

УДК 634.7:631.527.581.1.036

УСТОЙЧИВОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ КРЫЖОВНИКА К НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

З.Е. ОЖЕРЕЛЬЕВА, О.В. КУРАШЕВ, П.С. ПРУДНИКОВ, Д.А. КРИВУШИНА

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур

Орловская область, Орловский район, д. Жилина, 302530, Россия

e-mail: info@vniispk.ru

В результате исследований устойчивости сортов крыжовника к минусовой температуре выявлена их способность быстро проходить закалку в осенний период, что способствовало своевременному вхождению в период покоя. Проанализирован фракционный состав воды в их тканях в разные периоды закаливания. Установлено, что в тканях однолетних побегов в осенне-зимний период количество связанной воды увеличивается, а свободной — уменьшается. В процессе успешного прохождения закалки содержание сахаров во флоэме однолетних побегов повышалось. Оценен потенциал устойчивости к максимально низкой температуре, выявлены достоверные сортовые различия по морозостойкости почек и флоэмы однолетних побегов.

Ключевые слова: крыжовник, сорта, искусственное промораживание, закалка, зимостойкость, максимальная морозостойкость.

Одним из лимитирующих факторов, определяющих устойчивость растений крыжовника, является их способность выдерживать максимально низкие температуры в середине зимы. В результате исследований, проведенных в отечественных научных учреждениях, выделены зимостойкие сорта крыжовника, пригодные для возделывания в разных климатических зонах России [3, 4, 9, 11]. Работы зарубежных ученых по исследованию морозостойкости и зимостойкости крыжовника в настоящее время единичны. В основном они посвящены изучению биохимического состава и качества плодов, устойчивости к болезням и вредителям [20]. Наряду с этим латвийские ученые кроме оценки вышеуказанных признаков проанализировали и зимостойкость генотипов крыжовника местной селекции [18].

Крыжовник относительно морозостойкая культура. Важным условием формирования свойств его морозостойкости является закалка [13]. К периоду глубокого покоя в растениях крыжовника образуется большое количество высокомолекулярных соединений, обладающих защитным действием (сахаров, ненасыщенных жирных кислот, дубильных и липидных веществ), и повышается содержание связанной воды [19], что свидетельствует о глубоких перестройках метаболизма [5]. К началу зимы они приобретают морозостойкость к ранним морозам до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (I компонент зимостойкости), которая определяется наследственным потенциалом и возможностями его реализации в конкретных погодных

условиях, характером и скоростью протекания подготовительных процессов (осенняя закалка) к перезимовке [16]. При этом морозостойкость значительно увеличивается в середине зимы (II компонент зимостойкости) по мере усиления холодов [13]. Потенциал максимальной морозостойкости определяется температурой $-38...-40$ °С [16].

Целью настоящего исследования было оценить потенциал максимальной морозостойкости новых сортов крыжовника в середине зимы методом искусственного промораживания.

Методика

Исследования проводили в 2013—2015 гг. на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК с использованием новых сортов крыжовника селекции ФГБНУ ВНИИСПК. Возраст растений — 8 лет. В качестве образцов брали по 3 типичных куста от каждого сорта. Междуядья — черный пар, приствольные полосы — задернение.

Фракционный состав воды в однолетних побегах крыжовника изучали методом Окунцева—Маринчик [1] в осенние периоды 2013 и 2014 годов. Метод основан на изменении концентрации раствора сахарозы при погружении в него ткани растения. Ткань однолетнего побега массой 0,4 г погружали в 30 %-й раствор сахарозы. Часть воды из ткани переходила в раствор, уменьшая его концентрацию. По исходному объему раствора, его начальной и конечной концентрации, определяли количество воды, отнятой из ткани однолетнего побега. По разнице содержания общей воды и воды, перешедшей в раствор, рассчитывали содержание связанной воды. Концентрацию сахарозы в растворе измеряли с помощью цифрового рефрактометра PAL-1 («Atago», Япония).

В осенние периоды 2013 и 2014 годов определяли содержание сахаров во флоэме однолетних побегов по методу Туркиной, Соколовой [14]. Для этого навеску коры (0,5 г) растирали в 10 мл этилового спирта, нагретого до 80 °С, переносили в пробирки и прогревали в течение 10 мин на кипящей водяной бане. Содержимое пробирок центрифугировали 10 мин при 7000 об/мин. К надосадочной жидкости (0,5 мл) добавляли 50 мкл 5 н NaOH (Россия) и прогревали в течение 10 мин на водяной бане. После охлаждения добавляли 0,5 мл резорцинового реактива (100 мг резорцина + 250 мг тиомочевины в 100 мл ледяной уксусной кислоты) и 3,5 мл 30 %-й HCl. Пробирки с этой смесью прогревали на водяной бане в течение 10 мин. После охлаждения определяли ее оптическую плотность на спектрофотометре «Bio Rad SmartSpec Plus» (США) при 520 нм. Содержание сахаров рассчитывали по калибровочной кривой, построенной для чистой сахарозы (Россия).

Повреждения растений крыжовника в полевых условиях оценивали в начале весны 2014 и 2015 годов согласно работе [10]. В зимний период 2014—2015 гг. температура воздуха не понижалась до критической отметки $-38...-40$ °С. Кроме того, погодные условия на фоне отрицательных температур характеризовались частыми и продолжительными оттепелями (рис. 1). В связи с этим мы провели искусственное промораживание однолетних побегов сортов крыжовника для оценки их максимальной морозостойкости.

Искусственному промораживанию подвергали однолетние побеги средней длины 20 см, которые срезали с разных сторон куста по 5 побегов каждого сорта. Материал отбирали в конце ноября, когда среднесуточная температура воздуха устанавливалась ниже 0 °С, и хранили его в

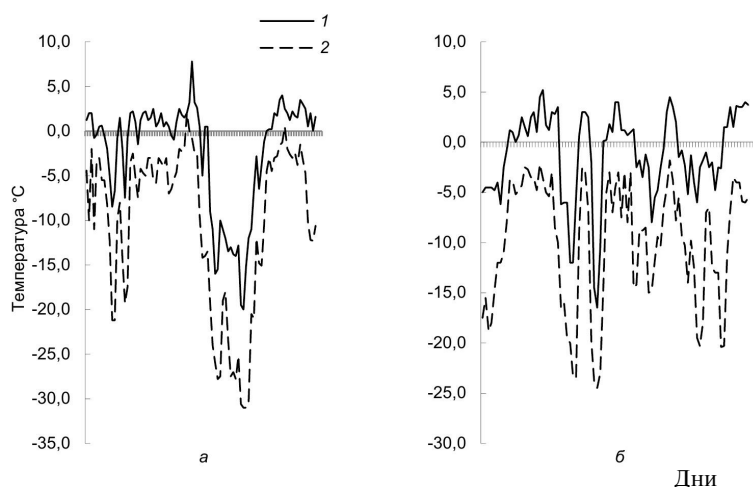


Рис. 1. Максимальная (1) и минимальная (2) температуры воздуха в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) 2013–2014 (а) и 2014–2015 гг. (б)

морозильной камере при температуре -4 ± 1 °С в полиэтиленовом пакете. Целью эксперимента было выявление потенциала максимальной морозостойкости (II компонент зимостойкости) новых сортов крыжовника с исключением влияния других погодных факторов (перепады температур), которые наблюдаются зимой в Орловской области. Искусственное промораживание выполняли в январе 2014 и 2015 гг. в климатической камере «Espress» PSL-2KPH (Япония) по методике [15]. Для определения устойчивости к максимально низкой температуре (II компонент зимостойкости) в середине зимы сорта крыжовника промораживали при -38 °С (продолжительность 8 ч). Скорость снижения температуры — 5 град/ч. Повреждения оценивали методом отращивания. Однолетние побеги после промораживания подрезали на 2–3 см и помещали в сосуды с водой при температуре $+21 \pm 1$ °С. Воду в сосудах меняли через каждые 2 дня. Отращивали побеги 10 дней.

Повреждения почек и тканей определяли по степени побурения на продольных и поперечных срезах по следующей шкале: от 0 баллов — повреждений нет, до 5 — почки и ткань погибли. Повреждения оценивали с помощью бинокулярного микроскопа МБС-2 (Россия).

В качестве контроля использовали зимостойкий высокоурожайный, устойчивый к мучнистой росе сорт крыжовника Смена, который районирован в большинстве областей Российской Федерации (в том числе и в Орловской области) и в Сибири [12]. Экспериментальные данные обработаны методом математической статистики [2] с использованием компьютерной программы MS Excel.

Результаты и обсуждение

Морозостойкость растений крыжовника достигалась в процессе закаливания, которое проходило в течение осени. В октябре оводненность однолетних побегов сортов варьировала от 51,3 до 60,0 %. Согласно результатам анализа фракционного состава воды в побегах крыжовника, в этот период преобладала свободная вода в пределах 27–47 % (рис. 2, а). Под

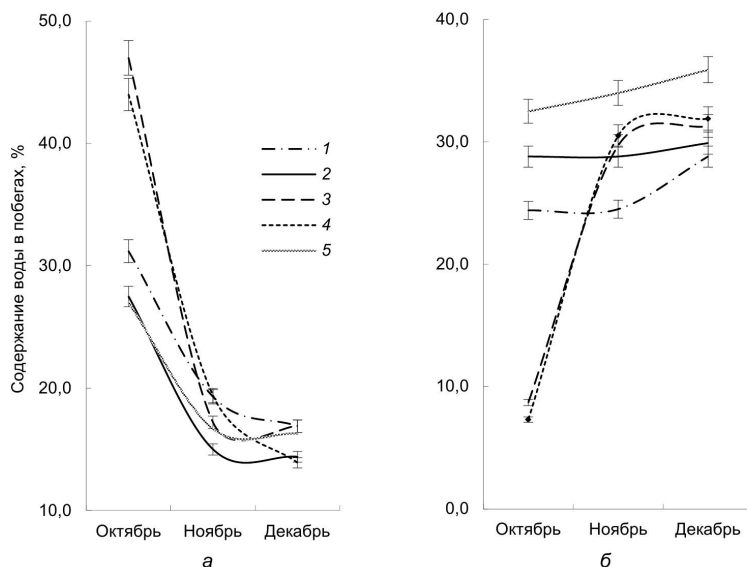


Рис. 2. Динамика свободной (а) и связанной (б) воды в однолетних побегах крыжовника разных сортов в осенне-зимний период (усредненно за два года — 2013—2014 гг.):

1 — Смена; 2 — Солнечный зайчик; 3 — Морячок; 4 — Некрасовский; 5 — Дискавери

воздействием низкой температуры в конце ноября уровень оводненности побегов снижался у всех сортов крыжовника и варьировал от 43,8 до 52,2 %. Таким образом, количество связанной воды в однолетних побегах возрастало, а содержание свободной воды — снижалось (см. рис. 2, б). В декабре наблюдали дальнейшее снижение оводненности однолетних побегов крыжовника в пределах 42,6—48,2 %. При этом количество связанной воды в однолетних побегах сортов крыжовника варьировало в прежних пределах — от 24,4 до 35,9 %, а содержание свободной воды — от 14,4 до 16,9 % (см. рис. 2). Это связано с частичным обезвоживанием клеток тканей, в результате чего протоплазма в начале зимы переходила в более устойчивое состояние [6]. На основе данных дисперсионного анализа отмечены достоверные межсортные различия ($F_{\phi} = 5,1 > F_{T 0,01} = 4,9$) и различия по количеству связанной воды ($F_{\phi} = 10,3 > F_{T 0,01} = 6,5$) в осенне-зимний период. Выявлено достоверное взаимодействие этих двух факторов ($F_{\phi} = 4,5 > F_{T 0,01} = 4,0$).

Мы установили, что в период прохождения закалки повышается содержание сахаров во флоэме однолетних побегов крыжовника. Так, в октябре содержание сахаров варьировало от 46,7 до 117,7 мг/г, в ноябре — от 107,2 до 185,6, в декабре — от 165,7 до 264,0 мг/г (рис. 3). Сахара служат энергетическим материалом и важнейшим веществом, которое защищает протоплазму от вымерзания [17]. Они повышают водоудерживающую способность коллоидов протоплазмы, препятствуют образованию льда и чрезмерному обезвоживанию [7]. С помощью корреляционного анализа изучаемых признаков установлена зависимость между содержанием связанной воды и сахаров в тканях однолетних побегов крыжовника ($r = 0,64$). Двухфакторным дисперсионным анализом с высокой достоверностью выявлены межсортные различия ($F_{\phi} = 218,1 > F_{T 0,01} = 3,8$) и различия по количеству сахаров во флоэме од-

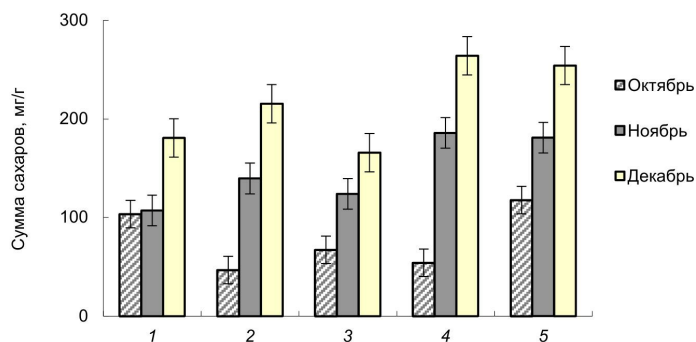


Рис. 3. Динамика суммы сахаров во флоэме однолетних побегов крыжовника разных сортов (усредненно за два года — 2013—2014 гг.):

1 — Смена (контроль); 2 — Солнечный зайчик; 3 — Морячок; 4 — Некрасовский; 5 — Дискавери

нолетних побегов крыжовника в осенне-зимний период при $p < 0,01$. Установлено достоверное взаимодействие этих двух факторов ($F_{\phi} = 83,8 > F_{T 0,01} = 4,1$).

В связи со сложившимися погодными условиями 2014—2015 гг. изученные сорта крыжовника Дискавери, Морячок характеризовались высокой зимостойкостью, у них не выявлено зимних повреждений (табл. 1). Контрольные сорта Смена и Некрасовский также можно отнести к группе высокозимостойких с незначительными повреждениями не более 1 балла. У сорта Солнечный зайчик в полевых условиях общая степень повреждения составляла до 1,5 балла. Данный сорт отнесен к группе зимостойких. С помощью однофакторного дисперсионного анализа установлены достоверные межсортные различия по повреждению однолетних побегов в полевых условиях при $p < 0,05$ и $p < 0,01$ (см. табл. 1).

Поскольку в 2014—2015 гг. температура воздуха зимой не понижалась до критической отметки $-38...-40$ °С, мы подвергли однолетние побеги сортов крыжовника искусственному промораживанию. Установлено значительное варьирование (48,3 %) степени повреждения почек однолетних побегов (табл. 2). Объясняется это тем, что морозостойкость почек — величина изменчивая, которая в первую очередь зависит от сложившихся погодных условий в период прохождения осенней закалки.

ТАБЛИЦА 1. Степень повреждения морозами сортов крыжовника в полевых условиях (2014—2015 гг.)

Сорт	Степень повреждения, балл		Среднее значение
	2014 г.	2015 г.	
Смена (контроль)	1,0	1,0	1,0±0,4
Солнечный зайчик	2,0	1,0	1,5±0,3
Некрасовский	1,0	0,0	0,5±0,2
Морячок	0,0	0,0	0,0±0,0
Дискавери	0,0	0,0	0,0±0,0
НСР _{0,05}			0,5
НСР _{0,01}			0,8

УСТОЙЧИВОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ КРЫЖОВНИКА

ТАБЛИЦА 2. Степень повреждения сортов крыжовника в январе при $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ (среднее за 2014–2015 гг.)

Сорт	Средний балл повреждения за 2 года исследований		
	Флоэма	Ксилема	Почки
Смена (контроль)	0,2±0,1	0,0±0,0	0,6±0,2
Солнечный зайчик	0,3±0,1	0,4±0,1	0,8±0,2
Морячок	0,8±0,1	0,6±0,2	2,0±0,2
Дискавери	0,6±0,1	0,4±0,1	1,5±0,2
Некрасовский	0,8±0,4	0,5±0,3	1,7±0,4
Среднее	0,5±0,2	0,4±0,2	1,3±0,2
Min	0,2	0,0	0,6
Max	0,8	0,6	2,0
V, %	13,1	16,7	48,3
НСР _{0,05}	0,5	$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,7

Флоэма и ксилема крыжовника в закаленном состоянии проявляли более стабильную морозостойкость (коэффициенты вариации составляли соответственно 13,1 и 16,7 %). По-видимому, в результате успешного прохождения закаливания понижение температуры в начале января до $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ в лабораторных условиях не вызвало значительного повреждения вегетативных почек (до 1 балла) у сортов крыжовника Солнечный зайчик и контрольного Смена. Сорта Дискавери, Морячок и Некрасовский получили при этом повреждения вегетативных почек до 2 баллов. У всех сортов орловской селекции отмечены незначительные повреждения флоэмы и ксилемы (см. табл. 2). Данные искусственного промораживания согласуются с полученными ранее результатами [8]. С помощью однофакторного дисперсионного анализа установлены достоверные межсортные различия по повреждению почек и флоэмы при $p < 0,05$. По повреждению ксилемы сортные различия несут незначительны.

Таким образом, в результате закаливания сортов крыжовника в осенний период в тканях их однолетних побегов увеличивалось количество связанной и уменьшалось содержание свободной воды. На фоне изменений водного режима во флоэме однолетних побегов повышалось количество сахаров. При этом выявлена прямая связь между содержанием связанной воды и сахаров. Установлено, что у сортов крыжовника морозостойкость тканей флоэмы и ксилемы выше, чем почек. Новые сорта крыжовника ранжированы на группы устойчивости по II компоненту зимостойкости: 1) высокоморозостойкие (повреждения не более 1 балла) — Солнечный зайчик, Смена; 2) морозостойкие (повреждения не более 2 баллов) — Дискавери, Морячок, Некрасовский.

1. *Баславская С.С., Трубецкова О.М.* Практикум по физиологии растений. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. — С. 297–298.
2. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
3. *Ермина Е.В.* Селекционное изучение исходного материала крыжовника для создания сортов в условиях лесостепи Приобья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 2003. — 15 с.
4. *Ильин В.С.* Результаты многолетних исследований по селекции смородины и крыжовника на Южном Урале // Современное состояние культур смородины и крыжовника: Сб. науч. трудов под ред. Ю.В. Трунова. — Мичуринск, 2007. — С. 66–80.

5. *Киртбая Е.К., Щеглов С.Н.* Крыжовник. — Краснодар, 2002. — 74 с.
6. *Кошкин Е.И.* Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. — М.: Дрофа, 2010. — 638 с.
7. *Левит Дж.* Повреждение и выживание после замораживания и связь с другими повреждающими воздействиями // Холодостойкость растений. — М.: Колос, 1983. — С. 10—36.
8. *Ожерельева З.Е., Курашев О.В.* Определение морозостойкости вегетативных почек и тканей у генотипов крыжовника в контролируемых условиях // Плодоводство и ягодоводство России. — 2014. — XXXIX. — С. 168—171.
9. *Петруша Е.Н.* Создание новых сортов, особенности сортоизучения и разработка сортифта ягодных культур для Камчатки // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Роль инноваций в современном обществе». — Петропавловск-Камчатский, 2007. — С. 153—161.
10. *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур.* — Орел, 1999. — 608 с.
11. *Пупкова Н.А.* Итоги сортоизучения крыжовника на северо-западе России // Генетические ресурсы плодовых, ягодных и винограда: сохранение и изучение. — Санкт-Петербург, 2007. — С. 139—148.
12. *Сергеева К.Д.* Крыжовник. — М.: Агропромиздат, 1989. — 208 с.
13. *Туманов И.И.* Физиология закаливания и морозостойкости растений. — М.: Наука, 1979. — 350 с.
14. *Туркина М.В., Соколова С.В.* Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани // Физиология растений. — 1972. — 19 (5). — С. 912—918.
15. *Тюрина М.М., Гоголева Г.А., Ефимова Н.В. и др.* Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. — М., 2002. — 120 с.
16. *Тюрина М.М.* Научные основы селекции на зимостойкость / Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур. — М., 1993. — С. 17—29.
17. *Gusta L.V., Wisniewski M.* Understanding plant cold hardiness: an opinion // *Physiol. Plant.* — 2012. — 147. — P. 4—14.
18. *Kampuss K., Strautina S., Kampuse S., Krasnova I.* Gooseberry (*Ribes grossularia* L.) genetic resources in Latvia // *Acta Hortic.* — 2012. — 926. — P. 39—45 {DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.926.3}
19. *Ozherelieva Z., Prudnikov P., Bogomolova N.* Frost hardiness of introduced Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) genotypes in Central Russia // *Proceedings of Latvian Academy of sciences. Section B.* — 2016. — 70, N 2 (701). — P. 88—95 {DOI: 10.1515/prolas-2016-0014}
20. *Pluta S., Broniarek-Niemiec A., Zurawicz E.* Productive value of eighteen gooseberry (*Ribes grossularia* L.) cultivars of different origin evaluated in central Poland // *J. Fruit and Ornamental Plant Research.* — 2010. — 18 (2). — P. 197—209.

Получено 21.09.2016

СТІЙКІСТЬ НОВИХ СОРТІВ АГРУСУ ДО НИЗЬКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ОСІННЬО-ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

З.Є. Ожерельєва, О.В. Курашов, П.С. Прудников, Д.О. Кривушина

ФДБНЗ Всеросійський науково-дослідний інститут селекції плодів культур, Орловська обл., Орловський р-н, с. Жиліна

В результаті досліджень стійкості сортів агрусу до мінусової температури виявлено їх здатність швидко загартовуватись в осінній період, що сприяло своєчасному входженню в період спокою. Проаналізовано фракційний склад води в їхніх тканинах у різні періоди загартовування. Встановлено, що в тканинах однорічних пагонів в осінньо-зимовий період кількість зв'язаної води збільшується, а вільної — зменшується. У процесі успішного проходження загартовування вміст цукрів у флоемі однорічних пагонів зростає. Оцінено потенціал стійкості до максимально низької температури, виявлено вірогідні сортові відмінності за морозостійкістю бруньок і флоєми однорічних пагонів.

RESISTANCE OF NEW GOOSEBERRY VARIETIES TO LOW TEMPERATURE IN
AUTUMN-WINTER PERIOD

Z.E. Ozherelieva, O.V. Kurashev, P.S. Prudnikov, D.A. Krivushina

Federal State Budget Scientific Institution, All Russian Research Institute of Fruit Crop
Breeding
Zhilina, Orel region, 302530, Russia

The results of study of gooseberry varieties resistance to negative temperatures are presented. The ability of gooseberry varieties to pass quickly the hardening in autumn has been revealed. Owing to this ability the plants entered the dormancy period in proper time. The analysis of the fractional water composition at different periods of hardening is given. The increase of bound water and reduce of available water were noted in the tissues of one-year shoots in autumn-winter period. During the successful passing of hardening sugars contents increased in the phloem of annual shoots. The potential of the resistance to low temperatures was evaluated that allowed to reveal reliable varietal differences in the maximal frost hardiness of buds and phloem of annual shoots.

Key words: gooseberry, varieties, artificial freezing, hardening, winter hardiness, maximal frost hardiness.