

**РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ГИБРИДНЫХ ТОПОЛЕЙ В
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОПЫТНОГО УЧАСТКА МОДУЛЬНОЙ
СТАНЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ**

Далдабаева Г.Т.^{1*}, кандидат технических наук

gulnur-d@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9586-798X>

Шомантаев А.А.¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

shomantayev53@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3089-8651>

Бегалиев Қ.Б.², кандидат сельскохозяйственных наук

begaliev.54@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-4865>

Акылбаев К.И.¹, кандидат технических наук

kgu.kairat@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9982-1257>

Шегенбаев А.Т.¹, кандидат технических наук

abzal772001@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5910-2840>

¹Кызылординский университет им.Коркыт-Ата, г.Кызылорда, Казахстан

²Казахский НИИ Рисоводства имени И.Жахаева, г.Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты исследования роста и развития корневой системы гибридных тополей сортов «Кайрат» и «Казахстан» в агроклиматических условиях опытного участка МСБО (г. Кызылорда). Цель работы заключалась в изучении морфологических особенностей подземной части растений при орошении биологически очищенными сточными водами. В ходе эксперимента применялись различные методы изучения корневых систем, включая полную раскопку, траншейный и монолитный методы, с фиксацией количественных и морфометрических характеристик корней. Установлено, что сорт «Кайрат» формирует более мощную подземную часть по сравнению с сортом «Казахстан», тогда как последний демонстрирует больший рост надземной части. В условиях засушливого климата и засоленных почв оба сорта показали высокую устойчивость, отсутствие признаков заболеваний и положительную реакцию на орошение сточными водами. Сформированные корневые системы обладают высокой адаптивностью, обеспечивая устойчивость деревьев к ветровалу и эффективное поглощение влаги. Расчёты показали, что с одного гектара возможно получение 300–400 м³ деловой древесины, что свидетельствует о высокой хозяйственной ценности и экономической целесообразности их выращивания. Полученные данные могут быть использованы при проектировании зеленых насаждений и экологического каркаса в условиях аридных регионов.

Ключевые слова: мелиорация, сточные воды, почва, древесные насаждения, корневая система, водные ресурсы.

Введение. Освоение пустынных и полупустынных земель в низовье р. Сырдарьи является одной из актуальных проблем региона. Одним из ведущих факторов превращения их в продуцирующие земельные угодья является лесоразведение. Самый эффективный метод повышения продуктивности лесов — это введение в лесные культуры сортового селекционного посадочного материала.

С 1958 по 1989 годы профессором Казахского сельскохозяйственного института (КазСХИ) были выведены новые сорта гибридных тополей для местных аридных условий «Казахстанский» и «Кайрат», которые отличались быстрым ростом, засухоустойчивостью и солевыносливостью. Гибридное производственное испытание в лесхозах юга и юго-востока Казахстана и за ее пределами выполняло агромелиоративную роль. В Кызылординскую область гибридные тополя были завезены в 1995 году и научные исследования проводились под руководством профессора О.З. Зубаирова [1-2].

Необходимость проведения научных исследований по возделыванию лесных насаждений заключается в том, что не все виды древесных насаждений могут поризрастать в жестких климатических условиях, которые характеризуются высокими летними температурами на фоне дефицита влаги в почве и оросительной речной воды, зачастую значительным уровнем засоления почв. Поэтому, вышеуказанные виды гибридных тополей были выбраны нами для возделывания их в жестких климатических условиях с использованием для полива сточных вод г.Кызылорда [3].

В климатических условиях региона пластичность корневой системы проявляется под влиянием биологических, физико-химических свойств почвы, характера и степени влагообеспеченности, густоты насаждений и положения дерева в древостое. Влияние почвенных условий на строение корневых систем древесных растений начинается с самого начала их развития, то есть и пластичность начинает формироваться в самом молодом возрасте. Изменение строения корневых систем происходит в зрелом возрасте деревьев.

В качестве количественной оценки принимают диапазоны соотношений относительного количества корней горизонтальной и вертикальной ориентации, полученные при биометрических исследованиях. При строении корневых систем с возрастом увеличивается участие горизонтальных корней [4].

Для создания древесных насаждений в степной зоне, с дефицитом поливной воды, необходимо всесторонне знать биологические и экологические свойства древесных и кустарниковых пород, их взаимоотношения между собой и окружающей средой. Правильный отбор древесных пород должен быть сделан только на основе детального анализа взаимодействия надземных и подземных частей растения. Знание о характере развития и строения корневой системы необходимо, чтобы правильно проводить агротехнические мероприятия при создании и уходе за древесными насаждениями. Однако, корневые системы древесных насаждений до сих пор изучены слабо, недостаточно и роль подземных органов деревьев в жизни лесонасаждений недооценивается.

Изучением корневых систем древесных и кустарниковых насаждений занимались многие исследователи, но данных о строении и развитии корневых систем, в зависимости от типов смещения культур в условиях насаждения, почти нет [5].

Разработкой методов изучения корневых систем занимались многие ученые-исследователи. В этом направлении первые работы были проведены в 1891 году во Франции Мюнцем и Жираром. Они предложили метод почвенных монолитов, предусматривающий выкапывание почвенного столба и разделение его на разные части по высоте 25 см. Затем корни монолитов отмывались водой и определялся их вес. Многие исследователи применяют этот метод до настоящего времени.

В настоящей статье приведены результаты исследований корневых систем гибридных тополей, посаженных черенками 20 апреля 2024 года, на опытном участке МСБО.

Материалы и методы исследования. При возделывании древесных насаждений одним из основных требований является бесперебойная подача поливной воды. Перед посадкой проведена закрытая и предпосадочная культивация, проверка качества подготовленного участка [6].

Черенки гибридных тополей «Казахстан» и «Кайрат» были заготовлены ранней весной. Посадка деревьев проводилась в благоприятных условиях, то есть учитывались наличие влаги в почве и температура воздуха. Для обеспечения необходимого количества влаги в почве, перед посадкой были заполнены борозды поливной водой. Это способствовало выбору посадочного уровня черенка. Хлысты нарезались на черенки длиной 15-20 см и полностью углублялись в почву.

Посадку черенков проводили вручную. Высаженные по таким бороздам черенки, располагались в нижних влагообеспеченных и достаточно прогреваемых слоях почвы по схеме 0,5х0,4 м, из расчета 13200 шт на один гектар.

Если посадку черенков проводить ниже уровня заполнения борозды, то это приведет к недостатку кислорода, а отдаленные посадки приводят к недостатку влаги, что

отрицательно влияет на выживаемость посадочного материала. Первый полив был произведен сразу после посадки [7].

Далее поливы проводились следующим образом: при закрытых концевых частях борозд подавали поливную воду с расходом 2 л/с. При достижении воды до конца борозд и при образовании призмы затепления в конце борозд подачу воды прекращали. При этом продолжительность периода подачи воды составила 50 мин. В условиях почв тяжелого механического состава полное впитывание поданной воды составило 20-22 минуты. Поливной цикл повторялся 4 раза.

Режим орошения гибридных тополей складывался по-разному. Наибольшее число поливов отмечено в первом году жизни. Особый интерес вызывает рос и развитие гибридных тополей, посаженных черенками, в первый год жизни [7]. Наибольшая высота гибридного тополя, при поливе сточными водами, достигла 20,-2,8 см (Таблица 1 и рисунок 1).

Таблица 1 – Динамика роста гибридных тополей при орошении биологически очищенными водами

Категория вод	Вид тополя	Высота, см	Диаметр корневой шейки, см	Диаметр ствола
Чистая вода	Казахстан	210	1,04	2,8
	Кайрат	200	0,88	2,6
Смешанная очищенная сточная вода 1:3	Казахстан	215	1,04	2,8
	Кайрат	210	0,88	2,6



Рисунок 1 – Рост и развитие гибридных тополей

Изучения изменения подземной части гибридных тополей первого года жизни проводились во всех вариантах опыта.

Спецификой корней и корневой системы является то, что они в естественном состоянии скрыты от визуальных наблюдений в толще почвы (грунта) определенной мощности (глубине). Поэтому исследования их требуют предварительно извлечения корней из почвы. При этом, сильно контактируя с частицами почвы, корни растений быстро обезвоживаются и теряют жизнеспособность. Оптимальной влажностью почвы, контактирующей с корнями, является относительная влажность – более 90 %.

Чтобы сохранить жизнедеятельность корня после извлечения из почвы (грунта), можно только на очень короткое время, то есть осенний период после листопада и до весеннего распускания почек. При этом исследуются только те морфологические элементы корней, доступ к которым не требует физического разрушения корня. Поэтому такие аспекты, как весовые характеристики и анатомические данные, остаются неизученными.

Изучение корневой системы, полностью извлеченных из почвы, возможно только по отношению к молодым древесным растениям – саженцам. У древесных растений старшего возраста можно исследовать только незначительную часть корневой системы, которая не

всегда дает представление о всей совокупности корней и неизбежно вызывает их гибель [8]. В отличие от надземной части деревьев, подземные части (корни) нельзя исследовать дважды или через определенные промежутки времени. Изучение корневой системы у взрослых древесных растений очень трудоемко, так как корни занимают довольно значительное почвенное пространство.

В основу используемой методики, для исследования корневых систем гибридных тополей «Кайрат» и «Казахстан» положен принцип известного почвоведом Н.А. Качинского (1925 г.) и Уивера (1913 г.) [9-10].

Когда преследуется цель сопоставления роста корней отдельных древесных насаждений, особое внимание обращалось на выбор однотипных участков по лесорастительным условиям.

В 1913 году Уивер разработал метод извлечения корней деревьев путем сухой раскопки и предложил новый метод изучения подземных органов растений на вертикальных стенках траншей. По этому методу корни деревьев очищали от почвы по всей стенке траншеи на 10 см вглубь, затем их зарисовывали на миллиметровой бумаге. Метод Уивера позволяет изучать общий «габитус» корневой системы и характер ветвления корней в разных почвенных горизонтах [4]. «Габитус» (лат. *habitus*) – набор морфологических признаков, определяющих общую форму: внешность, наружность, вид, облик, образ.

Научно-исследовательскими работами Мюнца и Жирара (1891 г.), Уивера (1913 г.), В.Г. Ротмистрова и А.П. Модестова было положено начало разработке методов изучения подземных органов растений. Далее предложенные методы легли в основу многих последующих методов изучения корневых систем [11].

Н.А. Качинский (1925 г.) указал на целесообразность изучения подземных органов растений в связи с его генетическими горизонтами почвы. Сущность этого метода заключается в следующем: на выбранной площадке очерчивается квадрат 30х30 см, на котором учитывались надземные части растений и тщательно снимался мертвый покров с поверхности почвы. Затем окапывали почвенный столб, размер которого был равен размеру отведенной площадки. Далее столб очищался до 25х25 см и подразделялся на почвенные горизонты, далее обнажался по частям.

Разработанный В.А. Колесниковым (1952 г.) метод исследования корневых систем, вошел в литературу под названием «скелетного». «Скелетный» метод заключался в постепенном освобождении корней от почвы по их ходу послойно. В.А. Колесников рекомендует начинать раскопку от ствола, освобождая корни от земли послойно 10-15 см со всей площади проекции кроны. Обнаженные корни зарисовывают на миллиметровой бумаге с соблюдением соответствующего масштаба. После зарисовки корни горизонтального направления отрезают и переходят к раскопкам корней вертикального направления. По окончании раскопок составляют общий чертеж расположения корней, на котором показывают вертикальные и горизонтальные корни различными обозначениями, характер и ветвления [12]. В последние годы, при изучении корневых систем в естественных условиях, многие ученые-исследователи пользуются тремя основными методами одновременно: 1) методом полной раскопки корневых систем; 2) траншейным методом с сухой раскопкой, при этом корни освобождаются только на стенке траншеи на 10 см; 3) методом монолита (крупных и мелких). В основу разработки первого метода был положен принцип метода А.П. Модестова (1915 г.), второго метода – Уивера (1913 г.) и третьего – Н.А. Качинского (1925 г.) [4].

Результаты и обсуждение. Мы, в своих исследованиях, прежде чем приступить к раскопкам корней, обращали особое внимание на выбор типичных участков в почвенном отношении, так как это определяет успех всей работы [13-14]. Участки выбирали, по возможности, на ровном месте. Пробные площадки, на участках с однолетними насаждениями гибридных тополей, учитывали количество всех насаждений; измеряли высоту и диаметр каждого растения; проекцию и протяженность кроны; отмечали их состояние и облиствение; отпад деревьев, насколько это было возможно.

Для установления соотношения в развитии надземных и подземных частей,

определяли вес надземных органов. Для этого модельные гибридные тополя, находящиеся на помеченной площадке, срезали у поверхности почвы и расчленяли на части: стволы, ветки, листья. Стволы и крупные сучья разрезали на полуметровые отрезки. Для лучшей сушки раскалывали на мелкие части. Вес отдельных частей определяли в воздушно-сухом состоянии. На этой основе определяли средний вес одного гибридного тополя и его частей. После выполнения вышеуказанных работ, приступили к раскопкам корней. Вначале провели поверхностную раскопку корневой системы на $\frac{1}{4}$ часть площади ее распространения. Корневую систему вскрывали только на глубину 10-25 см. Начали раскопку от ствола и продолжили по ходу скелетных корней. Самый верхний слой почвы осторожно взрыхляли и снимали лопатой, освобождая корни от почвы. Обнаженную корневую систему зарисовывали на миллиметровой бумаге в масштабе 1:10. Таким образом, этим методом мы устанавливали радиус распространения корней в горизонтальном направлении и характер их ветвления. В поверхностном слое почвы обнажение корневой системы позволило выявить связь ее с корнями соседних стволов и вести наблюдение за срастанием отдельных корней. Метод сухой раскопки скелетных корней с поверхности почвы дополнял метод количественного весового учета корневых систем в траншеях и монолитах.

После раскопок корней с поверхности почвы, приступили к рытью траншеи. Рытье траншеи производили послойно по 10-20 см и в каждом слое почвы детально учитывалось количество корней по весу. Для полного учета не только крупных скелетных корней, но и мелких корневых окончаний, использовали два способа: выборка корней из всего объема траншеи, путем просеивания почвы через сито с отверстиями 3 мм; выборка корней из почвенных монолитов размером 20x25 см, путем отмывания корней на ситах с отверстиями от 3 до 0,25 мм. В первом случае, учитывались скелетные крупные корни диаметром от 3 мм и более, во втором – только фракции тонких мочковатых корней.

Для выборки крупных скелетных корней из траншеи грунта выкапывали слоями 10-20 см и клали на сито с отверстиями в 3 мм. После разбивки крупных комьев, почву просеивали через сито. Из каждого слоя грунта корни выбирали отдельно и тщательно отмывали водой на ситах, затем разделяли по породам и очищали от тонких корней. Раскопка корней производилась до глубины проникновения их в почвогрунт. Для выкапывания траншеи применяли обычные лопаты с острым концом и специально изготовленные широкие стамески, которыми разбивали корни по границе траншеи.

При раскопке корней, подробно описывали генетические горизонты почвы, определяли плотность грунтов отдельных слоев, отмечался уровень грунтовых вод. Одновременно брались образцы почв для определения их механического, химического состава и влажности. Данный метод позволил нам на практике полностью учитывать как скелетные, так и мелкие корни на единицу площади в молодых посадках гибридных тополей и рассчитать количество корней, приходящихся, в среднем, на одно дерево, посаженное черенками. На рисунке 2 показаны виды корней и типы корневых систем.

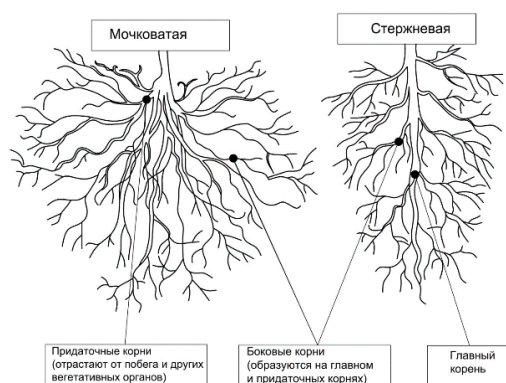


Рисунок 2 – Типы корневых систем деревьев

В ботанике существует два типа корневых систем: мочковатая и стержневая. Мочковатая корневая система состоит из придаточных корней, где главный корень отмирает на начальных этапах жизни растений. Вместо главного корня имеется много, примерно одинаковых по размеру корней. Они эффективны для быстрого поглощения воды из поверхностных слоев почвы. Растения с мочковатой корневой системой подходят для посадки в местах с близким залеганием грунтовых вод, вблизи водоемов. Мочковатая корневая система не проникает в нижние слои почвы, у нее нет характерного лидирующего корня, она разрастается вширь.

Стержневая – имеет выраженный главный корень, который может проникать на большую глубину, что позволяет использовать воду из глубоких слоев почвогрунтов. Он имеет форму стержня, а боковые и придаточные корни развиты слабо. В первый год жизни они медленно наращивают побеги, так как все ресурсы направлены на формирование подземной части. Деревья со стержневой корневой системой лучше переносят засуху, чем переувлажненные почвой растения [15].



Рисунок 3 – Корневая система гибридных тополей «Кайрат» и «Казахстан»

Исследование структуры корневой системы гибридных тополей проводилось на опытном участке поселка Тасбугет, на среднесуглинистых почвах. У корневой системы в 3-х кратной повторности фиксировали диаметры корней разных порядков у основания и на расстоянии от него. Определяли количество ветвлений на корнях разных порядков и диаметров. Рассчитывали интенсивность разветвленности корней, то есть количество ответвлений на единицу протяженности корня. Производили раскопку оставшихся корней в почве, определяли глубину залегания корней.

В таблице приведены характеристики корневой системы гибридных тополей «Кайрат» и «Казахстан» при одинаковых условиях произрастания.

Таблица 2 – Характеристики корневых систем гибридных тополей в одинаковых условиях произрастания

№	Показатели тополя	Вид гибридных тополей	
		Кайрат	Казахстан
1	2	3	4
Надземная часть			
1	Общий рост тополя, см	204	226
2	Общее количество ответвлений, шт	12,0	нет
3	Ширина конуса ответвлений, см	74,5	нет
4	Диаметр макушки ствола, мм	4,0	5,0
5	Диаметр середины ствола, мм	10,0	13,0
6	Диаметр внизу ствола, мм	28,0	23,0

1	2	3	4
Подземная часть			
7	Длина самого длинного корня, см	96,0	77,5
8	Длина среднего корня, см	53,5	35,5
9	Длина короткого корня, см	2,9	10,5
10	Диаметр длинного корня, мм	16,0	2,0
11	Диаметр среднего корня, мм	4,0	3,0
12	Диаметр короткого корня, мм	1,0	1,0
13	Количество основных корней, шт	2,0	3,0
14	Количество средних корней, шт	9,0	8,0
15	Количество мелких корней, шт	67,0	37,0
16	Общий вес тополя, кг	3,100	1,700
Характеристика свойственного ответвления			
17	Длина ответвлений, см	80,5	нет
18	Диаметр макушки ответвлений, мм	2,0	нет
19	Диаметр середины ответвлений, мм	5,0	нет
20	Диаметр основания ответвлений, мм	7,0	нет

Как видно из таблицы 2, надземная часть гибридного тополя «Кайрат» развита менее, чем «Казахстан», а подземная часть развита более мощнее, чем у гибридного тополя «Казахстан».

Изучение изменения надземной и подземной части гибридных тополей показало, что частые поливы оказали положительное влияние на рост не только надземной, но и подземной части тополей. Мощная корневая система у обоих тополей за 4,5 месяца, корни углубились, соответственно, на 20 и 42 см в толщу почвы.

Результаты исследования показали, что корневая система гибридных тополей, выращенного черенками, представляет собой систему придаточных корней. Устойчивость их к ветровалу достигается за счет сформированной подземной осью тополя мощной сердцевины корневой системы, дощевидных оснований корней первого порядка и развития на них образующих на них горизонтальных (боковых) корней. При сближенном групповом прорастании гибридных тополей формируется 2-х ярусная корневая система с большим количеством горизонтальных корней. Они обеспечивают значительную поглощающую поверхность, но меньший их диаметр по сравнению с корнями солитеров, следовательно, меньшую ветроустойчивость. При близком прорастании тополей сокращается количество скелетных корней первого порядка с выпадением их в направлении соседнего дерева. Ветроустойчивость тополя, также обуславливается протяженностью скелетных корней.

При небольших густотах насаждения плотности дорожек в сквере и смешанном составе насаждения формируются скелетные корни первого порядка, равномерно распределенные вокруг ствола и имеющие большую протяженность [10].

Закключение. Таким образом, в условиях резко-континентального климата в низовье реки Сырдарьи быстрорастущие гибридные тополя «Кайрат» и «Казахстан» зарекомендовали себя отзывчивыми к орошению сточными водами. Влияние болезней на их рост и развитие, в первый год исследований, не наблюдалось. В вегетационный период не наблюдалось пожелтение листьев, усыхание побегов.

По нашим предварительным расчетам, возделывание гибридных тополей в низовье реки Сырдарьи может дать с каждого гектара не менее 300-400 м³ древесины. Это свидетельствует о большом хозяйственном значении гибридных тополей и экономической целесообразности их искусственного разведения. В этой связи, она найдет широкое применение в разных отраслях народного хозяйства, а также при проектировании экологического каркаса города Кызылорда.

Финансирования: Данное исследование проведено в рамках Программно-целевого финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023–2025 годы по проекту BR21882415 «Разработка технологии безопасного использования

сточных вод для орошения кормовых культур и древесных насаждений в условиях дефицита водных ресурсов в Кызылординской области».

Литература:

- [1] **Зубаиров, О.З.**, Константинов В.М., Шомантаев А.А. Научно-теоретические основы изменения физико-химических свойств почв при поливе сточными водами: Рекомендация. – Кызылорда, 1996. – 14 с.
- [2] **Шомантаев, А.А.** Гидрохимический режим водотоков и сельскохозяйственное использование в низовьях реки Сырдарьи. Автореферат дисс. на соискание ученой степени док. с/х наук. – Алматы, 2002 г. – 51 с.
- [3] Отчет о научной работе по теме: «Разработка технологии безопасной утилизации сточных вод для полива кормовых культур и древесных насаждений в условиях дефицита воды в Кызылординской области» (промежуточный) УДК 631.6.03:631.67; МРНТИ 68.31.21:68.31.21; № Гос регистрации 0123РК01206. КУ имени Коркыт Ата, – Кызылорда, 2024
- [4] <https://www.activestudy.info/osobennosti-issledovaniya-kornevyyh-sistem/> Зооинженерный факультет МСХА
- [5] Методы исследования корневых систем в естественных условиях. Тема: Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. – РГАУ-МСХА. Зооинженерный факультет <https://www.activestudy.info>
- [6] **Baymakhanov, O.S.**, Shomantayev A.A., Daldabayeva G.T., Otarbayev B.S., Akylbayev K.I., Shegenbayev A.T., Soil fertility and hydrogeological conditions of the pilot plot located on the territory of the modular biological treatment plant of the village of Tasboget. Bulletin of the Korkyt Ata Kyzylorda University, №3 (70), 2024. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v70.i3.183>
- [7] **Акылбаев, К.И.**, Шомантаев А.А., Буланбаева П.У., Далдабаева Г.Т., Шегенбаев А.Т., Баймаханов О.С. Технология возделывания и режим орошения древесных насаждений сточными водами модульной станции биологической очистки (МСБО) в поселке Тасбогет, г. Кызылорда. Вестник КУ имени Коркыт Ата. №1(72), 2025, сс. 198-211, <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v72.i1.233>
- [8] <https://greenultimatum.ru>
- [9] **Крамер, П.Д.**, Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. – М: Лесная промышленность, 1983. – 462 с.
- [10] **Орлов, Ф.Б.** Озеленение городов и поселков Архангельской области. Архангельск: Архангельское областное государственное издательство, 1951–26 с.
- [11] «Advances in Root System Architecture: Functionality, Plasticity, and Research Methods», *Journal of Resources and Ecology*, 2023, Vol. 14, Issue 1, pp. 15–24, DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2023.01.002. Опубликовано онлайн 12 декабря, 2022 года [BioOne+3Jorae+3Jorae+3](https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2023.01.002)
- [12] **Voothuluru, P.**, Wu Y., Sharp R.E. Not so hidden anymore: Advances and challenges in understanding root growth under water deficits // *The Plant Cell*, – 2024. – Vol. 36, № 5. – P.1377–1409. – DOI: 10.1093/plcell/koae055
- [13] **Шомантаев, А.А.**, Шегенбаев А.Т., Отарбаев Б.С., Далдабаева Г.Т., Сактаганова Н.А., Буланбаева П.О. Irrigation technology for tree crops wastewater from the city of Kyzylorda. Вестник КУ имени Коркыт Ата. – №2(69), 2024. – сс. 231-239, <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v69.i2.164>
- [14] **Далдабаева, Г.Т.**, Шомантаев А.А., Сактаганова Н.А., Шегенбаев А.Т., Отарбаев Б.С., Акылбаев К.И. Мелиоративная оценка состояния почвы при поливе сточными водами кормовых культур и древесных насаждений МСБО. Вестник КУ имени Коркыт Ата. №2(73), 2025, сс. 299-310, <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.276>
https://agro.korkyt.edu.kz/downloads/arch/journal_author/BCyKFMfMLMc1Qdx.pdf
- [15] **Тюкавина О.Н.**, Попова Л.Ф. Корневая система тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, – 2022 – №6. – С.71-81. – DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-71-81. – URL: <https://rucont.ru/efd/814122>.

References:

- [1] **Zubairov, O.Z.**, Konstantinov V.M., Shomantayev A.A. Nauchno-teoreticheskie osnovy izmeneniya fiziko-khimicheskikh svoystv pochv pri polive stochnymi vodami: Rekomendatsiya. – Kyzylorda, 1996. – 14 s. [in Russian].

- [2] **Shomantaev, A.A.** Hidrokhimicheskiy rezhim vodotokov i selskokhozyaystvennoe ispolzovanie v nizovyakh reki Syrdaryi. Avtoreferat diss. na soiskanie uchenoy stepeni doktora selskokhozyaystvennykh nauk. – Almaty, 2002. – 51 s. [in Russian].
- [3] Otchet o nauchnoy rabote po teme: «Razrabotka tekhnologii bezopasnoy utilizatsii stochnykh vod dlya poliva kormovykh kultur i drevesnykh nasazhdeniy v usloviyakh defitsita vody v Kyzylordinskoy oblasti» (promezhutochnyy) UDK 631.6.03:631.67; MRNTI 68.31.21:68.31.21; № Gos registratsii 0123RK01206. KU imeni Korkyt Ata. – Kyzylorda, 2024 [in Russian].
- [4] Osobennosti issledovaniya kornevykh sistem. Zootsivnyy fakultet MSKHA. – URL: <https://www.activestudy.info/osobennosti-issledovaniya-kornevykh-sistem/> [in Russian].
- [5] Metody issledovaniya kornevykh sistem v estestvennykh usloviyakh. Tema: Rost i vzaimodeystvie kornevykh sistem drevesnykh rasteniy. RGAU-MSKHA. Zootsivnyy fakultet. – URL: <https://www.activestudy.info> [in Russian].
- [6] **Baymakhanov, O.S.**, Shomantayev A.A., Daldabayeva G.T., Otarbayev B.S., Akylbayev K.I., Shegenbayev A.T. Soil fertility and hydrogeological conditions of the pilot plot located on the territory of the modular biological treatment plant of the village of Tasboget. Bulletin of the Korkyt Ata Kyzylorda University, №3 (70), 2024. – DOI: <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v70.i3.183>
- [7] **Akylbayev, K.I.**, Shomantaev A.A., Bulanbaeva P.U., Daldabayeva G.T., Shegenbayev A.T., Baymakhanov O.S. Tekhnologiya vozdeystviya i rezhim orosheniya drevesnykh nasazhdeniy stochnymi vodami modulnoy stantsii biologicheskoy ochistki (MSBO) v poselke Tasboget, g. Kyzylorda. Vestnik KU imeni Korkyt Ata. №1(72), 2025, s. 198–211. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v72.i1.233> [in Russian].
- [8] <https://greenultimatum.ru>;
- [9] **Kramer, P.D.**, Kozlovskiy T.T. Fiziologiya drevesnykh rasteniy. – M.: Lesnaya promyshlennost, 1983. – 462 s. [in Russian].
- [10] **Orlov, F.B.** Ozelenenie gorodov i poselkov Arkhangel'skoy oblasti. – Arkhangel'sk: Arkhangel'skoe oblastnoe gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1951. – 26 s. [in Russian].
- [11] Advances in Root System Architecture: Functionality, Plasticity, and Research Methods. Journal of Resources and Ecology, 2023, Vol. 14, Issue 1, pp. 15–24. –10.5814/j.issn.1674-764x.2023.01.002;
- [12] **Voothuluru, P.**, Wu Y., Sharp R.E. Not so hidden anymore: Advances and challenges in understanding root growth under water deficits. The Plant Cell, 2024, Vol. 36, № 5, pp. 1377–1409. – DOI: 10.1093/plcell/koae055;
- [13] **Shomantaev, A.A.**, Shegenbaev A.T., Otarbaev B.S., Daldabaeva G.T., Saktaganova N.A., Bulanbaeva P.O. Irrigation technology for tree crops wastewater from the city of Kyzylorda. Vestnik KU imeni Korkyt Ata. №2 (69), 2024, s. 231–239. –<https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v69.i2.164> [in Russian].
- [14] **Daldabaeva, G.T.**, Shomantaev A.A., Saktaganova N.A., Shegenbaev A.T., Otarbaev B.S., Akylbaev K.I. Meliorativnaya otsenka sostoyaniya pochvy pri polive stochnymi vodami kormovykh kultur i drevesnykh nasazhdeniy MSBO. Vestnik KU imeni Korkyt Ata. – №2 (73). 2025. – s. 299–310. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.276> [in Russian].
- [15] **Tyukavina, O.N.**, Popova L.F. Kornevaya sistema topolya balzamicheskogo (Populus balzamifera L.). Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal, 2022. – №6. – s. 71–81. 0.37482/0536-1036-2022-6-71-81. – URL: <https://rucont.ru/efd/814122>. [in Russian].

БИОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗАРТУДЫҢ МОДУЛЬДІК СТАНЦИЯСЫНЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК УЧАСКЕСІНІҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫНДА ГИБРИДТІ ТЕРЕКТЕРДІҢ ТАМЫР ЖҮЙЕСІНІҢ ДАМУЫ

Далдабаева Г.Т.^{1*}, кандидат технических наук
Шомантаев А.А.¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Бегалиев Қ.Б.², кандидат сельскохозяйственных наук
Акылбаев К.И.¹, кандидат технических наук
Шегенбаев А.Т.¹, кандидат технических наук

¹*Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ, Қазақстан*

²*Ы Жахаев атындағы Күріш ғылыми зерттеу институты
Қызылорда қ, Қазақстан*

Аңдатпа. Мақалада «Қайрат» және «Қазақстан» сортындағы гибридті теректердің тамыр жүйесінің өсуі мен дамуын Қызылорда қаласындағы биологиялық тазартудың модульдік станциясының тәжірибелік учаскесінің агроклиматтық жағдайында зерттеу нәтижелері ұсынылған. Жұмыстың мақсаты – биологиялық жолмен тазартылған ағын сулармен суару кезінде өсімдіктің жер асты бөлігінің морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу. Эксперимент барысында тамыр жүйесін зерттеудің әртүрлі әдістері, соның ішінде толық қазу, траншеялық және монолиттік әдістер қолданылып, тамырлардың сандық және морфометриялық көрсеткіштері тіркелді. Зерттеу нәтижесінде «Қайрат» сортының жер асты бөлігі «Қазақстан» сортына қарағанда қуаттырақ қалыптасатыны, ал соңғысының жер үсті бөлігінің өсуі қарқындырақ екені анықталды. Қуаң климат пен тұзды топырақ жағдайында екі сорт та жоғары төзімділігін, ауру белгілерінің жоқтығын және ағын сулармен суаруға оң реакциясын көрсетті. Қалыптасқан тамыр жүйелері жоғары бейімделгіштікке ие болып, ағаштардың жел құлатуына төзімділігін және ылғалды тиімді сіңіруін қамтамасыз етеді. Есептеулер көрсеткендей, бір гектардан 300–400 м³ іскерлік ағаш алуға болады, бұл олардың жоғары шаруашылық құндылығы мен экономикалық тұрғыдан өсірудің тиімділігін айғақтайды. Алынған деректер аридті аймақтарда жасыл екпелер мен экологиялық қаңқаны жобалау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: мелиорация, ағын сулар, топырақ, ағаш екпелері, тамыр жүйесі, су ресурстары.

DEVELOPMENT OF THE ROOT SYSTEM OF HYBRID POPLARS IN THE AGRO-CLIMATIC CONDITIONS OF THE EXPERIMENTAL SITE OF THE MODULAR BIOLOGICAL TREATMENT PLANT

Daldabayeva G.T.¹, Candidate of Technical Sciences
Shomantayev A.A.¹, Doctor of Agricultural Sciences
Begaliyev K.B.², Candidate of Agricultural Sciences
Akylbayev K.I.¹, Candidate of Technical Sciences
Shegenbayev A.T.¹, Candidate of Technical Sciences

¹*Korkyt Ata Kyzylorda University, Kazakhstan*

²*Zhakhaev Kazakh Rice Research Institute, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of a study of the growth and development of the root system of hybrid poplars of the "Kairat" and "Kazakhstan" varieties in the agro-climatic conditions of the MSBO experimental site (Kyzylorda). The purpose of the work was to study the morphological features of the underground part of plants during irrigation with biologically treated wastewater. During the experiment, various methods of studying root systems were used, including complete excavation, trench and monolithic methods, with the fixation of quantitative and morphometric characteristics of the roots. It was found that the "Kairat" variety forms a more powerful underground part compared to the "Kazakhstan" variety, while the latter demonstrates a greater growth of the aboveground part. In conditions of arid climate and saline soils, both varieties showed high resistance, no signs of disease, and a positive response to wastewater irrigation. The formed root systems are highly adaptable, providing trees with wind resistance and effective moisture absorption. Calculations have shown that 300-400 m³ of commercial timber can be obtained from one hectare, which indicates the high economic value and economic feasibility of their cultivation. The data obtained can be used in the design of green spaces and ecological framework in arid regions.

Keywords: land reclamation, wastewater, soil, tree plantations, root system, water resources.