

Следовательно, возделывание изучаемых культур в условиях лесостепи Красноярского края экономически оправдано и целесообразно.

### Заключение

Выращивание нетрадиционных для края кормовых культур в условиях ограниченных ресурсов плодородия лесостепной зоны вполне эффективно. В условиях типичной лесостепи (ГСХУ «Учхоз Миндерлинское») урожайность зеленой массы сорго сахарного превышает 600 ц/га, при уровне урожайности овса 290 ц/га. В открытой лесостепи (ОПХ «Минино») по урожайности выделяется пайза (650 ц/га). Высокий потенциал урожайности показали мальва сорта Силосная и амарант, при двухкратном превышении содержания в корме протеина, чем у овса.

Уровень рентабельности может достигать высоких показателей, в опытах ГСХУ «Учхоз Миндерлинское» возделывания сорго сахарного он составил 317,3%, суданки сорта Новосибирская-84 – 216,5%, амаранта сорта Чергинский 149,0%, овса (контрольный вариант) – 120,6%.

### Литература

1. Аветисян А.Т. Пайза – перспективная кормовая культура для мелиорируемых земель Восточной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – №4. – С.38–40, 48 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропроиздат, 1985. – 352 с.
3. Структурно-агрегатное состояние чернозема обыкновенного / Н.Л. Кураченко [и др.] //Аграрная наука. – 2008. – №10. – С. 15–16.
4. Постников Б.А. Новые и нетрадиционные кормовые и фитоэкстрагенные культуры и их значение в кормоизготовлении и зоотехнии // Сб. науч. тр. СибНИИ кормов СО РАСХН. – Новосибирск, 2007. – С. 422–430.
5. Романов В.Н., Едимеичев Ю.Ф., Мазуров И.А. Экономическая и биоэнергетическая эффективность севооборотов в ОПХ «Минино» // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – №6. – С. 55–58.
6. Агрометеобюллетени АМС «Минино» за 2009–2011гг.
7. Биоэнергетическая оценка севооборотов: метод. рекомендации / СО РАСХН, СибНИИСХ. – Новосибирск, 1993. – 36 с.
8. Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири: Биолого-ботанические основы возделывания. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. – 264 с.
9. Типовые нормативные технологические карты по производству основных видов растениеводческой продукции. – М.: Экономика и право, 2004. – 420 с.



УДК 631.811.98:581. 54

Т.В. Баранова

### СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА

В статье представлены результаты исследования адаптивных возможностей по всхожести семян, особенностей роста сеянцев после обработке стимулирующими веществами, а также аксидалтом активности представителей рода. Выявлено, что предпосевная обработка семян 3% перекисью водорода приводит к увеличению надземной и подземной части растения.

**Ключевые слова:** сеянцы, предпосевная обработка, антиоксидантная активность, изучение.

T.V. Baranova

### THE WAYS TO INCREASE THE RESISTANCE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY STUDY OF THE RHODODENDRON L TYPE SPECIES

*The research results of the adaptive abilities on seed germinating ability, seedling growth peculiarities after treatment by the promoting agents, and the type species activity oxidant are given in the article. It is revealed that*

*presowing seed treatment by 3% hydrogen peroxide leads to the increase of the aboveground and underground plant part.*

**Key words:** *seedlings, presowing treatment, antioxidant activity, study.*

---

В последние годы в озеленении стали чаще использовать различные декоративные интродуценты, в том числе виды рода Рододендрон из сем. Вересковых. Интродукция рододендронов в Центральном Черноземье ведется с 70-х годов в Ботаническом саду Воронежского государственного университета (ВГУ) [1], но остается множество нерешенных вопросов в аспекте адаптации их к условиям окружающей среды, недостаточно изучены их эколого-физиологические реакции. Поэтому важно исследовать такие реакции рододендронов в норме, чтобы иметь надежные контрольные данные для изучения их поведения в стрессовых условиях. Внедрение в озеленение городской зоны и выращивание этих растений в условиях техногенной нагрузки достаточно сложно, поскольку они нуждаются в кислой почве, но могут произрастать и на черноземе. Сохранение pH в пределах 7 в почвах с существенным содержанием тяжелых металлов предотвращает токсичность многих из них, но те же концентрации металлов при pH=5,5 и ниже могут стать летальными для растений [2]. Известно, что для многих видов рода *Rhododendron* L и других представителей семейства *Ericaceae* Juss. (вересковых) необходима реакция субстрата pH=4,5–6 [3]. Поэтому в условиях техногенного загрязнения увеличивается нагрузка на растения, произрастающие на кислой почве. А выращивание вересковых на черноземе в городской зоне и на территории промышленных предприятий может стать хорошей защитой от неблагоприятного химического воздействия. Другим способом улучшения состояния растений в условиях стресса можно считать преадаптацию: быстрое приспособление к внешнему воздействию после предварительного пребывания организма при более слабой нагрузке. Доказательством существования преадаптации у растений можно считать неспецифические защитные реакции, отмеченные многими авторами [4, 5]. Так, например, В.Н. Позолотиной с соавторами была отмечена неспецифичность ответа на действие привычного и нового фактора при оценке адаптационных возможностей семенного потомства из популяций, испытывающих умеренный химический и радиоактивный стресс, и выявлена специфичность реакции на оба фактора провокации в фоновой популяции (не испытывающей действия стресса). Растения, использующиеся в озеленении городской зоны, произрастают в условиях техногенного загрязнения различной интенсивности. Поэтому они должны быть преадаптированы к действию стресса, вызванному как техногенным загрязнением, так и резкими колебаниями погодных условий, которые часто отмечаются в последние годы. Для получения более точных данных и сравнения результатов исследований следует использовать в качестве контроля материал, собранный на экологически безопасной территории. Оценить экологическую обстановку и состояние растений в определенном районе можно различными химическими и биологическими методами. Однако применение новых методов требует их всесторонней проверки с помощью уже известных. Для этого необходимо всестороннее изучение материала контрольной территории. Антиоксидантную активность определяют как отражение действия всех присутствующих в объекте восстановителей органической природы связывают с влиянием стресса на организм [6]. Изучение данного показателя состояния растений – относительно новая методика, которая ранее не применялась для рода *Rhododendron*. В связи с этим целью исследований являлось изучение адаптивных возможностей по всхожести семян, особенностей роста сеянцев после обработки стимулирующими веществами и антиоксидантной активности представителей рода *Rhododendron*.

**Материал и методика.** Объектами исследований служили кустарники рододендронов исследуемых видов, произрастающие на территории Ботанического сада Воронежского государственного университета (ВГУ), который расположен в Центральном районе г. Воронежа и характеризуется невысокой техногенной нагрузкой. Материалом исследований служили семена, собранные с кустарников, и полученные из них проростки и сеянцы рододендронов. Посев рододендрона Ледебура и сихотинского производили в октябре 2008 года семенами, собранными в Ботаническом саду ВГУ (трехлетнего срока хранения). Для эксперимента по предпосевной обработке использовали семена рододендронов Ледебура (*Rhododendron ledebourii* Pojark.) и сихотинского (*Rh. sichotense* Pojark.) группового сбора (смесь семян 5 растений каждого вида). Семена были обработаны перед посевом: 1 вариант – 3% раствором перекиси водорода, 2 – 0,01% раствором перманганата калия, 3 (контроль) – водопроводной водой. Рододендроны обладают поверхностной корневой системой, поэтому для выращивания сеянцев первого-второго года достаточно использовать субстрат (верховой торф) слоем 10–15 см. Проростки пикировали в стадии 3–4 или 4–5 настоящих листьев двумя способами: в стеллаж, заполненный верховым торфом из Бобровского района Воронежской области (pH=4,8 слоем 15 см), и в ящики с прессованным торфом (производства ЗАО Росторфинвест, Москва, pH=5,5–6,6 слоем 10 см). Фиксировали

размер под- и надземной частей растений в стадии 3–4 настоящих листьев. В марте 2009 года производили замеры длины сеянцев. Статистическую обработку результатов проводили на ПЭВМ типа IBM PC/AT с использованием пакета программ "Stadia". Процедура группировки данных и их обработка изложены в работе А.П. Кулаичева [7]. Варьирование оценивали с использованием коэффициента вариации (КВ) согласно рекомендациям Г.Ф. Лакина [8]. Антиоксидантную активность (АОА) представителей рода *Rhododendron* L. определяли по окислительно-восстановительному методу, основанному на воздействии восстановителей органической природы, присутствующих в анализируемом объекте, на индикаторную систему Fe (III)/Fe (II) – органический реагент [9]. Пересчет вели на стандарт – аскорбиновую кислоту. Методику адаптировали к объекту исследования впервые. Материалом служили листья рододендронов Ледебура (*Rhododendron ledebourii* Pojark.) и сихотинского (*Rh. sitchotense* Pojark.) группового сбора. Для выявления лучших экземпляров рододендрона Ледебура АОА определяли для каждого из трех в отдельности.

**Результаты и обсуждение.** Период прорастания зависит от условий выращивания: количества света, влаги, температуры. Так, например, семена р. Ледебура, по литературным данным, при температуре 18–20°C прорастают на 8–9 день. Р.Я. Кондратович [3] указывал, что оптимум прорастания рододендронов находится в пределах 18–22°C и поддержании 100% влажности. Это способствует более быстрому развитию проростков, чем спор плесневых грибов. При более низкой температуре прорастание семян затягивается до 3 недель и более, снижается всхожесть, отмечается более быстрый рост плесневых грибов, не позволяя нормально развиваться сеянцам. Всхожесть семян составила в 1 варианте 75%, во 2 – 72%, в контроле – 68%. Повышение всхожести семян, хотя и небольшое, свидетельствует о положительном эффекте предпосевной обработки семян. Материал содержали в холодной теплице (при температуре 0+5 °C). В таких условиях отмечалось замедление развития, поскольку проростки оставались в стадии семядольных листьев до конца января. Первый настоящий лист во всех вариантах отмечен в начале февраля 2009 года. С этого времени начался интенсивный рост проростков. В начале марта появились 3–5 настоящих листьев у р. сихотинского и 3–4 у р. Ледебура. На данной стадии проростки были распикированы в стеллаж и в ящики с субстратом различного состава. Размер надземной части проростков колебался от 0,8 до 1,5 см.

Таблица 1

**Размер сеянцев рододендронов в опыте (после предпосевной обработки семян 3% раствором перекиси водорода и раствором перманганата калия) и контроле**

Название вида, способ пикровки	Вариант 1		Вариант 2		Контроль	
	Размер сеянцев, см	КВ	Размер сеянцев, см	КВ	Размер сеянцев, см	КВ
<i>Rh. ledebourii</i> , пикровка в стеллаж	10,6±0,3**	11,3	7,3±0,4	20,5	6,7±0,4	20,9
<i>Rh. ledebourii</i> , пикровка в ящик	4,5±0,2*	8,9	3,8±0,3	21,1	3,6±0,3	19,4
<i>Rh. sitchotense</i> , пикровка в ящик	4,5±0,2**	8,9	3,9±0,1	10,3	3,9±0,9	16,7

\* Различия с результатами 2006 г. достоверны ( $P<0,05$ ); \*\* Различия с контролем достоверны ( $P<0,01$ ).

Из таблицы 1 видно, что сеянцы варианта 1 (обработка семян перекисью водорода) достоверно выше контрольных при способах пикровки в стеллаж и в ящик. В стеллаже площадь питания сеянцев больше, чем в ящике, и оказалась более кислая реакция субстрата, что благоприятно повлияло на рост сеянцев во всех вариантах (см. табл.1). Поэтому проростки рододендрона Ледебура, распикированные в стеллаж, были достоверно выше помещенных в ящик, где их рост замедлялся (1 вариант  $P<0,01$ ; 2 вариант, контроль  $P<0,05$ ). Видимо, это связано с более кислой реакцией субстрата, благоприятно влияющей на рост сеянцев, и большей площадью питания, которая позволяет более свободно развиваться корням. Но значительная площадь питания для рододендронов, обладающих поверхностной корневой системой, не требуется. Наоборот, ее сильное увеличение приводит к развитию плесневых грибов и задерживает развитие сеянцев. Длина корня в варианте 1 в среднем составила 2,6±0,1 см, что достоверно отличается от контроля, где корень был 1,4±0,1 см ( $P<0,01$ ), и

варианта 2 (обработка семян раствором перманганата калия) –  $1,5 \pm 0,1$  ( $P < 0,01$ ). Размеры корня у сенцов варианта 2 практически не отличались от контроля. Очевидно, что в последнем случае предпосевная обработка семян не оказала значительного влияния на развитие корневой системы сенцов. Корневая система в 1 варианте (после обработки семян перекисью водорода) была более разветвленной и мощной. Это, с одной стороны, является свидетельством стрессового воздействия на растительный организм и приспособлением к нему, а, с другой стороны – полезным морфологическим изменением. Подобный эффект отмечался многими авторами при воздействии стимуляторов роста, гербицидов и ретардантов на семена, проростки и молодые побеги. Вместе с тем отмечалось увеличение защитных сил организма, стимулирование жизнедеятельности растения (усиление фотосинтеза, продуктивного дыхания, поглотительной способности корня), повышение устойчивости к действию засухи, перегреву, заморозкам [10,11]. Перекись водорода выступает в качестве стимулятора роста. Данные вещества в небольших дозах включают неспецифические защитные реакции – физиологические ответы живого организма, которые наблюдаются вскоре после воздействия возбуждающего организма фактора. Физиологическая сущность такого типа реакций состоит в активации обменных процессов, связанных с адаптационной перестройкой обмена, обусловливающей защитную реакцию [4].

Такие реакции у организма вызывают малые дозы токсичных веществ различной природы, затрагивающие разные стороны обмена веществ. Поэтому предпосевная обработка семян может служить примером преадаптации к воздействию неблагоприятных факторов среды, в том числе к техногенному загрязнению. Мы предполагаем, что сенцы, выращенные из семян, обработанных перед посевом перекисью водорода, будут более резистентны к внешнему воздействию. Данный способ предпосевной обработки перспективно использовать при подготовке растительного материала для озеленения городских территорий и зоны промышленных предприятий.

Антиоксидантная активность также является показателем адаптивных изменений, происходящих в растительном организме. АОА в листьях кустарников рода *Rhododendron* колебалась в зависимости от вида и индивида (табл. 2).

Таблица 2  
Антиоксидантная активность (АОА) листьев представителей рода *Rhododendron* L., мг/г

Название вида	АОА
Р. Ледебура 1	$6,02 \pm 0,03$
Р. Ледебура 2	$5,82 \pm 0,03$
Р. Ледебура 3	$5,94 \pm 0,02$
Р. сихотинский	$5,75 \pm 0,03$

АОА р. сихотинского оказалась ниже, чем у р. Ледебура, у которого данный параметр отличался у всех изучаемых экземпляров. Наибольший уровень АОА обусловлен увеличением количества антиоксидантов, как у экземпляра 1 р. Ледебура, поскольку этот показатель повышается в периоды наибольшего напряжения растительного организма: весной во время интенсивного роста, цветения, а также в конце вегетационного сезона и в стрессовых условиях. Например, было отмечено повышение уровня кверцетина в разные периоды вегетации [12], увеличение количества аскобиновой кислоты в связи с низкими температурами весной и осенью, обратно корреляционная зависимость между содержанием антоцианов в листьях и температурой окружающей среды [6]. Мы предполагаем, что растения, обладающие наибольшей АОА, являются более приспособленными к стрессу, поэтому можно рекомендовать использование в качестве маточного экземпляра для сбора семян р. Ледебура 1.

Таким образом, при изучении влияния предпосевной обработки, качества субстрата и способа выращивания рододендронов вскрыты следующие закономерности: наибольшим размером характеризовались сенцы, обработанные 3% перекисью водорода, распикрованные на верховой торф с кислой реакцией  $\text{pH}=4-5$  слоем 15 см опытные сенцы по высоте превышали контрольные. При одинаковой площади питания, реакции субстрата выращенные в ящике непикированные сенцы рододендрона Ледебура были достоверно выше распикрованных. После предпосевной обработки семян 3% перекисью водорода у проростков и сенцов развивалась более мощная корневая система, более длинные и разветвленные корни, что свидетельствует о стрессовом воздействии, вызывающем приспособительную реакцию.

Мы предлагаем использовать один из способов повышения устойчивости и адаптации растений-озеленителей к условиям городской зоны – предпосевную обработку семян 3% перекисью водорода. Это вещество стимулирует всхожесть семян и укрепляет сеянцы, вызывая увеличение надземной части, развитие более мощной корневой системы и резистентность к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды. Применение перекиси водорода для выращивания растительного материала для озеленения экологически загрязненной территории может способствовать получению более устойчивых декоративных форм, адаптированных к городским условиям. Выявление резистентных форм растений осуществляют различными методами, в том числе и биохимическими. Поэтому измерение уровня антиоксидантной активности можно применять для выявления наиболее адаптированных экземпляров, используя их в последующих экспериментах в качестве маточников.

### Литература

1. Симонова Л.И., Николаев Е.А. Вегетативное размножение рододендронов в условиях Ботанического сада ВГУ // Проблемы интродукции и экологии Центрального Черноземья: сб. науч. тр. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1997. – С. 24–27.
2. Высоцкий А.А., Высоцкая Е.А. Проблема заражения тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных предприятий // Наука и образование на службе лесного комплекса (к 75-летию ВГЛТА): мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (26–28 окт. 2005 г.). – Воронеж, 2005. – С.58–62.
3. Кондратович Р.Я. Рододендроны. – Рига: Зинантне, 1981. – 231 с.
4. Овчинникова Т.А. О возможности индикации очищения почвы после разовых фенольных загрязнений // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений: межвуз. сб. – Куйбышев, 1990. – С. 138–141.
5. Современные уровни радионуклидного загрязнения ВУРСа и биологические эффекты в локальных популяциях *Plantago major L.* / В.Н. Позолотина [и др.] // Экология. – 2005. – № 5. – С. 353–361.
6. Горюнова Ю.Д. Влияние экологических факторов на содержание в растениях некоторых антиоксидантов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калининград, 2009. – 22 с.
7. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. – М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2006. – 512 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
9. Определение антиоксидантной активности пищевых продуктов с использованием индикаторной системы Fe (III) / Fe (II) – органический реагент / З.А. Темердашев, Н.В. Храпко, Т.Г. Цюпко [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материала. – 2006.– Т. 72, №11. – С. 15–19.
10. Брянцева З.Н., Галачалова З.Н., Махоткина Г.А. Химическое регулирование ростовых и репродуктивных процессов // Растительные богатства Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 214–226.
11. Брянцева З.Н. Ростовые и метаболические реакции растений кукурузы при внекорневом введении 2, 4-Д и минеральных солей // Физиологические механизмы адаптации и устойчивости у растений. – Новосибирск, 1973. – С. 244–256.
12. Гульшина В.А. Биология развития и особенности биохимического состава сортов амаранта в Центрально-Черноземном регионе России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 25 с.

