

УДК 634.11: 631.524.85

А. Н. Юшков, к.с.-х.н.

Н. В. Борзых, к.с.-х.н.

А. С. Земисов, к.с.-х.н.



ФГБНУ «ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина», Россия, Мичуринск

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИСХОДНЫХ ФОРМ ЯБЛОНИ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ

Аннотация

На основе мониторинга и моделирования ряда абиотических стрессоров проведена оценка устойчивости исходных форм яблони к экстремально низким и высоким температурам, недостатку влаги. С использованием методов многомерного статистического анализа выявлен общий потенциал зимостойкости около ста сортов с учетом основных ее компонентов.

В результате изучения динамики показателей водного режима в моделируемых условиях обезвоживания и перегрева выделены генотипы яблони с высоким уровнем жаро- и засухоустойчивости. Предложено использование комплексного параметра в качестве диагностического критерия устойчивости яблони к недостатку влаги и высоким температурам.

Для практического использования в селекции и производстве выделены сорта и формы яблони с высоким уровнем устойчивости к абиотическим стрессорам.

Ключевые слова: яблоня, селекция, морозоустойчивость, засухоустойчивость, жаростойкость

UDC 634.11: 631.524.85

A. N. Yushkov, candidate of agricultural sciences

N. V. Borzykh, candidate of agricultural sciences

A. S. Zemisov, candidate of agricultural sciences

All Russian Research Institute for Genetics and Breeding of Fruit Plants, Russia, Michurinsk

APPLE INITIAL FORMS AND THEIR ESTIMATION FOR RESISTANCE ABIOTIC STRESSORS

Abstract

On the base of monitoring and modeling of some abiotic stressors, the initial apple forms were estimated to extremely low high temperatures and moisture deficit. Using methods of multivariate statistical analysis enabled to reveal general potential of winter resistance within 100 varieties. Winter resistance components were taken into account.

As a result of study of water regime dynamics indices in modelled condition of dehydration and overheat apple genotypes with high level of heat-and drought resistance isolated. Complex parameter was proposed as diagnostic criterion of resistance to moisture deficit and high temperatures.

Apple varieties and forms with high resistance to abiotic stressors were developed for practical utilization in breeding and industrial plantations.

Key words: apple, varieties, breeding, frost-resistance, drought-resistance, high-resistance, components

Введение

В условиях глобальной дестабилизации климата, увеличения интенсивности и частоты экстремальных природных явлений, возделываемые культуры подвергаются усиливающемуся воздействию стрессовых факторов, препятствующих реализации потенциала продуктивности и вызывающих серьезные экономические потери.

Под влиянием стрессоров протекание физиологических процессов снижается до пороговых значений, не обеспечивающих нормальное функционирование организма. Чаще в качестве лимитирующих продуктивность факторов выступают недостаточное увлажнение, критические высокие или низкие температуры. Так, согласно очередному докладу межправительственной группы экспертов по изменению климата [3] экстремальные суточные максимальные температуры, наблюдаемые раз в 20 лет (т.е. величина, которая превышалась в среднем только один раз в период 1981...2000 гг.), возрастут, вероятно, почти на 2...3°C к середине XXI века и почти на 2...5°C к концу XXI века, в зависимости от региона и сценария выбросов. В настоящее время засухам подвержены около 26% пахотных земель нашей планеты [6]. В 2010 г. повышенная инсоляция в сочетании с воздушной засухой и дефицитом почвенной влаги привели резкому снижению ростовых процессов, серьезному повреждению фотосинтетического аппарата, массовому перезреванию и осыпанию плодов и практически полной потере урожая у многих сортов плодовых культур.

В складывающейся ситуации перед селекционерами стоит задача повышения адаптивного потенциала агроценозов на основе создания новых экологически пластичных генотипов в меньшей степени зависящих от погодных флуктуаций.

Материалы и методика исследований

Объектами исследований являлись около 100 исходных форм яблони различного эколого-географического происхождения (дикие виды яблони, сорта народной и отечественной селекции, интродуцированные зарубежные сорта).

Искусственное промораживание проводилось согласно методическим рекомендациям, разработанным М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой [10] в низкотемпературной установке НС 280/75 (Фригера). Режимы промораживаний:

- устойчивость к ранним морозам в осенне-зимний период – закалка при -5...-10°C (I компонент), промораживание при температуре -30°C;
- максимальная морозостойкость в середине зимовки (II компонент) – закалка при -5...-10°C, промораживание при -40°C;
- устойчивость к резким перепадам температуры после оттепели (III компонент) – оттепель +3°C в течение 5 дней, промораживание при -28°C;
- способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей (IV компонент) – промораживание при -35°C после оттепели +3°C в течение 5 дней и повторной закалки. Оттаивание проводили в течение 24 часов при скорости повышения температуры 3,5°C в час. Промороженные однолетние побеги помещали в сосуды с водой на 14...20 дней для отращивания.

Оценка исходных форм по устойчивости к воздействию высоких температур и недостатку влаги проводилась по водоудерживающей способности листьев (потеря воды – ПВ) при моделировании воздействия теплового шока (ТШ) и обезвоживания, степени восстановления оводненности (СВО), остаточному водному дефициту. Моделирование условий засухи проводилось в камере искусственного климата с учетом освещенности (около 10000 лк), что соответствует естественному освещению в солнечный день в тени [1, 4, 5, 7, 8].

Данные были обработаны методами дисперсионного, кластерного анализов с

использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007; Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

На основе анализа многолетних данных по изменчивости температур в условиях г. Мичуринска можно выделить две устойчивые тенденции – постоянное с 1991 года (исключая 1993 и 1994 годы) превышение многолетних показателей (4,9°C), среднегодовой температуры (в значительной степени за счет потепления зимних месяцев) и увеличение числа дней со среднесуточной положительной температурой (оттепелей) в зимне-весенний период [9]. Несмотря на наблюдаемое общее потепление климата, отмечаются и критически низкие температуры в середине зимовки. Абсолютные минимумы температур по месяцам (г. Тамбов): ноябрь – -29,3°C (1998 г.), декабрь – -36,1°C (1978 г.), январь – -38,0°C (2006 г.), февраль – -36,9°C (1956 г.), март – -30,4°C (1964 г.) [11]. Для подобных условий в соответствии с комплексом повреждающих факторов зимнего периода была разработана «модель» зимостойкого сорта, имеющего потенциал устойчивости по ее компонентам как у лучших существующих сортов. С учетом некоторого «запаса прочности» данная «модель» должна обладать устойчивостью к ранним морозам в начале зимы в -30°C, максимальной морозостойкостью в -40°C, не повреждаться после оттепелей при -28°C и при повторной закалке после оттепели при -35°C.

Для общей характеристики по зимостойкости изученные генотипы и «модель» сорта были описаны по 16 признакам (балл повреждения коры, камбия, древесины и почек по каждому из четырех компонентов зимостойкости). Так как результаты оценки повреждений были выражены в баллах, все данные преобразовывались по формуле: $X_1 = \sqrt{1+X}$ [10]. Известно, что физиологическая значимость различных тканей неодинакова, это необходимо учитывать при получении общей оценки повреждения сорта. Для этого был использован подход, предложенный А.И. Бутенко с сотр. [2] при разработке компьютерного метода оценки повреждений побегов. Для каждой ткани вводится свой условный коэффициент: для коры – 6, для камбия – 9, для древесины с учетом перимедулярной зоны – 4, для почек – 8. Чтобы получить нормированный вектор весов каждый из этих коэффициентов поделили на их сумму. В результате коэффициенты весов для каждого из изученных признаков составили: кора – 0,222, камбий – 0,333, древесина – 0,148, почки – 0,296.

Оценка по комплексу признаков методом кластерного анализа с учетом весов каждого из них позволила выявить степень сходства изученных генотипов с «моделью» сорта и разделить их по степени общей зимостойкости на четыре группы. Наиболее близкий показатель квадрата евклидова расстояния отмечен у сорта Аленушка (0,16). Аналогичная степень устойчивости (квадрат евклидова расстояния не более 1,0) выявлена у сортов Серебряное копытце, Чудное, Коричное полосатое, Десертное Будаговского, Алтайское нарядное, Скала, Успенское, Налив розовый, Приземленное, Керр, Кандиль новый, Летнее алое.

Не менее важным фактором, определяющим степень реализации биологического потенциала растений, является уровень устойчивости плодовых растений к негативному воздействию высоких температур и недостатку влаги.

В результате проведенных исследований установлено, что в первые 2 часа завядания листья изученных сортов и форм теряли от 17,2 до 49,5% воды. Максимальной водоудерживающей способностью отличалась форма Гала.

Высоким значением этого показателя (20,8...26,6%) характеризовались также Rouville, Galarina, Ришелье, Лучистое. Сорта Кубаночка, Таежное, Коваленковское, Степное потеряли за указанный период не более 30% воды. Водопотеря у листьев

форм Лето красное, Антоновка обыкновенная, Frostbite, Имант, Делишес Марии, Пасхальное и др. была более значительной и составила от 32,1 до 44,2%. Низкая водоудерживающая способность (потеря воды более 45%) отмечена у сортов Успенское и Алтайское пурпуровое.

По степени восстановления оводненности выделялись сорта и формы Rouville, Ришелье, Galarina, Лето красное, Кубаночка, Лучистое, Пасхальное, Коваленковское, которые восстанавливали всю воду, потерянную при выветривании. Сорта Гала, Honey Crisp, Frostbite также отличались высокими значениями этого показателя (75,9...96,2%). Менее 67% испаренной воды восстанавливали формы Делишес Марии, Таежное, Имант, Степное. Сорта и формы Антоновка обыкновенная, Успенское, Алтайское пурпуровое, Память есаула характеризовались низкими значениями указанного показателя.

При моделировании теплового шока (50°C, 30 минут, 20000 лк) изученные генотипы теряли от 10,0 до 62,0% воды. Минимальное количество воды (10% от массы сырой навески) испаряли листья сорта Гала. Относительно высокой (20,3...30,3%) была водоудерживающая способность и у форм Таежное, Пасхальное, Лучистое, Имант.

Высокой степенью восстановления оводненности листьев после теплового шока характеризовались сорта Гала, Таежное, Антоновка обыкновенная, Имант, Делишес Марии, Память есаула, Кубаночка, Успенское, которые после насыщения полностью восстанавливали потерянную воду. Высокими значениями этого показателя отличались и Лучистое, Пасхальное, Rouville.

При оценке состояния растений в полевых условиях важной характеристикой засухоустойчивости является водный дефицит (недостаток воды, который существует в листьях растений в природе). Минимальные значения отмечены у сортов Кубаночка и Гала (6,3...6,4%). Относительно небольшой (7,2...8,0%) водный дефицит в полевых условиях наблюдался также у сортов и форм Успенское, Коваленковское, Rouville, Степное. Высоким водным дефицитом (более 11%) характеризовались сорта Лучистое, Honey Crisp, Имант, Frostbite, Антоновка обыкновенная.

Для каждого изученного генотипа были получены данные по пяти показателям, каждый из которых характеризует засухо- и жароустойчивость. Однако общую оценку засухоустойчивости сортов с учетом всех изученных признаков провести сложно. Для сравнения этих разнотипных показателей была использована методика ранжирования – т.е. нахождение рангов всех показателей и сопоставление не самих показателей, а их рангов. Каждый показатель был ранжирован по 4-х балльной шкале – высокоустойчивые, устойчивые, среднеустойчивые, неустойчивые. Суммирование рангов и расположение их в порядке возрастания позволило распределить все изученные генотипы по степени уменьшения общей засухоустойчивости.

Исходя из полученных данных, наибольшей засухоустойчивостью характеризуются сорта и формы Гала, Кубаночка, Rouville, наименьшей – Алтайское пурпуровое, Honey Crisp, Frostbite.

Проведенный корреляционный анализ указанных параметров выявил положительную достоверную ($P < 0,05$) зависимость показателя суммы рангов от потери воды (коэффициент корреляции: 0,762 после выветривания, 0,661 после теплового шока) и отрицательную достоверную ($P < 0,05$) его зависимость от степени восстановления оводненности (коэффициент корреляции: -0,553 после выветривания и -0,563 после теплового шока). Отмечено также наличие корреляционной связи между показателем суммы рангов и водным дефицитом.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований выявлен потенциал устойчивости сортов и форм яблони по четырем компонентам зимостойкости. С помощью методов кластерного анализа выявлены сорта яблони, наиболее близкие по комплексу компонентов зимостойкости к разработанной «модели» сорта: Аленушка, Серебряное копытце, Чудное, Коричное полосатое, Десертное Будаговского, Алтайское нарядное, Скала, Успенское, Налив розовый, Приземленное, Керр, Кандиль новый, Летнее алое.

В результате оценки компонентов водного режима сортов и форм яблони в моделируемых условиях обезвоживания и перегрева с использованием их ранжирования выделены сорта и формы яблони с высоким уровнем жаро- и засухоустойчивости: Гала, Rouville, Кубаночка, Таежное. Выявлена относительно высокая и достоверная корреляционная связь показателя суммы рангов с потерей воды и степенью восстановления оводненности.

Литература

1. Будаговский, А. В. Новый методический подход к оценке жаростойкости плодовых растений / А. В. Будаговский, М. Л. Дубровский, М. Ю. Пимкин, О. Н. Будаговская, А. И. Миляев // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы VIII Междунар. науч. конф. – Брянск, 2011. С. 317-319.
2. Бутенко А.И. Автоматизация оценивания степени повреждения тканей и почек сортов яблони при искусственном промораживании / А.И. Бутенко, Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, Н.В. Жукова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. №2. Т2. С.43-49.
3. Доклад Первой рабочей группы Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC, 5AR, WG1), 2013. 51с.
4. Еремеев, Г. Н. Методы оценки засухоустойчивости плодовых культур // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Под ред. Г.В. Удовенко. – Л., 1976. С. 101-115.
5. Еремин, Г. В. Изучение жаро- и засухоустойчивости сортов // Программа и методика сортоизучения плодовых и ягодных культур / Г. В. Еремин, Т. А. Гасанова. – Орел, 1999. С.80-85.
6. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) растений / А. А. Жученко. – Москва: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. – Т. II. – 708 с.
7. Кушниренко, М. Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М. Д. Кушниренко, С. М. Печерская. – Кишинев, 1991. 304с.
8. Леонченко, В. Г. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов (Методические рекомендации) / В. Г. Леонченко, Р. П. Евсеева, Е. В. Жбанова, Т. А. Черенкова. – Мичуринск, 2007. 72 с.
9. Савельев, Н. И. Анализ метеофакторов, дестабилизирующих реализацию биопотенциала плодовых в условиях Тамбовской области / Н. И. Савельев, А. Н. Юшков, А. В. Кружков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. №04(068). С. 550-562.
10. Тюрина, М. М. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях: метод. указания / М. М. Тюрина, Г. А. Гоголева [и др.]. 2002. 120 с.

11. www.pogoda.ru.

References

1. Budagovskii A.V., Dubrovskii M.L., Pimkin M.Yu., Budagovskaya O.N., Milyaev A.I. (2011): A new methodical approach towards the estimation of heat resistance of fruit plants. In: Proc. VIII Int. Sci. Conf. Agroecological aspects of stable development of AIC. Bryansk. 317-319. (In Russian).
2. Butenko A.I., Savelyev N.I., Yushkov A.N., Zhukova N.V. (2008): Automation of Evaluation of Damage Rate of Tissue and Buds of Apple Cultivars under Artificial Exposition to Frost. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 2(2): 43-49. (In Russian).
3. IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,
4. Ereemeev G.N. Udovenko G.V. (1976): Methods of evaluation of drought resistance of fruit crops. In: Udovenko G.V. (ed.) Methods of evaluation of plant resistance to unfavorable environmental conditions. Leningrad, Kolos. 101-115. (In Russian).
5. Eremin G.V., Gasanova T.A. (1999): Study of heat and drought resistance of cultivars. In: Sedov E.N. Ogoltsova T.P. (ed.) Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops. Orel, VNIISPK. 80-85. (in Russian).
6. Zhuchenko A.A. (2001): Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis), Vol.2. Moscow, People's Friendship University of Russia. (in Russian).
7. Kushnirenko M.D., Pecherskaya S.M. (1991): Physiology of plant water exchange and drought resistance. Kishinev, Shtiintsa. (In Russian).
8. Leonchenko V.G., Evseyeva R.P., Zhbanova E.V., Cherenkova T.A. (2007): The Preliminary Selection of Promising Genotypes of Fruit Plants for Ecological Resistance and Biochemical Value of Fruit. Methodical recommendations. Michurinsk-Naukograd. (In Russian).
9. Savelyev N.I., Yushkov A.N., Kruzhkov A.V. (2011): Analysis of meteofactors destabilizing the realization of fruit crop biopotential in Tambov region conditions. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 68(4): 550-562. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/48.pdf> (In Russian).
10. Tyurina M.M., Gogleva G.A. (et al. ed.) (2002): The estimation of fruit and berry crop resistance to the stressors of a cold year period in the field and controlled conditions: Methodical instructions. Moscow, VSTISP. (In Russian).
11. www.pogoda.ru.