



УДК 581.143.5: 582.734.3/632.2:634.13/53

ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИЕ РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ У МНОГОЛЕТНИХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

**Т.В. Баранова¹, Н.М. Кучер²,
В.Д. Адаменко², А.И. Опалко^{2,3},
О.А. Опалко²**

¹Воронежский государственный университет, Россия, 394068,
г. Воронеж, ул. Ботаническая, 1
E-mail: tanyavostric@rambler.ru

²Национальный дендрологический парк
«Софиевка» НАН Украины, Украина,
20300, г. Умань, Черкасская обл.,
ул. Киевская, 12а

³Уманский национальный университет садоводства, Украина, 20305,
г. Умань, Черкасская обл.,
ул. Институтская, 1
E-mail: opalko_a@ukr.net

На примере ряда представителей филогенетически отдалённых родов *Pyrus* L. и *Castanea* Mill. рассмотрены особенности феномена неморфогенной посттравматической регенерации, благодаря которой происходит заживление всевозможных ран у растений. Сравнение темпов и интенсивности заживления ранок с датами надрезов позволяет условно разделить вегетационный период изученных видов по их регенерационным потенциалам на следующие этапы – нарастание темпов регенерации, относительное их снижение, вторая волна нарастания, и довольно быстрое затухание. Установлена тенденция большей зависимости регенерационного потенциала от колебаний температуры, чем от количества осадков и гидротермического коэффициента. Высказано предположение, что показатель регенерационной способности косвенно свидетельствует об уровне экологической адаптации изучаемых генотипов, а периоды наибольшей регенерационной активности могут быть благоприятными для выполнения прививок и других технологических операций, сопровождающихся травмами.

Ключевые слова: *Castanea* Mill., *Pyrus* L., адаптивность модификаций, онтогенез, регенерация, физиологический стресс, ювенильность.

Введение

Проблема регенерации вызывает неизменный интерес ученых-биологов, растениеводов и животноводов, профессионалов и любителей, а особенно садоводов [1, 2]. Все проявления феномена посттравматической регенерации можно объединить в две большие группы – морфогенная регенерация, вследствие которой возобновляются утраченные части, органы, а также может формироваться новый организм из части исходного, в том числе из одной, отдельно взятой, клетки; и неморфогенная посттравматическая регенерация, благодаря которой происходит заживление всевозможных ран. Способность к регенерации сформировалась у растений, как и у других живых организмов, в процессе эволюции [3]. Описаны случаи так называемой компенсаторной регенерации, когда после удаления части побега или корня растение либо полностью восстанавливает утраченный орган (как при морфогенной регенерации), или при удалении всех листьев, кроме одного, этот один оставленный листок значительно увеличивается в размерах и обеспечивает продуктами фотосинтеза обезлиственное растение [4]. Результаты посттравматического самовосстановления у растений обусловлены камбиальной активностью [3], которая в зависимости от филогенетических особенностей проявляется в существенных видовых и даже сортовых различиях касающихся способности к регенерации, прежде всего репарации, от чего зависит и потенциальная продуктивность, и экологическая приспособленность растений [4]. Среди других факторов, с которыми сопряжены темпы и весь ход регенерационных процессов, следует назвать онтогенетические особенности конкретной особи, её физиологическое состояние, а также эндогенные и экзогенные факторы химической, физической и биологической природы. Это различные химические соединения, раневые раздражители, ионизирующая радиация, температура и влажность воздуха и почвы, фотопериод, фитосанитарное состояние, фаза онтогенеза и тому подобное.

В середине тридцатых годов прошлого столетия Н.П. Кренке применил количественные методы при изучении возрастной изменчивости соматических характеристик и факторов формогенеза, регенерации, особенностей сращивания компонентов прививки и причин образования химер у растений. В его трудах [5], которые не утратили актуальность и поныне, подчеркивается значение регенерационной способности для успеха вегетативного размножения растений, что стало основой для многих последующих исследований теоретического и прикладного направления [2]. Н.П. Кренке все стрессовые факторы разделил на естественные и искусственные, нормальные и ненормальные (например, прививки черенка в перевернутом виде), с нарушением целостности отдельных частей или отделением их от растения, в том числе с последующим анализом регенерационных потенциалов обособленной части и тех частей, что оста-

лись в составе исходного организма. Классифицированы также факторы срачивания частей растения (структурные, физиологические, смешанно-факториальные), с перемещением отдельных элементов собственно растения или введением несвойственных растению элементов, другими изменениями фрагментов растения под воздействием природных факторов, а также при сгибании, скручивании, центрифугировании и прочих искусственных воздействиях.

Травмы, так же, как и другие местные повреждения, сопровождают растения, особенно многолетние, в течение всей жизни. Поэтому в процессе эволюции у них выработались приспособительные механизмы защиты от травм, т. е. способность к заживлению. В ряде случаев природные травмы (в том числе тяжелые) могут быть нормальной и необходимой фазой развития индивидуума (растительного и животного) с разрывами и даже отмиранием отдельных частей [5]. Способность к репарации можно считать одной из адаптивных модификаций, степень проявления которой пропорциональна силе и продолжительности воздействия естественного или искусственного повреждающего фактора. При этом адаптивность модификации наступает лишь тогда, когда сила и продолжительность травмирующего фактора не выходит за рамки, определенные прошлой эволюционной историей вида. В условиях превышения обычной силы и продолжительности травмирующего воздействия могут возникать неадаптивные изменения, растение может реагировать неадекватно и даже погибнуть [3].

В развитие вышеупомянутых фундаментальных идей составляющие средового стресса как индуктора регенерации в обобщенном виде предлагается объединить в шесть несколько условных групп (рис. 1.) Условность указанных групп состоит в том, что один и тот же фактор может быть отнесен к разным группам. Так, например, термические, химические или радиационные стрессы могут иметь природное происхождение, а также возникать в результате техногенной активности человека или осознаваемого специального воздействия и т. д. [3].



Рис. 1. Классификация факторов средового стресса как индуктора регенерации [3]

Растения, а также их отдельные части, в процессе индивидуального развития изменяются не только количественно (масса, размеры и т. п.), но и качественно. С ювенильной фазы развития они переходят во взрослую, стареют. Такие проявления онтогенетической изменчивости могут касаться и отдельного сеянца и целого клона. Долгоживущие клоны винограда и плодовых деревьев преимущественно сохраняют свою наследственность, однако их нынешние свойства не всегда совпадают с описанными давними помологами. Ряд характерных физиологических, анатомических, а также морфологических признаков и свойств ранних периодов жизни растения могут становиться менее выраженными, вместо них появляются другие. Первую фазу роста и развития, которая длится от прорастания семени до вступления сеянца в пору плодоношения, садоводы называют ювенильной [3, 6]. Молодые сеянцы отличаются от взрослых деревьев размерами, формой листьев и зазубренностью их краев. У молодых сеянцев многих пород наблюдается наличие колючек при отсутствии их у выросших из этих сеянцев взрослых деревьев. Есть также различия касающиеся морфологии и угла отхождения боковых побегов от ствола, продуктивного морфогенеза и т. д. Кроме упомянутых и многих других отличий молодые сеянцы преимущественно характеризуются лучшими регенерационно-морфогенными потенциями, чем взрослые, а тем более старые деревья [6].

Завершение ювенильной фазы онтогенеза обычно связывают с формированием цветочных почек, однако при этом нижняя часть кроны молодого дерева может оставаться в юве-



нильной фазе даже тогда, когда в верхней её части уже формируются цветки и сеянец вступает во взрослую фазу, обретая способность плодоношения [6].

Представления о взаимосвязи между индивидуальным и историческим развитием живых организмов начали формироваться еще в XIX веке, когда, по свидетельству А.А. Жученко, были обнаружены основные положения биогенетического закона Г. Мюллера и Э. Геккеля. В соответствии с этим законом онтогенез рекапитулирует (кратко повторяет) важнейшие этапы филогенеза группы, к которой принадлежит определенный организм [7]. У целого ряда древесных пород, таких, как хвойные, дуб, большинство плодовых, и других относящихся к трудноукореняемым видам растений, из зеленых черенков можно регенерировать корни, если черенковать 1–3 летние сеянцы. Большинство исследователей считают, что преимущества в регенерационной способности взятых из молодых сеянцев зеленых черенков могут объясняться фактором ювенильности, вследствие чего сеянец (в соответствии с биогенетическим законом) еще не полностью утратил свойства предковых форм к регенерации корней из частей побегов [1, 3, 8, 9]. Есть свидетельства в том, что описанные в старых книгах как способные к адвентивному корнеобразованию растения, стали через много лет трудноукореняемыми [1, 3]. Ныне вызываемый травмами физиологический стресс рассматривается в качестве индуктора адаптивной реакции организма, которая способствует регенерации [3, 10].

Указанные соображения обусловили направление проведенных исследований, целью которых было выяснение особенностей феномена неморфогенной посттравматической регенерации у многолетних древесных растений на примере культивируемых представителей филогенетически отдаленных родов *Pyrus* L. и *Castanea* Mill.,

Объекты и методы исследования

Посттравматические регенерационные процессы у многолетних древесных растений и их зависимость от метеорологических факторов оценивали по способности к неморфогенной посттравматической регенерации ряда представителей (видов и внутривидовых таксонов) филогенетически отдаленных родов *Pyrus* L. и *Castanea* Mill. [11–14]. Изучаемые растения выращивали в коллекциях Национального дендрологического парка «Софиевка» НАН Украины, расположенного в Центрально-приднепровской возвышенной области Подольско-Приднепровского края Лесостепной зоны Украины. Территория характеризуется умеренно-континентальным климатом с неустойчивым увлажнением и значительными колебаниями температуры. Среднее многолетнее количество осадков за год составляет 633.0 мм, из которых в период с температурой более +10°C выпадает только 300–310 мм, что соответствует количеству осадков в засушливых южных районах Украины. Среднегодовая средняя многолетняя температура воздуха составляет +7.4°C.

Для оценки регенерационной способности были использованы рекомендации И.А. Бондориной [15], в соответствии с которыми на однолетних приростах прошлого года изучаемых растений ежедекадно с марта до октября (в зависимости от таксона) специально изготовленным резцом делали надрезы длиной 10–12 мм и шириной 1.5 мм. Ранку, которая образовывалась в месте надреза, для защиты от инфекции и пересыхания закрывали прозрачным скотчем. Формула расчета коэффициента регенерации была адаптирована для 9-тибалльной шкалы оценивания эффективности регенерации [2, 3, 8]. За зарастанием ранки наблюдали с помощью лупы, а интенсивность каллусогенеза оценивали в 1 балл, если формирование каллуса не происходило или его поверхность не превышала 5% ранки. В 9 баллов оценивали объекты с площадями каллуса 85.5–100%. Регенерационный коэффициент рассчитывали в единицах регенерационного коэффициента (ерк) по формуле О.А. Опалко [3, 8]:

$$R = \frac{S^2}{n_1 + n_2},$$

где R – регенерационный коэффициент, ерк; S – интенсивность каллусогенеза, баллов; n_1 – количество суток от надреза до появления первых признаков каллуса; n_2 – количество суток от надреза до завершения или прекращения развития каллуса.

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Р. Фишеру [16]. Для подсчета суммы осадков и суммы эффективных температур воздуха использовали данные Уманской метеостанции. Гидротермический коэффициент рассчитывали по Г.Г. Селянину [17] с использованием формулы:

$$ГТК = \frac{\sum P}{0.1 \sum T},$$

где ГТК – гидротермический коэффициент; $\sum P$ – сумма осадков; $\sum T$ – сумма эффективных (выше +10°C) температур.



Результаты и их обсуждение

Сравнение темпов и интенсивности зарастания ранок с датами надрезов позволяет условно разделить вегетационный период изученных видов по их регенерационным потенциалам на следующие этапы – нарастание темпов регенерации, относительное снижение, вторая волна нарастания, и довольно быстрое затухание. При этом наблюдали существенные межродовые, а также видо- и сортоспецифические отличия в общей регенерационной способности, с колебаниями показателей коэффициента регенерации в зависимости от сроков надрезов. Сезонные изменения показателей коэффициента регенерации, видимо, обуславливаются колебаниями метеорологических условий, гл. обр. количества осадков и температуры воздуха. В течение 2007–2012 гг. среднегодовые показатели суммы осадков за год только в 2010 г. были существенно выше (на 104.1 мм). Влагообеспеченность растений в 2011 г. была близка к средне-многолетним показателям, в 2008 и 2009 гг. наблюдался дефицит осадков в 115.6 и 109.5 мм, тогда как в 2007 и 2012 гг. дефицит достигал соответственно 217.0 и 160.1 мм. Все отклонения показателей среднесуточных температур от средней многолетней температуры воздуха в годы исследований, за исключением 2011 г., были в сторону превышения многолетних данных.

Выяснилось, что для проявления регенерационного потенциала сортов груши (*Pyrus communis* L.) 'Бере Десятова', 'Уманская юбилейная', 'Княгиня Ольга' и 'София' наиболее благоприятными были условия 2010 г. Обобщенные среднесезонные показатели регенерационного коэффициента в 2010 г. составили 5.42 ерк с коэффициентом вариации более 70 %. В 2007–2009 гг. усреднённый регенерационный потенциал был на 2.32–2.38 ерк ниже. Регенерация в 2012 г. происходила значительно лучше показателей 2007–2009 гг., но на 0.66 ерк ниже результатов 2010 г. За годы исследований изученные сорта имели показатели регенерационного коэффициента выше 3 ерк в период с мая до второй декады августа включительно, что совпадает с периодом активной вегетации растений. При этом выше 6 ерк было при выполнении надрезов со второй декады июня до конца первой декады июля с максимальным показателем 6.61 ерк в начале второй декады июня.

Скорость процесса формирования каллуса зависела от срока проведения надрезов. При выполнении надрезов в третьей декаде марта во все годы исследований средний показатель регенерационного коэффициента сортов груши не превышал двух единиц. При этом конец марта 2007 г. был более благоприятен (1.96 ерк), тогда как в 2010 году – только 1.32 ерк. В первой декаде апреля во все годы исследований показатели регенерационного коэффициента возрастали на 0.37–0.98 ерк, а в первой половине второй декады – ещё на 0.10–0.58 ерк. На побегах, поврежденных в третьей декаде апреля в 2007 и 2008 гг., наблюдали небольшое снижение среднего регенерационного коэффициента на 0.48–0.51 ерк, тогда как в 2009 и 2010 годах в этот период показатели регенерационного коэффициента продолжали расти, и превысили показатели предыдущего срока надрезов на 0.20–0.47 ерк. В первой декаде мая 2007 г. средний регенерационный коэффициент по сравнению с надрезами, сделанными в третьей декаде апреля, снизился на 0.06 ерк, а в 2008–2010 годах – увеличился на 0.17–1.19 ерк. При этом наименьшей была разница в 2009, а наибольшей – 2010 году. В течение второй–третьей декад мая показатели регенерационного коэффициента интенсивно увеличивались во все годы исследований. В 2007 году при выполнении надрезов в начале третьей декады мая зафиксирован максимальный показатель регенерационного коэффициента, который составил 5.60 ерк, а в 2008 и 2009 гг. – 5.39 и 5.60 ерк соответственно. При надresaх течение первой и второй декад июня показатели регенерационного коэффициента в 2007–2009 гг. несколько снизились, а в начале третьей декады июня наблюдали пик второй волны повышенного регенерационного потенциала. В первой декаде июля показатели регенерационного коэффициента постепенно снизились на 1.37–1.85 ерк.

В 2010 году регенерационный коэффициент постепенно возрастал, достигнув своего максимума в конце первой декады июля с показателем 12.79 ерк. При надresaх во второй декаде июля в 2007 и 2009 годах наблюдали повышение регенерационного потенциала с показателями 4.86 и 4.35 ерк соответственно. В 2008 году в этот период подобного повышения регенерационного потенциала не было. В 2010 году во второй–третьей декаде июля показатели регенерационного коэффициента снизились почти до 8 ерк, а в первой декаде августа возросли до 10.29 ерк. В последующие сроки надрезов регенерационные коэффициенты во все годы исследований постепенно снижались до близких к нулю значений в конце сентября и в начале октября.

В ранее выполненных исследованиях с представителями родов *Corylus* L. [2] и *Malus* Mill. [8] выявлена тенденция большей зависимости регенерационного потенциала от колебаний температуры, чем от количества осадков. Указанная тенденция подтвердилась в опытах 2009 и 2010 гг. с вышеупомянутыми сортами *Pyrus communis* L. Коэффициенты корреляции, полученных в 2009 г. показателей регенерационного коэффициента с количеством осадков



(P , мм), температурой воздуха (T , °C) и гидротермическим коэффициентом (ГТК), свидетельствуют о большей сопряженности регенерационного потенциала с ГТК и небольшой связи с количеством осадков во время проведения надрезов (табл. 1). Учитывая, что в теплые месяцы, для которых особенно важна обеспеченность осадками, суммы эффективных температур, уменьшенные на порядок, хорошо совпадают с суммами испаряемости за месяц, можно полагать, что знаменатель ГТК практически характеризует испаряемость, а отношение суммы осадков к испаряемости и есть показатель влагообеспеченности территории для вегетационного сезона [17].

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между показателями регенерационной способности сортов груши и количеством осадков, температурой и ГТК во время проведения надрезов

Сорта	2009 г.			2010 г.		
	P , мм	T , °C	ГТК	P , мм	T , °C	ГТК
'Бере Десятова'	0.14	0.51	0.49	0.35	0.82	0.50
'Уманская Юбилейная'	0.26	0.51	0.73	0.46	0.73	0.38
'Княгиня Ольга'	0.30	0.44	0.56	0.36	0.87	0.22
'София'	0.19	0.39	0.53	0.30	0.79	0.29

Примечание: $P > 0.95$.

Значение ГТК для регенерации возрастает в годы с дефицитом осадков. Благодаря тому, что с мая до конца августа 2009 г. среднемесячная температура воздуха была на 0.4–4.3°C ниже, а значит и испаряемость ниже, чем в аналогичный период обильного на осадки лета 2010 г., сопряженность регенерационной способности с ГТК была выше в 2009 г. Количество осадков и температура воздуха в 2010 г. превышали показатели 2009 г., что повлияло на существенное увеличение коэффициентов корреляции между показателями регенерационной способности сортов груши и среднемесячной температурой воздуха.

В 2012 г. опыт был продолжен с вовлечением ещё одного вида груши *Pyrus salicifolia* Pall. Метеорологические условия сезона вегетации груши 2012 г. характеризовались превышением среднемесячной температуры воздуха на 1.8–4.4°C в сравнении со среднемноголетними показателями и ежемесячным, за исключением июня, дефицитом осадков и, как следствие, значительно более низким ГТК. В этих условиях сопряженность регенерационной способности светолюбивого ксерофита и мезотерма *P. salicifolia* с ГТК была значительно выше, чем давно натурализованного *P. communis* (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между показателями регенерационной способности видов груши и количеством осадков, температурой и ГТК во время проведения надрезов (2012 г.)

Виды	P , мм	T , °C	ГТК
<i>Pyrus communis</i> L.	0.14	0.75	0.10
<i>Pyrus salicifolia</i> Pall.	0.13	0.66	0.54

Примечание: $P > 0.95$.

Коэффициенты корреляции между показателями регенерационной способности обоих видов груши и количеством осадков были почти одинаково несущественными, а сопряженность регенерационной способности со среднемесячной температурой воздуха была довольно высокой с преобладанием *P. communis*. При этом следует отметить, что в течение всего сезона регенерационная способность *P. communis* была выше, чем *P. salicifolia*. Максимальный показатель регенерационного коэффициента *P. communis* составил 10.12 ерк в варианте с надрезом, выполненным 20 августа, тогда как лучший показатель *P. salicifolia* едва достиг 2.45 ерк (надрез выполнено 11 июля). Это даёт основания предполагать, что показатель регенерационной способности может свидетельствовать об уровне экологической адаптации изучаемых генотипов.

В связи с этим в 2011–2012 гг. были рассчитаны регенерационные коэффициенты для нескольких представителей рода *Castanea* Mill. Среди них вид влажного теплого субтропического климата *C. sativa* Mill. и шесть его внутривидовых таксонов, а также интродуцированные нами из Италии североамериканские эндемики *C. dentata* Mill. и *C. pumila* Mill. При этом изучаемая популяция *C. sativa* была выращена из семян многократно репродуцированных в Украине, что даёт основание предполагать её некоторую приспособленность, сформировавшуюся вследствие естественного отбора. Из числа внутривидовых таксонов декоративные формы *C. sativa* 'Glabra' и *C. sativa* 'Aureomaculata' интродуцированы из Польши, а давно известные формы *C. sativa* 'Pyramidalis' и *C. sativa* 'Rotundifolia' получены из Немировского государственного лесопитомника (Винницкая обл.). Саженьцы сортов *C. sativa* болгарской селекции со съедобны-



ми плодами 'Karlovo-1' и 'Karlovo-3' приобретены в садоводческой компании «Giardino» (Молдова).

Как отмечалось выше, общий дефицит суммы осадков в 2012 г. превысил 160 мм, тогда как в 2011 г. показатели влагообеспеченности были близки к среднемноголетним. Хотя среднегодовая температура воздуха в 2011 г. была ниже средней многолетней на 0.5°C, однако в период вегетации растений *Castanea* (март–сентябрь) среднемесячная температура была выше показателей средней многолетней на 0.7–2.7°C. В 2012 г. в указанный период превышение среднесуточных температур были ещё больше и достигли 1.8–4.4°C. В этих условиях среднесезонные показатели регенерационной способности видовой популяции *C. sativa*, как и ожидалось, были на 0.2–0.3 выше, чем *C. dentata*, и на 0.4–0.7 ерк выше, чем *C. pumila*. Максимальные величины в 2011 г. для *C. sativa* зафиксированы в период со второй декады мая до первой декады июня (4.4, 5.0 и 4.5 ерк соответственно), а также во вторую (3.9) и третью (4.5 ерк) декады августа. Для регенерации *C. dentata* лучшими были вторая и третья декады июня (3.8 и 3.7 ерк) и с первой по третью декады августа (3.9, 4.9 и 4.0 ерк соответственно). В опыте с *C. pumila* все показатели были ниже, однако лучшие результаты получены при заживлении надрезов сделанных в третью декаду мая (3.6) и во вторую и третью декады августа (3.2 и 3.5 ерк). В 2012 г. указанные тенденции сохранились с несколько меньшими величинами.

Внутривидовые таксоны *C. sativa* продемонстрировали более тесную зависимость регенерационной способности с динамикой метеоусловий. Так, хотя в 2011 и 2012 гг. среднесезонные показатели заживления надрезов *C. sativa* 'Glabra' (1.9 и 2.1 ерк), *C. sativa* 'Aureomaculata' (1.8 и 2.0), *C. sativa* 'Pyramidalis' (2.2 и 2.1) и сорта 'Karlovo-3' (2.1 и 2.3) почти не отличались, а у *C. sativa* 'Rotundifolia' (1.8 и 2.3) и сорта 'Karlovo-1' (2.5 и 2.2 ерк) межсезонная разница была небольшой, максимальные проявления регенерационной способности наступали в разные годы не одновременно. В 2011 г. у *C. sativa* 'Glabra' максимум зафиксирован в первой и второй декадах августа (4.4 и 4.6 ерк), а в 2012 г. – во второй и третьей декадах мая (4.1 и 5.3 ерк соответственно). Для *C. sativa* 'Aureomaculata' *C. sativa* 'Rotundifolia' и сорта 'Karlovo-1' лучшими были условия 2012 г., тогда как заживление надрезов у *C. sativa* 'Pyramidalis' и сорта 'Karlovo-3' лучше происходило в августе 2011 г.

Коэффициенты корреляции, полученных в 2011 и 2012 гг. показателей регенерационного коэффициента с количеством осадков были низкими ($r=0.00-0.35$) для всех изученных представителей рода *Castanea*. В то же время, их сопряженность с температурой воздуха была довольно высокой и в 2011, и в 2012 гг. ($r=0.57-0.88$). Более тесную сопряжённость регенерационной способности с ГТК в 2011 г. ($r=0.33-0.78$), чем в 2012 г. ($r=0.12-0.24$) можно объяснить дефицитом осадков и превышением среднемесячной температуры воздуха в сезон вегетации *Castanea* в 2012 г. При этом зависимость регенерационной способности от ГТК *C. sativa* 'Glabra', *C. sativa* 'Rotundifolia' и сорта 'Karlovo-3' была значительно меньшей, что может косвенно свидетельствовать об их большей приспособленности и условиям зоны проведения исследований (табл. 3). Указанная тенденция подтверждается низкими показателями коэффициентов корреляции между показателями регенерационной способности этих же материалов – *C. sativa* 'Glabra' ($r=0.00-0.12$), *C. sativa* 'Rotundifolia' ($r=0.19-0.20$) и сорта 'Karlovo-3' ($r=0.10-0.25$) и среднемесячной температурой воздуха.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между показателями регенерационной способности представителей рода *Castanea* Mill. и количеством осадков, температурой и ГТК во время проведения надрезов

Виды и внутривидовые таксоны	2011 г.			2012 г.		
	Р, мм	Т, °С	ГТК	Р, мм	Т, °С	ГТК
<i>Castanea sativa</i> Mill.	0.15	0.66	0.78	0.10	0.67	0.14
<i>C. sativa</i> 'Glabra'	0.12	0.62	0.40	0.00	0.59	0.19
<i>C. sativa</i> 'Aureomaculata'	0.30	0.75	0.74	0.16	0.72	0.24
<i>C. sativa</i> 'Pyramidalis'	0.16	0.64	0.53	0.20	0.64	0.16
<i>C. sativa</i> 'Rotundifolia'	0.19	0.69	0.40	0.20	0.78	0.19
<i>C. sativa</i> 'Karlovo-1'	0.30	0.88	0.68	0.35	0.80	0.15
<i>C. sativa</i> 'Karlovo-3'	0.10	0.57	0.33	0.25	0.78	0.24
<i>Castanea dentata</i> Mill.	0.31	0.75	0.60	0.10	0.78	0.12
<i>Castanea pumila</i> Mill.	0.23	0.79	0.73	0.00	0.78	0.18

Примечание: $P>0.95$.

Заключение

Интенсивность неморфогенной посттравматической регенерации у изученных представителей родов *Pyrus* и *Castanea* была неодинаковой, изменялась по годам исследований и больше зависела от колебаний температуры, чем от количества осадков и гидротермического коэффициента. Можно предположить, что, периоды наибольшей регенерационной активности



могут быть благоприятными для выполнения прививок и других операций, сопровождающихся травмами растений.

Список литературы

1. Hartmann H.T., Kester D.E. Plant propagation: principles and practices. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1975. – 622 p.
2. Косенко И.С., Опалко А.И., Сергиенко Н.В. Посттравматическая регенерация у представителей рода *Corylus* L. // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посвящ. 80-лет. со дня рожд. Л.Н. Андреева (5–7 июня 2011 г., Москва); ред. Александр Демидов. – М.: Тов. научных изданий КМК, 2011. – С. 347–350.
3. Косенко И.С., Опалко О.А., Опалко А.И. Посттравматичні регенераційні процеси у рослин // Автохтонні та інтродуковані рослини: Зб. наук. праць НДП «Софіївка» НАН України. – 2008. – Вип. 3–4. – С. 10–15.
4. Юсуфов А.Г. К вопросу об эволюции явлений регенерации растений // Теоретические вопросы регенерации растений. – Махачкала, 1978. – С. 53–55.
5. Кренке Н.П. Регенерация растений. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 667 с.
6. Visser T. Juvenile phase and growth of apple and pear seedlings // Euphytica. – 1964. – Vol. 13, № 2. – P. 119–129.
7. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений: Эколого-генетические основы. – Кишинёв: Штиинца, 1988. – 768 с.
8. Опалко О.А., Опалко А.И. Регенерационная способность как критерий использования представителей рода *Malus* Mill. в ландшафтных композициях // Тр. Тбилис. бот. сада. – 2006. – Т. 96. – С. 187–189.
9. Синнот Э. Морфогенез растений: Пер. с англ. – М.: ИЛ, 1983. – 603 с.
10. Опалко О., Балабак О. Фізіологічний стрес – індуктор ризогенної активності живців садових рослин // Вісник Львівського ДАУ: Агронімія. – 1999. – № 4. – С. 179–181.
11. Phylogeny of subtribe *Pyrinae* (formerly the *Maloideae*, *Rosaceae*): Limited resolution of a complex evolutionary history / C.S. Campbell, R.C. Evans, D.R. Morgan et al. // Plant systematics and evolution. – 2007. – Vol. 266, № 1–2. – P. 119–145.
12. Dickinson T.A., Lo E., Talent N. Polyploidy, reproductive biology, and *Rosaceae*: understanding evolution and making classifications // Plant systematics and evolution. – 2007. – Vol. 266, № 1–2. – P. 59–78.
13. Lang P., Dane F., Kubisiak T.L. Phylogeny of *Castanea* (*Fagaceae*) based on chloroplast trnT-L-F sequence data // Tree Genetics and Genomes. – 2006. – Vol. 2, № 3. – P. 132–139.
14. Lim T.K. *Castanea sativa* // Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 4, Fruits. – Dordrecht, Heidelberg, London, New-York: Springer, 2012. – P. 6–15.
15. Бондорина И.А. Принципы повышения декоративных свойств древесных растений методами прививки: Автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.05 // Главн. ботсад РАН. – М., 2000. – 21 с.
16. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. – New Delhi: Cosmo Publications, 2006. – 354 p.
17. Шейн Е.В., Гончаров В.М. Агротехника. – М.: Феникс, 2006. – 400 с.

POSTTRAUMATIC REGENERATION PROCESSES AT WOODY PERENNIAL PLANTS

**T.V. Baranova¹, N.M. Kucher²,
V.D. Adamenko², A.I. Opalko^{2,3},
O.A. Opalko²**

¹ Voronezh State University, 1, Botanicheskaya Sad St, Voronezh, 394068, Russia
E-mail: tanyavostric@rambler.ru

² National Dendrological Park "Sofiyivka" of NAS of Ukraine, 12-a, Kyivskaya St, Uman', Cherkassy Region, 20300, Ukraine

³ Uman' National University of Horticulture, 1, Institutaska St, Uman', Cherkassy Region, 20305, Ukraine
E-mail: opalko_a@ukr.net

The features of the phenomenon of non-morphogenic post-traumatic regeneration, which facilitate healing various injuries of plants, on the example of a number of representatives of phylogenetically distant genera *Pyrus* L. and *Castanea* Mill. The comparison of rates and intensity of the healing of injuries with the dates of notching makes it possible to divide the growing season of the studied species according to their regeneration potentials into the following stages – the increase of regeneration rates, their relative decline, the second wave of increasing of regeneration rates, and finally their rather rapid decrement. The tendency of greater dependence of regeneration potential on temperature fluctuations than on the amount of precipitation and hydrothermal coefficient was established. It was assumed that the rate of regeneration capacity indirectly shows the level of ecological adaptation of the studied genotypes, and periods of their high regenerative activity may be advantageous for carrying out grafting and other operations involving injuries.

Key words: *Castanea* Mill., *Pyrus* L., adaptive modifications, ontogenesis, regeneration, physiological stress, juvenility.