

УДК 631.452:630.232.22

ВЛИЯНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ СЕГРЕГАЦИОННЫХ КРЫМА¹

© 2022 г. О. Е. Клименко^а*, Н. И. Клименко^а, Ю. В. Плугатарь^а

^аФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»,
спуск Никитский, д. 52, пгт Никита, Ялта, Республика Крым, 298648 Россия

*E-mail: olga.gnbs@mail.ru

Поступила в редакцию 09.01.2022 г.

После доработки 26.01.2022 г.

Принята к публикации 06.04.2022 г.

Создание защитных лесных насаждений (ЗЛН) – важное звено экологизации территории. ЗЛН в степи создаются в основном из интродуцированных растений. Успех интродукции будет зависеть от близости новых условий произрастания к тем, из которых растения перенесены в другое местообитание. Поэтому в конкретных экологических условиях важно определить их долговечность и устойчивость. Почва играет важное значение в адаптации растения к новым экологическим условиям. Кроме того, сами интродуценты воздействуют на свойства степных почв. Исследования проводили в 2006–2010 и 2013 гг. на территории лаборатории степного садоводства Никитского ботанического сада (с. Новый Сад, Республика Крым) в дендропарке, лесополосах, а также зеленых насаждениях села. Оценку состояния, роста и устойчивости интродуцентов к неблагоприятным экологическим факторам выполняли общепринятыми методами. В почве определяли показатели плодородия и солевое состояние. Установлено, что наиболее устойчивые виды, произрастающие в данных экологических условиях около 50 лет: софора японская, каркас сетчатый, пихта греческая, плосковetchник восточный и маклюра оранжевая – находятся в хорошем и отличном состоянии, рост и габитус растений, их зимостойкость и засухоустойчивость значительные. Виды менее устойчивые: платан восточный и ясень пенсильванский – имеют удовлетворительное состояние, суховершинность и меньшую сохранность, страдают от засухи и высокой плотности почвы. Все изученные виды влияли на свойства почвы. Под каркасом сетчатым произошло увеличение содержания органического углерода ($C_{орг}$) по всему гумусовому слою по сравнению с многолетней залежью на 0.15–0.62%, под другими породами отмечено перераспределение $C_{орг}$ – увеличение в нижних слоях на фоне некоторого снижения в верхних. Под ЗЛН увеличилась мощность гумусового слоя на 20–40 см. Под большинством видов карбонаты были выщелочены на глубину 40–80 см. Величина рН также снижалась на 0.13–0.41 ед., максимально – под маклюрой и каркасом. ЗЛН увеличивали содержание подвижных форм основных элементов питания в почве по сравнению со степным ценозом. Хвойные растения в меньшей мере накапливали нитратный азот и фосфор, чем лиственные, и снижали содержание калия по сравнению с залежью. В целом по изменению различных свойств почвы черноземы сегрегационные под изученными ЗЛН можно назвать лесоизмененными, а выщелачивание карбонатов до глубины 60–80 см и снижение рН на 0.2–0.4 единицы могут быть диагностическими признаками лесоизмененных почв. Наиболее значительное положительное влияние на свойства черноземов сегрегационных оказали следующие виды: плосковetchник восточный, платан западный, каркас сетчатый и маклюра оранжевая.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, интродуценты, устойчивость, черноземы сегрегационные лесоизмененные, свойства почвы.

DOI: 10.31857/S0024114822040040

Создание защитных лесных насаждений (ЗЛН) в степи – важное звено экологизации территории, изменения микро- и мезоклимата, накопления влаги, предотвращения пыльных бурь, водной и ветровой эрозии почв, других экосистемных услуг (Хазиев, 2000; Багрова, Гаркуша, 2009; Замолотчиков и др., 2021; Липка и др., 2021). ЗЛН в степи

создаются в основном из растений, интродуцированных из различных мест земного шара. Успех интродукции будет зависеть от подобию новых условий произрастания тем, из которых растения перенесены в другое местообитание. Поэтому в конкретных экологических условиях важно определить не только реакцию растения на экологическое окружение, но и их долговечность и устойчивость.

¹ Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБУН «НБС-ННЦ» на 2019–2021 гг. (0829-2019-0031).

Почва так же, как и климат, имеет решающее значение в адаптации растения к новым экологическим условиям. Кроме того, сами интродуценты — многолетние древесные растения, длительно произрастающие на одном месте, — воздействуют на свойства степных почв. Большинство исследований свидетельствует о положительном влиянии лесных пород на свойства степных почв — черноземов (Бельгард, 1977; Травлеев, 1977), и называют черноземы под такими насаждениями лесоулучшенными (Поляков, 2009). Отмечается также улучшение структурного и гумусового состояния почв, некоторых показателей водного режима и уменьшение плотности под ЗЛН (Гурин, Апарин, 2012; Королев и др., 2012; Беляев, 2014; Сорокина, 2017). Однако наши исследования показали, что степень и характер изменения свойств степных почв под ЗЛН зависят как от экологических условий местности, так и от конкретной древесной породы (Клименко, Клименко, 2021). Биологические особенности растения, характер его роста и опада, размещение корневой системы, различная скорость минерализации органического вещества и высвобождения питательных веществ также зависят от конкретного вида ЗЛН (Казимирова, 2005).

В связи с этим более детальные исследования влияния основных паркообразующих видов растений на почву в ЗЛН степного Крыма являются весьма актуальными.

Цель данного исследования — изучение состояния и устойчивости насаждений восьми наиболее распространенных видов древесных интродуцентов в степном Крыму, а также их влияния на свойства черноземов сегрегационных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на территории лаборатории степного садоводства Никитского ботанического сада (с. Новый Сад, Республика Крым). Территория располагается в южной приподнятой части Центрально-Крымской возвышенной пологоволнистой равнины в пределах центрального равнинно-степного агроклиматического района Крыма. Район отличается засушливым климатом с умеренно-жарким вегетационным периодом и мягкой неустойчивой зимой (Антюфеев и др., 2002). Среднегодовая температура воздуха места проведения исследований — 10,5°C, среднегодовое количество осадков — 480 мм. Коэффициент увлажнения равен 0,48. Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха составляет –19...–23°C, абсолютный минимум достигает –30°C.

В начале 70-х гг. прошлого столетия в лаборатории были заложены ЗЛН в дендропарке, расположенном к западу от с. Новый сад и занимаю-

щем около 4 га, лесополосах, окаймляющих поля отдела и в самом селе (рис. 1).

В исследование входили хвойные (3) и лиственные (5) породы, наиболее распространенные при озеленении степного Крыма: пихта греческая (*Abies cephalonica* Loudon), плоскочетчик восточный (*Platyclusus orientalis* (L.) Franco), псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)), каркас сетчатый (*Celtis laevigata* (Torr.) var. *reticulata* (Torr.) Benson), маклюра оранжевая (*Maclura pomifera* (Raf.) C.K. Schneid.), платан восточный (*Platanus orientalis* L.), софора японская (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) и ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall). Все исследованные растения (кроме маклюры оранжевой (лесополоса) и софоры японской (группы по 2–3 растения)) были посажены группами по 4–20 деревьев, схема посадки — 4 × 4 м. Контролем служила многолетняя залежь, расположенная в южной части дендропарка — большая поляна, на которой с 70-х гг. прошлого века развивался травянистый ценоз. Под всеми лиственными породами и псевдотсугой Мензиса имелся плотный травянистый покров в основном из пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski), под хвойными породами (пихта греческая и плоскочетчик восточный) травянистый покров отсутствовал. В подросте встречались единичные экземпляры шиповника собачьего (*Rosa canina* L.), бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.), лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.), барбариса обыкновенного (*Berberis vulgaris* L.), сливы вишненоносной (*Prunus cerasifera* Ehrh.) и др.

Природные ареалы изученных древесных интродуцентов находятся в различных частях земного шара: каркас сетчатый (далее каркас), маклюра оранжевая (далее маклюра), ясень пенсильванский (далее ясень) и псевдотсуга Мензиса (далее псевдотсуга) завезены из Северной Америки (США и Канады), платан восточный (далее платан) и пихта греческая (далее пихта) распространены на Балканах, а плоскочетчик восточный (далее плоскочетчик) и софора японская (далее софора) — интродуценты из Китая, Японии и Кореи. Все они широко распространены в степном Крыму, но в современных условиях при аридизации и потеплении климата находятся в различном состоянии.

Для оценки роста растений в 2017 г. проведен учет биометрических параметров: высоты (высотомером оптическим ВА, точность измерения 4%) и диаметра ствола (вилкой мерной, точность измерения 2 и 4 см) на высоте 130 см над уровнем почвы. Если у дерева наблюдалось разветвление ствола ниже высоты 1,3 м, производили замеры самого крупного ствола. Диаметр горизонтальной проекции кроны (дк) определяли путем проектирования ее краев на горизонтальную поверх-

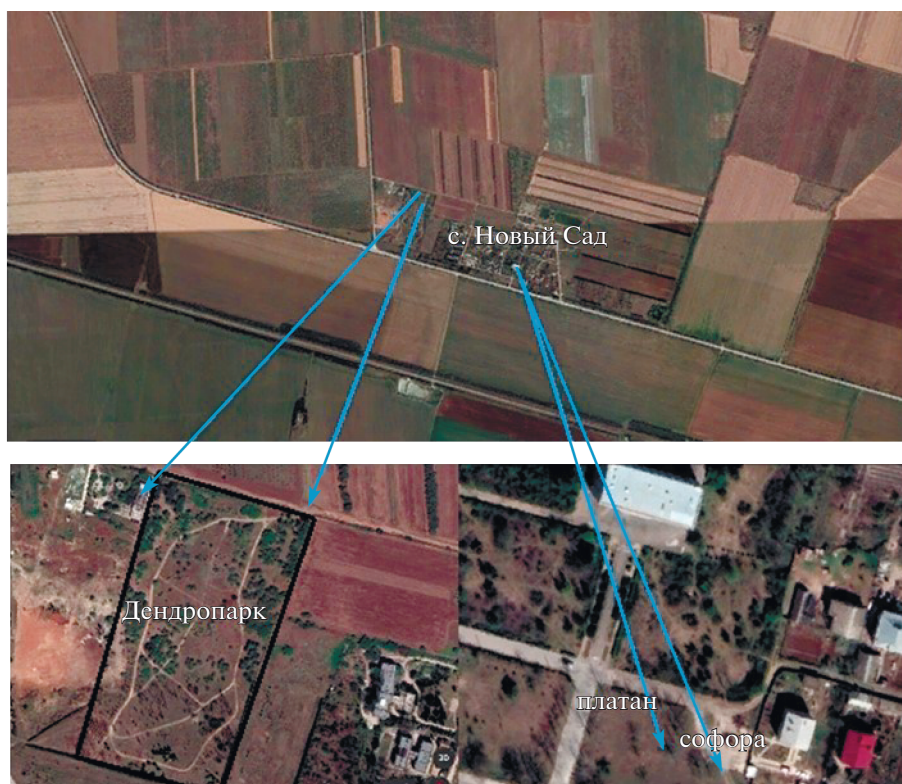


Рис. 1. Схема расположения объектов исследования, с. Новый Сад Симферопольского района Республики Крым.

ность и замеряли рулеткой в направлениях С–Ю и В–З с последующим вычислением среднего диаметра кроны.

Наблюдения общего состояния и устойчивости растений велись на протяжении 6 лет (2006–2010 и 2013 гг.). Оценка общего состояния проводилась по 4-балльной шкале (Галушко, Горак, 2002): 1 балл – плохое, 2 балла – удовлетворительное, 3 балла – хорошее, 4 балла – отличное; засухоустойчивость определялась визуально по 5-балльной шкале (Григорьев и др., 1988): 0 – растения не повреждаются; 1 – повреждается слабо (листья засыхают или теряют тургор, восстанавливающийся после полива); 2 – повреждается сильно (многие листья засыхают (до 10%) и преждевременно опадают, усыхают концы однолетних побегов, растение теряет декоративный вид); 3 – повреждаются очень сильно (все листья засыхают и опадают до наступления нормального листопада, имеются засохшие побеги); 4 – надземная часть растения усыхает полностью или частично в течение одного или двух сезонов. Зимостойкость оценивали по 6-балльной шкале С.Я. Соколова в модификации Г.В. Куликова (1980): 0 – растения очень зимостойкие, зимуют без видимых повреждений в самые холодные зимы; 1–3 – растения с пониженной зимостойкостью: 1 – подмерзают почки и листья; частично годичные побеги; 2 – полностью вымерзают годичные, частично повреждаются побеги двухгодичные; 3 – полностью

вымерзают двухгодичные побеги; 4–5 – малозимостойкие растения: 4 – отмерзает большая часть ветвей и частично повреждается ствол; 5 – отмерзание до корневой шейки с последующим возобновлением порослью; 6 – растения совершенно не зимостойкие (отмерзают с корнем).

Почвенный покров исследуемой территории однороден по генезису и представлен черноземами сегрегационными постагрогенными средне-мощными и мощными турбированными легкоглинистыми на красно-бурых легких глинах (Клименко, Клименко, 2021). Согласно классификации WRB-2015 (IUSS Working Group WRB ..., 2015) данные почвы определены как *haplic Chernozems (Clayic)*. Перед закладкой насаждений все почвы были плантажированы на глубину 60 см.

Для исследования почвы закладывали разрез или скважину в центре куртины деревьев на расстоянии 1.0–1.5 м от ствола дерева. Почву для анализа отбирали из разреза (скважины) 20-сантиметровыми слоями до глубины 120 см. На расстоянии 5–10 м от основного разреза закладывались 2 дублирующие скважины. Почву из разреза и дублирующих скважин по слоям глубиной 20 см объединяли в смешанные образцы. В почве определяли рН водной суспензии ($pH_{\text{водн}}$) потенциометрически (ГОСТ 26423-85), карбонаты – манометрическим методом по ГОСТ 34467-2018, содержание органического вещества ($C_{\text{орг}}$) – по

Таблица 1. Состояние, рост, устойчивость интродуцентов в условиях степного Крыма

Вид	Количество деревьев, шт.		Высота дерева, м	Диаметр ствола, см	Средний диаметр кроны (dk), м	Зимостойкость	Засухоустойчивость	Общее состояние
	посажено	выживших						
Каркас сетчатый	15	10	9.3 ± 1.4*	17.8 ± 5.1	5.8 ± 0.5	0	0	3.2
Маклюра оранжевая	18	15	6.7 ± 0.8	13.5 ± 2.2	3.5 ± 0.2	0	0	3.0
Пихта греческая	4	4	15.4 ± 1.8	31.0 ± 3.4	6.4 ± 0.6	0	0	3.5
Платан восточный	6	6	14.8 ± 1.6	38.4 ± 7.9	6.3 ± 1.1	0	1–2	2.0
Плосковеточник восточный	18	14	10.1 ± 1.6	22.6 ± 5.6	5.0 ± 0.2	0	0	3.0
Псевдотсуга Мензиса	32	21	14.8 ± 0.4	31.3 ± 1.2	5.3 ± 0.2	0	0	3.7
Софора японская	2	2	13.0 ± 1.4	34.2 ± 1.1	10.5 ± 1.5	0	0	4.0
Ясень пенсильванский	13	7	11.0 ± 2.6	14.5 ± 7.6	4.8 ± 0.9	0	0	2.6

* Среднее арифметическое ± стандартная ошибка ($X \pm Sx$).

Тюрину в модификации Симакова, Цыпленкова (ГОСТ 26213-91), нитратного азота – потенциометрически (ГОСТ 26951-86), подвижных форм фосфора и калия по Мачигину (ГОСТ 26205-91). Анализ анионно-катионного состава водной вытяжки из почвы проводили по ГОСТ 26424-26428.

Результаты обработаны статистически с использованием программ пакета Microsoft Excel 2016. Достоверность различий средних независимых выборок оценивали по t-критерию (при равенстве дисперсий, проверенных по F-критерию), достоверным принят 5% уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование состояния и устойчивости растений показали, что они не повреждались морозами и возвратными весенними холодами на протяжении периода наблюдений и являются зимостойкими (табл. 1).

Большинство из изученных видов являются засухоустойчивыми, кроме платана восточного, который слабо, редко средне повреждался засухой. На момент обследования растения имели разную сохранность, что характеризует их реакцию не только на климатические, но и на другие экологические факторы. Так наиболее сохранными оказались растения платана, софоры и пихты (сохранились на 100%), представители других видов сохранились на 54–83% от числа посаженных экземпляров (табл. 1). Причем более сохранными оказались растения маклюры (83%) и плосковеточника (78%), наименее сохранными – каркаса (67%), псевдотсуги (66%) и ясеня (54%).

Что касается силы роста растений, то наибольшей высоты и диаметра ствола достигали растения пихты, платана и псевдотсуги (табл. 1). Плосковеточник при средней высоте имел довольно значительный диаметр ствола. Диаметр кроны

был самым большим у софоры, что связано отчасти с ее обособленным положением и малым количеством экземпляров. Остальные растения имели значительные размеры при жестких условиях выращивания.

Общее состояние растений оценивалось от 2 (удовлетворительное) до 4 (отличное) баллов (табл. 1). Наиболее низкий балл состояния имели растения платана и ясеня, угнетение проявлялось в суховершинности, усыхании части скелетных ветвей, слабом приросте побегов. Это связано с пониженной засухоустойчивостью первого и, вероятно, высокой плотностью и сухостью почвы, при которых ясень суховершинит и погибает (Деревья и кустарники, 1960). В условиях черноземов сегрегационных, сформировавшихся на краснобурых легких и средних глинах, наблюдается высокая плотность почвы и почвообразующей породы, до 1.5–1.6 г/см³ в слое глубже 80 см (Клименко, Клименко, 2021). Следовательно, при выращивании данных видов следует предусматривать орошение и глубокое рыхление почвы, а также тщательный подбор участков при их размещении с проведением детального почвенного обследования. Другие виды имеют более высокие баллы состояния, особенно пихта, псевдотсуга и софора, которые практически не повреждены, кроме оголенности нижних побегов из-за затенения. У маклюры и плосковеточника отмечается хорошее состояние растений.

Изучение почвы показало, что под хвойными растениями имеется подстилка мощностью 1–3 см из полуразложившейся хвои и мелких веточек, обильно пронизанная грибным мицелием. Мощность гумусового горизонта и содержание гумуса под разными лесными насаждениями различаются. Хотя все почвы перед посадкой деревьев и на залежи плантажированы на глубину 60 см, гумусовый горизонт мощностью 60 см в настоящее время обнаружен только под залежью, пихтой и софо-

рой, содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в этом слое выше 1% (табл. 2).

Под остальными изученными видами обнаружен более мощный гумусовый горизонт (до 70–100 см), наибольший под плоскочеточником и платаном (85 см), каркасом (90 см). Проникновение гумуса по трещинам и ходам корней под каркасом и маклюрой отмечено до 100–120 см. Это происходит благодаря глубокому проникновению корней, образованию большого количества подвижных форм гумуса за счет кислых выделений корней деревьев (Беляев, 2007).

Содержание $C_{\text{орг}}$ в почве на залежи максимально в слое 0–10 см, что связано с наибольшим количеством корней трав в этом слое, резко снижается в слое 10–20 см на 0.87% и затем постепенно уменьшается с глубиной. На глубине 60–80 см содержание $C_{\text{орг}}$ низкое. Под растениями каркаса сетчатого содержание $C_{\text{орг}}$ выше, чем на залежи во всем гумусовом горизонте, который более мощный, и на глубине 80–120 см содержание $C_{\text{орг}}$ еще составляет 0.72–0.86%. Под другими породами содержание $C_{\text{орг}}$, как правило, ниже, чем на залежи в слое 0–60, в более глубоких слоях (в слое 60–80 см под растениями платана, ясеня, псевдотсуги, плоскочеточника и маклюры), наоборот, превосходит его на 0.14–0.47%, в слое 100–120 см под растениями двух последних пород составляет еще 0.72 и 1.25% соответственно. Самое низкое содержание $C_{\text{орг}}$ по профилю – под пихтой, что связано с составом хвои этого растения и отсутствием травяного покрова. В среднем под лиственными породами содержание $C_{\text{орг}}$ по всему гумусовому горизонту выше, чем под хвойными на 0.12–0.34%, причем разница снижается с глубиной, однако различия ($p \leq 0.05$) незначимы (рис. 2).

Таким образом, при длительном произрастании большинства изученных видов лесных культур на степных почвах увеличивается мощность гумусового горизонта и проникновение подвижных гумусовых веществ на большую глубину. Под некоторыми видами (каркас) происходит, кроме того, накопление $C_{\text{орг}}$ в слое 0–60 см по сравнению со степной залежью.

Содержание общих карбонатов – важный генетический признак почвы, в слое 0–60 см было невысоким на залежи, почва вскипала слабо (табл. 2). Ниже по профилю оно под этим ценозом резко возрастало до 13–16%. Содержание и распространение карбонатов по профилю под пихтой практически не отличалось от залежи, но почва не вскипала от 10% HCl до глубины 40 см. Под остальными видами, растущими в дендропарке, карбонаты почти полностью выщелочены до глубины 80 см, а частично и из более глубоких слоев: в слое глубже 80 см наименьшее их количество обнаружено под маклюрой (6.8–14.0%) и

плоскочеточником (8.1–12.5%). Это свидетельствует о нейтрализации карбонатов кислыми выделениями корней деревьев, а также выносом их в нижние слои за счет большей водопроницаемости почвы под древесными растениями. Под хвойными деревьями содержание CaCO_3 несколько снижалось в слое 0–40 см и 100–120 см по сравнению с почвой под лиственными, однако различия средних были недостоверны. В остальных слоях содержание карбонатов не различалось под этими группами деревьев (рис. 2).

Под растениями софоры и платана содержание карбонатов высокое с поверхности (особенно под платаном), в слое 40–60 см – минимальное. Очевидно, что эти почвы с поверхности были засыпаны карбонатным субстратом, что наблюдается и по окраске гумусового горизонта. Однако состояние софоры при таком содержании карбонатов отличное, а платан в данном случае может угнетаться и из-за высокого их количества в слое 0–40 см.

Величина pH водной суспензии почвы ($\text{pH}_{\text{водн}}$) как в контроле под залежью, так и под ЗЛН была слабощелочной или близкой к нейтральной в гумусовом горизонте и увеличивалась вниз по профилю до величин 8.0–8.3. В слое 0–60 см величина $\text{pH}_{\text{водн}}$ была максимальной под софорой и платаном из-за высокого содержания карбонатов, под остальными ЗЛН в слое 0–20 см незначительно увеличивалась на 0.09–0.20 по сравнению с аналогичным слоем почвы под залежью. Это может быть связано с некоторым накоплением карбонатов в данном слое по сравнению со слоем 20–60 см под древесными растениями и меньшим распространением корней деревьев в поверхностном слое почвы. Связь между содержанием карбонатов и величиной pH в слое 0–20 см прямая, сильная, достоверная ($r = 0.78$, $n = 8$). В слое 20–120 см под большинством видов $\text{pH}_{\text{водн}}$ значительно снижалась на 0.13–0.41, максимально под маклюрой и каркасом в слое 60–100 см. Это свидетельствует о существенном подкислении почвенного раствора выделениями корней древесных интродуцентов в слое почвы 60–100 см. В целом в слое 0–120 см под всеми породами обнаружена сильная достоверная полиномиальная корреляционная зависимость величины $\text{pH}_{\text{водн}}$ от содержания карбонатов в слое 0–120 см ($R^2 = 0.779$, уравнение регрессии показано на рис. 3). Данные подтверждают, что выщелачивание карбонатов в черноземах сегрегационных до глубины 60–80 см и снижение pH на 0.2–0.4 единицы может быть диагностическим признаком лесоизмененных черноземов сегрегационных.

Содержание подвижных форм элементов питания в почве под залежью было очень низким по нитратному азоту и фосфору, концентрация обменного калия оставалась высокой и плавно снижалась с глубиной (табл. 2). ЗЛН значительно

Таблица 2. Влияние ЗЛН на некоторые показатели чернозема сегрегационного

Угодье, вид, координаты разреза (скважины), высота над уровнем моря	Глубина, см	C _{орг} , %	CaCO ₃ , %	pH _{водн.}	Подвижные, мг кг ⁻¹		
					N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетняя залежь (контроль) 45°08'52" с.ш. 33°59'34" в.д., 129 м над ур. м.	0–10	2.69	2.9	7.56	2.8	1.3	445
	10–20	1.82	3.2	7.89	2.8	0.4	429
	40–60	1.37	0.7	7.84	2.8	0.2	348
	60–80	0.81	13.3	8.18	2.8	0.2	347
	80–100	—*	16.4	8.26	—	—	—
	100–120	—	15.6	8.34	—	—	—
Каркас сетчатый 45°08'52" с.ш. 33°59'41" в.д., 128 м над ур. м.	0–20	3.02	3.3	7.69	4.7	14.7	776
	20–40	2.04	1.4	7.76	7.6	5.8	464
	40–60	1.52	1.6	7.84	7.6	21.9	309
	60–80	1.43	1.6	7.79	6.3	8.7	280
	80–100	0.86	10.3	8.04	6.2	9.7	139
	100–120	0.72	15.2	8.16	6.8	9.2	160
Маклюра оранжевая 45°09'26" с.ш. 33°59'27" в.д., 122 м над ур. м.	0–20	2.52	1.1	7.65	16.6	46.7	795
	20–40	2.19	0.7	7.65	7.2	21.5	473
	40–60	1.09	1.4	7.65	7.8	10.1	325
	60–80	1.28	1.4	7.77	8.3	7.8	254
	80–100	1.25	6.8	7.92	11.0	8.0	234
	100–120	—	14.0	8.01	—	—	—
Пихта греческая 45°08'56" с.ш. 33°59'34" в.д., 129 м над ур. м.	0–20	2.12	1.1	7.72	3.2	7.8	248
	20–40	1.64	0	7.79	4.6	7.2	325
	40–60	1.28	4.8	7.91	4.8	7.4	310
	60–80	0.63	16.1	8.02	8.3	5.2	123
	80–100	—	15.3	8.07	—	—	—
	100–120	—	13.9	8.06	—	—	—
Платан восточный 45°08'43" с.ш. 34°00'00" в.д., 134 м над ур. м.	0–20	2.29	9.8	7.94	3.5	16.5	766
	20–40	1.72	14.7	7.98	6.3	9.5	415
	40–60	1.46	9.3	8.08	6.9	7.8	272
	60–80	0.95	11.1	8.11	7.4	7.8	253
	80–100	—	16.7	8.10	—	—	—
	100–120	—	20.7	8.08	—	—	—
Плоскоцветочник восточный 45°08'57" с.ш. 33°59'39" в.д., 129 м над ур. м.	0–20	2.35	2.0	7.76	3.5	26.7	320
	20–40	1.18	1.6	7.90	7.4	6.0	122
	40–60	1.12	0.4	7.72	7.2	11.1	139
	60–80	1.04	0.4	7.82	12.3	9.2	164
	80–100	0.72	8.1	8.05	4.4	2.3	117
	100–120	—	12.5	8.27	—	—	—
Псевдотсуга Мензиса 45°08'56" с.ш. 33°59'42" в.д., 128 м над ур. м.	3–10	2.33	2.9	7.72	2.8	1.9	395
	10–20	1.97	6.9	7.85	2.8	0.8	464
	60–70	1.13	10.6	8.27	4.1	0.4	373
	80–90	0.52	16.4	8.32	15.1	0.3	349
	100–120	—	17.1	8.28	—	—	—
Софора японская 45°08'43" с.ш. 34°00'01" в.д., 134 м над ур. м.	0–20	2.50	7.0	8.00	5.6	21.1	870
	20–40	1.87	7.1	8.07	4.9	13.6	411
	40–60	1.33	3.8	8.18	10.0	—	—
	60–80	0.75	16.0	8.16	6.0	8.0	256
	80–100	—	19.4	8.12	—	—	—
	100–120	—	17.6	8.15	—	—	—
Ясень пенсильванский 45°08'53" с.ш. 33°59'37" в.д., 128 м над ур. м.	0–20	2.71	0	7.69	3.1	10.9	624
	20–40	1.40	0	7.87	15.1	8.0	287
	40–60	1.37	0.7	7.84	4.9	7.2	148
	60–80	1.04	2.7	7.95	4.3	7.4	253
	80–100	0.34	14.2	8.11	4.1	7.3	81
	100–120	—	16.0	8.19	—	—	—

* Прочерк — нет данных.

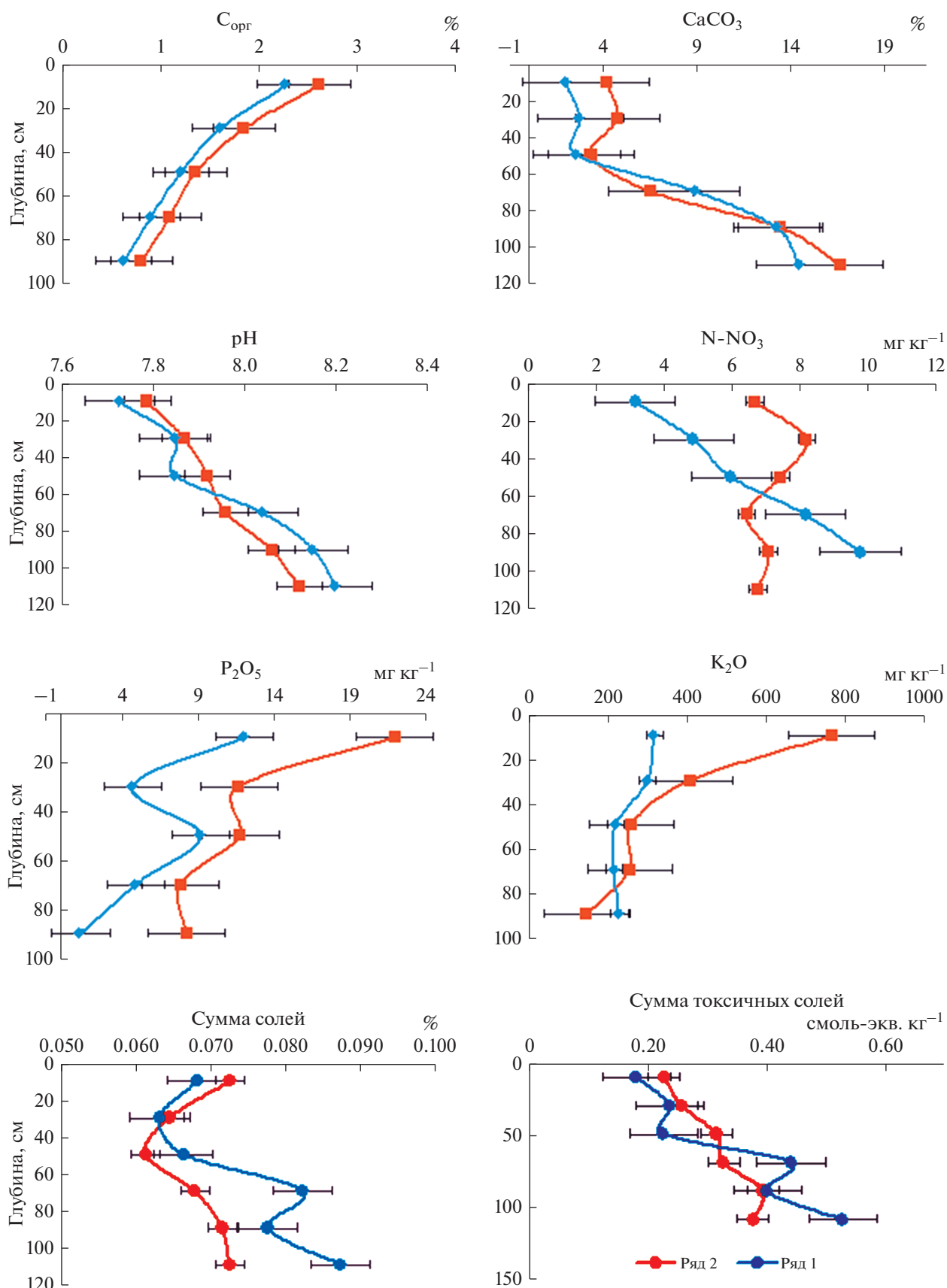


Рис. 2. Изменение показателей свойств почвы под действием хвойных (ряд 1) и лиственных (ряд 2) интродуцентов в степном Крыму. Примечание: точка – среднее ($n = 3-5$); горизонтальные отрезки – стандартная ошибка.

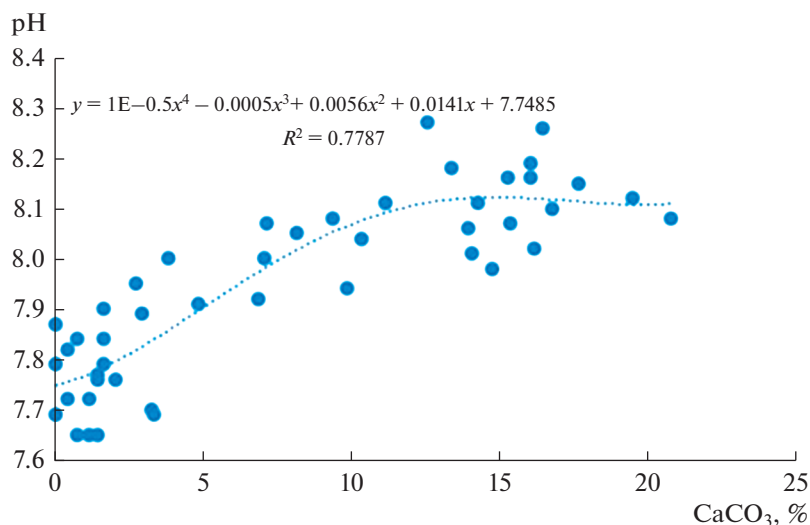


Рис. 3. Зависимость величины pH почвы от содержания карбонатов при лесоразведении на степных почвах.

влияли на содержание элементов питания в почве. Так под всеми ЗЛН увеличивалось содержание нитратного азота и подвижного фосфора, причем степень увеличения и распределение по профилю зависело как от элемента, так и от конкретного вида насаждения. Содержание нитратного азота распределялось неравномерно по профилю почвы. У лиственных пород оно было высоким в слое 0–20(40) см, затем снижалось в слое 20–60(80) см, а ниже по профилю опять возрастало из-за значительной подвижности нитратов. Под хвойными породами оно было существенно ниже, чем под лиственными по всему гумусовому слою, минимально в поверхностном слое и увеличивалось с глубиной (рис. 2). Максимальное количество этого элемента накапливалось под маклюрой, псевдотсугой и ясенем, до 15–17 мг кг⁻¹ в одном из слоев почвы.

Концентрация подвижного фосфора также значительно увеличивалась под лиственными древесными породами по сравнению с залежью, но в отличие от нитратного азота была максимальной в слое 0–40 см и снижалась с глубиной. Под хвойными растениями характер распространения P₂O₅ по профилю оставался таким же, но концентрация этого элемента по всему профилю снижалась, в слое 0–60 см существенно ниже, чем под лиственными (рис. 2). В большей мере увеличение содержания этого элемента по сравнению с залежью происходило под маклюрой, каркасом, плоскочеточником и софорой на 20–45 мг кг⁻¹.

Содержание обменного калия под ЗЛН лиственных пород значительно увеличивалось по сравнению с залежью, в слое 0–20 см на 180–420 мг кг⁻¹ в зависимости от вида растения (табл. 2). В более глубоких слоях оно было ниже, чем под залежью на 14–90 мг кг⁻¹, что свидетельствует о преимущественно лиственном опаде древесных растений по

сравнению с травянистой залежью, где преобладает корневой опад, и элементы питания при их минерализации распространяются на большую глубину. Под хвойными породами содержание обменного калия было значительно ниже, чем под залежью, и ниже, чем под лиственными породами, существенно в слое 0–20 см (рис. 2). Это можно объяснить более низким содержанием калия в хвое по сравнению с опадом лиственных пород (Казимирова, 2005).

Таким образом, ЗЛН из лиственных растений, изученных нами, способны увеличивать содержание подвижных форм элементов питания в почве по сравнению со степными ценозами, причем содержание нитратного азота имеет тенденцию к накоплению в нижних слоях почвы, P₂O₅ и K₂O – в слое 0–40 см, что обусловлено преобладанием поверхностного опада. Под хвойными растениями произошло существенное снижение содержания нитратного азота (в слое 0–40 см), K₂O – в слое 0–20 см, P₂O₅ – в слое 0–60 см по сравнению с лиственными и снижение содержания элементов питания по всему профилю почвы по сравнению с залежью.

Полученные данные свидетельствуют о том, что почва под залежью и ЗЛН не засолена легкорастворимыми солями, сумма солей невысокая и колеблется от 0.048 до 0.110% (табл. 3). Сода во всех почвах отсутствует. В почве под залежью общая щелочность и содержание хлоридов невысокие, токсичная щелочность составляет 0.06–0.20 смоль-экв кг⁻¹ и представлена гидрокарбонатами натрия и магния. Содержание токсичных нейтральных солей также невысокое и максимально в слое 60–80 см с преобладанием сульфата натрия (0.22 смоль-экв кг⁻¹), гипс в почве отсут-

Таблица 3. Анионно-катионный состав водной вытяжки из почв под различными ЗЛН

Угодье, вид	Слой, см	Сумма солей, %	СМОЛЬ-ЭКВ КГ ⁻¹ ПОЧВЫ							Сумма токсичной щелочности	Сумма токсичных нейтральн. солей
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺			
Многолетняя залежь (контроль)	0–20	0.063	0.68	0.04	0.11	0.60	0.08	0.15	0.08	0.23	
	20–40	0.055	0.50	0.08	0.12	0.44	0.04	0.22	0.06	0.26	
	40–60	0.048	0.52	0.04	0.04	0.44	0.04	0.12	0.08	0.16	
	60–80	0.053	0.52	0.04	0.22	0.32	0.08	0.38	0.20	0.46	
	80–100	0.063	0.68	0.04	0.11	0.60	0.08	0.15	0.08	0.23	
Каркас сетчатый	100–120	0.055	0.50	0.08	0.12	0.44	0.04	0.22	0.06	0.26	
	0–20	0.067	0.76	0	0.10	0.72	0.12	0.02	0.04	0.14	
	20–40	0.064	0.60	0	0.23	0.64	0.12	0.07	0	0.19	
	40–60	0.063	0.56	0	0.29	0.56	0.20	0.09	0	0.29	
	60–80	0.060	0.56	0.04	0.21	0.56	0.12	0.13	0	0.25	
Маклюра оранжевая	80–100	0.062	0.56	0.08	0.18	0.48	0.16	0.18	0.08	0.34	
	100–120	0.065	0.52	0.04	0.32	0.48	0.20	0.20	0.04	0.40	
	0–20	0.072	0.68	0.04	0.26	0.72	0.12	0.14	0	0.26	
	20–40	0.066	0.52	0.04	0.34	0.56	0.16	0.18	0	0.34	
	40–60	0.060	0.44	0.04	0.34	0.48	0.16	0.18	0	0.34	
Пихта греческая	60–80	0.075	0.64	0.04	0.34	0.56	0.20	0.26	0.08	0.46	
	80–100	0.089	0.64	0.12	0.49	0.68	0.20	0.27	0	0.47	
	100–120	0.086	0.48	0.12	0.67	0.72	0.32	0.23	0	0.55	
	0–20	0.059	0.56	0	0.20	0.64	0.08	0.04	0	0.12	
	20–40	0.058	0.56	0.04	0.16	0.64	0.08	0.04	0	0.12	
Платан восточный	40–60	0.072	0.56	0.12	0.36	0.84	0.16	0.04	0	0.20	
	60–80	0.082	0.48	0.28	0.44	0.96	0.20	0.04	0	0.24	
	80–100	0.083	0.48	0.40	0.36	0.96	0.24	0.04	0	0.28	
	100–120	0.083	0.48	0.40	0.36	0.96	0.24	0.04	0	0.28	
	0–20	0.079	0.76	0.04	0.24	0.76	0.16	0.12	0	0.28	
Плоскоцвет-ник восточный	20–40	0.064	0.60	0.08	0.16	0.60	0.16	0.08	0	0.24	
	40–60	0.066	0.60	0.04	0.26	0.60	0.20	0.10	0	0.30	
	60–80	0.069	0.60	0.04	0.27	0.64	0.16	0.11	0	0.27	
	80–100	0.064	0.48	0.04	0.37	0.52	0.24	0.13	0	0.37	
	100–120	0.067	0.56	0.04	0.30	0.72	0.04	0.14	0	0.18	
Псевдотсуга Мензиса	0–20	0.059	0.59	0.09	0.11	0.60	0.15	0.04	0	0.19	
	20–40	0.060	0.53	0.16	0.11	0.60	0.15	0.05	0	0.20	
	40–60	0.061	0.53	0.28	0.04	0.60	0.08	0.17	0	0.25	
	60–80	0.061	0.53	0.19	0.11	0.64	0.10	0.09	0	0.19	
	80–100	0.064	0.50	0.28	0.08	0.64	0.12	0.10	0	0.22	
Софора японская	100–120	0.069	0.56	0.31	0.05	0.64	0.15	0.13	0	0.28	
	3–10	0.087	1.05	0.02	0	0.84	0	0.23	0.21	0.23	
	10–20	0.072	0.76	0.04	0.11	0.52	0	0.39	0.21	0.39	
	60–70	0.104	0.52	0.04	0.87	0.56	0.20	0.69	0	0.89	
	80–90	0.086	0.44	0.06	0.68	0.48	0.16	0.54	0	0.70	
Ясень пенсильванский	100–120	0.110	0.44	0.12	0.98	0.52	0.20	0.82	0	1.02	
	0–20	0.098	0.80	0.04	0.48	1.04	0.24	0.04	0	0.28	
	20–40	0.077	0.60	0.04	0.40	0.84	0.16	0.04	0	0.20	
	40–60	0.071	0.65	0.04	0.22	0.62	0.25	0.04	0.03	0.29	
	60–80	0.064	0.60	0.04	0.20	0.68	0.12	0.04	0	0.16	
Ясень пенсильванский	80–100	0.070	0.56	0.08	0.32	0.76	0.16	0.04	0	0.20	
	100–120	0.071	0.44	0.08	0.48	0.76	0.20	0.04	0	0.24	
	0–20	0.075	0.72	0	0.24	0.84	0.08	0.04	0	0.12	
	20–40	0.069	0.60	0	0.32	0.72	0.16	0.04	0	0.20	
	40–60	0.065	0.60	0	0.24	0.68	0.12	0.04	0	0.16	
Ясень пенсильванский	60–80	0.067	0.60	0	0.28	0.68	0.16	0.04	0	0.20	
	80–100	0.069	0.60	0	0.32	0.72	0.16	0.04	0	0.20	
	100–120	0.059	0.48	0	0.32	0.64	0.12	0.04	0	0.16	

Таблица 4. Вероятный качественный состав солей в почве под ЗЛН

Угодье, вид	Слой, см	Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂	NaHCO ₃	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	NaCl
		смоль-экв кг ⁻¹								
Многолетняя залежь (контроль)	0–20	0.60	0.08	0	0	0	0.11	0	0	0.04
	20–40	0.44	0.04	0.02	0	0	0.12	0	0	0.08
	40–60	0.44	0.04	0.04	0	0	0.04	0	0	0.04
	60–80	0.32	0.08	0.12	0	0	0.22	0	0	0.04
	80–100	0.60	0.08	0	0	0	0.11	0	0	0.04
Каркас сетчатый	100–120	0.44	0.04	0.02	0	0	0.12	0	0	0.08
	0–20	0.72	0.04	0	0	0.08	0.02	0	0	0
	20–40	0.60	0	0	0.04	0.12	0.07	0	0	0
	40–60	0.56	0	0	0	0.20	0.09	0	0	0
	60–80	0.56	0	0	0	0.12	0.13	0	0	0.04
Маклюра оранжевая	80–100	0.48	0.08	0	0	0.08	0.10	0	0	0.08
	100–120	0.48	0.04	0	0	0.16	0.16	0	0	0.04
	0–20	0.68	0	0	0.04	0.12	0.10	0	0	0.04
	20–40	0.52	0	0	0.04	0.16	0.14	0	0	0.04
	40–60	0.44	0	0	0.04	0.16	0.14	0	0	0.04
Пихта греческая	60–80	0.56	0.08	0	0	0.12	0.22	0	0	0.04
	80–100	0.64	0	0	0.04	0.20	0.15	0	0	0.12
	100–120	0.48	0	0	0.24	0.32	0.11	0	0	0.12
	0–20	0.56	0	0	0.08	0	0	0	0	0
	20–40	0.56	0	0	0.08	0	0	0	0	0
Платан восточный	40–60	0.56	0	0	0.08	0.12	0	0	0.08	0.04
	60–80	0.48	0	0	0.44	0	0	0.04	0.20	0.04
	80–100	0.48	0	0	0.36	0	0	0.12	0.24	0.04
	100–120	0.53	0	0	0.43	0.02	0	0.12	0.36	0.05
	0–20	0.76	0	0	0	0.16	0.08	0	0	0.04
Плоскоцветочник восточный	20–40	0.60	0	0	0	0.16	0	0	0	0.08
	40–60	0.60	0	0	0	0.20	0.06	0	0	0.04
	60–80	0.60	0	0	0.04	0.12	0.11	0	0	0.04
	80–100	0.48	0	0	0.04	0.24	0.09	0	0	0.04
	100–120	0.56	0	0	0.16	0.04	0.10	0	0	0.04
Псевдотсуга Мензиса	0–20	0.59	0	0	0.01	0.10	0	0	0.05	0.04
	20–40	0.53	0	0	0.07	0.04	0	0	0.11	0.05
	40–60	0.53	0	0	0.04	0	0	0.03	0.08	0.17
	60–80	0.53	0	0	0.11	0	0	0	0.10	0.09
	80–100	0.50	0	0	0.08	0	0	0	0.08	0.10
Софора японская	100–120	0.56	0	0	0.05	0	0	0.03	0.15	0.13
	3–10	0.84	0	0.21	0	0	0	0	0	0.02
	10–20	0.52	0	0.24	0	0	0.11	0	0	0.04
	60–70	0.52	0	0	0.04	0.20	0.63	0	0	0.04
	80–90	0.44	0	0	0.04	0.16	0.48	0	0	0.06
Ясень пенсиль- ванский	100–120	0.44	0	0	0.08	0.20	0.70	0	0	0.12
	0–20	0.80	0	0	0.24	0.24	0	0	0	0.04
	20–40	0.60	0	0	0.24	0	0	0	0.16	0.04
	40–60	0.62	0.03	0	0	0.22	0	0	0	0.04
	60–80	0.60	0	0	0.08	0.12	0	0	0	0.04
Ясень пенсиль- ванский	80–100	0.56	0	0	0.20	0.12	0	0	0.04	0.04
	100–120	0.44	0	0	0.32	0.16	0	0	0.04	0.04
	0–20	0.72	0	0	0.12	0.08	0.04	0	0	0
	20–40	0.60	0	0	0.12	0.16	0.04	0	0	0
	40–60	0.60	0	0	0.08	0.12	0.04	0	0	0
Ясень пенсиль- ванский	60–80	0.60	0	0	0.08	0.16	0.04	0	0	0
	80–100	0.60	0	0	0.12	0.16	0.04	0	0	0
	100–120	0.48	0	0	0.16	0.12	0.04	0	0	0

ствуется (табл. 4). Тип засоления содово-сульфатный магниевый и магниевое-натриевый.

Изученные виды ЗЛН отличались по воздействию на солевой состав почв, и, хотя почвы фактически не были засолены, состав и количество солей менялись. Так, все листовые породы способствовали некоторому накоплению суммы солей в слое 0–20 см на 0.004–0.035%, в большей мере – софора, платан и ясень, за счет увеличения содержания сульфатов магния (0.16–0.24 смоль-экв кг^{-1}), тогда как под залежью эти соли отсутствовали. В середине профиля сумма солей несколько снижалась, далее в слое 60–120 см опять увеличивалась и была максимальной под растениями маклюры (табл. 3, 4).

В почве под растениями каркаса, маклюры и софоры токсичная щелочность встречалась фрагментарно и была значительно ниже, чем под залежью. В почве под этими видами накапливался гипс, сульфаты магния и натрия (табл. 4). Под растениями ясеня хлориды отсутствовали. В почве под хвойными видами – плоскочеточником и пихтой – соли в верхнем слое не накапливались и имели тенденцию к постепенному увеличению сверху вниз, более значительному под первой. В почве под этими видами преобладал гипс, хлориды натрия и магния и появлялся хлорид кальция в количестве 0.05–0.11 смоль-экв кг^{-1} – наиболее подвижная и токсичная соль, которая не обнаруживалась в почве под другими изученными видами. Под псевдотсугой наблюдалась несколько иная тенденция. Сумма солей в профиле превосходила таковую под другими хвойными растениями на 0.02–0.03%, прослеживалось незначительное накопление суммы солей в слое 3–10 см по сравнению с нижележащим слоем, соли по профилю распределялись неравномерно с двумя максимумами в слоях 60–70 и 100–120 см, что сближает этот вид с воздействием на почву листовых растений. Под этим видом наблюдалась повышенная общая щелочность с наличием токсичных гидрокарбонатов натрия, накапливались сульфаты и хлориды натрия (табл. 4). Тип засоления под большинством пород становился хлоридно-сульфатным и сульфатным с участием соды – магниевым и магниевое-натриевым.

В среднем под хвойными породами происходило незначительное снижение суммы солей в слое 0–20 см по сравнению с листовыми, ниже по профилю, наоборот, сумма солей была выше под хвойными растениями, существенно в слое 60–80 и 100–120 см за счет увеличения содержания токсичных солей в этих слоях почвы (рис. 2). Сумма токсичных солей под хвойными растениями была незначительно ниже, чем под листовыми в слое 0–50 см, ниже по профилю возрастала более значительно, что согласуется с ранее полученными данными (Клименко, Клименко, 2021).

Таким образом, данные черноземы не были засолены, но ЗЛН воздействовали на солевой состав степной почвы: под листовыми породами наблюдалось два максимума солей в слое 0–20(40) см и в нижних горизонтах; была практически полностью нейтрализована токсичная щелочность, выявленная на залежи, за счет образования гипса; соли были представлены сульфатами магния и натрия и незначительно – хлоридами, большее количество солей накапливалось под растениями софоры и маклюры.

Под хвойными деревьями (пихта и плоскочеточник) преобладал гипс, появлялись хлориды кальция, накопление солей происходило в нижних горизонтах почвы. Распределение солей и их состав под псевдотсугой несколько отличался от других хвойных пород и был ближе к листовым растениям – там проявлялась токсичная щелочность и накапливались сульфаты и хлориды натрия. Вероятно, это связано с влиянием травянистого покрова под этим растением, отсутствующего под другими изученными хвойными породами.

ВЫВОДЫ

1. Искусственные древесные насаждения, около 50 лет произрастающие в условиях степного Крыма, имеют различное состояние и разное влияние на свойства почвы, все зависит от вида растения. Наиболее устойчивые виды: софора японская, пихта греческая, плоскочеточник восточный и маклюра оранжевая – находятся в хорошем и отличном состоянии, число погибших растений минимально, рост и габитус растений значительные, зимостойкость и засухоустойчивость высокие. Виды менее устойчивые: платан восточный и ясень пенсильванский – находятся в удовлетворительном состоянии: отмечается суховершинность, они страдают от засухи (платан), сухости и высокой плотности почвы (ясень).

2. Все изученные виды влияли на свойства почвы, причем степень и направленность этого влияния зависела от вида растения. Под каркасом сетчатым произошло увеличение содержания $C_{\text{орг}}$ по всему гумусовому слою по сравнению с многолетней залежью на 0.15–0.62%, под другими породами наблюдалось перераспределение $C_{\text{орг}}$ – увеличение в нижних слоях на фоне некоторого снижения в верхних. Под ЗЛН увеличилась мощность гумусового слоя на 20–40 см, в большей мере под плоскочеточником, платаном и каркасом. Под большинством видов карбонаты были выщелочены на глубину 40–80 см и частично из более глубоких слоев за счет их нейтрализации кислыми выделениями корней деревьев и выносом в нижние слои за счет увеличения водопроницаемости при разрыхлении почвы корневыми системами

деревьев. Величина $pH_{\text{водн}}$ также снижалась на 0.13–0.41 ед., максимально под маклюрой и каркасом в слое 60–100 см и зависела от содержания карбонатов в почве ($R^2 = 0.779$). Выщелачивание карбонатов в черноземах сегрегационных до глубины 60–80 см и снижение pH на 0.2–0.4 единицы по сравнению с почвами под степной растительностью может быть диагностическим признаком лесоизмененных черноземов.

3. ЗЛН увеличивали содержание подвижных форм основных элементов питания в почве по сравнению со степными ценозами, причем содержание нитратного азота имело тенденцию к накоплению в нижних слоях почвы, фосфора и калия – в слое 0–40 см, последнее обусловлено преобладанием поверхностного опада. Под хвойными растениями содержание нитратного азота в слое 0–40 см, обменного калия в слое 0–20 см и подвижного фосфора в слое 0–60 см было существенно ниже, чем под лиственными, снижалось содержание калия по сравнению с залежью, проявилась тенденция к снижению $C_{\text{орг}}$ по всему профилю, карбонатов и pH – в слое 0–40 см.

4. Почвы под залежью и древесными растениями были незасоленными, однако в зависимости от конкретной древесной породы количество и состав легкорастворимых солей менялся. Так, под всеми древесными растениями накапливался гипс, который нейтрализовал токсичную щелочность, а также сульфаты магния и натрия; под растениями ясеня отсутствовали хлориды. Под хвойными видами водорастворимые соли имели тенденцию к постепенному накоплению сверху вниз, более значительному под пихтой, чем под плоскочеточником. Под этими породами появлялся в незначительных количествах хлорид кальция ($0.05\text{--}0.11$ смоль-экв кг^{-1}). В целом под хвойными видами проявлялась тенденция к снижению суммы солей в слое 0–20 см и большему их накоплению в более глубоких слоях за счет увеличения суммы токсичных солей по сравнению с лиственными, что, вероятно, определялось значительным иссушением почвы под хвойными растениями за счет плотности их кроны и подтягиванием более концентрированных растворов из нижних слоев почвы.

5. В целом по изменению различных свойств почвы чернозема сегрегационные под изученными ЗЛН можно назвать лесоизмененными. Наиболее значительное положительное влияние на свойства черноземов сегрегационных оказали следующие виды: плоскочеточник восточный, платан западный, каркас сетчатый и маклюра оранжевая. Для улучшения эдафических свойств черноземов сегрегационных на красно-бурых глинах для платана восточного и ясеня пенсильванского почву следует орошать, а под последним

проводить периодическое глубокое рыхление для снижения плотности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антюфеев В.В., Важов В.И., Рябов В.А.* Справочник по климату Степного отделения Никитского ботанического сада. Ялта, 2002. 88 с.
- Багрова Л.А., Гаркуша Л.Я.* Искусственные лесонасаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. Вып. 20. С. 146–153.
- Бельгард А.Л.* Что такое лесное сообщество в степи? // Вопросы степного лесоразведения и охраны природы. Днепропетровск, 1977. С. 27–32.
- Беляев А.Б.* Многолетняя динамика свойств чернозёмов, выщелоченных под различными лесонасаждениями // Почвоведение. 2007. № 8. С. 917–926.
- Беляев А.Б.* Лесные экосистемы и их влияние на свойства и плодородие почв лесостепи ЦЧР // Труды ин-та геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 53–56.
- Галушко Р.В., Горак Ю.С.* О результатах интродукции древесных растений в Евпаторийском дендропарке // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2002. Вып. 84. С. 53–57.
- Григорьев А.Г., Мороз С.А., Ключникова Е.А., Еганова Е.В.* Интродукция видов сирени в Северный Крым // Бюллетень Никитского ботанического сада. 1988. Вып. 65. С. 22–26.
- Гурин П.Д., Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Влияние лесопосадок и длительного сельскохозяйственного использования на свойства южных черноземов // Вестник СПбГУ. 2012. Сер. 3. № 2. С. 109–119.
- Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции / Под ред. Соколова С.Я. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 5. 544 с.
- Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Каганов В.В.* Экосистемные услуги и пространственное распределение защитных лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2021. № 6. С. 581–592.
- Казмирова Р.Н.* Почвы и парковые фитоценозы Южного берега Крыма. К.: Аграрна наука, 2005. 183 с.
- Клименко О.Е., Клименко Н.И.* Изменение свойств агрочерноземов сегрегационных Крыма под влиянием различных лесонасаждений // Почвоведение. 2021. № 5. С. 606–619.
- Королев В.А., Громовик А.И., Йонко О.А.* Изменение физических свойств почв каменной степи под влиянием полезащитных лесных полос // Почвоведение. 2012. № 3. С. 299–308.
- Куликов Г.В.* Результаты интродукции новых для Крыма древесных растений (1970–1980гг.) // Интродукция декоративных деревьев и кустарников на юге СССР // Труды ГНБС. 1980. Т. 82. С. 48–80.
- Липка О.Н., Корзухин М.Д., Замолодчиков Д.Г., Добролюбов Н.Ю., Крыленко С.В., Богданович А.Ю., Семенов С.М.* Роль лесов в адаптации природных систем к изменениям климата // Лесоведение. 2021. № 5. С. 531–546.

Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.

Сорокина О.А. Трансформация плодородия почв под лесными насаждениями на сопряженных элементах рельефа в степях Хакассии // Лесоведение. 2017. № 1. С. 60–72.

Травлев А.П. Ведущие аспекты взаимодействия растительности с почвами в условиях степной зоны // Вопросы степного лесоразведения и охраны природы. Днепропетровск, 1977. Вып. 7. С. 40–45.

Хазиев Ф.Х. Антропогенная деградация плодородия черноземов Предуралья и проблемы его воспроизводства // Антропогенная эволюция черноземов. Воронеж, 2000. С. 247–275.

IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015).

Introduced Woody Plants Affect the Haplic Chernozems Characteristics in Crimea

O. Ye. Klimenko¹*, N. I. Klimenko¹, and Yu. V. Plugatar¹

¹Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre, Nikita, Yalta, Republic of Crimea, 298648 Russia

*E-mail: olga.gnbs@mail.ru

The creation of protective forest plantations (PFP) is an important link in the greening of the territory. PFPs in steppes are created mainly from introduced plants. The success of the introduction will depend on the proximity of the new growing conditions to those from which the plants were transferred to another habitat. Therefore, in specific environmental conditions, it is important to determine their durability and stability. The soil plays an important role in the adaptation of the plant to new environmental conditions. In addition, the introduced plants themselves affect the properties of steppe soils. The studies were carried out in 2006–2010 and 2013 on the territory of the steppe horticulture laboratory of the Nikitsky Botanical Gardens (village of Novy Sad, Republic of Crimea) in the arboretum, forest belts and in green spaces of the village. Assessment of the state, growth and resistance of introduced species to adverse environmental factors was performed by generally accepted methods. Fertility and salinity parameters were determined for the soils. It has been established that the most resistant species that have been growing in these environmental conditions for about 50 years: the Japanese pagoda tree, the netleaf hackberry, the Greek fir, the Chinese thuja and the Osage orange are in good and excellent condition, the growth and habitus of plants, their winter hardiness and drought resistance are significant. Less resistant species: the oriental plane and the green ash – have a satisfactory condition, display dry tops and less preservation ratio, suffer from droughts and high soil density. All studied species influenced soil properties. Under the netleaf hackberry, there was an increase in the content of organic carbon (C_{org}) throughout the humus layer by 0.15–0.62% compared to the long-term fallow; under other species, a redistribution of C_{org} was noted – an increase in the lower layers against the background of a slight decrease in the upper ones. The thickness of the humus layer increased by 20–40 cm under the PFPs. Under most species, carbonates were leached to a depth of 40–80 cm. PFPs increased the content of the main nutrients mobile forms in the soil in comparison with the steppe cenosis. Coniferous plants accumulated nitrogen in nitrate form and phosphorus to a lesser extent than deciduous plants and reduced the content of potassium compared to the fallow. On the whole, according to the change in various soil properties, the Haplic chernozems under the studied PFPs can be called forest-modified, and the leaching of carbonates to a depth of 60–80 cm and a decrease in pH by 0.2–0.4 units can be diagnostic signs of forest-modified soils. The most significant positive impact on the properties of Haplic chernozems was exerted by the following species: Chinese thuja, American sycamore, netleaf hackberry, and Osage orange.

Keywords: protective forest plantations, introduced species, resistance, Haplic forest-modified chernozems, soil properties.

Acknowledgements: The study has been carried out according to the plan for the scientific research of the Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre for 2019–2021 (0829-2019-0031).

REFERENCES

Antyufeev V.V., Vazhov V.I., Ryabov V.A., *Spravochnik po klimatu Stepnogo otdeleniya Nikitskogo botanicheskogo sada* (Handbook on the climate of the Steppe Branch of the Nikitsky Botanical Gardens), Yalta, 2002, 88 p.

Bagrova L.A., Garkusha L.Ya., *Iskusstvennye lesonasazhdeniya v Krymu* (Artificial forest plantations in Crimea), *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana*, 2009, Vol. 20, pp. 146–153.

Bel'gard A.L., Chto takoe lesnoe soobshchestvo v stepi? (What is a forest community in the steppe?), In: *Voprosy stepnogo lesorazvedeniya i okhrany prirody* (Issues of steppe afforestation and nature protection), Dnepropetrovsk, 1977, pp. 27–32.

Belyaev A.B., Long-term dynamics of the properties of leached chernozems under different forest plantations, *Eurasian Soil Science*, 2007, Vol. 40(8), pp. 821–829.

Belyaev A.B., Lesnye ekosistemy i ikh vliyanie na svoistva i plodorodie pochv lesostepi CChR (Forest ecosystems and

- their influence on the properties and fertility of soils in the forest-steppe of the Central Chernozem region), *Trudy in-ta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2014, No. 63, pp. 53–56.
- Derev'ya i kustarniki SSSR. Dikorastushchie, kul'tiviruemye i perspektivnye dlya introduktsii* (Trees and bushes of the USSR. Wild, cultivated and promising for introduction), Moscow–Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1960, Vol. 5, 544 p.
- Galushko R.V., Gorak Yu.S., O rezul'tatakh introduktsii drevesnykh rastenii v Evpatoriiskom dendroparke (On the results of the introduction of woody plants in the Evpatoria arboretum), *Byulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2002. Vol. 84, pp.53–57.
- Grigor'ev A.G., Moroz S.A., Klyuchnikova E.A., Eganova E.V., Introduktsiya vidov sireni v Severnyi Krym (Introduction of lilac species to the Northern Crimea), *Byulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1988, Vol. 65, pp. 22–26.
- Gurin P.D., Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu., Vliyaniye lesoposadok i dlitel'nogo sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya na svoistva yuzhnykh chernozemov (Influence of forest plantations and long-term agricultural use on the properties of southern chernozems), *Vestnik SPbGU*, 2012, Ser. 3, Vol. 2, pp. 109–119.
- Khaziev F.Kh., Antropogennaya degradatsiya plodorodiya chernozemov Predural'ya i problemy ego vosproizvodstva (Anthropogenic degradation of chernozems fertility in the Urals and problems of its reproduction), In: *Antropogennaya evolyutsiya chernozemov* (Anthropogenic evolution of chernozems), Voronezh, 2000. pp. 247–275.
- Kazimirova R.N., *Pochvy i parkovye fitotsenozy Yuzhnogo berega Kryma* (Soils and park phytocenoses of the southern coast of Crimea), Kiev: Agrarna nauka, 2005, 183 p.
- Klimenko O.E. and Klimenko N.I., Changes in the Properties of Crimean Haplic Chernozems under the Impact of Forest Plantations, *Eurasian Soil Science*, 2021, Vol. 54(5), pp. 750–762.
- Korolev V.A., Gromovik A.I., Jonko O.A., Changes in the physical properties of soils in the kamennaya steppe under the impact of shelterbelts, *Eurasian Soil Science*, 2012, Vol. 45(3), pp. 257–265.
- Kulikov G.V., Rezul'taty introduktsii novykh dlya Kryma drevesnykh rastenii (1970–1980gg.) (The results of the introduction of woody plants new to Crimea (1970–1980), *Trudy GNBS*, 1980, Vol. 82, pp. 48–80.
- Lipka O.N., Korzukhin M.D., Zamolodchikov D.G., Dobrolyubov N.Yu., Krylenko S.V., Bogdanovich A.Yu., Semenov S.M., Rol' lesov v adaptatsii prirodnykh sistem k izmeneniyam klimata (The role of forests in the adaptation of natural systems to climate change), *Lesovedenie*, 2021, No 5, pp. 531–546.
- Polyakov A.K., *Introduktsiya drevesnykh rastenii v usloviyakh tekhnogennoi sredy* (Introduction of woody plants in a technogenic environment), Donetsk: Noulidge, 2009, 268 p.
- Sorokina O.A., Transformatsiya plodorodiya pochv pod lesnymi nasazhdeniyami na sopryazhennykh elementakh rel'efa v stepyakh Khakassii (Transformation of soil fertility under forest plantations on conjugate relief elements in the steppes of Khakassia), *Lesovedenie*, 2017, No 1, pp. 60–72.
- Travleev A.P., Vedushchie aspekty vzaimodeistviya rastitel'nosti s pochvami v usloviyakh stepnoi zony (Leading aspects of the interaction of vegetation with soils in the steppe zone), *Voprosy stepnogo lesorazvedeniya i okhrany prirody*, Dnepropetrovsk, 1977, Vol. 7, pp. 40–45.
- IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014*, Update 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015).
- Zamolodchikov D.G., Grabovskii V.I., Kaganov V.V., Ekosistemnye uslugi i prostranstvennoe raspredelenie zashchitnykh lesov Rossiiskoi Federatsii (Ecosystem services and spatial distribution of protective forests of the Russian Federation), *Lesovedenie*, 2021, No 6, pp. 581–592.