

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РОБИНИИ ЛЖЕАКАЦИИ В РАЗНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ, СОЗДАНЫХ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

Показано, что лимитирующими факторами, которые влияют на рост и развитие корневой системы робинии и всего древостоя в целом на рекультивированных землях в условиях Западного Донбасса, является мощность отсыпки горных пород, нанесенных на шахтную породу, высокие показатели их плотности, приобретенные от некачественно проведенного технического этапа рекультивации, неблагоприятные физико-химические свойства шахтной породы.

Ключевые слова: рекультивированные земли, лесорастительные условия, корневая система, робиния.

О. М. Масюк

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РОБІНІЇ ЗВИЧАЙНОЇ В РІЗНИХ ЛІСОРОСЛИНИХ УМОВАХ, УТВОРЕНИХ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

Показано, що лімітуючими факторами, які впливають на ріст та розвиток кореневої системи робінії та всього деревостану в цілому на рекультивованих землях в умовах Західного Донбасу, є потужність відсыпки гірських порід нанесених на шахтну породу, високі показники їх щільності, придбані від неякісно проведеного технічного етапу рекультивації, несприятливі фізико-хімічні властивості шахтної породи.

Ключові слова: рекультивовані землі, лісорослинні умови, коренева система, робінія.

A. N. Masyuk

O. Gonchar Dnipropetrovsk national university

THE PECULIARITIES OF ROOT SYSTEM FORMING IN ROBINIA PSEUDOACACIA UNDER THE VARIOUS FOREST CONDITIONS AT THE RECULTIVATED TERRITORIES

It had been found the main factors limiting growth and development of root system of Robinia pseudoacacia and other wood plants at recultivated territories in West Donbass. They are: capacity of cover rock; increased values of their composition density, which were caused with non-qualified arrangement of technical stage of recultivation; unfavourable physical and chemical properties of mining rock.

Key words: reclamation lands, forest-plant environment conditions, root system, robinia.

Изучение корневых систем древесных пород, их распределение в горизонтальном и вертикальном направлениях, выраженное количественными и качественными показателями в виде архитектоники, подземной фитомассы, ее объема, поверхности, площади и корненасыщенности, дает ответ на многие вопросы, касающиеся роста и развития культурдендроценозов, формирующихся в разных лесорастительных условиях. Исследованиями подземных органов кустарниковых и древесных культур в чистых и смешанных насаждениях природных и искусственных биогеоценозов в естественных условиях занимались многие ученые (Рахтеенко, 1963; Колесников, 1974; Калинин, 1983).

При оптимизации техногенных ландшафтов изучение корневых систем приобретает особо важное значение, так как на деструктивных территориях должны создаваться такие почвенно-экологические условия, которые соответствовали бы биологическим особенностям и экологическим потребностям растений, с учетом зоо- и микробиоценозных компонентов, в связи с их целевым назначением (Масюк, 2007). Поэтому структурные и продукционные изменения в древостое являются реакцией насаждения на лимитирующие факторы жизни растений, связанные в первую очередь с

эдафотопом. Поведение подземных органов растений в технозомах изучено недостаточно. Это связано с большим разнообразием лесорастительных условий, возникающих в местах нарушения и восстановления земель, с разной природой и источниками деструкции территории, способами рекультивации, климатическими условиями, широким ассортиментом древесно-кустарниковых пород, применяемых при рекультивации, или исследованиями, проводимыми на ранних стадиях развития древостоя (Травлеев, 1988; Зверковский, 1988; Баранник, 1988; Масюк, 1989, 1990, 1991; Калашникова, 2007).

Целью нашей работы было определение параметров корневой системы робинии лжеакации и выявление характера распределения корней в зависимости от стратиграфии и мощности отсыпки технозома в условиях степной зоны Украины.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований были 15 и 17-летние насаждения робинии лжеакации (*Robinia pseudoacacia* L.), культивируемые на пяти вариантах искусственных почвогрунтов экспериментально-опытных участков лесной рекультивации ДНУ в Западном Донбассе. Эдафотопы представляли конструкции, в которых на фитотоксичную сульфидсодержащую породу, продукт угледобывающей промышленности, отсыпались пригодные и малопригодные вскрышные породы. Исследовали насаждения робинии лжеакации на пяти вариантах, отличающихся лесорастительными условиями. Вариант 1 – расположен на плоской части отвала с незначительным уклоном, эдафотоп представлен: 30 см – лессовидный суглинок, 70 см – песок, глубже – шахтная порода; вариант 2 – плоская часть отвала с незначительным уклоном, эдафотоп представлен: 60 см – почвенная масса суглинистого чернозема обыкновенного (вовлекались горизонты Н и Нр), 60 см – песок, 60 см – тяжелый суглинок, глубже – шахтная порода; вариант 3 – средняя треть склона отвала, эдафотоп представлен: 100 см – средний суглинок, глубже – шахтная порода; вариант 4 – средняя треть склона отвала, эдафотоп представлен: 30 см – суглинок, 30 см – супесь, глубже – шахтная порода; вариант 5 – средняя треть склона отвала, эдафотоп представлен: 30 см – легкий суглинок, глубже – шахтная порода.

Особенности строения корневых систем изучали методами бура, среза и монолитов (Красильников, 1960; Колесников, 1972; *Bohm*, 1979; Усольцев, 2005).

Количественный учет подземной части растений осуществлялся буровым методом и методом монолитов. Отбор образцов осуществлялся ручным буром с диаметром 78 мм через каждые 10 см на всю мощность эдафотопа, включая верхний слой шахтной породы до нижней границы проникновения корней с 10-кратной повторностью взятия образцов. Из извлеченного грунта выделялись корни путем отмывки с разделением их на фракции: тонкие (активные) – с диаметром менее 0,5 мм и 0,5–1 мм, полускелетные – от 1 до 2 мм и скелетные – свыше 2 мм. Этот метод позволил получить данные об объеме, массе, длине и поверхности подземных органов, об их распределении в различных слоях техноземов, определить насыщенность корнеобитаемого слоя корнями. Объем корней определялся ксилметрическим методом. Длина, боковая поверхность корней и корненасыщенность эдафотопов определялись расчетным методом. Параллельно отбирались монолиты размером 20×20 см на всю корнеобитаемую мощность.

Для изучения особенностей роста и распределения корневых систем использовался траншейный метод: вертикальный разрез через подземную часть растения с раскапыванием, описанием и зарисовкой обнаженных на стенке ямы (траншеи) подземных органов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований насаждений робинии было установлено, что лучшие лесорастительные условия для роста и развития робинии лжеакации созданы на втором варианте мощностью 180 см и с применением почвенной массы чернозема, песка, суглинка (Масюк, 2006). Об этом свидетельствуют таксационные и продукционные показатели. Надземной частью древостоя аккумуляровано 140,54 т/га абсолютно сухой массы. В повышении биологической продуктивности важную экологическую роль сыграли: 1) мощность отсыпки, что привело к увеличению корнеобитаемого

слоя; 2) улучшение трофности за счет привлечения почвенной массы чернозема; 3) выровненная поверхность отвала, что при периодически атмосферно-грунтовым условиями увлажнения и удовлетворительном водоупоре, каким является шахтная порода, способствует накоплению и удерживанию дополнительных запасов влаги; 4) густота насаждения. Это способствовало более полному использованию азотопы, в связи с большей высотой древостоя, уменьшению процента кроновых частей, сопровождающихся существенным увеличением эффективности работы листы.

Рассматривая поведение корней в таком эдафотопе, следует отметить ряд особенностей. Корневой системой белой акации на втором варианте накоплено 47,6 т/га абсолютно сухой массы. На долю активных тонких корней приходится 52 % от общей корневой массы, скелетных – 40 %, полускелетных – 8 %. Корневая система занимала объем 67,7 м³/га. Средняя насыщенность эдафотопы корнями – 0,56 %.

Максимальная масса корней находилась в черноземном слое – 40,7 т/га. В нем формировались горизонтально расположенные скелетные корни (48 %), основная масса которых залегала на глубине 10–40 см, что позволило полускелетным (7 %) и особенно тонким корням (45 %) в полном объеме использовать плодородие черноземного субстрата (корненасыщенность составила 0,94 %). Их продуктивность превышала продуктивность нижележащего песчаного горизонта в 5,9 раза. В песчаный слой проникают вертикально расположенные корни 2-го и 3-го порядков, отходящих от корней горизонтальной ориентации и заканчивающихся корневыми мочками, которые обволакивают, повсеместно встречающиеся в песке глинистые (красно-бурые, каолиновые) включения. Корневые мочки, благодаря фракции корней диаметром 0,5–1 мм, образуют огромную всасывающую поверхность корней, которые выполняют основную функцию, связанную с поглощением воды и почвенного раствора.

Продвижение корня в тяжелосуглинистом субстрате сопровождалось большими трудностями, связанными, с одной стороны, с тяжелым гранулометрическим составом и высокой плотностью сложения, с другой – наличием «верховодки» в весенне-летнее время, что приводило к их вымоканию. Неблагоприятные условия функционирования корней не позволили корневой системе робинии освоение как тяжелосуглинистого насыпного горизонта, так и шахтной породы. Однако шахтная порода, являясь водоупором, за счет внутреннего стока и периодического атмосферного увлажнения позволяет на глубине 120–200 см (в тяжелосуглинистом слое) накапливаться значительным запасам влаги.

Наличие в верхнем горизонте почвенной массы чернозема способствует продуцированию насаждением максимального количества органического вещества.

При сходстве лесорастительных условий на первом и третьем вариантах по мощности и стратиграфии наблюдались существенные отличия в надземной продуктивности соответственно 76,34 и 46,25 т/га (разница 30,09 т/га). Это обусловлено в первую очередь разной степенью увлажнения, так как в средней трети склона наблюдаются потери влаги за счет внутреннего стока, а на выровненном участке идет ее сохранение. Кроме того, сыграла роль густота посадки соответственно 3924 и 2053 особей на гектар (разница 1871 шт/га). В связи с этим наблюдались существенные отличия в формировании корневой массы.

На первом варианте за истекший период было накоплено 59,84 т/га абсолютно сухой массы корней, дифференцирующиеся на тонкие (83 %), полускелетные (4 %) и скелетные (13 %), которые занимали объем 88,15 м³/га. Корненасыщенность составила 0,80 %.

Отмечается трехъярусность корневой системы робинии в первом варианте. Первый ярус (40 % корней от общей их массы) формируется в верхней части эдафотопы, в суглинках, за счет горизонтально расположенных крупных скелетных корней на глубине 10–20 см, с частичным проникновением их в нижележащий слой 20–30 см. Такое расположение привело к максимальному освоению полускелетными и, особенно, тонкими корнями граничащих с ним слоев.

Второй ярус наблюдается на глубине 30–70 см в песке (42 % корней от их общей массы). Он является вертикальным продолжением скелетных корней, отходящих от корней горизонтальной ориентации верхнего яруса. Корни диаметром менее 1 мм интенсивно опутывают находящиеся в песке включения каолиновых глин, суглинка, чернозема.

Третий ярус размещается на глубине 70–110 см в непосредственно прилегающих к шахтной породе слоях. Он представлен горизонтально направленными скелетными корнями диаметром 2–4 мм, от которых отходят тонкие корни. Большая часть их интенсивно осваивает нижний слой песка, где накапливаются дополнительные запасы влаги, находящиеся в капиллярно-подпертом виде. Меньшая часть – верхний слой шахтной породы. Однако неблагоприятные физико-химические свойства шахтной породы отрицательно сказываются на росте и развитии корневой системы в ней, что подтверждается низкими биометрическими показателями корней, угнетенностью их внешнего вида и ранним отмиранием.

В более засушливых лесорастительных условиях, сформированных на третьем варианте подземной частью древостоя, было накоплено 29,65 т/га органического вещества. Фракционный состав имел следующий вид: скелетные корни – 17 %, полускелетные – 6 % и тонкие – 77 %. Объем – 57,12 м³/га. Корненасыщенность – 0,57 %.

Корневая система имела двухъярусное строение. Первый ярус (73 % корней) формировался за счет скелетных корней первого и второго порядков на глубине 10–20 см, которые дали начало для интенсивного освоения выше- (0–10 см) и нижележащих слоев (20–40 см) полускелетными и активными корнями.

Второй ярус находился на глубине 70–80 см и был представлен горизонтально ориентированными скелетными корнями диаметром 2–5 мм, которые располагались параллельно шахтной породе. От этих корней отходили полускелетные и тонкие корни, равномерно распределяясь в прилегающих 20-сантиметровых слоях суглинка. Освоение корнями шахтной породы (из-за ее неблагоприятных физических и химических свойств) зафиксировано не было.

Самые жесткие лесорастительные условия формировались на пятом варианте. Минимальная отсыпка, бедность субстрата, месторасположение в средней части склона способствовало дефициту влаги и жизненного пространства, что привело к низкорослости (потери в высоту 3–5,5 м), изреживанию (до 75 %), суховершинности насаждений, изменению их структуры (наибольший процент отмерших ветвей – свыше 25 % и ассимилирующих органов – 17 %) и как следствие резкому снижению продуктивности до 4,56 т/га надземной массы.

Подземными органами продуцировано 30,04 т/га абсолютно сухой массы. На долю активных корней приходилось 71 % от общей массы корней, полускелетные – 2 %, скелетные – 27 %. Они занимали объем – 45,78 м³/га. Корненасыщенность составила 0,92 %.

Формирование горизонта ветвления скелетных корней происходило в верхнем 30-сантиметровом слое. В нем находилась наибольшая масса корней 94 %. Фракционный состав был представлен скелетными корнями – 28 % (от их массы в горизонте), полускелетными – 2 % и активными – 70 %. Корненасыщенность составила 1,41 %.

Освоение корнями шахтной породы проходило до глубины в 20 см, которые на 95 % были представлены тонкими фракциями.

Лесорастительные условия на четвертом варианте отличаются от третьего и пятого вариантов только мощностью насыпного слоя. По надземной продуктивности, биометрическим показателям, структуре сообщества древостей занимает промежуточное положение, с тенденциями, наблюдаемыми в жестких условиях среды.

Корневой системой накоплено 28,9 т/га абсолютно сухой массы, занимающих объем 52,04 м³/га. Фракционный состав представлен скелетными корнями – 17 %, полускелетными – 8 % и тонкими – 75 %. Корненасыщенность составила 0,58 %.

Характерной чертой размещения корней является их трехъярусное расположение. Верхний ярус, полностью привязывался к слою суглинка, здесь сконцентрировано 63 % корней. Средний ярус выделялся в слое супеси, в нем сосредоточено 27 % корней. Нижний ярус был сформирован в шахтной породе, в которой находилось 10 % корней. Дифференциация фракционного состава подземных органов в корнеобитаемой толще происходила следующим образом. Скелетные корни максимально сконцентрированы до 45 % в верхней суглинистой части. С глубиной их процентное соотношение уменьшается в супесях до 16 %, при полном отсутствии в шахтной породе. Противоположная тенденция наблюдается с активными корнями. С глубиной они вытесняют скелетные и полускелетные корни. Их долевое участие увеличивается с 46 % в верхнем горизонте до 79 % – в среднем и 100 % – в нижнем.

Исследуя корневую систему белой акации в разных эдафических условиях, можно заключить, что она обладает высокой экологической пластичностью, т. е. способна изменять свое строение под влиянием факторов окружающей среды.

Во всех вариантах корневая система была поверхностного типа, основная масса ее сформирована крупными скелетными придаточными корнями, располагающимися в верхнем 30-сантиметровом слое почво-грунта, и тянущимися в горизонтальном направлении далеко за пределы проекции кроны дерева. В этой части рекультивационного слоя корневая система представлена хорошо развитыми боковыми корнями второго, третьего и больших порядков, разного диаметра, растущих в самых разных направлениях и образующих густые переплетения. Корненасыщенность в этом горизонте колеблется от 1,06 до 1,41. Она зависит от плодородия субстрата и жизненного эдафического объема, предоставленного корням. Так, максимальные показатели корненасыщенности характерны для почвенной массы чернозема, являющейся наиболее благоприятным субстратом для роста и развития корней, и для суглинков с минимальной мощностью отсыпки в 30 см, где формируются наиболее жесткие условия среды, что заставляет растения максимально использовать предоставленное им пространство. Корненасыщенность верхнего слоя в 1,8–8,3 раза больше, чем в остальной корнеобитаемой толще.

С увеличением мощности отсыпки и изменением стратиграфии меняется поведение корней и, как следствие, их продуктивность.

В рекультивационный слой, расположенный между верхним 30-сантиметровым слоем и шахтной породой, проникают скелетные корни второго и третьего порядков, имеющие вертикальную ориентацию, и, как правило, в виде слабоветвящихся тяжелой проникающие до границы с шахтной породой. Боковые тонкие корни, ответвляющиеся от вертикальных корней, изменяют свою форму и поведение в зависимости от плодородия, гранулометрического состава грунта и его сложения.

Если продолжением плодородного субстрата является его аналог (вариант 2), то в нем происходит уменьшение корненасыщенности в 2,5 раза, а подстилающий почвенную массу чернозема песок интенсивно осваивается только в верхней 20-сантиметровой части.

К характерным особенностям формирования подземных органов в техноземах можно отнести и образование отдельного яруса корней в прилегающих к шахтной породе слоях. Являясь водоупором, над шахтной породой накапливаются дополнительные запасы влаги в капиллярно-подпертой форме, что позволяет корням рациональное ее использование.

Жизненный эдафический объем растений зависит от мощности нанесения вскрышных пород, их сложения и физико-химических свойств шахтной породы. Нижняя граница ее, как правило, проходит на линии контакта с шахтной породой, что связано с высокой плотностью сложения, сильной засоленностью и повышенной кислотностью последней. По мере улучшения этих показателей корни могут интенсивно осваивать верхние 20–30 см шахтной породы.

ВЫВОДЫ

1. Лимитирующими факторами, влияющими на рост и развитие корневой системы робинии лжеакация и всего древостоя в целом на рекультивированных землях в условиях Западного Донбасса, являются мощность отсыпки вскрышных горных пород нанесенных на шахтную породу, повышенные показатели плотности сложения их, приобретенные от некачественно проведенного технического этапа рекультивации, неблагоприятные физико-химические свойства шахтной породы.

2. Применение насыпного слоя суглинистого чернозема обыкновенного (мощностью не менее 30 см) дало максимальный эффект при накоплении белой акацией органического вещества и послужило хорошим стимулятором для освоения нижележащих слоев горных пород.

3. При одинаковой мощности отсыпки различия в продуктивности белой акации и корненасыщенности были связаны со стратиграфией конструкции эдафотопы и элементами рельефа, на которых они культивировались.

4. С уменьшением мощности отсыпки суглинков происходит увеличение коренасыщенности соответственно 0,57, 0,58, 0,92, что указывает, во-первых, на более полное использование субстрата в условиях ограниченного эдафического пространства и, во-вторых, на то, что мощность эдафотопы в 30 см является недостаточной для жизнедеятельности белоакациевых насаждений, что подтверждается значительным снижением лесотаксационных показателей надземной части древостоя.

5. Масса корней распределяется по профилю эдафотопы неравномерно. Наиболее активно осваивается верхний 30-сантиметровый слой почво-грунта, где сосредоточено от 40 до 93 % всех корней, что зависит от лесорастительных условий созданных на техническом этапе рекультивации.

6. Горные породы легкого гранулометрического состава (пески, супеси) более пригодны для освоения корневыми системами благодаря лучшим показателям физических свойств, а наличие глинистых включений в ней является дополнительным источником питания для древостоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Баранник Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. – Новосибирск: Наука, 1988. – 88 с.

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. – Д.: ДГУ. – 1988. – С. 129-137.

Калашникова И. В. Формирование фитомассы деревьев *Betula pendula* и *B. pubescens* в культурах дендрозонах и при самозарастании в условиях золоотвалов / И. В. Калашникова, З. Я. Нагимов, А. К. Махнев // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – С. 464-477.

Калинин М. И. Формирование корневых систем деревьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 151 с.

Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 152 с.

Красильников П. К. Методика изучения подземных органов деревьев, кустарников и лесных сообществ при полевых геоботанических исследованиях // Полевая геоботаника. – М.; Л., Изд-во АН СССР, 1960. – С. 448-473.

Масюк А. Н. Тополь черный как пионерная культура при освоении рекультивированных земель в Западном Донбассе // Экологические аспекты охраны и рационального использования биологических ресурсов. – Д.: ДГУ, 1989. – С. 33-40.

Масюк А. Н. Структурно-функциональная организация насаждений облепихи крушиновидной // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. – Д.: ДГУ, 1990. – С. 101-112.

Масюк А. Н. Особенности накопления энергии и зольных веществ в биогеоценозах тополя Новоберлинского на рекультивированных землях // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепропетровского, их антропогенная динамика и охрана. – Д.: ДГУ, 1991. – С. 147-156.

Масюк А. Н. Анализ первичной продуктивности насаждений робинии лжеакации на рекультивированных землях степного Приднепровья // Вісник Дніпропетр. ун-ту. 2006, № 3/1. Сер. Біологія, екологія. – С. 118-125.

Масюк А. Н. Влияние мощности отсыпки рекультивированного эдафотопы на структуру и продуктивность древостоя облепихи крушиновидной в условиях степи Украины // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – С. 464-477.

Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых растений. – Минск: Изд-во АН БССР, 1963. – 138 с.

Травлев А. П. Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация / А. П. Травлев, В. А. Овчинников, В. Н. Зверковский и др. – Д., 1988. – 72 с.

Усольцев В. А. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В. А. Усольцев, С. В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. – 147 с.

Bohm W. Methods of studying root systems. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1979. – 188 p.

Надійшла до редколегії 04.09.08