

УДК 58.02

ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ У ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

И.А. Бондорина

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

Приведены результаты комплексной оценки регенерационного потенциала у древесных растений при помощи разработанной методики. Установлено, что регенерационный потенциал зависит от видовых особенностей растений и их физиологического состояния в разные периоды вегетации.

Ключевые слова: прививочные компоненты, подвой, привой, регенерационный потенциал.

Введение. Образование раневого каллуса – естественная генетически заложенная реакция растений, позволяющая восстанавливать их целостность, нарушенную в результате искусственного (например, прививки) или естественного повреждения. Способность формировать каллус на поверхности ран зависит прежде всего от физиологического состояния растения и его органов, их возраста и анатомических особенностей строения, а также внешних факторов – света, температуры и влажности окружающей среды и почвы. Продолжительность периода срастания подвоя и привоя зависит от регенерационного потенциала растений, у разных видов имеет различную продолжительность. У прививок роз продолжительность периода срастания составляет 14–21 день [1], у грецкого ореха 65–70 дней [7], у вишни и черешни 75–80 дней [2], у дуба 90–100 дней [6]. Эти данные получены в результате сложных исследований помогают решать такие важные для эффективности прививки задачи, как выбор наиболее благоприятных сроков для проведения прививочных операций и организации послепрививочных мероприятий, которые в конечном итоге зависят от индивидуального регенерационного потенциала подвоя и привоя.

Применение разработанной нами методики для оценки регенерационного потенциала позволяет за короткие сроки, минуя методически более сложные исследования определить готовность и пригодность любого вида или сорта древесных растений для трансплантации, а также выбрать оптимальные сроки для выполнения прививочных операций в каждой конкретной прививочной комбинации.

Материал и методика. При помощи специально изготовленной из нержавеющей стали трубки диаметром 10 мм с хорошо заточенными краями на годичных побегах изучаемых объектов путем нажатия

вырезается имеющий форму круга участок периферийных тканей, состоящий из элементов коры, флоэмы и поврежденных клеток камбиального слоя. Этот вырез удаляется, а на побеге остается соответствующая рана. Место ранения обвязывается прозрачной полиэтиленовой пленкой в один слой, что позволяет вести наблюдения за процессом образования каллуса не прибегая к снятию пленки. Такие операции проводятся в четыре срока в течение вегетационного периода с мая по сентябрь включительно (примерно 150 дней).

Для каждого срока проведения операций определяется продолжительность благоприятного для каллусообразования периода, то есть число дней от момента проведения операции до наступления условий, когда регенерационно-восстановительные процессы у растений приостанавливаются (в данном случае до конца сентября). В наших исследованиях операции проводили в четыре срока с интервалом в 30 дней (табл. 1).

Таблица 1
Схема проведения эксперимента

Сроки выполнения эксперимента		Продолжительность благоприятного для каллусообразования периода
1-й	конец апреля – начало мая	150 дней
2-й	конец мая – начало июня	120 дней
3-й	конец июня – начало июля	90 дней
4-й	конец июля – начало августа	60 дней

Для каждого из изучаемых объектов в каждый срок было проведено по 5 операций. Оценку регенерационных возможностей изучаемых растений проводили при помощи предложенной нами формулы:

$$S = (\Sigma N - \Sigma K) / n,$$

где ΣN – общая площадь выреза (%), ΣK – площадь выреза, не занятая каллусом (%), n – число объектов, S – регенерационный потенциал растения, то есть способность растения восстанавливать поврежденные ткани, в %.

Регенерационный потенциал растений считается очень хорошим (4 балла), если величина показателя S составляет 75–100%; хорошим (3 балла), если величина показателя S находится в интервале от 50 до 75%; удовлетворительным (2 балла) при S от 25 до 50%. При S от 0 до 25% регенерационный потенциал считается низким.

Для выявления регенерационного потенциала в данном исследовании использовали листовые древесные растения из коллекционного фонда ГБС РАН, принадлежащие к 6 семействам, 15 родам, 19 видам и 6 сортам и садовым формам. Среди них *Acer platanoides* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cerasus vulgaris* Mill.,

Crataegus submollis Sarg., *Fraxinus excelsior* L., *Malus baccata* (L.) Borckh, *Pyrus domestica* L., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Quercus robur* L., *Rosa canina* L., *Rosa multiflora* Thunb., *Sorbus aucuparia* L., *Ulmus glabra* Huds., *Acer platanoides* 'Palmatifidum', *Amigdalus triloba* Ricker, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, *Caragana arborescens* 'Lorbergii', *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Fraxinus excelsior* 'Aurea', *Malus* × *purpurea* 'Royalty', *Pyrus salicifolia* 'Pendula', *Quercus robur* 'Fastigiata', *Sorbus aria* 'Magnifica', *Ulmua glabra* 'Pendula'.

Наблюдения проводили через определенные интервалы при помощи лупы с десятикратным увеличением. Учитывали число дней от момента проведения операции до остановки каллусообразовательного процесса, а также занятую раневым каллусом площадь срезов, в процентах. Основные этапы фиксировали при помощи цифровой фотокамеры. Изучение полученных фотографий и оценку регенерационно-восстановительного процесса проводили при помощи компьютера.

В настоящем исследовании были проведены оценки регенерационного потенциала модельных древесных растений в четыре разных этапа развития, в течение одного вегетационного периода.

Результаты и обсуждение. Выявлены некоторые общие тенденции процесса каллусообразования. Независимо от срока выполнения экспериментальных вырезов, образование очагов каллуса, как правило, начиналось по бокам срезов (относительно оси побега), реже – в верхней и нижней частях. По-видимому, эти особенности регенерационного процесса связаны со структурой проводящей системы растений. В зоне перерезанных пучков ксилемы и соседних клеток неповрежденного камбия восстановительные процессы начинаются раньше и идут быстрее, т. е. образование каллуса протекает как при боковой окулировке [3; 4; 5]. Образование очагов каллуса по всей периферии среза чаще всего встречается у растений, обладающих достаточно высокой регенерационной способностью. Образование первых очагов каллуса только на нижней или верхней части выреза, скорее всего, исключение, и обусловлено, по-видимому, некоторыми внешними факторами (например, техника выполнения операции выреза коры или горизонтальное расположение ветвей, на которых произведены вырезы коры).

Результаты экспериментального исследования и оценки регенерационных возможностей некоторых видов и садовых форм представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика регенерационного потенциала растений,
используемых как компоненты прививки (в баллах)

Вид, форма	Сроки и продолжительность вегетации в днях											
	1-й* (150)			2-й (120)			3-й (90 дней)			4-й (60 дней)		
	ЭК	П	Б	ЭК	П	Б	ЭК	П	Б	ЭК	П	Б
ПОДВОЙ												
<i>Acer platanoides</i>	100	38	4	100	27	4	100	38	4	75	60	3
<i>Caragana arborescens</i>	100	37	4	100	30	4	50	90	2	25	60	1
<i>Cerasus vulgaris</i>	100	40	4	100	33	4	75	90	3	50	60	2
<i>Crataegus submollis</i>	100	20	4	100	20	4	100	27	4	100	30	4
<i>Fraxinus excelsior</i>	100	35	4	100	20	4	100	19	4	100	45	4
<i>Malus baccata</i>	100	30	4	100	25	4	100	27	4	100	60	4
<i>Pyrus domestica</i>	100	35	4	100	27	4	100	35	4	50	60	2
<i>Pyrus ussuriensis</i>	100	20	4	100	26	4	100	23	4	100	35	4
<i>Quercus robur</i>	100	125	4	100	120	4	50	90	2	25	60	1
<i>Rosa canina</i>	100	21	4	100	20	4	100	18	4	100	28	4
<i>Rosa multiflora</i>	100	20	4	100	19	4	100	20	4	100	24	4
<i>Sorbus aucuparia</i>	100	25	4	100	15	4	100	23	4	100	30	4
<i>Ulmus glabra</i>	100	25	4	100	20	4	100	23	4	75	60	3
ПРИВОЙ												
<i>Acer platanoides</i> 'Palmatifidum'	100	45	4	100	32	4	100	38	4	75	60	3
<i>Amigdalus triloba</i> 'Rosea plena'	100	35	4	100	30	4	100	28	4	75	60	3
<i>Aronia melanocarpa</i>	100	31	4	100	27	4	100	32	4	100	35	4
<i>Caragana arborescens</i> 'Lorbergii'	100	33	4	100	28	4	75	90	3	50	60	2
<i>Chaenomeles japonica</i>	100	27	4	100	20	4	100	25	4	100	30	4
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Aurea'	100	31	4	100	27	4	100	29	4	100	40	4
<i>Malus × purpurea</i> 'Royalty'	100	30	4	100	25	4	100	27	4	100	30	4
<i>Pyrus salicifolia</i> 'Pendula'	100	38	4	100	24	4	100	28	4	100	38	4
<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata'	100	105	4	75	120	3	50	90	2	0	60	0
<i>Sorbus aria</i> 'Magnifica'	100	27	4	100	20	4	100	25	4	100	27	4
<i>Ulmua glabra</i> 'Pendula'	100	19	4	100	14	4	100	27	4	100	35	4

Примечание * – характеристика сроков дана в табл. 1; ЭК – эффективность каллусообразования, в %; П – продолжительность в днях; Б – оценка в баллах.

В первый срок проведения эксперимента (конец апреля – начало мая) все модельные растения (24) имели очень хороший регенерационный потенциал. Каллус, образовавшийся после ранения, занимал всю поверхность выреза, что дает основания оценить регенерационный потенциал тестируемых видов древесных растений в этот период вегетации как очень хороший (4 балла). Однако у одних растений 100% образование каллуса на поверхности вырезов

наблюдается на 19–20 сутки после начала эксперимента (*Ulmus glabra* 'Pendula', *Crataegus submollis*, *Pyrus ussuriensis*, *Rosa multiflora*), у других это происходит в течение 30–40 суток (*Malus baccata*, *Acer platanoides*, *Cerasus vulgaris* и др.). У некоторых (*Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata') процесс каллусообразования (до полного 100% закрытия раневых вырезов) длится 105–125 суток.

По результатам экспериментального исследования произведена оценка естественного регенерационного потенциала у изученных видов древесных растений с позиции возможности их использования в качестве одного из компонентов прививки. Можно с большой степенью достоверности прогнозировать результаты прививочных операций. Наиболее эффективными можно считать прививочные комбинации, у которых подвой и привой обладают высоким регенерационным потенциалом – 4 балла. Теоретически такие при таком сочетании успешное срастание должно происходить в 100% случаев. Однако на результаты прививки очень сильное влияние может оказывать скорость протекания регенерационного процесса в зоне срастания. Можно считать, что регенерационный процесс протекает очень быстро (до 30 суток) у 11 из 24 тестируемых растений, быстро (от 30 до 40 суток) у 10 и медленно (больше 40 суток) у трех.

Анализируя полученные данные по второму сроку (конец мая – начало июня (благоприятный для регенерации период 120 дней), можно отметить, что хорошим регенерационным потенциалом обладают все 24 тестируемых растения. Из них у 23 естественный регенерационный потенциал достигает 4 баллов, у одного (*Quercus robur* 'Fastigiata') – 3 баллов. Наиболее благоприятным периодом оказался второй срок (конец мая – начало июня). У 20 тестируемых растений 100% образование каллуса на поверхности вырезов заканчивается в период между 15 и 30 сутками с начала эксперимента и, по-видимому, такие быстрые и активные темпы регенерации связаны с повышенной физиологической активностью растений и более благоприятными внешними условиями. У двух (*Acer platanoides* 'Palmatifidum', *Cerasus vulgaris*) 100% образование каллуса заканчивается на 32–33 сутки. Еще у двух объектов (*Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata') каллусообразовательный процесс заканчивается на 120-е сутки. При этом у *Quercus robur* 'Fastigiata' каллус образуется и закрывает поверхность выреза на 75%, регенерационный потенциал у обоих тестируемых объектов оценивается соответственно в 4 и 3 балла.

В третий срок наблюдения (конец июня – начало июля) только у 17 из 24 тестируемых растений регенерационный потенциал составляет 4 балла, у одного (*Caragana arborescens* 'Lorbergii') – три балла и у трех (*Cerasus vulgaris*, *Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata') – два балла. В этот срок у большинства растений регенерационные процессы продолжаются до 38 суток, а у пяти этот процесс длится до конца

вегетации, то есть в течение 90 дней. При этом каллус у трех из них (*Caragana arborescens*, *Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata') образуется и занимает только 50% от площади вырезов, а у двух (*Caragana arborescens*, *Cerasus vulgaris*) – 75%. Прививочные комбинации, в которых участвуют отмеченные выше растения бесперспективны. Период с конца июня – начала июля и до окончания благоприятного для успешного срастания подвоя и привоя времени (конец сентября) составляет 90 дней и недостаточен для успешного срастания и перезимовки прививки.

В четвертом сроке эксперимента (с конца июля – начала августа) продолжительность благоприятного для регенерации периода составляет всего 60 дней. Этот срок для 11 из 24 тестируемых растений оказался недостаточным для успешного завершения каллусообразовательного процесса. Относительная площадь, занятая каллусом, у этих 11 растений варьирует от 0% (*Quercus robur* 'Fastigiata') до 75% (*Acer platanoides*).

Заключение. Проведенное исследование позволило оценить регенерационные возможности у разных древесных лиственных растений в разные сроки в течение одного вегетационного периода. Скорость протекания регенерационного процесса зависит от видовой принадлежности тестируемого растения. В течение вегетационного периода регенерационная способность у тестируемых растений меняется как во временном, так и в количественном отношении.

У аборигенных растений и таксономически близких к ним интродуцентов, существенных различий по регенерационному потенциалу не выявлено.

Полученные результаты тестирования подвойных и привойных растений позволят более объективно подойти к вопросу о подборе более благоприятных сроков для выполнения прививочных операций конкретно для каждой прививочной комбинации. Использование предложенной методики позволяет исключить длительные и трудоемкие полевые опыты, что особенно актуально в отношении малораспространенных видов и садовых форм, а также при получении с помощью прививки растений с новыми декоративными свойствами.

Список литературы

1. Гартман Х.Т., Кестер Д.Е. Размножение садовых растений. М.: Сельхозиздат, 1963. 272 с.
2. Калашиникова А.Н. Приживаемость вишни при окулировке в зависимости от подвоев, сроков и качества черенков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1953. 16 с.
3. Кренке Н.П. Трансплантация растений. М.: Наука, 1966. 333 с.

4. *Кръстев М.Т.* Прививка как метод размножения и улучшения декоративности древесных растений // Проблемы рекреационных растений. Чебоксары, 1984. С. 111–115.
5. *Лапин П.И., Фурст Г.Г., Кръстев М.Т.* Анатомическое исследование срастания прививок срастания прививок клена остролистного (*Acer platanoides* L.) // Древесные растения в природе и культуре. М.: Наука, 1983. С. 162–177.
6. *Пасечный А.А.* Особенности размножения некоторых садовых форм дуба черешчатого для озеленения // Теория и методы интродукции растений и зеленого строительства. Киев: Урожай, 1980. С. 159–161.
7. *Чжу Цты* Теория и техника прививки орехов при вегетативной гибридизации и для размножения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1961. 16 с.

ESTIMATION OF REGENERATION ABILITY OF DECIDUOUS WOOD PLANTS

I.A. Bondorina

Tsytsyn Main Botanical Garden RAS

The work gives us the results of complex estimation of regeneration potential of woody plants with the help of methodology worked out for this purpose. It is stated, that regeneration potential depends on species peculiarities of the plant and its physiological state in different vegetation periods.

Keywords: *grafting components, stock, scion, regeneration potential.*

Об авторах:

БОНДОРИНА Ирина Анатольевна—кандидат биологических наук, заведующая отделом декоративных растений, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: bondo-irina@yandex.ru