

УДК 575:581.144.2:581.133.8:582.683.2

КОРНЕВАЯ СИСТЕМА *ARABIDOPSIS THALIANA* ДИКОГО ТИПА РАСЫ LANDSBERG

Хаблак С. Г., Абдуллаева Я. А.

Луганский национальный аграрный университет, Луганск, serhab_211981@rambler.ru

Изучены особенности строения корневой системы расы Landsberg *Arabidopsis thaliana*. Показано, что у экотипа Landsberg формируется смешанная корневая система, объединяющая в себе систему главного корня и систему придаточных корней.

Ключевые слова: *Arabidopsis*, раса, корневая система, дикий тип.

ВВЕДЕНИЕ

Биология развития растений изучает общие закономерности индивидуального развития (онтогенеза) растений в связи с их филогенезом [1]. На протяжении около ста лет особенности индивидуального развития *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. исследовались морфологами, анатомами, эмбриологами, физиологами и генетиками. Однако в онтогенезе *Arabidopsis* еще не все в одинаковой мере исследовано. Общие закономерности развития корней и корневых систем у *A. thaliana* менее изучены, чем надземных органов как в отношении морфологических, так и физиологических признаков.

Несмотря на большое количество публикаций по биологии развития арабидопсиса, в литературе встречается мало сведений о закономерностях изменения морфологических признаков строения корневой системы в цикле развития. До сих пор мало исследованы особенности формирования и развития корневых систем большинства географических рас *A. thaliana*, в том числе и экотипа Landsberg.

Однако для нас важно знать – как идет рост и развитие корневой системы и стебля арабидопсиса с расположенными на нем листьями и почками по фазам роста и этапам формирования органов растения. Исходя из мнения Ф.М. Купермана [1], что растение представляет собой целостную систему органов, коррелятивно связанных и взаимно пригнанных друг к другу, влияющих друг на друга, весьма важно расширение и углубление знаний о развитии корней и корневых систем у *A. thaliana* и его экотипов. Это имеет существенное значение для анализа генных взаимодействий и оценки влияния генов на признаки структуры корня путем сравнения и описания особенностей морфологии корневых систем мутантных линий. Поэтому целью настоящей работы было изучение строения корневой системы арабидопсиса дикого типа расы Landsberg.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом для исследований служил *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. экотипа Landsberg. Растения выращивали в лаборатории в асептической пробирочной

культуре на агаризованной питательной среде Кнопа, обогащенной микроэлементами [2]. Семена к посеву готовили путем яровизации в течение 5 суток при температуре 4–6⁰С и последующего односуточного проращивания при комнатной температуре. Растения культивировали при температуре 18–20⁰С, освещенность круглосуточная в пределах 4000–7000 лк. Изображения растений получали с помощью цифрового фотоаппарата Benq DC C1220.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Арабидопсис – это маленькое однолетнее двудольное цветочное растение из семейства крестоцветных, которое в последние годы стало широко использоваться в качестве модельного объекта для изучения генетики развития растений.

В пределах обширного видового ареала арабидопсиса расселено большое количество рас, различающихся по морфо-физиологическим показателям: озимые и яровые, ранние и поздние, с наличием или отсутствием периода глубокого покоя у семян и т.д. [3]. В настоящее время мировая коллекция *A. thaliana* содержит 750 разных экотипов из всего мира.

В мировых центрах генетических ресурсов арабидопсиса имеется много экотипов, названных обычно по населенным пунктам, вблизи которых в естественных условиях были вначале собраны семена. Один из таких экотипов – Landsberg из Германии, сокращенно обозначаемый La-O [4].

Экотип Landsberg имеет все признаки так называемого нормального или дикого типа [5].

На основании строения тела *A. thaliana* его органы можно подразделить на вегетативные и генеративные. Основными репродуктивными органами считаются цветок, семя и плод. Цветок у дикого типа расы La-O полный, актиноморфный с двойным околоцветником. Он имеет 2 плодолистика, 6 тычинок, 4 чашелистика и 4 лепестка. Плод двухгнездный стручок, сформированный двумя плодолистиками. Раскрывается двумя швами. Семена продолговатые, очень мелкие, прикрепляются к продольной перегородке стручка.

К вегетативным органам арабидопсиса относятся корень, стебель и лист. Стебель, листья и почки представляют собой надземную часть растения и в совокупности образуют побег. У дикого типа La-O побег удлиненный с укороченными междуузлиями в области розетки листьев. Листья черешковые с цельной листовой пластинкой, овальные по форме. На стебле и листьях имеются трихомы. Соцветие кисть, состоящая из неразветвленной удлиненной оси с цветками, снабженными цветоножками.

Корень является подземной частью растения. По литературным данным для *A. thaliana* характерна стержневая корневая система, достигающая глубины до 40 см [6].

По определению корень – это осевой вегетативный орган высших растений, не несущий на себе листьев и репродуктивных элементов [7]. Под этим термином обычно подразумевают отдельно выделяемый корень из общей массы корней растения [8]. Однако многие авторы равняют его с корневой системой, что не

правильно. Корень и корневая система не есть одинаковые понятия. Их нельзя считать синонимами. Корень является элементом корневой системы.

Корни представляют очень большое разнообразие по происхождению, способу ветвления, морфологии и отношению к субстрату (среде обитания). Отсюда и разные подходы к классификации корней. Чаще всего их классифицируют в трех аспектах: генетическом (по происхождению), морфологическом (по форме и характеру ветвления) и экологическом (по отношению к субстрату) [9]. С этих позиций мы и будем рассматривать корни *A. thaliana* и их системы.

У растений арабидопсиса дикого типа расы La-O в зависимости от происхождения мы выделили три группы корней: основной (главный), боковые и придаточные (рис. 1).

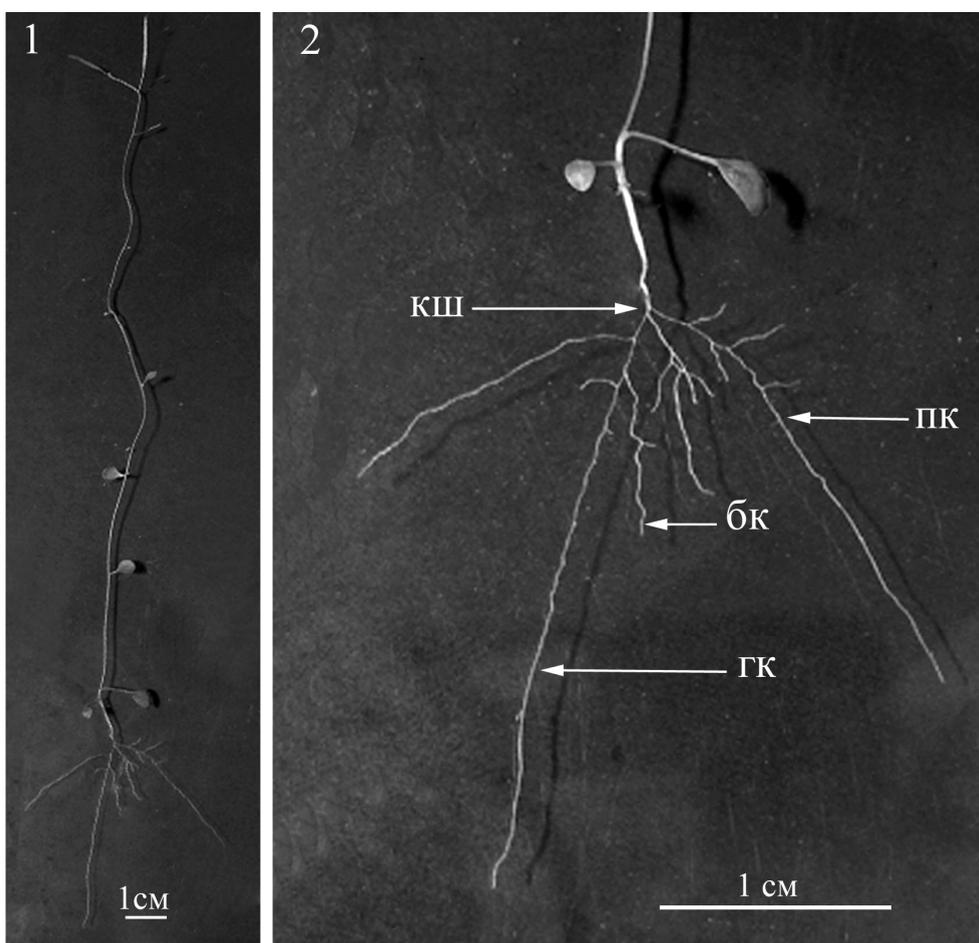


Рис. 1. Корневая система экотипа Landsberg в фазу плодоношения
 1 – общий вид растения с его корневой системой; 2 – корневая система при увеличении (фрагмент рис. 1, 1); гк – главный корень; бк – боковой корень; пк – придаточный корень; кш – корневая шейка.

Главный корень развивается из зародышевого корешка семени. Придаточные, или адвентивные, корни образуются в начале стебля, выше корневой шейки. Боковые корни возникают от главного и придаточных корней. Главный, боковые и придаточные корни у экотипа Landsberg в совокупности образуют корневую систему растения.

Главный корень у La-O, как правило, отличается от боковых корней толщиной, длиной, центральным местоположением, вертикальным направлением роста (рис. 1, 1, 1, 2). Он является главной осью, соединяющей корни с надземной частью растения. В процессе роста главный корень разветвляется на боковые корни (оси) первого порядка, которые, в свою очередь, дают начало боковым корням второго порядка и так далее.

Придаточные корни у La-O в процессе развития также могут ветвиться и состоят из главного и боковых корней различных порядков (рис. 1, 1, 1, 2). В ходе роста в этих корнях формируется четко выделяемый главный корень, заметно превышающий по длине и толщине боковые корни.

По определению корневая система – это совокупность корней одного растения, общая форма и характер которой определяются соотношением роста главного, боковых и придаточных корней [10]. По форме и характеру ветвления корней различают три типа корневых систем: стержневую, мочковатую и смешанную [9]. Стержневая корневая система характеризуется хорошим развитием главного корня, от которого отходят множество боковых корней. Мочковатая корневая система имеет недоразвитый главный корень. Основную массу корней составляют придаточные корни. Смешанная корневая система совмещает оба типа корней [11].

В нашем случае у растений экотипа La-O образуется корневая система смешанного типа, у которой из зародышевого корешка развивается мощный главный корень, а в начале стебля формируются придаточные корни. От главного и придаточных корней отходят соответственно боковые корни, представляющие собой оси второго, третьего и более высоких порядков.

При прорастании семени первым трогаются в рост зародышевый корешок, который развивается в главный корень. Впоследствии по мере роста он ветвится и формирует боковые корни. В результате образуется система главного корня.

Одновременно за главным корнем в нижней части стебелька проростка над корневой шейкой развиваются придаточные корни. Они тоже разветвляются и образуют главный корень и боковые корни. В ходе ветвления из корней, берущих начало от стебля, формируется система придаточных корней.

Таким образом, образуется корневая система смешанного типа, объединяющая в себе систему главного корня и систему придаточных корней. Выше упоминалось, что по литературным данным для арабидопсиса характерна стержневая корневая система [6]. Понятия «стержневая корневая система» и «смешанная корневая система» не являются одинаковыми по смыслу. Исходя из этого, считать корневую систему у *A. thaliana* стержневой, а не смешанной, было бы ошибочным.

У растений La-O корни (главные, боковые и придаточные) в общем имеют одинаковое наружное строение. По характеру определенных морфологических особенностей и выполнению конкретных функций у них можно различить четыре зоны корня, одна из которых покрыта корневым чехликом (рис. 2).

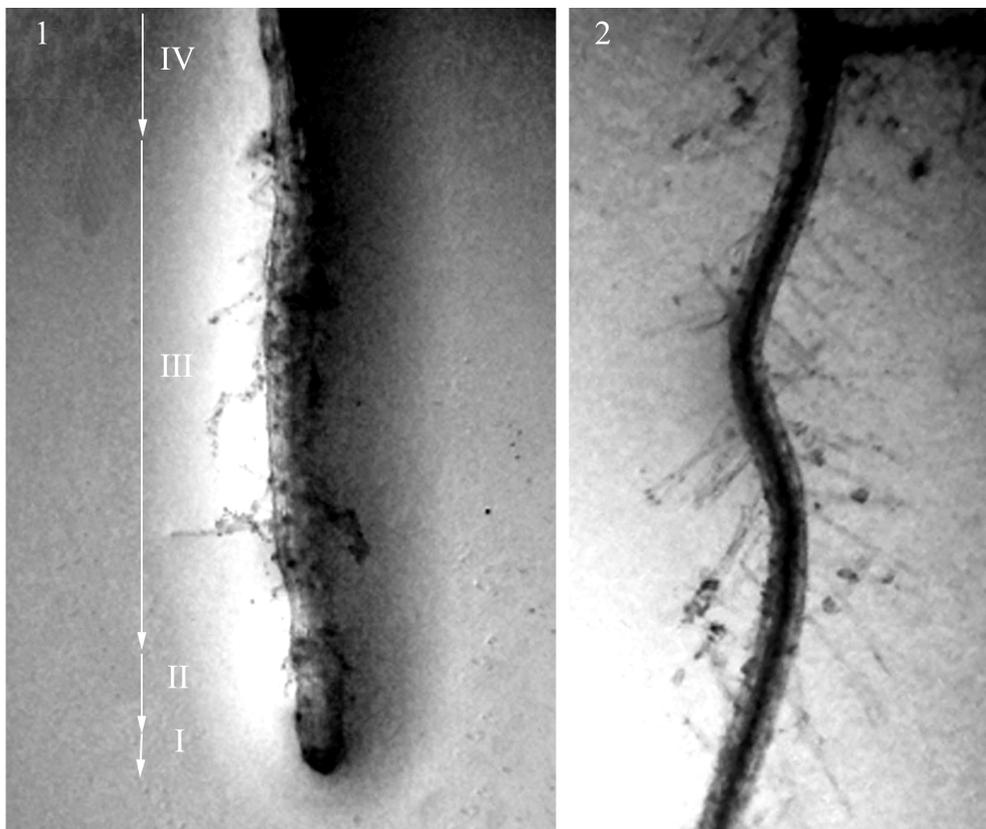


Рис. 2. Строение корневого окончания дикого типа расы Landsberg
 1 – окончание главного корня при увеличении (ув. 5x5); 2 – фрагмент зоны корневых волосков (ув. 5x5); I – корневой чехлик; II – зона роста; III – зона корневых волосков, или зона всасывания; IV – начало зоны проведения (в этой зоне также закладываются боковые корни).

На рис. 2, 1 приведен снимок корневого окончания главного корня, поделенного на части, на котором расположены последовательно снизу-вверх одна за другой зоны корня. На самом кончике корня находится коревой чехлик. Его еще называют калиптрой. Он защищает окончание корня от механических повреждений при углублении корня в почву. Под корневым чехликом располагается зона деления, или точка роста корня, представленная меристемой корня. В этой зоне клетки интенсивно делятся и дают начало всем остальным зонам корня. Выше по корню находится зона роста, или растяжения. В ней клетки растягиваются и растут

параллельно длине корня, благодаря чему корень удлиняется и углубляется в почву. Выше этой зоны располагается зона корневых волосков, или всасывания. Здесь из клеток эпиблемы образуются и функционируют корневые волоски, поглощая воду питательные вещества из почвы. В увеличенном виде корневые волоски на корне, кроме рассматриваемого рисунка, представлены еще и на рис. 2, 2. В пределах зоны всасывания происходит зарождение, интенсивный рост, старение эпиблемы и отмирание корневых волосков. За зоной всасывания, выше по длине корня, начинается зона проведения. По ней вода и растворы солей передвигаются в надземные части растения. В этой зоне исчезают корневые волоски и формируются боковые корни.

Таким образом, корни расы La-O имеют типичное строение по зонам корня, характерное для высших растений.

По отношению к субстрату, или среде обитания, различают четыре экологических типа корней: подземные, водяные (или плавающие), воздушные и гаустории (или корни присоски) [12]. У экотипа La-O корни относятся к подземному типу корней. Корневая система у растений целиком находится в почве, откуда она поглощает воду и минеральные вещества.

ВЫВОДЫ

1. По литературным данным для *A. thaliana* характерна корневая система стержневого типа [6]. Однако проведенные нами исследования показали, что у растений экотипа Landsberg развивается корневая система смешанного типа, совмещающая в себе две корневые системы – систему главного корня и систему придаточных корней. Исходя из этого, считать корневую систему у *A. thaliana* стержневой, а не смешанной, было бы ошибкой.

2. Главные, боковые и придаточные корни у расы Landsberg имеют сходное строение зон корня по морфологическим признакам, характерное для покрытосеменных растений.

Список литературы

1. Биология развития культурных растений: Учебн. пособие для студентов биол. спец. вузов / [Ф. М. Куперман, Е. И. Ржанова, В. В. Мурашев и др.]. – М.: Высш. школа, 1982. – 343 с.
2. Большой практикум по физиологии растений: Учебн. пособие для студентов биол. спец. вузов / [Б. А. Рубина, И. А. Чернавина, Н. Г. Потапов и др.]. – М.: Высш. школа, 1978. – 408 с.
3. Иванов В. И. Радиобиология и генетика арабидопсиса / В. И. Иванов // Проблемы космической биологии. – 1974. – Т. 27. – С. 5–58.
4. Seed List. The Nottingham Arabidopsis Stock Centre. – Nottingham: The University of Nottingham, 1994. – 147 p.
5. Иллюстрированный каталог генетической коллекции арабидопсиса Луганского НАУ / [И. Д. Соколов, П. В. Шелихов, Л. И. Сигидиненко и др.] – Луганск: Изд-во ЛНАУ, 2004. – 36 с.
6. Кондратьева-Мельвиль Е. А., Водолазский Л. Е. Морфологическое и анатомическое строение *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) в онтогенезе / Е. А. Кондратьева-Мельвиль, Л. Е. Водолазский // Бот. журнал. – 1982. – Т. 67, № 8. – С. 1060–1069.
7. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / [гл. ред. В. К. Месяц]. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 656 с.

8. Корневые системы и продуктивность сельскохозяйственных растений / [Н. Г. Городний, А. С. Устименко, П. В. Данильчук и др.]. – Урожай, 1975. – 368 с.
9. Хржановский В. Г. Курс общей ботаники (цитология, гистология, органография, размножение): Учебн. для сельхозвузов / В. Г. Хржановский. – М.: Высш. школа, 1982. – 384 с.
10. Биология: Биологический энциклопедический словарь / [гл. ред. М. С. Гиляров]. – М.: Большая российская энциклопедия, 1989. – 864 с.
11. Тутаюк В. Х. Анатомия и морфология растений: Учебн. для сельхозвузов / В. Х. Тутаюк. – М.: Высш. школа, 1972. – 336 с.
12. Андреева И. И., Родман Л. С. Ботаника / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – М.: Колос, 1999. – 488 с.

Хаблак С. Г., Абдуллаева Я. А. Коренева система *Arabidopsis thaliana* дикого типу раси Landsberg // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2010. Вип. 2. С. 92–98.

Вивчені особливості будови кореневої системи раси Landsberg *Arabidopsis thaliana*. Показано, що у еко типу Landsberg формується змішана коренева система, що об'єднує в собі систему головного кореня і систему додаткових коренів.

Ключові слова: *Arabidopsis*, раса, коренева система, дикий тип.

Hablak S. G., Abdullaeva J. A. The root system of *Arabidopsis thaliana* wild type race Landsberg // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2010. Iss. 2. P. 92–98.

The features of the structure of the root system of race Landsberg *Arabidopsis thaliana* were studied. It was shown that the ecotype Landsberg formed mixed root system, which combines a system main root system and adventitious roots.

Key words: *Arabidopsis*, race, root system, wild type.

Поступила в редакцію 12.10.2010 г.