

УДК 632.654:634.75:632.938.1

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ (ВОСПРИИМЧИВОСТЬ) К ПАУТИННОМУ КЛЕЩУ

С.Я. ПОПОВ, Е.К. ПОНОМАРЕНКО

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биологических показателей, а также показателя размножения паутинного клеща *Tetranychus atlanticus*, ответственных за проявление устойчивости (восприимчивости) к фитофагу. В качестве тестируемых сортов земляники использовали сорта Торпеда, Троицкая, Царица, Швед и Эльсанта. Их устойчивость (восприимчивость) в течение 2-х последующих лет оценивали по количественным биологическим показателям, связанным с листовым аппаратом (количество весенних и летних листьев в расчете на растение, площадь листьев, показатель удельной поверхностной плотности листьев (УППЛ), а также по плодовитости фитофага за 6 сут. в оптимальных лабораторных условиях. За относительно устойчивые приняты сорта, обладавшие большим количеством и большей площадью листьев, большей удельной поверхностной плотностью листьев, и те, на которых проявилась меньшая плодовитость паутинного клеща. Выявлено, что коэффициент корреляции между показателями «Количество весенних листьев» и «Сырая биомасса листьев» достаточно высок ($r = 0,865$), также высок он между показателями «Количество весенних листьев» и «Площадь листьев» ($r = 0,838$). Между показателями «Количество весенних листьев» и «УППЛ» выявлена отрицательная значимая корреляция ($r = -0,730$), то же выявлено между показателями «Сырая биомасса листьев» и «УППЛ» ($r = -0,854$). За методическую основу прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу избрали принципы оптимизации и оптимального управления, когда биологические показатели исследуемых сортов земляники рассматривались в контексте установления возможных границ изменения переменных и получения экстремальных значений признаков. В пределах тестируемого показателя вычислены отклонения от среднего значения по каждому сорту. За итоговый показатель проекционной оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу, основываясь на принципах оптимального управления, взяли сумму отклонений, по которым осуществлено ранжирование сортов земляники. При условии равного воздействия каждого выделенного показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительно большой площадью листьев, выраженной УППЛ и низким значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед (отличается, соответственно, в худшую сторону на -14,5%). В будущем при проведении подобного рода исследований целесообразно выявлять удельную значимость каждого выделенного показателя устойчивости сорта к фитофагу.*

Ключевые слова: паутинные клещи, *Tetranychus*, сорта земляники, устойчивость (восприимчивость) сортов, прогностическая оценка.

Использование устойчивых сортов или гибридов культурных растений к фитофагам – важный прием ограничения их вредоносности. Этот подход позволяет переходить от стандартных пестицидных технологий защиты к экологизированным системам и в идеале получать продукцию, свободную от пестицидных остатков. Наиболее важными хозяйственно-ценными признаками новых сортов и гибридов являются иммуногенетические свойства растений. Выявлено, что разнообразные ростовые, органообразовательные, морфо-анатомические и физиолого-биохимические свойства растений выполняют барьерные функции, ограничивающие использование фитофагами растений как источника питания и среды обитания. По мнению специалистов в области устойчивости культурных растений к фитофагам, формирование устойчивых генотипов чаще всего связано с проявлениями морфологического, органогенетического, физиологического, атрептического, оксидативного и ингибиторного иммунологического барьеров [1-3].

Устойчивые (толерантные) сорта и гибриды можно сконструировать практически ко всем фитофагам, в том числе и к массовым видам паутинных клещей рода *Tetranychus*, несмотря на то, что, например, обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch имеет более 3930 видов растений-хозяев // ([www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf).) [26].

Атлантический паутинный клещ (*Tetranychus atlanticus* McGregor, 1941) (sensu Mitrofanov et al., 1987), морфологически весьма близкий к обыкновенному паутинному клещу, является доминирующим видом среди паутинных клещей, поражающих землянику садовую и многие другие травянистые растения на большом протяжении России [10]. Этот фитофаг на плантациях земляники в среднем 1 раз в 4-5 лет имеет в Московском регионе вспышку массового размножения, во время которой происходят сильные поражения растений [11]. Вместе с тем отмечено, что избирательность кормовых растений у каждого из массовых видов паутинных клещей рода *Tetranychus* неодинакова, и степень повреждения листьев отличается даже у сортов и гибридов. Пример дифференциации 49 гибридов и сортов огурца на несколько групп по устойчивости (восприимчивости) к *T. atlanticus*, где выделены 2 весьма устойчивых гибрида, подтверждает это [13]. То же относится и к сортам земляники садовой [18, 19, 20, 23].

В работе представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биофизиологических показателей, а также показателей размножения паутинного клеща. Мы предполагали, что при фиксированной плотности популяции паутинного клеща сорта земляники с более обильным и стойким листовым аппаратом (количество листьев и площадь листьев, удельная поверхностная плотность листьев) являются более толерантными к фитофагу. Через плодовитость паутинного клеща можно также судить об антибиотическом воздействии сорта на фитофага. Кроме того, сорта земляники с высокой вегетационной способностью размножения, измеряемой количеством усов на растении и розеток на усе и, следовательно, формирующие выраженное проективное покрытие, могут также быть отнесены к потенциально толерантным. В данной работе мы оценили основные показатели, проранжированные относительно друг друга. При осуществлении прогностической оценки можно также учитывать и другие дополнительные показатели, значимые для паутинного клеща, а именно: природу химических веществ, ответственных за репродуктивные свойства и выживаемость паутинного клеща, длительность развития постэмбриональных особей, уровень содержания в листьях веществ

(например, фарнезола), влияющих на жизненные процессы этого фитофага, строение мезофилла листа и др. [16, 17, 21, 22, 25].

Материал и методы исследования. В качестве тестируемого растительного материала использовали 5 сортов земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch.: Торпеда, Троицкая, Царица, Швед и Эльсанта. Из названных сортов сорт Швед является белоплодным, остальные – красноплодные. В основе предварительного выбора сортов из красноплодной группы земляники использован принцип контрастности морфометрических параметров. Оценивали их биологические показатели, связанные с проявлением устойчивости (толерантности) к фитофагам: количество листьев в расчете на 1 растение по категориям листьев, площадь листьев (см²), удельная поверхностная плотность листьев (мг/см²), количество усов на 1 растении, количество розеток на 1 усе. Растения посадки осени 2013 г. выращивали в природных условиях на экспериментальном участке лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва), наблюдения проводили в 2014 и 2015 гг. Отметим, что количество весенних листьев и площадь листьев земляники коррелировали в пределах сорта ($r = 0,838$), однако корреляционная связь между количеством весенних листьев и количеством усов (на конец вегетационного сезона) оказалась менее выраженной ($r = 0,611$). Тем не менее это свидетельствует, что сорта земляники с мощным габитусом отличаются как большим количеством листьев, так и их большей площадью.

Атлантический паутинный клещ (*Tetranychus atlanticus*), нередко сводимый зарубежными авторами к синониму туркестанского паутинного клеща (*Tetranychus turkestanii* Ug. et Nik., 1938), на самом деле достаточно отличается от последнего размерами генитального аппарата [6, 9, 12].

Лабораторная маточная колония *T. atlanticus*, поддерживаемая на кафедре защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, первоначально была основана в 1998 г. из особей, отобранных с растений земляники ЗАО «Совхоз имени Ленина» Ленинского района Московской области.

Для поддержания маточной колонии *T. atlanticus* использовали листовые пластинки растений кустовой фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), которые выращивали в оптимальных условиях в пластиковых контейнерах объемом 3 л с однотипной плодородной почвой, без внесения удобрений. В опыте на плодovitость половозрелых одновозрастных молодых самок *T. atlanticus* содержали на дисках-высечках фасоли, плавающих в бюксах с водой. Соответственно их располагали в камере термостата с заданными режимами: температуры – 25 °С, относительной влажности воздуха – 70-80%, фотопериодом (L: D) – 16:8 ч. Те же условия были предоставлены половозрелым самкам *T. atlanticus* при оценке их плодovitости на сортах земляники.

Площадь листовой пластинки земляники оценивали по методике *Николенко и Котова* [7] с использованием формулы:

$$S = (ab) \times 1,4,$$

где a и b – длина и ширина листовой пластинки, 1,4 – коэффициент пересчета для сортов земляники.

Важным показателем ассимиляционного аппарата растений является удельная поверхностная плотность листа (УППЛ), которая выражается как сухая масса единицы площади листа. УППЛ свидетельствует о мезоструктурной организации листа, содержании ассимилятов и анатомо-морфологических различиях [14, 15].

Для определения УППЛс помощью листового шлямбура диаметром 1,5 см брали высебки из центральной части листа между жилками. Высебки делали из 25 листьев каждого сорта в 8-кратной повторности и высушивали их до постоянной массы при температуре 100 °С [5]. Также были учтены показатели количества листьев на 1 растении, количества усов на 1 растении и количества розеток на 1 ус в природе на экспериментальном участке (количество повторностей каждого сорта – 25).

Среднесуточную плодовитость *T. atlanticus*, а также сумму яиц, отложенных за определенные промежутки времени, измеряли, культивируя одновозрастных половозрелых самок на листьях тестируемых сортов и фасоли (эталон) в термостате с постоянной температурой 25 °С, относительной влажностью 65-80%, фотопериодом (L: D) 16:8 ч, при этом количество отложенных яиц за первые сутки не учитывалось. Число повторностей (самок) – 12.

За методическую основу прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу брали принципы оптимизации и оптимального управления, когда наиболее надёжным способом нахождения наилучшего варианта является сравнительная оценка всех возможных вариантов (альтернатив) и когда осуществляется выбор наилучшего (оптимального) варианта из множества возможных [8]. При этом биологические показатели исследуемых сортов земляники рассматривались в контексте установления возможных границ изменения переменных и получения экстремальных значений признаков [4].

Полученные данные обрабатывали статистически в рамках однофакторного дисперсионного анализа по критерию Тьюки с использованием программного обеспечения Statistica 5,5, корреляционный анализ осуществляли по программе Microsoft Excel 2007.

Результаты исследования. Биологические показатели 5 сортов земляники, выращиваемых на экспериментальном вегетационном участке, оценивали в 2014-2015 гг. в 25-кратной повторности (повторность – 1 растение) на сортовых делянках, включавших в себя 70 растений; анализируемые растения отбирали рендомизированно. Подсчитывали количество весенних и сменивших их в июле-августе летних листьев, площадь этих листьев, а также показатель УППЛ. Основное внимание уделяли весенним листьям, поскольку именно они ответственны за формирование урожая плодов. Произведены учеты: в 2014 г. весенних листьев – 16-22 июня, летних – 11-17 августа; в 2015 г. – 15-21 июня и 10-16 августа соответственно. Основной сбор плодов осуществлялся в первой половине июля.

Как следует из таблицы 1, в первый год пользования земляники наибольшее количество листьев в расчете на 1 растение оказалось: весенних – у сортов Троицкая, Эльсанта и Торпеда, летних – у сортов Эльсанта и Троицкая; во 2-й год пользования весенних – у сортов Царица, Троицкая и Эльсанта, летних – у сортов Эльсанта, Царица, Торпеда и Троицкая. Наименьшее количество весенних и летних листьев в исследуемые годы было зафиксировано у сорта белоплодной земляники Швед.

Наибольшая площадь листовой пластинки как весенних, так и летних листьев 1-го и 2-го годов пользования зарегистрирована у сорта Эльсанта, наименьшая – у сорта Швед (табл. 1). По количеству усов в расчете на 1 растение и по количеству розеток в расчете на 1 ус в 1-й и 2-й годы пользования существенной разницы по сортам, за исключением варианта Швед в 1-й год пользования, не наблюдалось.

Таблица 1

**Биологические показатели 5 сортов земляники первого года пользования.
Сортовой участок лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва (в среднем на 25 растений)**

Сорт	Количество листьев с раз- вернувшейся пластинкой на 1 растении		Средняя площадь развернувшейся листовой пластинки, см ²		Количество усов на 1 растении в конце сезона	Количество розеток на 1 усе в конце сезона
	весенние листья	летние листья	весенние листья	летние листья		
1-й год пользования						
Торпеда	8,7±0,7 ab*	23,3±0,6 a	74,9±3,1 a	85,1±0,5 a	6,1±0,4 a	2,0±0,2 a
Троицкая	9,8±0,8 b	25,1±0,6 b	83,7±1,5 b	90,4±0,8 b	6,5±0,3 a	2,5 ±0,4 a
Царица	7,8±0,7 a	21,4±1,0 c	94,4±1,5 c	98,2±0,7 c	6,2±0,3 a	2,5±0,2 a
Швед	7,5±0,5 a	18,8±0,8 d	52,8±2,1 d	64,2±1,0 d	5,0±0,2 b	1,8±0,2 a
Эльсанта	9,0±0,7 ab	25,7±0,8 b	109,6±1,2 e	112,4±0,7 e	5,9±0,3 a	2,4±0,2 a
2-й год пользования						
Торпеда	25,6±0,9 a	27,6±0,5 a	110,6±0,7 a	110,2±0,4 a	10,4±0,4 a	2,9±0,2 a
Троицкая	27,2±0,7 b	27,4±0,5 a	109,8±0,8 a	110,1±0,4 a	10,2±0,4 a	2,8 ±0,2 a
Царица	27,4±0,8 b	27,7±0,7 a	110,1±0,7 a	110,2±0,5 a	10,3±0,4 a	2,8±0,1 a
Швед	23,9±0,7 c	24,0±0,5 b	82,5±0,4 b	83,1±0,3 b	9,8±0,4 a	2,5±0,2 a
Эльсанта	26,4±0,8 ab	27,8±0,4 a	113,6±0,5 c	114,6±0,6 c	10,6±0,4 a	2,9±0,2 a

*Здесь и далее в таблицах $\bar{x} \pm SE$.

Таблица 2

**Структурно-функциональные элементы фотосинтетического аппарата
весенних листьев 5 сортов земляники (высечки культуры тканей площадью 1,8 см²)**

Сорт	№	Сырая биомасса листьев, г	Сухая биомасса листьев, г	Сырая биомасса высечек, г	Сухая биомасса высечек, г	УППЛ, г/см ²
Торпеда	25	85,4±0,1 a*	28,3±0,1 a	0,8±0,004 a	0,26625±0,00324 a	13,7±0,1 a
Троицкая	25	91,3±0,2 b	26,8±0,1 b	0,7±0,008 b	0,26375±0,00324 a	11,4±0,2 b
Царица	25	97,8±0,3 c	30,4±0,3 c	0,8±0,007 a	0,27625±0,00324 b	12,2±0,1 c
Швед	25	77,9±0,2 d	23,1±0,2 d	0,8±0,003 a	0,24875±0,00227 c	13,9±0,2 a
Эльсанта	25	98,9±0,1 e	26,7±0,1 b	0,8±0,004 a	0,24±0,00267 d	10,7±0,1 d

* $\bar{x} \pm SE$.

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшая сырая биомасса листьев зарегистрирована у сорта Эльсанта (98,9 г), наименьшая – у сорта Швед (77,9 г). При этом отметим, что между всеми сортами выявлена существенная разница ($P < 0,05$). Наибольшей биомассой сухих листьев обладал сорт Царица (30,4 г), наименьшей – сорт Швед (23,1 г); между остальными сортами существенные различия также имеются. Сырая биомасса высечек (диаметр – 1,5 см) для большей части сортов оказалась одинаковой (0,8 г), кроме сорта Троицкая (0,7 г), у которого она существенно отличалась от других анализируемых. Наиболее высокая сухая биомасса высечек (диаметр – 1,5 см) оказалась у сорта Царица (0,28 г), наименьшая – у сорта Эльсанта (0,23 г). Между сортами Торпеда и Троицкая не зарегистрированы существенные различия ($P > 0,05$), тогда как между остальными сортами они имелись ($P < 0,05$). Показатель УППЛ варьировал от 10,7 до 13,9 г/см². Наиболее плотные по массе весенние листья свойственны сортам Швед (13,9 г/см²) и Торпеда (13,7 г/см²), наименее плотные – сорту Эльсанта (10,7 г/см²). По этому показателю между сортами земляники имелись существенные различия ($P < 0,05$).

Коэффициент корреляции между параметрами «Количество весенних листьев» и «Сырая биомасса листьев» так же, как и в сравнении параметров «Количество весенних листьев» и «Площадь листьев», оказался высоким – 0,865. Между параметрами «Количество весенних листьев» и «УППЛ» выявлена отрицательная значимая корреляция ($r = -0,730$), которая свидетельствует о том, что если сорт отличается малым количеством листьев, то эти листья более плотные, и наоборот. Корреляционное сравнение параметров «Сырая биомасса листьев» и «УППЛ» подтверждает выявленную закономерность ($r = -0,854$).

Для проведения анализа сортов земляники на устойчивость (восприимчивость) к *T. atlanticus* использовали также биологический параметр «Плодовитость фитофага». Помнению акаролога Янги Вренсч [24], изменения в числе произведенного потомства в наибольшей степени зависят от изменения в плодовитости, нежели чем от длительности развития особей преимагинальных стадий.

Данные по оценке сортов земляники на восприимчивость или устойчивость к *T. atlanticus* по среднесуточной и суммарной (за 3 и 6 сут.) плодовитости самок представлены в таблице 3.

Как уже отмечалось, плодовитость фитофага на сортах земляники оценивали, начиная со 2-го дня откладки яиц. Оказалось, что в пределах параметра «Ежесуточная плодовитость» за 3 и 6 сут. коэффициент корреляции (r) оказался равным 0,931, а в пределах параметра «Сумма яиц» за 3 и 6 сут. – 0,99. Из приведенных данных следует, что можно использовать оба выделенных параметра, однако более целесообразным для оценки плодовитости *T. atlanticus* на сортах земляники является параметр «Сумма яиц» за 6 сут. Именно показатель суммы яиц за определенный промежуток времени вместо среднесуточной плодовитости использовал в своих исследованиях по сортовой устойчивости огурца к обыкновенному паутинному клещу известный методолог Де Понти [21].

Результаты наблюдений показали, что суммарная плодовитость *T. atlanticus* за 6 сут. откладки яиц заметно дифференцировалась по сортам. В частности, наибольшая суммарная плодовитость наблюдалась на сорте Троицкая (40,2 яйца), наименьшая – на сортах Эльсанта (32,2 яйца), Торпеда (33,0 яйца) и Швед (34,2 яйца). Однако по этому показателю имеются существенные различия только между сортами Эльсанта и Швед ($P < 0,05$).

Среднесуточная и суммарная плодовитость *T. Atlanticus* на 5 сортах земляники за периоды откладки яиц (температура = $25 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность $65 \pm 3\%$, фотопериод 16:8 ч)

Сорт	Число самок, №	Среднесуточная плодовитость за период откладки яиц, шт.		Сумма отложенных яиц за период, шт.	
		3 сут.	6 сут.	3 сут.	6 сут.
Фасоль (эталон)	12	$5,6 \pm 0,2$ ab*	$7,4 \pm 0,3$ b	$18,1 \pm 0,5$ a	$44,5 \pm 0,5$ a
Торпеда	12	$5,5 \pm 0,3$ ab	$6,1 \pm 0,4$ a	$16,0 \pm 0,7$ b	$33,0 \pm 1,0$ bc
Троицкая	12	$7,3 \pm 0,5$ c	$7,5 \pm 0,5$ b	$18,1 \pm 0,9$ a	$40,2 \pm 2,2$ e
Царица	12	$5,6 \pm 0,2$ ab	$6,8 \pm 0,3$ ab	$17,0 \pm 0,5$ ab	$37,1 \pm 0,4$ d
Швед	12	$5,8 \pm 0,1$ bc	$6,1 \pm 0,3$ a	$17,0 \pm 0,8$ ab	$34,2 \pm 0,5$ c
Эльсанта	12	$4,7 \pm 0,2$ a	$5,7 \pm 0,3$ a	$15,75 \pm 0,5$ b	$32,2 \pm 0,5$ b

* $\bar{x} \pm SE$.

Коэффициент корреляции (r) между параметрами «Площадь листьев» и «Сумма яиц» за 6 сут. оказался равным 0,105, что свидетельствует об отсутствии корреляционной связи между указанными показателями. То же самое касается показателей «УППЛ» и «Сумма яиц» за 6 сут. ($r = -0,25$).

Как уже отмечалось, методической основой прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу служили принципы оптимизации и оптимального управления, когда суть подхода состоит в нахождении и анализе экстремальных значений признаков [4, 8]. В нашей работе этот подход получил оригинальное выражение. В частности, чтобы оценить действие тех или иных факторов (показателей) на устойчивость (восприимчивость) сортов к паутинному клещу, мы произвели ранжирование этих факторов относительно друг друга. Для этого подсчитали средние значения фактора (показателя) и его отклонения по сортам. За положительные качества показателей, ответственных за устойчивость сортов к паутинному клещу, принимали большее количество листьев, большую площадь листовой пластинки, большие значения УППЛ сорта, меньшую плодовитость паутинного клеща. В анализ включали показатели весенних листьев, ответственные, как уже отмечалось, за продуктивность культуры.

За итоговый показатель прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу, основываясь на принципах оптимального управления, взяли сумму отклонений, по которым осуществлено ранжирование сортов земляники. Результаты подсчетов приведены в таблице 4.

Ранжирование исследуемых биологических показателей сортов земляники и паутинного клеща с целью оценки устойчивости сортов к паутинному клещу

Показатель	Сорт	Среднее значение показателя	Отклонения от среднего значения, %
Количество листьев, шт.	Торпеда	26,1	-1,9
	Троицкая		+4,2
	Царица		+5,0
	Швед		-8,4
	Эльсанта		+1,1
Площадь листьев, см ²	Торпеда	105,3	+5,0
	Троицкая		+4,2
	Царица		+4,5
	Швед		-21,6
	Эльсанта		+7,9
УППЛ, г/см ²	Торпеда	12,4	+10,7
	Троицкая		-7,9
	Царица		-1,4
	Швед		+12,3
	Эльсанта		-13,6
Сумма плодовитости паутинного клеща за 6 сут., яиц	Торпеда	35,3	-6,6
	Троицкая		+ 3,7
	Царица		+4,9
	Швед		-3,1
	Эльсанта		-8,9
Сумма показателей	Торпеда		+20,4
	Троицкая		-3,2
	Царица		+3,2
	Швед		-14,5
	Эльсанта		+4,3

При условии равного воздействия каждого выделенного биологического показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительно большой площадью листьев, высокой УППЛ и низким

значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед (отличается, соответственно, в «худшую» сторону на -14,5%). Остальные сорта занимали близкие относительно друг друга позиции.

Поскольку оказалось весьма проблематичным оценить удельную значимость каждого выделенного признака, то в будущем в рамках подобных исследований целесообразно уделить дальнейшее внимание этой проблеме.

Заключение. В работе представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биологических показателей, а также показателя размножения паутинного клеща, ответственных за проявление устойчивости к фитофагу. Предполагалось, что при фиксированной плотности популяции паутинного клеща сорта земляники с более обильными по количеству листьев и по площади листьев, с большей удельной поверхностной плотностью листьев являются более толерантными к вредителю. Сорта, на которых проявилась меньшая плодовитость паутинного клеща, можно оценивать как частично антибиотические.

За методическую основу прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу избрали принципы оптимизации и оптимального управления.

В пределах тестируемого биологического показателя вычислены отклонения от среднего значения по каждому сорту. За итоговый показатель проекционной оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу взята сумма отклонений, по которым проведено ранжирование сортов земляники. При условии равного воздействия каждого выделенного показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительно большой площадью листьев, выраженной УППЛ, и низким значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед, который отличается, соответственно, в худшую сторону на -14,5%. В будущем при проведении подобного рода исследований целесообразно выявлять удельную значимость каждого выделенного показателя устойчивости сорта к фитофагу. Потенциально и показатели, связанные с высокой вегетационной способностью размножения, измеряемой количеством усов на растении и розеток на усе, и, следовательно, формирующие густое проективное покрытие, могут также быть отнесены к элементам толерантности.

При осуществлении прогностической оценки устойчивости сортов к фитофагу целесообразно учитывать и другие дополнительные показатели, в том числе биохимические, значимые для паутинного клеща. Естественно, что при идентификации гена (генов) устойчивости и они должны быть вовлечены в подобную оценку.

Библиографический список

1. Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредным организмам и его биоценотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства // Вестник защиты растений. 2000. № 2. С. 3-15.

2. Вилкова Н.А., Нефедова Л.И. Структурно-функциональная организация иммуногенетической системы мятликовых и ее влияние на взаимосвязи с вредными организмами в агроэкосистемах // Вестник защиты растений. 2015. № 2. С. 13-20.

3. Вилкова Н.А., Фасулати С.Р. Изменчивость и адаптивная микроэволюция насекомых-фитофагов в агробиоценозах в связи с иммуногенетическими свойствами кормовых растений // Труды русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 107-128.
4. Волик Б.Г. Оптимальное управление // Большая Российская энциклопедия. М.: Научное изд-во Большая Российская энциклопедия, 2014. Т. 24. С. 276-277.
5. Миракилов Х.М., Гиясиудинов Б.Б., Абдуллаев Х.А., Каримов Х.Х., Солиева Б.А., Эргашева Э.А., Каспарова И.С. Удельная поверхностная плотность листа стародавних и современных сортов тонковолокнистого хлопчатника // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2013. Вып. № 3. Т. 56. С. 250-255.
6. Митрофанов В.И., Стрункова З.И., Лившиц И.З. Определитель тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран. Душанбе: Дониш, 1987. 224 с.
7. Николенко В.В., Котов С.Ф. Метод определения площади листовой поверхности декоративных сортов земляники // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2010. Вып. 2. С. 99-105.
8. Оптимизация // Большая Российская энциклопедия. М.: Научное изд-во Большая Российская энциклопедия, 2014. Т. 24. С. 278.
9. Попов С.Я. Растительоядные клещи в защищенном грунте // Защита растений. 1988. № 1. С. 46-48.
10. Попов С.Я. К идентификации местообитаний паутиных клещей (Acariformes, Tetranychidae) по биологическим показателям // Зоологический журнал. 1994. Т. 73. Вып. 7-8. С. 31-41.
11. Попов С.Я. Экологические основы ограничения численности и вредности основных вредителей плодоносящей земляники: малинно-земляничного долгоносика и паутиных клещей: Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. М.: Изд-во МСХА, 1997. 36 с.
12. Попов С.Я. Таксономический статус ряда видов паутиных клещей рода *Tetranychus* (Acari, Tetranychidae) и репродуктивные барьеры при скрещивании морфологически близких и отдаленных видов // Экологические аспекты ограничения вредности популяций насекомых и клещей: Сб. статей. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. С. 224-259.
13. Попов С.Я., Слотин В.В., Борисов А.В., Кондряков А.В. Оценка устойчивости сортов и гибридов огурца к атлантическому паутиному клещу // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2009. Вып. 3. С. 110-122.
14. Русакова Е.Л. Оценка физиологического состояния травянистых растений, произрастающих в зоне влияния прудов-накопителей АО «Каустик» // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2005. № 4. С. 73-78.
15. Федоряко Н.И. Морфобиологические особенности и математическая интерпретация параметров листьев сортов земляники в условиях ЦЧР: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2004. 22 с.
16. Шапиро И.Д. Иммуниетет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: Зоологический институт, 1985. 321 с.
17. Gunsor F.A., Hutchins R.F.N. Absence of farnesol in strawberry and hop foliage // J. Chem. Ecol. 1982. V. 8. № 4. P. 785-796.
18. Monteiro L.B., Kuhn T., Mogor A.F., Silva E.D.B. Biology of the two-spotted spider mite on strawberry plants // Neotropical Entomology. 2014. V. 43. № 2. P. 183-188.
19. Nyoike T.W., Liburd O.E. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North-Central Florida // Journal of Economic Entomology. 2013. V. 106. № 4. P. 1757-1766.
20. Oatman E.R., McMurtry J.A. Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry in southern California // Journal of economic entomology. 1966. V. 59. № 2. P. 433-439.
21. Ponti O.M.B., de. Search for sources of resistance // Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch // Euphytica. 1978. V. 27. P. 167-176.
22. Renquist A.R., Breen P.J., Martin L.W. Stomatal behavior and leaf water status of strawberry in different growth environments // Scientia Horticulturae. 1982. V. 18. P. 101-110.

23. Tehri K., Gulati R., Geroh M. Host plant responses, biotic stress and management strategies for the control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) // *Agricultural Reviews*. 2014. V. 35. № 4. P. 250-260.

24. Young S.S.Y., Wrensch D.L. Relative influence of fitness components on total fitness of the two-spotted spider mite in different environments // *Environ. Entomol.*, 1981. V. 10. P. 1-5.

25. Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L., Wang L. Comparison of aroma compounds of 3 newly-released strawberry cultivars and their parents // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Berries: From Genomics to Sustainable Production, Quality and Health. 2012. P. 73-78.

26. Электронный ресурс Internet: [www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlantspdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlantspdf).

PROGNOSTIC ESTIMATION OF STRAWBERRY VARIETIES FOR RESISTANCE (SUSCEPTIBILITY) TO STRAWBERRY SPIDER MITE

S.YA. POPOV, E.K. PONOMARENKO

Russian Timiryazev State Agrarian University

A methodological approach, based on the projection evaluation of strawberry varieties was presented in accordance to their basic biological traits, as well as to the reproduction index of strawberry spider mite, Tetranychus atlanticus, that can demonstrate resistance (susceptibility) to phytophagan. The study included 5 varieties of strawberries: Torpeda, Troitskaya, Tsaritsa, Swede and Elsanta. Quantitative biological responses associated with leaves (number of spring and summer leaves per plant, leaf surface area, specific leaf area) were calculated to characterize their resistance (susceptibility) during 2 following years, as well as phytophagan fecundity for 6 days under optimal laboratory conditions. Relative resistant (tolerance) varieties were accepted those which had larger number of leaves, larger leaf surface area, larger specific leaf area, and where less fecundity of a strawberry spider mite was realized. It was found that correlation coefficient (r) between traits «Number of spring leaves per plant» and «Fresh leaf biomass» was 0.865, between traits «Number of spring leaves per plant» and «Leaf surface area» – 0.838. Negative correlation coefficient was found between traits «Number of spring leaves per plant» and «Specific leaf area» ($r = -0.730$); it showed that if the variety had a small number of leaves, than leaves had larger specific leaf area, and vice versa. Comparison between traits «Fresh leaf biomass» and «Specific leaf area», where correlation coefficient (r) was -0.854 , confirmed the correlation pattern. As metrological base of prognostic estimation of strawberry varieties for resistance (susceptibility) to strawberry spider mite were taken principles of optimization and optimal management, when the biological indexes were presented to establish of possible ranges of variables resistance and to get extreme trait values. Deviations from average value for each variety were calculated within tested index. Basing on principles of optimal management, the sum of deviations from the mean values was taken to calculate total index of the prognostic estimation of strawberry varieties on resistance (susceptibility) to strawberry spider mite was taken. The varieties of strawberry were ranged in accordance to the sum of deviations. Assuming equal exposure to each variety according to strawberry spider mite it was found that the most resistant (tolerance) variety was Torpeda, that had larger leaf surface area, obvious specific leaf area, and low fecundity of strawberry spider mite on the leaf (the total difference from mean value was +20.4%). The least resistant (tolerance) variety was

Swede (the total difference from mean value was -14.5%). It would be advisable to find specific importance of each tested trait responsible for resistant to phytophagen under conducting the same investigation in future.

Key words: spider mites, *Tetranychus*, strawberry varieties, resistance (susceptibility) of varieties, prognostic estimation.

References

1. *Vilkova N.A.* Immunitet rasteniy k vrednym organizmam i ego biotsenoticheskoe znachenie v stabilizatsii agroekosistem i povyshenii ustoychivosti rastenievodstva // Vestnik zashchity rasteniy. 2000. № 2. P. 3-15.
2. *Vilkova N.A., Nefedova L.I.* Strukturno-funktsional'naya organizatsiya immunogeneticheskoy sistemy myatlikovyh i ee vliyanie na vzaimosvyazi s vrednymi organizmami v agroekosistemah // Vestnik zashchity rasteniy. 2015. № 2. P. 13-20.
3. *Vilkova N.A., Fasulati S.R.* Izmenchivost i adaptivnaya mikroevolyutsiya nasekomyh-fitofagov v agrobiotsenozah v svyazi s immunogeneticheskimi svoystvami kormovyh rasteniy // Trudy russkogo entomologicheskogo obshchestva. 2001. T. 72. P. 107-128.
4. *Volik B.G.* Optimal'noe upravlenie // Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya. M.: Nauchnoe izd-vo Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya, 2014. T. 24. P. 276-277.
5. *Mirakilov Kh.M., Giyasidinov B.B., Abdulaeva Kh.A., Kharimov Kh. Kh., Solieva B.A., Ergasheva E.A., Kasparova I.S.* Udelnaya poverhnostnaya plotnost lista starodavnyh i sovremennyh sortov tonkovochnistogo khlopchatnika // Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. 2013. № 3. T. 56. P. 250-255.
6. *Mitrofanov V.I., Strunkova Z.I., Livshits I.Z.* Opredelitel tetranikhovyh kleshchey fauny SSSR i sopredel'nyh stran. Dushanbe: Donish. 1987. 224 p.
7. *Nikolenko V.V., Kotov S.F.* Metod opredeleniya ploshchadi listovoy poverhnosti dekorativnyh sortov zemlyaniki // Ekosistemy, ih optimizatsiya i ohrana. 2010. Vyp. 2. P. 99-105.
8. Optimizatsiya // Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya. M.: Nauchnoe izd-vo Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya, 204. T. 24. P. 278.
9. *Popov S.Ya.* Rastitel'noyadnie kleshchi v zashchishchennom grunte // Zashchita rasteniy. 1988. № 1. P. 46-48.
10. *Popov S.Ya.* K identifikatsii mestoobitaniy pautinnyh kleshchey (Acariformes, Tetranychidae) po biologicheskim pokazatelyam // Zoologicheskii zhurnal. 1994. T. 73. Vyp. 7-8. P. 31-41.
11. *Popov S.Ya.* Ekologicheskie osnovy ogranicheniya chislennosti osnovnyh vreditel'ey plodonosyashchey zemlyaniki: malinno-zemlyanichnaya diagnostika i pautinnyh kleshchey: Avtoref. diss. ... dokt. biolog. nauk. M.: Izd-vo MSHA, 1997. 36 p.
12. *Popov S.Ya.* Taksonomicheskii status ryada vidov pautinnyh kleshchey roda *Tetranychus* (Acari, Tetranychidae) i reproduktivnye bar'ery pri skreshchivanii morfoloicheski blizkiyh i ot-dalennyh vidov // Popov S.Ya. Ekologicheskie aspekty ogranicheniya vredenostnosti populyatsiy nasekomyh i kleshchey: sb. statey. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2013. P. 224-259.
13. *Popov S.Ya., Slotin V.V., Borisov A.V., Kondryakov A.V.* Otsenka ustoychivosti sortov i gibridov ogurtsa k atlanticheskomu pautinnomu kleshchyu // Izvestiya Timiryazevskoy Selsko-chozyaistvennoy akademii. 2009. Vyp. 3. P. 110-122.
14. *Rusakova E.L.* Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya travyanistykh rasteniy, proizrastayushchih v zone vliyaniya prudov-nakopiteley AO «Kaustik» // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2005. № 4. P. 73-78.
15. *Fedoryako N.I.* Morfobiologicheskie osobennosti i matematicheskaya interpretatsiya parametrov listyev sortov zemlyaniki v usloviyah TSCHR: avtoref. dis. na soiskanie uch. step. kand. s. – h. nauk: spets. 06.01.05. «Seleksiya i semenovodstvo» // N.I. Fedoryako. Mitchurinsk. 2004. 22 p.
16. *Shapiro I.D.* Immunitet polevykh kul'tur k nasekomym i kleshcham. L.: Zoologicheskii institute, 1985. 321 p.

17. Gunsor F.A., Hutchins R.F.N. Absence of farnesol in strawberry and hop foliage // J. Chem. Ecol. 1982. V. 8. № 4. P. 785-796.
18. Monteiro L.B., Kuhn T., Mogor A.F., Silva E.D.B. Biology of the two-spotted spider mite on strawberry plants // Neotropical Entomology. 2014. V. 43. № 2. P. 183-188.
19. Nyoike T.W., Liburd O.E. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North–Central Florida // Journal of Economic Entomology. 2013. V. 106. № 4. P. 1757-1766.
20. Oatman E.R., McMurtry J.A. Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry in southern California // Journal of economic entomology. 1966. V. 59. № 2. P. 433-439.
21. Ponti O.M.B., de. Search for sources of resistance // Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch // Euphytica. 1978. V. 27. P. 167-176.
22. Renquist A.R., Breen P.J., Martin L.W. Stomatal behavior and leaf water status of strawberry in different growth environments // Scientia Horticulturae. 1982. V. 18. P. 101-110.
23. Tehri K., Gulati R., Geroh M. Host plant responses, biotic stress and management strategies for the control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) // Agricultural Reviews. 2014. V. 35. № 4. P. 250-260.
24. Young S.S.Y., Wrensch D.L. Relative influence of fitness components on total fitness of the two-spotted spider mite in different environments // Environ. Entomol., 1981. V. 10. P. 1-5.
25. Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L., Wang L. Comparison of aroma compounds of 3 newly-released strawberry cultivars and their parents // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Berries: From Genomics to Sustainable Production, Quality and Health. 2012. P. 73-78.
26. Resource in the Internet: [www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf).

Попов Сергей Яковлевич – д.б.н., проф., зав. кафедрой защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: sergei_ya_popov@mail.ru

Пономаренко Екатерина Константиновна – аспирант кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: ekaterinannov200@gmail.com.

Popov Sergei Yakovlevich – Head of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: sergei_ya_popov@mail.ru).

Ponomarenko Ekaterina Konstantinovna – post graduate student of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: ekaterinannov200@gmail.com.