

УДК 581 : 576.5 : 634.224

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ЯБЛОНИ  
С РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ПАРШЕ  
В УСЛОВИЯХ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА\***

**Ненько Н.И., д-р с.-х. наук, Киселева Г.К., канд. биол. наук,  
Ульяновская Е.В., д-р с.-х. наук, Караваева А.В., Шестакова В.В., канд. с.-х. наук**  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский  
зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства»  
(Краснодар)*

**Реферат.** Представлены результаты исследований иммунных и не иммунных к парше сортов яблони по физиолого-биохимическим параметрам листового аппарата в условиях летнего периода. Выявлены наиболее значимые показатели, обуславливающие иммунную устойчивость растений яблони к парше. Выделены сорта яблони, устойчивые к воздействию стрессоров летнего периода, представляющие интерес для производства и импортозамещения плодовой продукции.

**Ключевые слова:** яблоня, засухоустойчивость, парша, физиолого-биохимические показатели

**Summary.** The results of study of immune and not immune to scab apple varieties on the physiological and biochemical parameters of foliage in summer period are present. The most significant indicators, causing the immune resistance of plants to apple scab are revealed. The apple cultivars, resistant to the stressors of summer period interesting to production and import substitution of fruit products.

**Key words:** apple-tree, drought tolerance, scab, physiological and biochemical indexes

**Введение.** Природно-климатические условия Северо-Кавказского региона России благоприятствуют выращиванию высококачественных плодов яблони, способных выдерживать конкуренцию на международном рынке. В то же время получение стабильных высоких урожаев ограничивается участвовавшими эпифитотиями болезней, в частности парши, и засухами на фоне высоких критических температур [1-3]. В связи с этим для производства и импортозамещения плодовой продукции особую значимость приобретают засухоустойчивые иммунные к парше сорта яблони.

Цель настоящей работы – по физиолого-биохимическим параметрам листового аппарата провести сравнительную оценку устойчивости иммунных и не иммунных к парше сортов яблони к засухе, и выявить сорта, перспективные для возделывания в Северо-Кавказском регионе.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили в 2013-2015 гг. на базе ЗАО ОПХ «Центральное» СКЗНИИСиВ (Краснодар). Объектами исследования служили сорта яблони с различной устойчивостью к парше: иммунные – Рассвет, Фортуна, Союз, Дейтон, Лигол и не иммунные – Родничок, Эрли Мак, Айдаред, Прикубанское.

Использованы современные высокоточные физиолого-биохимические методы исследования с применением высокоэффективного аналитического оборудования по соответствующим методикам [4-7]. Полученные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [8].

---

\* Поддержано грантом №16-44-230077 р\_юг\_а Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Краснодарского края

**Обсуждение результатов.** Летние периоды 2013-2015 гг. в ареале исследования были жаркими: температура воздуха в июле и августе 2013-2014 гг. – 35-37°C; в 2015 г. – 38-39°C. Количество осадков в августе по сравнению с июнем и июлем снижалось, и в августе 2014-2015 гг. отмечалась засуха, возникающая как результат достаточно длительного отсутствия атмосферных осадков, сопровождавшаяся высокой температурой воздуха и солнечной инсоляцией. Сорта яблони, устойчивые к засухе, при нарастающем обезвоживании тканей имеют биохимические механизмы защиты, способствующие поддержанию достаточно высокого уровня физиологических процессов. Однако, грибная инфекция парши, поражая лист, вызывает замедление ассимиляционных процессов, и, как следствие, снижает устойчивость растений яблони к засухе [9, 10].

В условиях летнего периода 2013-2015 гг. у изучаемых сортов яблони оводненность листового аппарата в большей мере лимитировалась средней температурой воздуха (Ккоррел. = - 0,45 ÷ -0,99) и количеством выпавших осадков (Ккоррел = 0,99-1) (рис. 1).

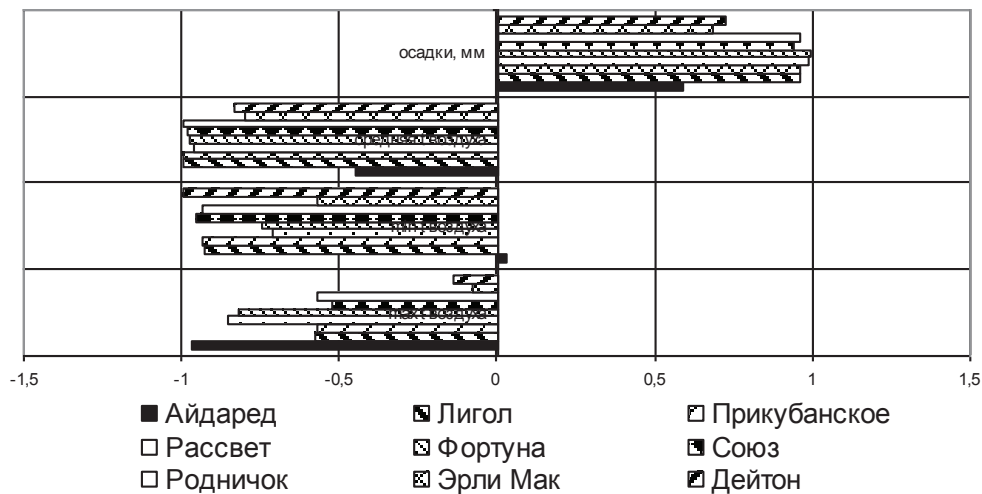


Рис. 1. Зависимость оводненности листового аппарата яблони от гидротермических условий летнего периода 2013-2015 гг.

В августе 2015 года отмечалось уменьшение содержания связанной формы воды в листьях яблони сортов Лигол, Союз и Дейтон и увеличение этого показателя у сортов Айдаред, Прикубанское, Рассвет, Родничок, Фортуна, что характеризует последние как более засухоустойчивые в условиях низкой влагообеспеченности (рис. 2).

У сортов Лигол, Союз, Эрли Мак и Дейтон содержание связанной формы воды в листьях коррелировало (Ккоррел. = 0,75, 0,94, 0,67, 0,73, соответственно) с содержанием сахарозы, которое было выше, чем у других изучаемых сортов. У сорта Прикубанское содержание связанной воды коррелировало как с содержанием сахарозы, так и пролина (Ккоррел. = 0,46 и 0,97, соответственно).

Адаптация растений к засушливым условиям возделывания достигается также увеличением содержания пролина в тканях. Свободный пролин при стрессовых условиях обладает полифункциональным эффектом, который проявляется не только в осморегуляторной, но также и в антиоксидантной, энергетической и других функциях, обеспечивающих поддержание клеточного гомеостаза [11].

В августе, в сравнении с июлем, у сорта яблони Лигол отмечалось увеличение содержания пролина в 5,2 раза, что свидетельствует об адаптации этого сорта к засухе и экстремально высокой температуре (рис. 3).

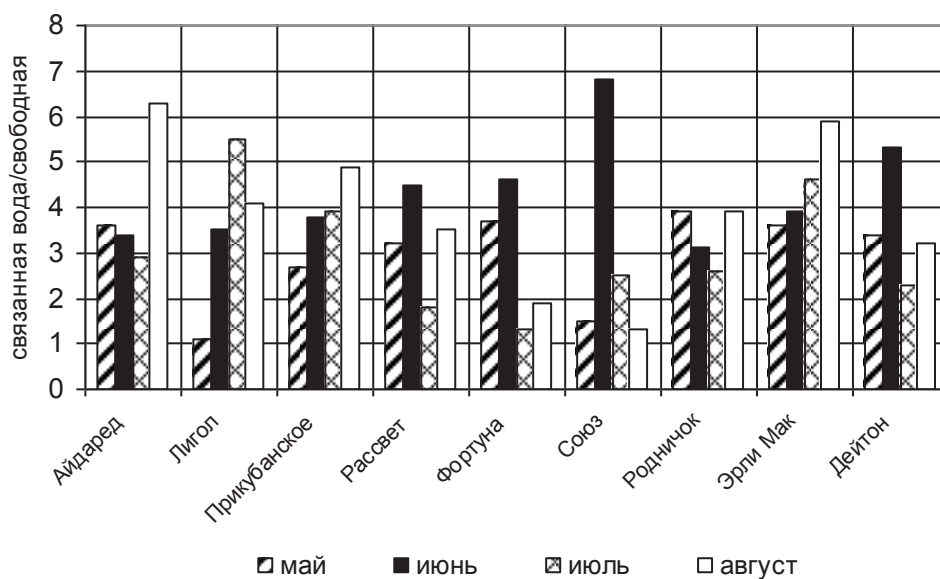


Рис. 2. Динамика отношения содержания связанной воды к свободной в листьях яблони в условиях летнего вегетационного периода 2013-2015 гг.

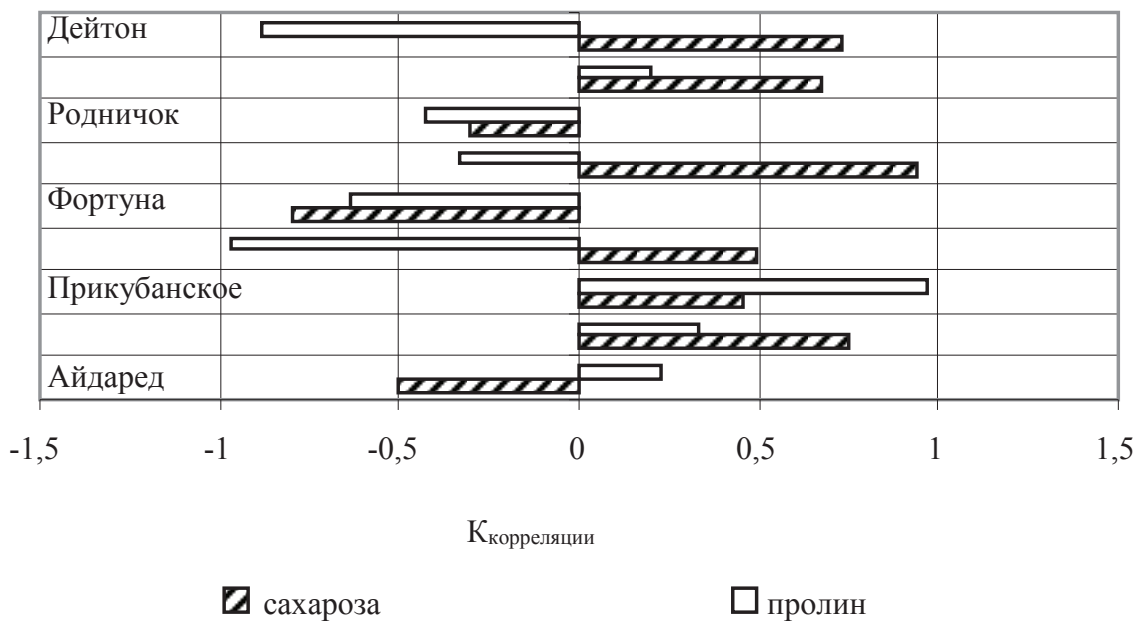


Рис. 3. Зависимость водоудерживающей способности листового аппарата яблони от содержания осмопротекторов в условиях летнего периода (2013-2015 гг.).

При воздействии повышенных температур нарушается целостность клеточных мембран, что приводит к повышенной их проницаемости для ионов и растворов. Фенолкарбоновые кислоты, прерывая цепные реакции липидов, способствуют стабилизации клеточных мембран [12]. В июле и августе 2015 г., в сравнении с июнем, у большинства изучаемых сортов яблони (кроме сорта Прикубанское) повысилось содержание аскорбиновой кислоты, а в августе – фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая + кофейная) (рис. 4).

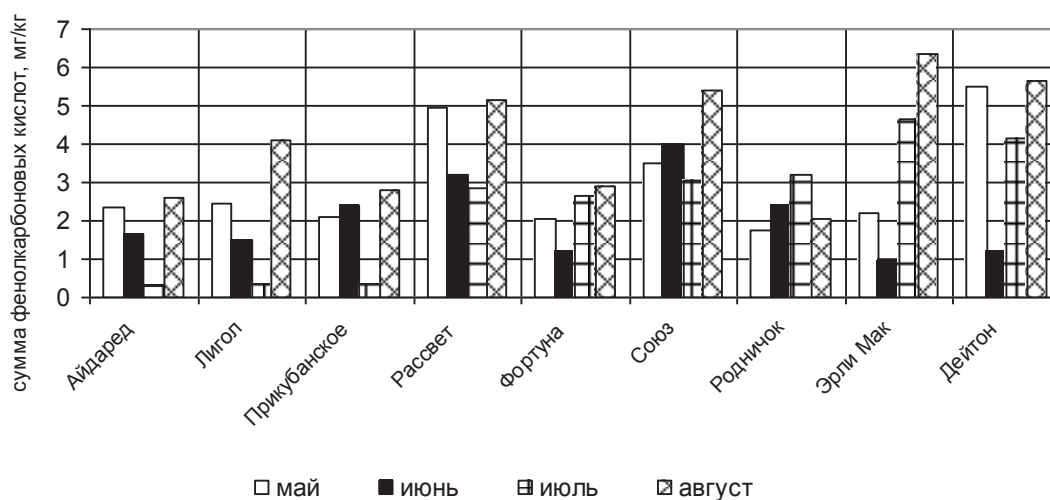


Рис. 4. Динамика содержания фенолкарбоновых кислот в листьях яблони в условиях летнего вегетационного периода (2013-2015 гг.).

Повышение температуры вызывает окислительные повреждения растений из-за индуцированного жарой дисбаланса между фотосинтезом и дыханием. Антиоксидантный защитный механизм представляет собой неотъемлемый элемент адаптации к высокотемпературному стрессу, коррелирующий с жароустойчивостью [13]. Система антиоксидантной защиты может быть охарактеризована такими показателями, как активность фермента пероксидазы и содержание малонового диальдегида – продукта деградации полиненасыщенных жирных кислот в мембранах клеток под действием активных форм кислорода, характеризующего степень повреждающего действия стресс-фактора на растения [14].

В июле 2015 года более низким содержанием малонового диальдегида характеризовался сорт Айдаред и большим – сорта Лигол и Прикубанское. Самая высокая активность пероксидазы была у сорта Лигол. Отмечалась высокая степень корреляции между содержанием малонового диальдегида и фенолкарбоновых кислот ( $K_{\text{коррел.}} = 1,0$ ), защищающих мембраны от окислительного стресса. При воздействии высокотемпературного стресса в модельном опыте содержание малонового диальдегида увеличивалось у сорта Айдаред на 38,6 %, Лигол – на 13,3 % и Прикубанское – на 11,0 %.

В августе 2015 г. количество малонового диальдегида в листьях яблони увеличилось у сорта Айдаред на 245,4 %, Лигол – на 259,8 % и Прикубанское – на 178,7 %, что характеризует последний как более жароустойчивый.

У сортов Союз, Рассвет, Родничок увеличилось содержание органических кислот цикла Кребса, что связано с повышением интенсивности дыхания, и снизилось содержание абсцизовой кислоты (АБК), что свидетельствует об активации обменных процессов, связанных с адаптацией этих сортов к засухе и жаре (рис.5).

Большая роль в устойчивости растений против патогенов отводится фенольным соединениям и органическим кислотам. Фенольные соединения участвуют в окислительном метаболизме, являются предшественниками лигнина, выполняют роль фунгицидов, Органические кислоты усиливают действие токсических для патогена веществ, содержащихся в тканях самих растений [15].

На примере сорта Лигол установлено, что развитие и распространение парши снижается при увеличении содержания в листьях хлорогеновой кислоты ( $K_{\text{коррел.}} = 1,0$ ), являющейся метаболическим предшественником лигнина и создающей неблагоприятные условия для поражения растений этим фитопатогеном (рис. 6).

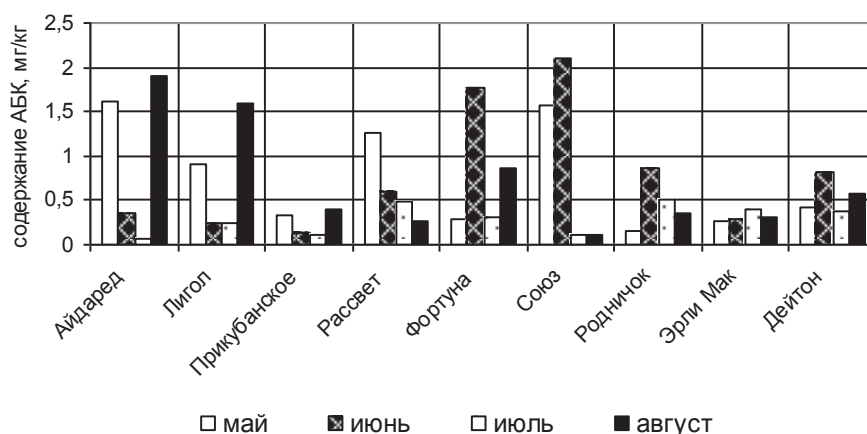


Рис. 5. Динамика содержания абсцизовой кислоты в листьях яблони в условиях летнего периода 2015 г.

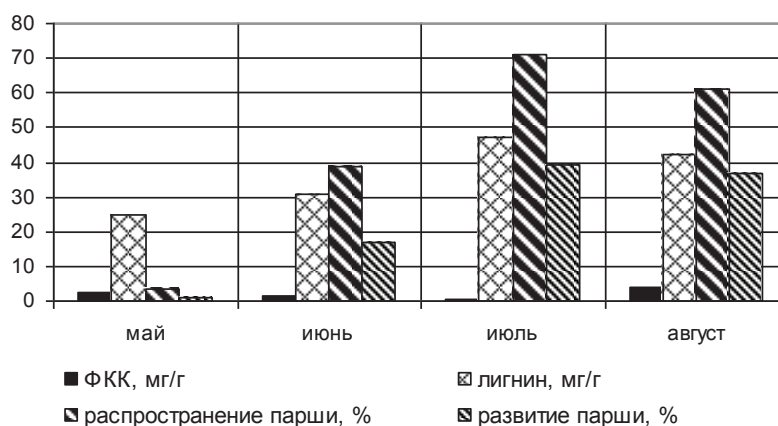


Рис. 6. Биохимическая характеристика устойчивости яблони сорта Лигол к поражению паршой, летний период 2015 г.

К числу важнейших биохимических процессов, проявляющихся как при механическом повреждении растительных тканей, так и в ходе развития ответных реакций на внедрение патогенов, относится лигнификация [16, 17]. Ферментом, активно участвующим в процесс лигнификации, является пероксидаза. Ее активность многократно увеличивается в тканях, инфицированных фитопатогенами. В июле 2015 г. среди изучаемых сортов самая высокая активность пероксидазы отмечена у сорта Лигол.

**Выводы.** Установлено, что из иммунных к парше изучаемых сортов яблони самую высокую устойчивость к засухе проявил сорт Союз, меньшую засухоустойчивость в порядке убывания проявили сорта Рассвет, Дейтон, Фортуна. Из не иммунных сортов наибольшую устойчивость к засухе показал сорт Родничок, особо пострадал от засухи сорт Эрли Мак. Выделены наиболее значимые физиолого-биохимические показатели, обуславливающие иммунную устойчивость растений яблони к парше (содержание фенолкарбоновых кислот, лигнина, пероксидазы).

Сорта яблони Союз, Родничок, Рассвет, Дейтон, Фортуна по физиолого-биохимическим показателям показали более высокую засухоустойчивость в сравнении с другими изучаемыми сортами и рекомендуются как перспективные для возделывания и импортозамещения в условиях юга России.

## Литература

1. Ненько, Н.И. Адаптивность и технологичность сортов яблони местной селекции в интенсивных насаждениях на юге России / Н.И. Ненько, Ю.И. Сергеев, С.Н. Артюх, Н.Н. Сергеева, И.Л. Ефимова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 4 (55). – С. 179-185.
2. Ненько, Н.И. Изучение перспективных сортов яблони различной ploидности в связи с адаптацией к засухе / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, Е.В. Ульяновская // *Stredoevropsky Vestnik pro Vedu a Vyzkum*. – Белгород: ООО «Белкнига», 2015. – Т. 55. – С. 15-17.
3. Киселева, Г.К. Функционально-структурные изменения фотосинтетического аппарата сортов яблони различного эколого-географического происхождения в условиях высокотемпературного стресса / Г.К. Киселева, Н.И. Ненько, Е.В. Ульяновская, А.В. Караваева // материалы VIII Съезда ОФР России и Всероссийской научной конференции «Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий» (21-26 сентября 2015 г. Петрозаводск). – С. 253.
4. Ненько, Н.И. Физиологические методы в адаптивной селекции плодовых культур / Н.И. Ненько, Т.Н. Дорошенко, Т.А. Гасанова // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар, СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 189-198.
5. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические методы изучения исходного и селекционного материала / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, В.С. Петров, М.А. Сундырева // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 530-540.
6. Ненько, Н.И. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, Т.Н. Воробьева [и др.]; Под общей редакцией Н.И. Ненько. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – 115 с.
7. Якуба, Ю.Ф. Методика определения массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция в побегах и листьях плодовых культур и винограда с применением капиллярного электрофореза / Ю.Ф. Якуба, И.А. Киселева, М.В. Захарова, Г.В. Лифарь // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Под общей редакцией Н.И. Ненько. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – С. 62-67.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М., 1979. – 463 с.
9. Ненько, Н.И. Особенности водного режима сортов яблони различной ploидности в связи с адаптацией к засухе / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, А.В. Караваева, Е.В. Ульяновская // Плодоводство и виноградарство юга России. [\[Электронный ресурс\]](http://journal.kubansad.ru/pdf/15/01/11). – Краснодар, СКЗНИИСиВ, 2015. – № 31(01). – С. 98-109. – Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/01/11>.
10. Nenko, N.I. The mechanisms of the adaptation of the types of the apple tree of different origin to the abiotic factors of the summer period / N.I. Nenko, G.K. Kiseleva, N.V. Ulyanovskaya // *Agriculture & Food*. – 2015. – Volume 3. – P. 202-208.
11. Кузнецов, Вл.В. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция / Вл.В. Кузнецов, Н.И. Шевякова // Физиология растений. – 1999. – № 2. – С. 321-336.
12. Шакирова, Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция / Ф.М. Шакирова. – Уфа: Гилем, 2001. – 160 с.
13. Чиркова, Т.В. Физиологические основы засухоустойчивости растений / Т.В. Чиркова. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. – 240 с.
14. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.
15. Шакирова, Ф.М. Гормональная регуляция экспрессии растительного генома на посттранскрипционном уровне. Геном растений, структура и экспрессия / Ф.М. Шакирова, Н.Л. Клячко, О.Н. Кулаева. – Уфа: БФ АН СССР, 1983. – С. 189–197.
16. Asgar, Ali Induction of lignin and pathogenesis related proteins in dragon fruit plants in response to submicron chitosan dispersions / Ali Asgar, Noosheen Zahid, Sivakumar Manickam, Yasmeen Siddiqui, Peter G. Alderson, Mehdi Maqbool // *Crop Protection*. – 2014. – № 63. – P. 83-88.
17. Cabane, M. Lignins and abiotic stresses / Mireille Cabane, Dany Afif, Simon Hawkins // *Advances in Botanical Research*. – 2012. – V. 61. – P. 219-262.