

Бібліографічні посилання

1. *Вайс А. А.* Форма поперечного сечення деревьев сосны в насаждениях различного типа леса // Успехи современного естествознания. № 12. 2013. С. 130–131.
2. *Ватковский О. С.* Анализ формирования первичной продуктивности лесов. Москва. 1976. 253 с.
3. *Горошко А. А.* Оценка формы поперечного сечення отдельных деревьев в насаждениях // Вестник КрасГАУ. № 2. 2016. С. 23–29.
4. *Горошко А. А.* Выбор критерия для разделения деревьев по форме поперечного сечення ствола // Международный научно-исследовательский журнал. Биологические науки. Вып. 5(47). Часть 5. 2016. С. 58–61.
5. *Данилов М. Д.* Закономерности развития чистых древостоев в связи с динамикой листовой массы // Лесное хозяйство. № 6. 1953. С. 21–24.
6. *Емшанов Д. Г.* Методы пространственной экологии в изучении лесных экосистем. Киев, 1999. 219 с.
7. *Зверковский В. Н.* Особенности развития лесных насаждений в многолетнем эксперименте по рекультивации отвала шахты «Павлоградская» // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Дніпропетровськ. 2002. С. 21–30.
8. *Князева Л. А.* Защитное лесоразведение в сухой степи. М. 1970. 278 с.
9. Лесотаксационный справочник. Москва. 1980. 289 с.
10. *Молчанов А. А., Смирнов В. В.* Методика изучения прироста древесных растений. Москва. 1967. 93 с.
11. *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии.* Киев. 1987. 559 с.

Надійшла до редколегії 2.09.2016 р.

УДК 582.724.1: 631.618] (477.63)

А. Н. Масюк

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ НА РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В результате исследований было установлено, что формирование корневой системы 21-летних насаждений облепихи крушиновидной в техноземах зависит от качества посадочного материала и глубины его посадки в грунт; от мощности и качества отсыпки древнеаллювиальных отложений и плодородного слоя почвы на поверхность шахтных пород, которая является нижней границей корнеобитаемого слоя рекультивированного эдафотопы и тем самым ограничителем роста и развития растений.

Ключевые слова: рекультивация земель, облепиха, корневые системы, архитектура.

О. М. Масюк

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ КОРНЕВОЇ СИСТЕМИ ОБЛІПИХИ КРУШИНОВИДНОЇ НА РІЗНИХ ВАРІАНТАХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРІДНИХ ВІДВАЛІВ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

У результаті досліджень було встановлено, що формування кореневої системи 21-річних насаджень облїпихи крушиноподїбної в техноземах залежить від якості по-

садового матеріалу і глибини його посадки в ґрунт; від потужності і якості відсыпки древньоалювіальних відкладень і родючого шару ґрунту на поверхню шахтних порід, яка є нижньою межею корененаселеного шару рекультивованого едафотопу і тим самим обмежувачем зростання і розвитку рослин.

Ключові слова: рекультивациа земель, облїпиха, кореневї системи, архїтектонїка.

O. M. Masiuk

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ROOT SYSTEM OF SEA BUCKTHORN ON DIFFERENT VARIANTS OF RECLAMATION OF ROCK BULK OF WEST DONBASS

The aim of our research was to study the architectonics of the root systems of sea buckthorn of the same age (21) at the late stages of the stand development, their behavior in edaphotopes with various bulk capacities (30-, 80-, 140 cm) and with various quality of constituent substrates (fertile soil level and ancient alluvial deposits), and to identify the factors limiting the growth and development of this crop.

As a result of the studies, it was established that the formation of the root system of sea buckthorn in techno-soils depends on: 1) the quality of the planting material and the depth of its planting in soil; 2) the power and the quality of the bulk. The root zone layer is defined by the power of bulk with potentially fertile rocks and fertile soil layer of the surface of mine rocks. With an increase in edaphic space, the vital resources of sea buckthorn increase (moisture and nutrients supplies), which has a positive impact on the general state of planting. The use of the fertile soil layer in the form of the zonal ordinary black soils influences positively the formation of the root system of sea buckthorn, which initiates the development of lower-lying poorer bulk horizons. The applied ancient alluvial deposits are characterized by great variety of granulometric composition (loams, loamy, sand) with different ratios of mechanic inclusions of various nature, which makes it possible for small roots with the diameter of less than 1 mm to fully develop their surface and their internal content at different depths. Mine rock, having phytotoxic properties, is the lower border of the root zone layer of the recultivated edaphotope, and thus it is the limitation of the plant growth and development.

Keywords: reclamation of drastically disturbed lands, roots, hippophae, architectonics.

При формировании основных положений по рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленностью, в первых рекомендациях по биологическому освоению предлагались к использованию растения, как правило, которые подходили по своим биологическим особенностям и экологическим потребностям к тем лесорастительным условиям, которые создавались на техническом этапе рекультивации, а также базировались на опыте возделывания этих культур на ранних стадиях развития фитоценозов на восстанавливаемых территориях [2; 6–9; 11; 14]. Целью наших исследований было изучение архитектоники корневых систем облїпихи крушиновидной одного возраста на поздних стадиях развития древостоя [1], их поведение в эдафотопах с разной мощностью отсыпки и с разным качеством слагающих их субстратов, выявление факторов, лимитирующих рост и развитие этой культуры.

Объект и методы исследований. Объект исследования – фитотоксичные отвалы каменноугольных шахт Западного Донбасса (Днепропетровская область Павлоградский район), на которых были созданы экспериментально-производственные участки лесной рекультивации. В ходе технического этапа на шахтные породы (продукт угледобывающей и перерабатывающей промышленности) отсыпали потенциально-пригодные вскрышные горные породы, отличающиеся одна от другой стратиграфией и мощностью отсыпки.

Исследования проводились в 21-летних насаждениях облїпихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), культивируемых на четырех вариантах технозе-

мов в середній і нижній частях рекультивованого отвала юго-східної експозиції (отвал шахти «Благодатна», площа 11,2 га).

Варіант 1 – едафотоп представлений плодородним ґрунтовым шаром чорнозема звичайного – 25 см, нижче – древнеалювіальна супіс (СП) – 55 см, глибше – шахтна порода (ШП); насадження досягли 4,9 м в висоту і 8,5 см в діаметрі стовпа. Тип екологічної структури – напівосвітлений, світловий стан – нормальний, відповідає другій віковій ступені розвитку – жердняк [1]. Тип деревостая – 10 Об. Сомкнутість крон – 0,9. Зафіксовано на 1 гектарі – 1524 дерева.

Варіант 2 – едафотоп представлений 30-см шаром супіси, нанесеним на шахтну породу; насадження досягли середньої висоти 3,5 м і діаметра 4 см. Тип екологічної структури – освітлений, світловий стан – нормальний, відповідає третій віковій ступені розвитку – изреживание. Тип деревостая – 10 Об. Сомкнутість крон – 0,5. Кількість стовпів на 1 га – 1250.

Варіант 3 – едафотоп представлений 80-см шаром супіси, нанесеним на шахтну породу; насадження досягли середньої висоти 5,6 м і діаметра 9,1 см. Тип екологічної структури – напівосвітлений, світловий стан – нормальний, відповідає перехідній стадії від чащи до изреживанию. Тип деревостая – 10 Об. Сомкнутість крон – 0,7. Кількість стовпів на 1 га – 1070.

Варіант 4 – едафотоп представлений 140-см шаром супіси, нанесеним на шахтну породу; насадження досягли середньої висоти 7,8 м і діаметра 11,2 см. Тип екологічної структури – напівосвітлений, світловий стан – нормальний, відповідає стадії розвитку – жердняк. Тип деревостая – 10 Об. Сомкнутість крон – 0,9. Кількість стовпів на 1 га – 1170.

Для вивчення особливостей росту і розподілу корневих систем використовувався траншейний метод: вертикальний розріз через підземну частину рослини з раскапыванием, описанням і зарисовкою оголених на стінці ями (траншеї) підземних органів. Для уточнення і деталізації поставленої мети використовували методи бури, среза і монолітів [3; 4; 5; 10; 12; 13].

Результати і їх обговорення.

Характерною особливістю першого варіанта є диференціація едафотопу на три горизонти: 1) наявність в верхній частині ґрунтового шару чорнозема, оптимізує умови для лісорослинності; 2) підстилюючий її шар древнеалювіальної супіси і 3) «материнська» шахтна порода. В даних умовах коренева система обліпихи добре розвита, густих, потужна. Від базального кінця стовпа відходять придаточні скелетні корні першого порядку діаметром 5–7 см, які, розгалужуючись під різними кутами, направляються в нижні шари ґрунту. Частина корнів другого порядку діаметром до 3–5 см дуже численні, в верхньому 20-см шарі активно освоюють простір в горизонтальному напрямку, різносторонньо виходячи далеко за межі крони як в рядах, так і міжряддях, інша частина – контактну зону двох різних за гранулометричним складом і фізичними, хімічними і водними властивостями ґрунтів. На межі субстратів вони зменшуються в розмірах до корнів третього порядку і освоюють верхню і нижню частини горизонтів. Сеть корнів вищих порядків, відходящих від корнів третього порядку, переважно в верхньому горизонті, густо переплітається з корневою системою травостая, обильне галузіння яких забезпечує високу кореннасыщенность в насипному чорноземі. Інша частина, перебуваючи головним чином в шарі супіси, корні діаметром 3–5 см з глибиною зменшуються до 1–3 см і галузяться, переплітаються, спускаючись косо вниз, утворюють сплетення в формі вузлів. На тонких покручених корнях, в піщаних прошарках зустрічаються клубенькові бактерії. Являючись безструктурним, супіщаним горизонтом (25–80 см) насичений включеннями каолинових і червоно-бурих глин, прожилками

ожелезненного песка. В этом слое корни активно осваивают глины, проникают в них, образуют внутри густую сеть корешков диаметром 0,1–0,2 см.

Достигая шахтной породы, корни стелются преимущественно по поверхности, третьего порядка уходят почти горизонтально в стороны, а наиболее мелкие проникают в шахтную породу, образуя в верхнем ее слое густую сеть. Среди массы корней, проникших в шахтную породу до глубины 3–5 см, преобладают омертвевшие (неживые), обугленные диаметром до 0,1–0,4 см. Это связано с неблагоприятными фитотоксичными свойствами материнской породы [11].

Таким образом, на первом варианте основная масса корней развивается в верхнем 20-см слое, где формируется верхний ярус, в котором им приходится сильно конкурировать с травянистой растительностью за водные и питательные ресурсы верхнего плодородного слоя. Второй ярус располагается несколько ниже в контактной зоне двух разных по свойствам субстратов, где создаются дополнительные источники воды (капиллярно-подвешенной) и возможность использования питательных веществ из верхнего слоя. Третий ярус формируется на поверхности шахтной породы, где могут накапливаться значительные запасы влаги, в том числе капиллярно-подпертой, что способствует переходу в почвенный раствор из нее значительных количеств макро- и микроэлементов.

Кроме того, следует отметить максимальное использование корнями включений в бедном супесчаном горизонте.

Характерной особенностью второго варианта является минимальная отсыпка эдафотопы потенциально-плодородной древнеаллювиальной породой. В нем корневая система хорошо развита, полностью занимает всю толщу насыпного слоя. Скелетные корни первого порядка, в большом количестве (более 20) отходящие от базального конца стебля, густо разветвляются, ориентируясь по окружности в горизонтально-наклонном направлении, выходя далеко за пределы площади собственного питания растения. Выраженных вертикально расположенных корней мало. В верхнем 5-см слое преобладают корни диаметром 2–4,5 см, которые густо переплетены с корневой системой травостоя. В 5–30-см слое супеси корни второго порядка уменьшаются в диаметре до 1–2 см. Они сильно покрученные, ветвящиеся, образуют узлы клубковидной формы, в которых находятся клубеньковые бактерии. Часть корней принимает вертикальное направление. Более мелкие корешки, встречающиеся на своем пути механические примеси глин разного цвета и разной природы, оплетают, проникают и перенасыщают их. Опускаясь до шахтной породы, корни преимущественно стелятся по поверхности, горизонтально уходя в стороны, образуя густую сеть. Наиболее мелкие корни диаметром до 0,1–0,2 см проникают в шахтную породу до глубины 3–6 см, где отмирают и имеют преимущественно обгоревший, обугленный вид из-за кислой среды субстрата, но при этом хорошо сохраняется внешняя оболочка (кутикула), что и позволяет оценивать коренасыщенность горизонта.

В данных лесорастительных условиях наблюдается острая нехватка для облепихи корнеобитаемого объема, лимитируемого, с одной стороны, малой мощностью отсыпки потенциально-плодородной породы, с другой – влиянием близко расположенной фитотоксичной шахтной породы.

Третий вариант характеризовался средней мощностью отсыпки и гранулометрическим разнообразием древнеаллювиальных отложений.

В нем корневая система слабая, ломкая, встречаются полые корни, покрытые белым налетом.

В верхнем 5-см слое, интенсивно подверженном гумусообразованию, корни облепихи диаметром 0,5–1,7 см переплетаются с корневой системой травостоя, а уходя за пределы кроны горизонтально направленные корни переплетаются с корнями соседних растений. В 10–20-см слое от нижней части стебля отходят скелетные корни первого порядка диаметром 2–4,5 см, равномерно направленные

под разными углами вниз. В 20–50-см слое от немногочисленных скелетных корней второго порядка диаметром 2–3 см косо вниз отходят скелетные корни третьего порядка диаметром 1–2,5 см.

В 30–80-см слое, представленном песчаными отложениями, из-за слабо развитой корневой системы мелкие корешки практически не проникают в механические включения (глины, суглинки, шахтные породы), как это наблюдалось в других вариантах. Корни третьего порядка слабо ветвятся, наблюдаются клубеньковые бактерии, в некоторых местах образующие узловатые структуры диаметром 2–3 см.

Опускаясь к шахтной породе, корни стелятся преимущественно по поверхности. Часть из них, диаметром до 0,2–0,1 мм, проникает в породу до глубины 6 см, где они отмирают под влиянием кислотной среды и действия солей шахтной породы.

Корневая система в третьем варианте, по сравнению с другими, самая слабая.

Характерной особенностью четвертого варианта является довольно мощная, максимальная по техническим условиям отсыпка древнеаллювиальными отложениями. В нем корневая система мощная, густая, хорошо развитая. Формирование придаточных корней, крупных, цилиндрической формы, диаметром 7–15 см, начинается от столовой части растения, часть которых равномерно по окружности располагается горизонтально и уходит далеко за пределы собственных границ, другая часть плавно уходит в нижние части супеси под небольшими углами.

От скелетных корней, диаметром 5–7 см, расположенных горизонтально, вверх отходят корни (диаметром 0,5–2 см), которые в верхнем 5-см гумусированном слое (следствие современного почвообразования) образуют сеть с корневой системой травостоя. Следует отметить низкую численность и слабое видовое разнообразие травостоя.

В 5–35-см слое супеси размещается еще один корненасыщенный ярус горизонтально расположенных крупных корней диаметром 5–7 см, от которых отходят корни диаметром 3–4 см, уходящие резко вниз в горизонт с породами легкого гранулометрического состава.

В песчаном горизонте (слой 35–140 см), бедном питательными веществами, но более влажном (из-за капиллярно-подпертой влаги, внутреннего стока, меньшего испарения при значительной мощности насыпных грунтов), формируется вертикально ориентированный ярус корней третьего порядка диаметром до 2–3 см. От них ответвляются корни с меньшим диаметром, которые активно осваивают встречающиеся на их пути механические включения, состоящие из глин, в которых они образуют густую сеть, по своему внешнему виду напоминающую густой клубок. На корнях наблюдается незначительное количество клубеньков с азотфиксирующими бактериями.

Еще один горизонт ветвления корней располагается на поверхности шахтной породы. Это скелетные корни третьего – четвертого порядка, а также корни диаметром 0,2–0,3 см. Все они имеют угнетенный вид, много отмерших мелких корней. В саму шахтную породу входят корни до глубины 3–5 см, диаметром 0,2–0,3 см, где они погибают под воздействием токсичной шахтной породы.

По сравнению с ранее рассмотренными почвенными разрезами, данная корневая система наиболее развита, характеризуется крупными, крепкими, твердыми корнями, образующими густую сеть корней разного диаметра.

Выводы.

Формирование корневой системы облепихи крушиновидной в техноземах зависит от ряда причин.

1. От качества посадочного материала и глубины его посадки в грунт. При использовании саженцев, выращенных из черенков, т.е. образованных в результате вегетативного размножения, изначально главный корень не образуется. Фор-

мирование корневой системы будет преобладать только за счет придаточных корней, количество которых зависит от их индивидуальных и видовых особенностей, а также глубины посадки (при увеличении длины черенка и более глубокой посадке вероятность образования дополнительных скелетных корней первого порядка увеличивается).

2. От качества используемых для коренной мелиорации отвальных пород насыпных почво-грунтов. Применение плодородного слоя почвы в виде зональных черноземов обыкновенных (горизонты (Н и Н_р) положительно влияет на формирование корневой системы облепихи. В нем сосредоточена основная масса корней, от которых иницируется освоение нижележащих, более бедных насыпных горизонтов. Одним из недостатков является высокая конкурентоспособность дикорастущего травостоя за влагу и питательные вещества. Применяемые древнеаллювиальные отложения, добываемые карьерным способом, характеризуются очень большой пестротой с разным соотношением механических включений различной природы. По гранулометрическому составу они могут быть суглинистыми (при больших примесях илистой фракции), супесчаными, песчаными. Кроме того, в них встречаются включения диаметром до 25 см глин, суглинков, иногда черноземной массы и шахтной породы, что позволяет мелким корням диаметром менее 1 мм полностью осваивать их поверхность и внутреннее содержание на разных глубинах.

3. От мощности отсыпки. Корнеобитаемый слой определяется мощностью отсыпки потенциально-плодородными горными породами и плодородным слоем почвы на поверхность шахтных пород. При увеличении эдафического пространства увеличиваются ресурсы жизнеобеспечения облепихи (запасы влаги, питательных веществ), что положительно сказывается на общем состоянии насаждения.

4. Освоение шахтной породы происходит за счет корней диаметром 0,1–0,3 см и заканчивается в верхнем шестисантиметровом слое их отмиранием (встречались отдельные проникновения скелетных корней до 20 см). Таким образом, обладая фитотоксичными свойствами, шахтная порода является нижней границей корнеобитаемого слоя рекультивированного эдафотопы и тем самым ограничителем роста и развития растений.

5. Исследования качественного состояния и количественных показателей корневых систем не менее важны, чем изучение надземной продуктивности экспериментальных лесных культур, свойств эдафотопы и процессов, протекающих в технозомах, для выявления причин, лимитирующих рост и развитие древесно-кустарниковых растений, и их устранения, для создания эффективных конструкций искусственных почво-грунтов и оптимизации техногенных ландшафтов на землях, нарушенных угольнодобывающей и угольноперабатывающей промышленностью.

Библиографические ссылки

1. *Бельгард А. Л.* Введение в типологию искусственных лесов степной зоны // Искусственные леса степной зоны Украины. Харьков. 1960. С. 33–57.
2. *Зверковский В. Н.* Особенности развития корневых систем древесных пород в условиях различной стратиграфии искусственных почво-грунтов рекультивируемых шахтных отвалов Западного Донбасса // Мониторинговые исследования лесных экосистем степной зоны, их охрана и рациональное использование: межвуз. сб. Днепропетровск. 1988. С. 129–137.
3. *Калинин М. И.* Формирование корневых систем деревьев. Москва. 1983. 151 с.
4. *Колесников В. А.* Методы изучения корневой системы древесных растений. Москва. 1972. 152 с.
5. *Красильников П. К.* Методика изучения подземных органов деревьев, кустарников и лесных сообществ при полевых геоботанических исследованиях. Москва. 1960. С. 448–473.

6. **Масюк А. Н.** Структурно-функциональная организация насаждений облепихи крушиновидной // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. – Днепропетровск. 1990. С. 101–112.

7. **Масюк А. Н.** Анализ первичной продуктивности насаждений робинии лжеакации на рекультивированных землях степного Приднепровья // Вісник Дніпропетровського університету. Дніпропетровськ. 2006. № 3/1. Серія Біологія, екологія. С. 118–125.

8. **Масюк А. Н.** Влияние мощности отсыпки рекультивированного эдафотопа на структуру и продуктивность древостоя облепихи крушиновидной в условиях степи Украины // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф. Екатеринбург. 2007. С. 464–477.

9. Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование: сборник матер. Междунар. науч. конф. (10–15 июня 2013 г.) / под ред. В. А. Андрюханова. Новосибирск. 2013. 337 с.

10. **Рахтеенко И. Н.** Корневые системы древесных и кустарниковых растений. Минск. 1963. 138 с.

11. Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация / А. П. Травлев и др. Днепропетровск. 1988. 72 с.

12. **Усольцев В. А., Залесов С. В.** Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург. 2005. 147 с.

13. **Bohm W.** Methods of studying root systems. Berlin, Heidelberg, New York. 1979. 188 p.

14. Reclamation of drastically disturbed lands / Edited by R. I. Barnhisel, R. G. Darmody, W. L. Daniels. Madison, Wisconsin. USA. 2000. № 41 Agronomy. 1082 p.

Поступила в редколлегию 23.09.2016 г.

УДК 577.486

Н. Н. Цветкова, Е. О. Тагунова, М. С. Якуба

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ТЕСТ-СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МАРГАНЦА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ РЕКИ САМАРЫ ДНЕПРОВСКОЙ

Приведена характеристика физико-химического тест-метода, который даёт возможность просто и недорого выполнить качественный, полуколичественный и количественный анализ почв на содержание марганца.

Ключевые слова: тест-система, содержание марганца, элементный анализ почв.

Н. М. Цвєткова, Є. О. Тагунова, М. С. Якуба

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ТЕСТ-СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МАНГАНУ У ҐРУНТАХ ДОЛИНИ РІКИ САМАРИ ДНІПРОВСЬКОЇ

Наведено характеристику фізико-хімічного тест-методу, який дає можливість просто та недорого виконати якісний, напівкількісний та кількісний аналіз ґрунтів на вміст мангану.

Ключові слова: тест-система, вміст мангану, елементний аналіз ґрунтів.