

УДК 331

СТРАТЕГИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ
СРЕДСТВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ ГОДА

О. С. Сушков

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

E-mail: s.i.sushkov@mail.ru

Техногенное загрязнение воздушной среды, почв и водных объектов вдоль крупных автомагистралей, в последнее время резко возросло из-за резкого увеличения автотранспорта и применения противогололедных средств в зимнее время.

Известно, что зеленые насаждения способны задерживать десятки тонн пыли, концентрировать в листьях тяжелые металлы (кадмий, свинец, цинк и др.), очищать воздух от дыма и вредных газов (окислы азота и серы), инактивировать действие различных биопатогенов и, наконец, обогащать воздух кислородом, жизненно необходимым для здоровья человека. В связи с обострением экологической обстановки в городах такая санитарно-гигиеническая роль зеленых массивов выходит на первое место как мощное средство нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения для городского населения.

В Москве – самом северном мегаполисе мира, на площади более 900 кв. км постоянно проживает 8,67 млн человек. В городе находится три тысячи крупных и средних промышленных предприятий, мощное движение автотранспорта. Вместе с тем, согласно комплексной оценке экологического состояния городской среды, обеспеченность озелененными территориями в Москве составляет менее 33 % требуемой. При этом их защитная эффективность с каждым годом падает из-за высокого уровня техногенной нагрузки, вызывающей хроническое ослабление жизнеспособности насаждений, особенно состоящих из хвойных и ряда лиственных пород.

Массовая гибель и повреждение деревьев и кустарников, деградация газонов летом 2014 г. показали, что, кроме хронического отрицательного влияния на зеленые насаждения промышленных газов и автотранспортных выбросов, растения стали испытывать солевой стресс из-за накопления в городских почвах нового для Москвы источника загрязнения токсичными ионами. Так, ши-

роко применяемые зимой противогололедные средства почти на 50 % состоят из хлорида, избыточные количества которого высоко токсичны для растений. Как известно, хлорид – один из самых агрессивных компонентов засоленных почв. Кроме хлорида, в смесях солей в значительных количествах присутствует другой токсичный компонент засоленных почв – натрий (30 %). Противогололедные смеси содержат также калий, который составляет около 20 % от суммы катионов. Калий, являясь важнейшим питательным элементом для растений, в высоких концентрациях проявляет еще более выраженные токсичные свойства, чем натрий. Поэтому его присутствие в солевых смесях также неблагоприятно отражается на жизнедеятельности растений.

По мере аккумуляции солей в тканях, чувствительных к засолению видов растений, их жизнеспособность падает и ослабленные растения в еще большей степени подвергаются действию различных фитопатогенов и техногенных факторов, что в конечном счете приведет к полной деградации городских лесов, парков и других лесонасаждений.

В настоящее время вдоль многих автомагистралей и улиц города содержание солей в почвах газонов по обочинам дорог достигло среднего и сильного засоления (0,4-0,6 % солей по плотному остатку). Такое засоление является пределом для нормального роста и развития большинства видов деревьев, кустарников и газонных трав, традиционно используемых в озеленении Москвы. Засоление считается абиотическим фактором, резко ограничивающим ассортимент древесных пород, а у солечувствительных видов аккумуляция солей в зоне корней вызывает массовое повреждение листьев, задержку цветения и, наконец, полное усыхание и гибель деревьев.

В связи с этим разработка мероприятий по сохранению существующих насаждений в Москве и созданию новых в конечном счете замыкается на устойчивости растений к комплексу отрицательных факторов городской среды: загазованность, задымление, выбросы тяжелых металлов, засоление. Следует отметить, что из всех постоянно действующих неблагоприятных факторов городской среды засоление оказалось новым фактором, к которому имеющиеся в городе древесно-кустарниковые насаждения уже не способны адаптироваться. Поэтому успешное решение проблемы улучшения экологической ситуации в городе, базирующейся на повышении эффективности защитной роли зеленых насаждений, неизбежно зависит от использования в зеленом строительстве древесно-кустарниковых пород и газонных трав, устойчивых к комплексу от-

рицательных факторов среды, в том числе к засолению. Обогащение породного состава деревьев и кустарников стресс-устойчивыми видами позволит создать насаждения, в наибольшей степени соответствующие экологическим условиям городской среды.

Для того, чтобы планировать подобные мероприятия необходимо знать, какие механизмы защиты от действия неблагоприятных факторов окружающей среды используют дикорастущие растения, у которых солеустойчивость является наследственно закрепленным признаком. В литературе широко обсуждаются несколько систем защиты от солевого воздействия, характерные для растений (Greenway, Muns, 1980; Tal, 1984; Bohnert, 1995). Это локализация избытка поступающих в растение ионов в метаболически инертных компартментах. На клеточном уровне такую роль выполняют вакуоли, клеточные стенки, а на организменном уровне – специальные анатомические образования, так называемые солевые железы, характерные для растений солеисключающего типа. Другой важный механизм защиты – непроницаемость мембран для балластных ионов. Этот механизм широко используется эколого-физиологической группой соленепроницаемых галофитов, к которым относят многие виды растений из семейства злаков и ряд кустарников. В последнее время большое внимание уделяется формированию у растений, подвергающихся солевому воздействию, различных биохимических механизмов защиты, состоящих в способности аккумулировать в тканях низкомолекулярные осмопротекторы типа пролина, бетаинов или так называемых стресс-белков, особенно характерных для ответной реакции растений на шоковое воздействие. Все выше рассмотренные механизмы в той или иной степени проявляются при защите растений также от избытка тяжелых металлов, дефицита влаги, загазованности и других негативных факторов окружающей среды. Способностью противостоять засолению обладают многие засухоустойчивые виды с развитой ксероморфной структурой. Проявление однотипности ответных реакций на различные виды стрессового воздействия исходит из того, что в ходе своего развития растения подвержены комплексному действию факторов различной природы. Так, например, растения аридных местообитаний испытывают давление жестких ксеротермических воздействий: экстремальной сухости воздуха и почвы, интенсивного засоления, высоких летних и низких зимних температур. Можно полагать, что в ходе эволюционного процесса в подобных условиях были сформированы общие системы устойчивости, существование которых направ-

лено на сокращение числа одновременно функционирующих специализированных механизмов адаптации и на экономию энергетических и структурных ресурсов организма [1].

Из представлений об однотипности многих ответных реакций растений на стрессорные воздействия различной природы и комплексном характере изменения городской среды должна исходить и сама стратегия создания долгоживущих и стресс-устойчивых насаждений в таком крупном мегаполисе, как Москва.

Для многих древесно-кустарниковых пород, традиционно присутствующих в зеленых массивах города, засоление оказалось критическим для их жизнедеятельности, если посадки были размещены в придорожных газонах. Так, липа, береза, все хвойные породы, клен остролистный, каштан, акация, тополь и др. оказались почти на 80 % в критическом и угнетенном состоянии. Следует отметить, что аккумуляция хлоридов, наиболее токсичных для несолеустойчивых видов древесных пород, наблюдается в верхнем слое почвы ранней весной. В весенний период, когда у древесных пород начинается сокодвижение, создаваемое избытком солей, повышенное осмотическое давление в водной фазе почвы, препятствует нормальному поступлению воды. В результате растения испытывают сначала осмотический шок, а затем вследствие нарушения проницаемости клеточных мембран в корнях в надземные органы устремляется избыточный поток солей, что вызывает у растений солевой шок. Аккумуляция солей в надземных органах – главный повреждающий фактор для растений, который отрицательно воздействует на жизнедеятельность растений в течение всего вегетационного периода. Так, содержание хлорида – наиболее токсичного компонента широко применяемых в городе солевых смесей в поврежденных листьях чувствительного к засолению клена остролистного возрастает в десятки раз по сравнению с нормой в условиях солевого шока. Несмотря на отчуждение солей с осенним опадом листьев значительная часть их задерживается в ксилемных и флоемных элементах стволов и осевых органов древесных растений, что окажет отрицательное воздействие на листовые и цветочные почки на следующую весну. Поэтому, несмотря на то что большая часть солей вымывается из почвы в течение лета благодаря гумидному климату и высокой водопроницаемости почв, поврежденные деревья и кустарники в большинстве случаев в следующий вегетационный сезон не восстанавливаются и погибают. Так называемые шоковые белки и низкомолекулярные осмопротекторы (пролин,

бетаины, полиолы и полиамины) не могут продолжительно защищать растения от солевого стресса [2].

Почвы в значительной степени освобождаются от солей к осени. В некоторых случаях в почвах возрастает рН и содержание обменного натрия, что оказывается благоприятной средой для патогенных микроорганизмов. Инфицирование ослабленных солевым стрессом растений фитопатогенами оказывается дополнительным критическим фактором, снижающим жизнеспособность и защитные свойства зеленых насаждений.

Все это послужило основанием для использования в озеленительной практике городов солеустойчивых видов деревьев и кустарников, которые могут входить в состав буферных защитных насаждений вдоль дорог, где активно используются противогололедные препараты для безопасности движения автотранспорта. Для создания комбинированных древесно-кустарниковых полос вдоль автотранспортных магистралей можно рекомендовать следующие солеустойчивые виды: боярышник кровавокрасный (*Crataegus L., rubra*), вяз мелколистный (*Ulmus rumula L.*), тополь черный (*Populus nigra L.*), ива ледебура (*Salix ledebure L.*), клен татарский (*Acer tatarica L.*), черемуха маака (*Radus maackii R.*), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica M.*) и др.

В связи с обсуждаемой проблемой засоления городских почв особенно важно рассмотреть, какое влияние оказывает применение противогололедных смесей на состояние городских газонов и какие есть возможности для уменьшения их негативного эффекта. В последние 2-3 года широкое применение солевых смесей (NaCl и KCl) в Москве вызвало сильное засоление почв вдоль обочин дорог, особенно ранней весной. Соли аккумулируются по обочине дорог (от 1 до 3 м от дороги), что создает так называемый краевой эффект. Он состоит прежде всего в полной деградации растительного покрова в результате сильного техногенного давления, включая засоление почвы. Краевой эффект проявляется также в исчезновении ценных видов газонных трав и их вытеснению сорными травами, что связано, главным образом, с популяционной дифференциацией сорняков, основанной на быстрой адаптации к засолению в результате применения солевых смесей. Некоторые виды сорняков кроме солеустойчивости, показывают высокую устойчивость к тяжелым металлам: *Plantago salsa*, *Elytrigi repens*, *Polygonum aviculare*, *Arctium tomentosum*. Выше упомянутые сорняки способны аккумулировать в своих тканях тяжелые металлы, играя буферную роль в системе «почва-растение». Селекция таких генотипов

растений для каждого вида металлополлютантов и составление на их основе травосмесей может быть важна для задернения техногенных отвалов, свалок и обогащенных тяжелыми металлами грунтов с полей орошения. Однако это создает опасность миграции тяжелых металлов в пищевую цепь, а масштаб их поступления в надземную массу растений не адекватен масштабу их накопления в таких грунтах. Более того, выше перечисленные сорные виды трав не переносят стрижки и не имеют декоративного значения.

Для задернения и окультуривания обочин дорог с выраженным краевым эффектом более перспективно использовать посеvy стресс-устойчивых видов газонных трав. Как известно, солеустойчивость дикорастущих галофитов из семейства Gramineae основана на непроницаемости их клеточных мембран для балластных ионов: натрия и хлорида. Возможно, у этой экологической группы галофитов подобный механизм используется и для избегания аккумуляции в тканях также тяжелых металлов. Использование в травосмесях для задернения обочин дорог подобных стресс-устойчивых видов позволит создать барьер для включения в биологический круговорот токсичных солей и тяжелых металлов. Вместе с тем, поступающие на поверхность дернины металлополлютанты и накопившиеся за зиму соли будут промываться осадками в более глубокие слои почвы, где они становятся недоступными для поглощения корневыми системами древесных и кустарниковых насаждений. Однако в отличие от древесно-кустарниковых насаждений, часто необратимо страдающих от засоления в придорожной полосе, воздействие солей на газонные травы второго и третьего года вегетации проявляется в меньшей степени. В результате после промывки газонов от солей в весенний период отрастание некоторых видов многолетних трав частично возобновляется, но при этом сохраняется изреженность травяного покрова и стимулируется внедрение сорных видов.

В связи с этим возникла необходимость оценить степень устойчивости и способность адаптироваться к условиям повышенного засоления у важнейших видов многолетних газонных трав в фазу прорастания семян и начала ростовых процессов. Опыты проводились в лабораторных условиях в пикировочных ящиках, заполненных дерново-подзолистой почвой. Различная степень засоления почвы создавалась ежедневным поливом в течение недели растворами противогололедных солей, применявшихся городскими службами в зимний период 2014 г. для борьбы с гололедом. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70 % от полной влагоемкости. Испытывали два варианта засоления: 1) внесе-

ние солей в почву порциями по 200 мл 0,5 и 1,0 % раствора противогололедной смеси в течение недели до посева семян до достижения двух уровней засоления: среднего с содержанием солей 0,3 % по плотному остатку почвы и сильного – 0,6 %; 2) внесение солей по той же схеме, но после посева семян в незасоленную почву.

Всходы практически у всех видов трав в варианте, где засоление проводилось до посева, появились в среднем на 7-8 дней позже, чем в контрольном варианте (почва без внесения солевой смеси). Исключение составил райграс пастбищный, сорт Дуэт (*Lolium pratensis*), у которого единичные всходы в условиях засоления были отмечены на 2-3 дня раньше. Засоление почвы после посева семян не оказало влияния на скорость их прорастания у всех опытных видов трав. Полученные данные свидетельствуют о том, что при посеве в почву, содержащую концентрацию солей, соответствующую среднему уровню засоления (0,3 %) или сильного (1,0 %), семена испытали шоковое воздействие осмотического фактора, что тормозило поступление в них воды и, как следствие этого, задержало их прорастание. На этом основании можно считать, что при посеве семян в засоленную почву критическим фактором для запуска их прорастания является вода, поступление которой в семена резко снижается из-за повышенного осмотического давления в водной фазе почвы. Только семена райграса пастбищного и дикорастущего галофита бескильницы тончайшей (*Rusciniella tenuissima*) были способны быстрее преодолеть этот барьер. В условиях постепенного засоления (солевая смесь вносилась в почву после посева семян) поступление воды в семена не тормозилось, о чем свидетельствует отсутствие задержки их прорастания у всех видов трав в этом варианте опыта.

Другим важным критерием действия солей на злаковые растения является интенсивность роста на стадии развития coleoptилей (рост растяжением). Как следует из результатов опытов с предпосевным внесением солей, интенсивность линейного роста, сформированных в стартовый период развития растений, резко снижалась у всех видов газонных трав за исключением райграса пастбищного даже при среднем уровне засоления почвы. На этой стадии развития рост coleoptилей бескильницы в условиях засоления также тормозился в значительно меньшей степени. На основании полученных данных можно заключить, что только два испытанных в опытах вида злаковых трав (культурный вид райграс пастбищный и дикорастущий галофит бескильница тончайшая) показали повышенную солеустойчивость при действии противогололедной

смеси солей в стартовый период развития растений. Высокую чувствительность к действию солей показали мятлик луговой, овсяница красная, полевица белая, традиционно применяемые для составления газонных травосмесей.

Действие постепенно возрастающей концентрации солей на ростовую активность проростков на стадии развития колеоптилей (соли вносились в незасоленную почву сразу после посева семян) не выявило выраженной отрицательной реакции на 20-й день после всходов ни у одного испытывавшегося вида трав. Однако резкое угнетение роста проявилось у всех без исключения видов в последующие 10 дней произрастания, когда концентрация солей в почве достигла критического уровня (0,3-0,6 % солей по плотному остатку почвы). Этот факт указывает на то, что опытные злаковые травы на стадии развития колеоптилей, когда доминирует рост растяжением, не способны адаптироваться к засолению.

На основании проведенных опытов можно сделать вывод о том, что при создании газонов вдоль автотранспортных магистралей, где широко применяются противогололедные средства в течение зимы и почва по обочине дорог засолена, принципиально возможно вводить в травосмеси относительно стрессустойчивые виды, что будет способствовать формированию плотной дернины. Вместе с тем, резко отрицательное действие засоления на прорастание семян и рост растений в стартовый период развития исключает использование ранневесеннего срока закладки газонов вблизи магистралей с интенсивным движением автотранспорта и применением противогололедных средств в зимний период.

Библиографический список

1 Сушков, С. И. Оптимизация параметров транспортных процессов на предприятиях лесопромышленного комплекса [Текст] / С. И. Сушков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар : КубГАУ, 2011. № 76(2). – 10 с. Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/23.pdf>.

2 Бурмистрова, О. Н. Некоторые аспекты улучшения экологической обстановки при эксплуатации лесовозных автомобильных дорог [Текст] / О. Н. Бурмистрова // Международная научно-практическая конференция «Научно-технический прогресс в лесном комплексе» : Тезисы докладов. – Сыктывкар, 2000. – 244 с.