method; accounting; regression analysis; asymmetry of statistical distributions; iterative linearization; density of pest per leaf; percentage of infested leaves; nomograms.

### Библиографический список (References)

- Васильев С.В., Сергеев Г.Е. Применение математических методов в прогнозе численности вредителей сельскохозяйственных культур (на примере краснохвостой песчанки) / Тез. докл. Всесоюзного совещания по проблеме прогноза вредителей и болезней. М.: МСХ СССР, 1966. С. 34–38.
- Васильев С.В., Поляков И.Я., Сергеев Г.Е. Теория и методы использования математического моделирования и ЭВМ в защите растений // Труды ВИЗР. 1973. вып. 39. С. 61–106.
- Другова, Е.В. Поставить преграду для проникновения отсутствующих у насекомых-вредителей / Е.В. Другова, Е.А. Варфоломеева // Защита и карантин растений. 2006. N 2. С. 42.
- Клишина И.С. Видовой состав фитофагов в телицах Северо-Запада России / И.С. Клишина, В.С. Великань // Достижения энтомологии на службе агропрому, лесному хозяйству и медицине: тез. докл. XIII съезда Рус. энтомологического общества (9–15 сентября 2007 г.). Краснодар. 2007. С.95–96.
- Клишина, И.С. Американский трипс *Echinothrips americanus* Morgan / И.С. Клишина, Е.В. Другова // Защита и карантин растений. 2009. N 4. С. 35–37.
- Кудряшова Л.Ю. Пищевая специализация американского трипса *Echinothrips americanus* Morgan (Thysanoptera, Thripidae) / Л.Ю. Кудряшова, Л. И. Нефедова, Г.И. Сухорученко // Вестник защиты растений. 2013. N 4. С. 28–30.
- Поляков И.Я., Саулич М.И., Сергеев Г.Е. Применение математических методов и ЭВМ в защите растений от вредителей и болезней. М.: 1978. 54 с.
- Сергеев Г. Е.: Пакет программ статистического анализа для исследований в сельском хозяйстве: тез. докл. VI Санкт-Петербургской международной конференции "Региональная информатика-98". Санкт-Петербург, 1998, часть II, С. 22.
- Сергеев Г.Е., Серапионов Д.А., Фролов А.Н.: Методы итерационной линеаризации и корреляционной оптимизации в моделировании динамики численности насекомых: тез. докл. международной конференции "Информационные системы диагностики, мониторинга и прогноза важнейших сорных растений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур". Санкт-Петербург, Пушкин, 2008. С. 90.
- Ithoh K. Occurrence and pesticide sensitivity of *Echinothrips americanus* on Perilla / K. Ithoh, T. Ohno // Plant Protect. 2003. Vol. 57. P. 223–225.
- Mirab-Balou M. First record of *Echinothrips americanus* Morgan (Thysanoptera, Thripidae) in Mainland China, with notes on distribution and host plants / M. Mirab-Balou, H. Lu, X.-X. Chen // Acta Zootaxonom. Sinica. 2010. Vol. 35. N 3. P. 674–679.
- Mound L.A. The aquatic thrips *Organothrips indicus* Bhatti (Thysanoptera: Thripidae) in Queensland, and a new species, *O. wrighti*, from tropical Australia / L.A. Mound // Austr. J. Entomol. 2000. N 39. P. 10–14.
- Oetting R.D. Laboratory evaluation of the toxicity and residual activity of abamectin to *Echinothrips americanus* / R.D. Oetting // J. Agric. Entomol. 1987. Vol. 4, N 4. P. 321–326.
- Oetting R.D. Biology and identification of thrips in greenhouse ornamentals / R.D. Oetting, R.J. Beshear, T.-X. Liu [e.a.] // Res. Bull.: Univ GA Arg. Exp. Stat. 1993. N 414. P. 1–20.
- Opit G.P. The life cycle and management of *Echinothrips americanus* (Thysanoptera: Thripidae) / G.P. Opit, B. Petercon, D.R. Gillespie, R.A. Costello // J. Entomol. Soc. Brit. Columbia. 1997. N 94. P. 3–6
- Sergejev G.E., Levina S.I. Nutzung von Regressionsmodellen zur Prognose des Schaderregerauftretens / Im Buch "Überwachung und Prognose – Grundlagen eines gezielten Pflanzenschutzes". DDR, Berlin, 1981. ss. 189–199.
- Sergeev G.E., Serapionov D.A., Frolov A.N. Iterative linearization and correlation optimization approaches in simulation of insect population dynamics / In "Mathematical Modeling in Plant Protection", Saint-Petersburg. 2014. P. 17–21.
- Varga L. Larval and adult food preferences of the poinsettia thrips *Echinothrips americanus* Morgan, 1913 (Thysanoptera: Thripidae) / L. Varga, P.J. Fedor, M. Suvak [e.a.] // J. Pest Sci. 2010. Vol. 8. P. 319–327.
- Vierbergen G. Spread of Two Trips Pest in Europe: *Echinothrips americanus* and *Microcephalothrips abdominalis* (Thysanoptera: Thripidae) / G. Vierbergen, M. Cean, I.N. Szeller // Acta Phytopathol. Entomol. Hungarica. 2006. Vol. 41. N 3/4. P. 287–296.

### Translation of Russian References

- Другова Е.В., Варфоломеева Е.А. Put a barrier to penetration of missing pests. Zashchita i karantin rastenii. 2006. N 2. P. 42.
- Klishina I.S., Drugova E.V. American thrips *Echinothrips americanus* Morgan. Zashchita i karantin rastenii. 2009. N 4. P. 35–37.

- Klishina I.S., Velikan V.S. Species composition of phytophages in greenhouses of North-West Russia. In: Dostizhenija entomol. na sluzhbe agroprom. kompleksa, lesnogo hoz-va i mediciny: tez. dokl. VIII syezda Rus. entomol. ob-va (9–15 sentjabrja 2007 g.). Krasnodar. 2007. P. 95–96.
- Kudryashova L.Yu., Nefedova L.I., Sukhoruchenko G.I. Dietary specialization of *Echinothrips americanus* Morgan (Thysanoptera, Thripidae). Vestnik zashhity rastenii. 2013. N 4. P. 28–30.
- Polyakov I.Ya., Saulich M.I., Sergeev, G.E. Application of mathematical methods and computers in plant protection against pests and diseases. Moscow: 1978. 54 p.
- Sergeev G.E. A software Package for statistical analysis of research in agriculture. In: Tez. dokl. VI Sankt-Peterburgskoj mezhdunarodnoj konferentsii "Regional'naja informatika-98". Saint-Petersburg, 1998, V. II, P. 22.
- Sergeev G.E., Sarapionov D.A., Frolov A.N. Iterative methods of linearization optimization and correlation in the modeling of population dynamics of insects. In: Tez. dokl. mezhdunarodnoj konferentsii "Informacionnye sistemy diagnostiki, monitoringa i prognoza vazhnejshih sornyh rastenij, vreditel' i boleznij sel'skhozjajstvennyh kul'tur". Saint-Petersburg, Pushkin, 2008. P. 90.
- Vasilyev S.V., Polyakov I.Ya., Sergeev G.E. Theory and methods of application of mathematical models and computers in the protection of plants. In: Trudy VIZR. 1973. N. 39. P. 61–106.
- Vasilyev S.V., Sergeev G.E. The application of mathematical methods in the forecast for the number of crop pests (for example, red-sand lance). In: Tez. dokl. Vsesojuznogo soveshhanija po probleme prognoza vreditel' i boleznij. Moscow: MSKH SSSR, 1966. P. 34–38.

---

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

\**Сергеев Глеб Евгеньевич*. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: sergeev-bleb-marina@yandex.ru  
*Сухорученко Галина Ивановна*. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru  
*Кудряшова Людмила Юрьевна*. Аспирант, e-mail: l.kud.@bk.ru

\* Ответственный за переписку

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin, Russian Federation

\**Sergeev Gleb Evgenjevich*. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: sergeev-bleb-marina@yandex.ru  
*Sukhoruchenko Galina Ivanovna*. DSc in Agriculture, Professor, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru  
*Kudryashova Ludmila Yurjevna*. PhD student, e-mail: l.kud.@bk.ru

\* Responsible for correspondence