

УДК 633.2/3:581

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

ИВАН УЗБЕК*Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина*

Abstract. In our study we changed somewhat the well-known research methods of plant root systems. After washing the soil monoliths, plant roots were brought into the air-dry state in which they acquired the same humidity. The total mass of roots does not determine the size that depends on the thin (or thick) roots, that's why the underground part of the plant is divided by the diameter of the roots into 4 fractions: more than 5 mm, 5-1, 1-0.5 and less than 0.5 mm. The separation of the total mass of roots into fractions gives a broad view of the structure, propagation and distribution of root systems in the thickness of the soil or rock and allows to determine that part of the roots, through which the greatest absorption of water and nutrients is done. There were derived the coefficients, the use of which helped to get the eco-biological characteristics of the root systems of plants, revealed certain features of their development, reflected physical and chemical properties of the individual layers of soil mass, and contributed to the development of knowledge about soil formation processes occurring on recultivated or eroded lands.

Key words: Herbaceous plants; *Medicago sativa*; *Onobrychis*; Research methods; Root system; Mass; Dimensions

Реферат. В своей работе мы несколько изменили известные методы изучения корневых систем растений. После отмывки почвенных монолитов корни растений доводили до воздушно-сухого состояния при котором они приобретали одинаковую влажность. Общая масса корней еще не определяет величины, которая приходится на долю тонких (или толстых) корней, поэтому в лабораторных условиях подземную часть растений распределяли по диаметру корней на 4 фракции: более 5 мм, 5-1 мм, 1-0,5 мм и менее 0,5 мм. Разделение общей массы корней на фракции дает широкое представление о строении, распространении и распределении корневых систем в толще почвы или породы, позволяет определить ту часть корней, через которую осуществляется наибольшее поглощение воды и элементов пищи. Выведены коэффициенты, применение которых помогает получить эколого-биологическую характеристику корневых систем растений, раскрывает некоторые особенности их развития, отражает физико-химические свойства отдельных слоев почвенной массы, способствует познанию почвообразовательного процесса, возникающего на рекультивируемых или эродированных землях. Насыщенность вскрывших пород корнями прямо пропорциональна их массе, а поверхность корневой системы и ее протяженность являются величинами, не сопряженными с массой корней. При этом, чем беднее субстрат питательными веществами, тем большую поверхность и длину развивает корневая система.

Ключевые слова: Травянистые растения; *Medicago sativa*; *Onobrychis*; Методы исследования; Корневая система; Масса; Размеры

ВВЕДЕНИЕ

Изучение корневых систем растений имеет большое значение не только с теоретической точки зрения, но и для решения целого ряда практических вопросов, например, связанных с обработкой почвы, ее плодородием, удобрением и т.д.

Принято считать, что в толще почв корневая система не испытывает такого большого воздействия окружающей среды, как надземная часть растений. Некоторые авторы (Станков, Н.З. 1951) объясняют это тем, что корни функционируют в сравнительно стабильных почвенных условиях и в меньшей степени подвержены воздействию различных экологических факторов. Такое мнение очень противоречиво. Прежде всего потому, что на эродированных участках, и особенно на участках рекультивации, корневые системы, например, бобовых растений, обеспечивают получение высоких урожаев благодаря биологическим особенностям их корневых систем. К тому же, они характеризуются прекрасными средообразующими свойствами. Понятно, что такие функции примитивным органам растений не свойственны.

Наши многолетние исследования, которые проводятся на участках рекультивации, дают основание утверждать, что растение проявляет все свои генетические возможности только

тогда, когда его корневая система функционирует в жестких почвенно-экологических условиях. Например, на рекультивированных (или эродированных) землях рост, развитие и даже внешний вид растения полностью зависят от того, в какой степени экологические условия среды обитания отвечают биологическим возможностям растения, в частности его корневой системы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Как известно, наиболее распространенными методами изучения корневых систем растений являются весовые методы, которые заключаются в отборе почвенных монолитов из небольшой глубины. После отмывания корней определяется их масса, и только на этом основании делается вывод о развитии всей корневой системы растения.

Прежде всего отметим метод почвенного монолита Н.А. Качинского (1930), который используется многими учеными. В дальнейшем Н.З. Станков (1951) улучшил приемы отбора корней. Предложенный им рамочный способ позволяет проводить выемку почвенных монолитов кусками с глубины до 60 см. Однако только весовые данные не содержат подробной информации о подземной части растения. Важными показателями развития корневой системы являются также сведения о длине корней, их поверхности и насыщенности пород или почв корнями. Именно комплексное изучение этих показателей отражает влияние условий среды обитания на развитие корней и, следовательно, на рост и развитие всего растения.

Науке известны и другие методы (Кузнецова, И.В. 1966; Тарановская, М.Г. 1957), такие, как траншейный метод, метод горизонтального раскапывания, метод «кубиков», метод «брусков» и другие, которые не получили широкого применения, в основном из-за того, что они не отражают эколого-биологических характеристик корневых систем, функционирующих в толще различных по качественным показателям почв или пород.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В своей работе мы несколько изменили известные методы изучения корневых систем растений. На каждом участке выбирали площадку с типичным и ровным травостоем. В этом месте закладывали основной почвенный разрез, который лицевой стороной был расположен вдоль ряда изучаемых растений. В этом случае можно проводить описание почвы по морфологическим признакам и фотографирование всей изучаемой толщи. На лицевой стенке разреза отмечали толщину всех слоев и общую глубину, определяемую схемой опыта. Для взятия монолитов использовали металлическую рамку, внешние стороны которой захватывали два ряда растений. Она оконтуривала площадь 0,1 м² (32x32 см).

Рамку устанавливали на поверхности субстрата так, чтобы одна ее сторона была параллельна лицевой стенке разреза. Огражденные рамкой растения, например, люцерны или эспарцета, подсчитывали и срезали у корневой шейки. Ножом или хорошо заточенной лопатой делали надрезы вдоль внешних границ рамки. Со стороны лицевой стенки разреза брали монолит 10-сантиметровой толщины и укладывали в двухслойный марлевый мешочек. Затем выемку подчищали, а рамку опускали вниз для отбора следующего слоя и так далее до глубины 1 м. После этого корни отмывали и доводили до воздушно-сухого состояния, при котором они приобретали одинаковую влажность.

Однако общая масса корней еще не определяет величины, которая приходится на долю тонких (или толстых) корней. Поэтому в лабораторных условиях подземную часть растений распределяли по диаметру корней на 4 фракции: более 5 мм, 5-1 мм, 1-0,5 мм и менее 0,5 мм. Корни каждой фракции взвешивали на аналитических весах. Полученные результаты дают представление о строении, распространении и распределении корней в толще изучаемых горизонтов. В этом случае появляется возможность судить и о той части корневой системы, через которую осуществляется наибольшее поглощение воды и элементов пищи.

Еще Н.А. Качинский (1930) разделял корни на две группы: тонкие, деятельные в поглощении веществ, и толстые, недейательные в поглощении веществ. По его мнению, функцию поглощения выполняют тонкие корни или корни, покрытые корневыми волосками. Можно предположить, что и на рекультивируемых почвах основная роль в поглощении элементов питания приходится на долю корешков диаметром менее 1 мм.

При разделении массы корней на фракции удалось обнаружить некоторые различия в развитии корневых систем люцерны и эспарцета. Например, люцерна образовывала значительное количество толстых корней, относящихся к фракциям более 5 и 5-1 мм. Произрастая в таких же условиях, эспарцет создавал больше корней фракции менее 0,5 мм, т. е. тонких корней. Такая закономерность особенно сильно проявлялась на бедных питательными веществами третичных глинистых отложениях.

Масса тонких корешков в слое 0-100 см указанных пород достигала у люцерны 49% и у эспарцета 85% общей массы корней. Данный показатель, по-видимому, может служить относительной оценкой степени развития наиболее деятельной в поглощении веществ части корневой системы. Ведь именно тонкие корешки вступают в тесное взаимодействие с почвой и обеспечивают растение водой и элементами питания. Следовательно, величина поверхности тонких корней фракций 1-0,5 и менее 0,5 мм может считаться рабочей поглощающей поверхностью, которая направляет питательные вещества к сосудам корня.

Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что растения образовывали мало корней фракции 1-0,5 мм. Однако эта часть корневой системы прослеживалась по всему профилю метровой толщ. При всех прочих равных условиях преимущественное развитие всегда получали корни двух фракций: 5-1 и менее 0,5 мм.

На глубине 50-60 см часто наблюдалась неравномерность (ярусность) в распределении корневых систем растений, которая проявлялась в том, что в нижних слоях пород накапливалось больше корней, чем в верхних, расположенных над ними. Это объясняется особенностями физико-химических свойств отдельных слоев эдафотоп. В слоях тяжелого гранулометрического состава корни разветвлялись и накапливались.

Фракционирование корневой системы позволяет определить поверхность и длину корней в зависимости от их толщины. Для получения этих показателей мы пользовались не объемом и диаметром корней, намоченных после высушивания (Тарановская, М.Г. 1957), а данными усредненного диаметра и удельного веса воздушно-сухих корней отдельно по каждой фракции. Было установлено, что наблюдается обратно пропорциональная зависимость удельного веса корней и их диаметра: чем меньше диаметр, тем больше удельный вес. Этот показатель зависит от возраста корней, т. е. в значительной степени определяется структурой тканей.

Если принять корни за цилиндры, то, располагая данными о массе воздушно-сухих корней конкретных фракций, их среднестатистическом диаметре и удельном весе, можно рассчитать поверхность (S) корневой системы, ее длину (L) и насыщенность (H) почв или пород корнями по выведенным нами формулам. Их преобразование дает коэффициенты (Таблица 1), при помощи которых легко и быстро можно получить подробную информацию о корнях по каждой фракции отдельно, а при суммировании – обо всей подземной части растения.

Таблица 1. Коэффициенты для расчетов эколого-биологических характеристик корневых систем люцерны и эспарцета

Фракция, мм	Поверхность корней (S), см ²	Длина корней (L), см	Насыщенность корнями (H), %
более 5	P · 8,93	S : 2,20	P : 640
5-1	P · 20,11	S : 0,94	P : 663
1-0,5	P · 62,79	S : 0,23	P : 850
менее 0,5	P · 176,21	S : 0,078	P : 909

Существенное влияние на строение, распространение и распределение корневой системы в толще рекультивируемых горизонтов оказывают условия питания, влажность, плотность и специфические свойства отдельных слоев изучаемой толщи. Так, в метровой толще неудобренных лёссовидных суглинков и насыпного слоя почвы толщиной 40-50 см масса воздушно-сухих корней эспарцета 3-го года жизни составляла 465,7 и 395,8 г/м² соответственно. В вариантах с применением полного минерального удобрения дополнительно образовывалось 245-248 г/м² корней.

При внесении удобрений на красно-бурых и серо-зеленых глинах наблюдалась тенденция к

уменьшению массы подземной части растений. В то же время в удобренных третичных глинистых отложениях общая масса корней почти всегда была выше, чем в удобренных породах четвертичного возраста.

Во всех вариантах опытов в слое 0-40 см сосредотачивалось 77-85% корней их общей массы в исследуемом слое 0-100 см. При условном перерасчете на 1 га только в этом верхнем горизонте накапливалось от 3 до 9 т корней в воздушно-сухом измерении. Понятно, что разложение такого большого количества органического материала бобовых культур оказывает существенное влияние на ход почвообразования рекультивируемых почв. Именно в этом слое концентрируются и микроорганизмы, число которых достигает нескольких десятков миллионов на 1 г навески.

Многолетние бобовые травы образуют мощную корневую систему с огромной протяженностью и поверхностью. Из всех изучаемых нами эдафотопов максимальные величины поверхности и длины корней обнаружены у растений, произрастающих на третичных глинистых отложениях. Так, поверхность корней эспарцета фракции менее 0,5 мм достигала 92 тыс. см². Тонкие корни имели и наибольшую длину. Если общая протяженность корневой системы находилась в пределах от 5 до 13 км/м², то на долю корешков самой тонкой фракции приходилось 95-99%.

Корни густой сетью пронизывали и закрепляли вскрышные породы, оставляя в них богатый питательными веществами органический материал. Это подтверждает насыщенность субстратов корнями, которая находилась в прямой зависимости от массы корней и достигала у эспарцета 0,94% и у люцерны 1,42% от исследуемого объема породы или почвы. Разделение корней на фракции и использование предложенных коэффициентов раскрывают биологические особенности развития подземной части растений. Оказывается, общая масса корней не отражает истинной характеристики их поверхности и длины. Наши исследования свидетельствуют что корни в воздушно-сухом состоянии массой 1 г имели разную поверхность и длину. Решающая роль в этом принадлежит качественным показателям эдафотопа.

Улучшение условий питания не всегда оказывало положительное действие на развитие корневых систем. Внесение удобрений увеличивало массу корней только на четвертичных отложениях, но ни в одном варианте опыта этот прием не способствовал увеличению поверхности или длины корней. Такая закономерность позволяет говорить о большой пластичности корневых систем, отражающих физико-химические свойства отдельных слоев отвальной массы. На бедность эдафотопа питательными веществами растения реагировали увеличением длины и поверхности корней, т. е. в поисках пищи создавали больше корешков фракции менее 0,5 мм.

Характерно, что подземная часть растений интенсивнее развивалась на красно-бурых и серо-зеленых глинах. При этом показатели поверхности и длины корней люцерны почти всегда были ниже, чем эспарцета, у которого на долю тонких корешков приходилось 90-98% общей поверхности корневой системы и ее длины (Таблица 2).

Таблица 2. Развитие корневых систем эспарцета и люцерны третьего года жизни в толще эдафотопов (без удобрений) *

Вариант	Масса корней, г/м ³		Поверхность корней, см ²		Длина корней, м		Насыщенность корнями, %	
	Толщина изучаемого слоя, см							
	0-40	0-100	0-40	0-100	0-40	0-100	0-40	0-100
1. Чернозем южный	262,9	309,0	24951	31300	2915	3679	0,329	0,368
2. Плодородный слой чернозема	524,1	677,8	31591	47843	3300	5148	0,737	0,930
3. Лёссовидный суглинок	305,8	395,8	29700	41361	3462	4852	0,397	0,503
4. Красно-бурая глина	616,3	731,3	39197	51775	4180	5634	0,858	1,002
5. Серо-зеленая глина	364,6	465,7	41631	57194	4972	6901	0,454	0,569
	787,1	988,0	49231	67484	5036	7056	1,100	1,364
	586,7	734,7	82965	108119	10219	13400	0,651	0,817
	837,2	1054,4	94233	125768	8394	12240	1,109	1,362
	589,1	783,8	75986	106551	9231	13003	0,715	0,938
	662,5	814,9	52140	75261	5642	8491	0,893	1,068

* Примечание. В числителе - эспарцет, в знаменателе - люцерна.

Наши многолетние исследования корневых систем растений убедительно свидетельствуют о преимуществах предлагаемого метода, который предоставляет возможность получить подробную эколого-биологическую информацию не только о корневой системе растений, но и о физико-химических свойствах даже отдельно взятых слоев изучаемой толщи почвы или породы.

Кроме того, этот метод: 1) сокращает время на определение поверхности и длины корней, насыщенности ими пород или почв за счет исключения дополнительных работ при проведении многочисленных и очень трудоемких измерений объемов корней в мерных цилиндрах; 2) прост в употреблении, поскольку исследователь пользуется установленными фракциями корней, которые имеют постоянные коэффициенты для расчетов эколого-биологических характеристик; 3) обеспечивает большую надежность и точность исследований, поскольку дает возможность при необходимости осуществить контроль достоверности полученных данных, то есть сделать повторный расчет; 4) значительно увеличивает количество исследуемых почвенных монолитов, поскольку в полевых условиях проводится только их отбор и отмывка корней, а все остальные работы можно выполнять в лабораторных условиях в любое удобное для исследователя время; 5) предоставляет реальную эколого-биологическую информацию о строении и распространении корневой системы, которая функционирует в конкретных почвенно-экологических условиях; 6) дает возможность создать банк данных об особенностях развития корневых систем растений и рекомендовать наиболее приемлемый способ фитомелиорации конкретной местности.

ВЫВОДЫ

1. Разделение общей массы корней на фракции дает широкое представление о строении, распространении и распределении корневых систем в толще почвы или породы, позволяет определить ту часть корней, через которую осуществляется наибольшее поглощение воды и элементов пищи.

2. Выведены коэффициенты, применение которых помогает получить эколого-биологическую характеристику корневых систем растений, раскрывает некоторые особенности их развития, отражает физико-химические свойства отдельных слоев почвенной массы, способствует познанию почвообразовательного процесса, возникающего на рекультивируемых или эродированных землях.

3. Насыщенность вскрышных пород корнями прямо пропорциональна их массе, а поверхность корневой системы и ее протяженность являются величинами, не сопряженными с массой корней. При этом чем беднее субстрат питательными веществами, тем большую поверхность и длину развивает корневая система.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДОКУЧАЕВ, В.В., 1936. Русский чернозем. М.-Л.: Огиз-сельхозгиз. 529с.
2. КАЧИНСКИЙ, Н.А., 1930. Изучение физических свойств почв и корневых систем растений. М.: Сельхозгиз. 101 с.
3. КУЗНЕЦОВА, И.В., 1966. Методы изучения корневых систем растений. В: Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, с. 212-225.
4. СТАНКОВ, Н.З., 1951. Методы взятия корней в поле. В: Докл. ВАСХНИЛ, № 11, с. 121-126.
5. ТАРАНОВСКАЯ, М.Г., 1957. Методы изучения корневых систем. М.: Сельхозгиз. 96 с.

Data prezentării articolului: **03.04.2013**

Data acceptării articolului: **21.05.2013**