

Т.А. Вдовина\*, А.К. Апушев, Е.А. Исакова

*Алтайский ботанический сад, Риддер, Казахстан**\*Автор для переписки: tvdovina2017@mail.ru*

## **Влияние способов водоснабжения на водно-физические свойства почвы в аридных условиях юго-востока Казахстана**

В статье приведены данные по влажности и плотности почвы в зависимости от вариантов опыта по водосберегающим технологиям. Цель исследований заключалась в научном обосновании применения гидрогеля «Аквасорб» для улучшения водно-физических свойств почвы, что будет напрямую способствовать развитию потребительского и декоративного садоводства в аридных районах юго-востока Казахстана. Опыты по исследованию водно-физических свойств почв поставлены по общепринятым методикам. Показана эффективность гидрогеля «Аквасорб» в регулировании водоудерживающей способности почв и улучшении ее структуры, что положительно сказывается на росте и развитии растений. Лучшая обеспеченность почвенной влагой отмечена в вариантах при внесении препарата 1,5 кг/м<sup>3</sup> и 2,0 кг/м<sup>3</sup>. При использовании препарата создается благоприятный водно-воздушный режим почв, особенно в критические периоды для развития растений.

*Ключевые слова:* вариант, почва, гидрогель, предельно-полевая влагемкость, аридность.

### *Введение*

Жизнедеятельность растения зависит от условий увлажнения, водного режима растения, который характеризуется комплексом физиологических показателей. Обеспечение оптимальной влажности почв — одно из основных условий для роста и развития растений. Нехватка воды в аридных зонах Казахстана является глобальной проблемой, поэтому поиск альтернативных путей в водосберегающих технологиях имеет большое значение. Для улучшения водного режима почв применяют различные сильно набухающие полимерные гели, которые успешно используют в Англии, Германии, Канаде, Австралии, России, Казахстане [1–6]. Результаты экспериментальных исследований в этих странах показали возможность использования гидрогелей для улучшения физиологического состояния растений, повышения их продуктивности и влагоудерживающей способности почв.

Основной акцент в научно-исследовательской работе по водосберегающим технологиям сделан на применение полимерного гидрогеля «Аквасорб», который используется для улучшения водно-физических свойств почвы. Этот препарат может изменять свойства почвы, благодаря способности адсорбировать большое количество воды, в 200 и более раз превышающее собственную массу, что, в свою очередь, влияет на скорость инфильтрации и испарения, плотность и структуру почвы [7]. При выпадении осадков и поливе он накапливает большое количество воды и постепенно отдает ее растениям. Полимерные гидрогели — это пористые, хорошо набухающие, но не растворяющиеся в воде материалы. Основная часть поглощаемой гидрогелем жидкости (до 90 %) заполняет свободное поровое пространство [8].

Вода — важнейший экологический фактор для растений, она участвует в реакциях фотосинтеза, минеральные соли поступают в растение из почвы только в виде водных растворов. Особая роль воды для растений заключается в постоянном пополнении больших затрат ее на испарение в связи с развитием большой фотосинтезирующей поверхности [9].

При использовании различных водосберегающих технологий возникла необходимость изучения водно-физических свойств почвы при переходе от одного горизонта к другому. Вода в почве имеет огромное значение. С ее количеством и качеством связаны условия произрастания растений. Значение влажности почвы необходимо для определения общих и доступных для растений запасов почвенной влаги, определения рациональных поливных норм при применении различных водоудерживающих технологий и т.д. Содержание воды в почве колеблется в пределах от сильного иссушения до полного насыщения и переувлажнения. Сами растения нуждаются в регулярном поливе, который обеспечивает постоянную оптимальную влажность в корнеобитаемом слое, не менее 60% от полной влагемкости почвы. Основной путь поступления воды в растение связан с тем, что осмотическое

давление в клетках корневой системы выше, чем осмотическое давление почвенного раствора. Наиболее легко усваивается гравитационная (подвижная) вода, которая заполняет широкие промежутки между частицами почвы и просачивается вниз под действием силы тяжести, пока не достигнет грунтовых вод. Свободная вода в почве является основным источником влаги для растений. Эта форма воды представлена двумя видами: капиллярной и гравитационной. Почва, являясь пористым телом, определяет ряд функциональных водных физических свойств: водопроницаемость, влагоемкость, водоподъемную способность и испарение. В хорошо агрегированных почвах основные запасы питательных элементов, микроагрегатов, влаги находятся внутри агрегатов. «Именно почвенные агрегаты обуславливают почвенное плодородие, так как в их поровом пространстве хранятся питательные вещества, влага, которые потребляют растения». Плотность обуславливает формирование объемов порового пространства, мест обитания почвенной биоты и микроорганизмов. Уплотнение почв замедляет рост растений. Нормальный газообмен нарушается при плотности выше  $1,45 \text{ г/см}^3$ . При значении коэффициента структурности больше 1,5 структурное состояние почвы оценивают как отличное [10].

Обеспеченность растений влагой, в первую очередь, зависит от погодно-климатических условий данной местности. Климат района резко континентальный. Зима мягкая, лето жаркое. Средние температуры января —  $-6...-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , июля  $+20...+24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Среднегодовая температура воздуха  $+6,2...+8,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Абсолютный максимум воздуха  $+37...+41 \text{ }^\circ\text{C}$ , абсолютный минимум  $-33...-35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сумма положительных температур воздуха за теплый период  $3250-3400 \text{ }^\circ\text{C}$ , за период активной вегетации —  $2500-3050 \text{ }^\circ\text{C}$ . Безморозный период длится 160–170 дней. Среднегодовое количество осадков в данном регионе 420–500 мм, 70–75 % выпадает в теплое время года. За счет малого количества осадков в летний период (июнь–август) в почве создается жесткий водный режим.

Почва, где произрастают растения, темно-серая, с коричневым оттенком во влажном состоянии, пылевато-комковатой структуры. Механический состав по генетическим горизонтам достаточно однороден. Количество усвояемого фосфора в почве составляет 3,18 мг на 100 г почвы (горизонт А), 1,33 мг на 100 г почвы (горизонт В), калия, соответственно, 77,24–24,00 мг на 100 г почвы, т.е. обеспеченность усвояемыми формами фосфора слабая, калием — высокая, что связано с богатством почвообразующей породы первичными калийсодержащими минералами. Содержание гумуса в горизонте А составляет от 1,7 до 2,4 % [11]. Приведенное выше позволяет считать, что почвенные условия опытного участка благоприятны для выращивания древесных и кустарниковых интродуцентов.

#### Объекты и методика исследований

Место проведения опытов — Иссыкский государственный дендрологический парк, который является одним из трех пунктов проведения исследований по проекту «Испытание инновационных технологий при развитии садоводства в аридных условиях Казахстана». Он расположен в предгорно-степной зоне северного склона Заилийского Алатау в Енбекшиказахском районе Алматинской области.

Учитывая потребность растений во влаге, с климатическими и почвенными условиями данного района, заложен опыт по водосберегающим технологиям в пяти вариантах:

- 1 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения  $1,0 \text{ кг/м}^3$  (125 г для деревьев и 90 г для кустарников);
- 2 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения  $1,5 \text{ кг/м}^3$  (188 г для деревьев и 135 г для кустарников);
- 3 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения  $2,0 \text{ кг/м}^3$  (250 г для деревьев и 180 г для кустарников);
- 4 — использование оросительной системы капельного типа;
- 5 — полив по бороздам (контроль).

Нормы гидрогеля были выбраны на основе анализа его эффективности в различных регионах. Для деревьев использовали «Аквасорбс» марки К–4, для кустарников К–2. Согласно проведенным расчетам, в зависимости от варианта опыта, объема вынутого грунта (под деревья и кустарники), вносили от 90 до 250 г препарата на одно посадочное место.

В эксперимент включены следующие виды: ель сибирская — *Picea obovata* Ledeb.; туя западная — *Thuja occidentalis* L.; черемуха обыкновенная — *Padus racemosa* (Lam.) Gilib.; береза бородавчатая — *Betula pendula* Roth.; липа мелколистная — *Tilia cordata* Mill.; клен остролистный — *Acer platanoides* L.; боярышник обыкновенный — *Crataegus oxyacantha* L.; яблоня домашняя — *Malus domestica* cv. 'Салтанат'; смородина черная — *Ribes nigrum* L. cv. 'Минай Шмырев'; барбарис

илийский — *Berberis iliensis* М. Рор. В каждом варианте все виды и сорта представлены 21 экземпляром (по 7 шт в каждой повторности). Опыты поставлены в трехкратной повторности, каждый вариант занимает 0,2 га.

Под влагоемкостью понимают способность почвы вмещать и удерживать в своих порах то или иное количество влаги. Влагоемкость выражают в процентах к массе сухой почвы. Ее величина зависит от свойств и строения почвы, количества влаги и гумуса. Полевая влагоемкость представляет собой предельное количество воды, которое почва в состоянии удержать в полевых условиях после стекания гравитационной влаги. По величине предельно-полевой влагоемкости судят о максимальных запасах общей и полезной влаги, удерживаемых почвой.

Оценка предельно-полевой влагоемкости проводилась по шкале Н.А. Качинского [12]. Почва с влагоемкостью 40–50 % считается наилучшей; 30–40 % — хорошей; 25–30 % — удовлетворительной; менее 25 % — неудовлетворительной.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Плотность почв Иссыкского дендрария на глубине 0–20 см по вариантам составляет 1,18–1,35 г/см<sup>3</sup>. Оптимальными для средне- и легкосуглинистых почв являются показатели 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>. С увеличением глубины плотность почв здесь возрастает более значительно до 2,2–2,4 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, нижние слои почвы являются не совсем благоприятными для полноценного развития растений.

Изучение влажности почвы по вариантам проводили в трехкратной повторности, начиная с поверхностного слоя и до глубины 50 см, с июня по август, с интервалом в 30 дней. По результатам исследования на влажность в июне получены следующие данные. Влажность почвы в 10–50-сантиметровом слое колебалась от 11,16 % в варианте «полив по бороздам» до 18,03 % при внесении препарата 2,0 кг/м<sup>3</sup> (рис. 1).

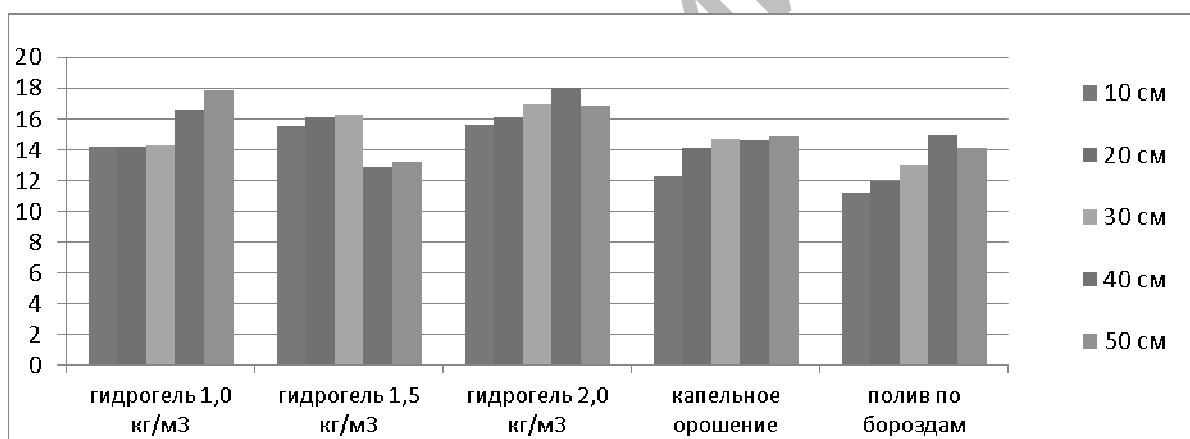


Рисунок 1. Показатели влажности почв в Иссыкском дендрарии за июнь 2019 г.

В 1, 3, 4, 5-м вариантах опыта наблюдается повышение влажности почвы с увеличением глубины взятия пробы. Во 2-м варианте при норме гидрогеля 1,5 кг/м<sup>3</sup> влажность почв на глубине 40–50 см снизилась до 12,83–13,16%. С увеличением нормы внесения гидрогеля в 3-м варианте до 2,0 кг/м<sup>3</sup> увеличивается влажность почвы в нижних горизонтах (16,85–18,03%). Из традиционных способов полива капельное орошение способствует равномерному повышению влажности с 12,24 до 14,8% по всем горизонтам почвы.

В июле с повышением температуры воздуха до +36...+38 °С идет интенсивное иссушение почвы, особенно верхнего 10 см слоя. Так, если в июне самый низкий уровень влажности почвы колебался в пределах 11,16–12,24 % в вариантах 4 и 5, то в июле этот показатель снизился до 8,16–9,48 % (рис. 2).

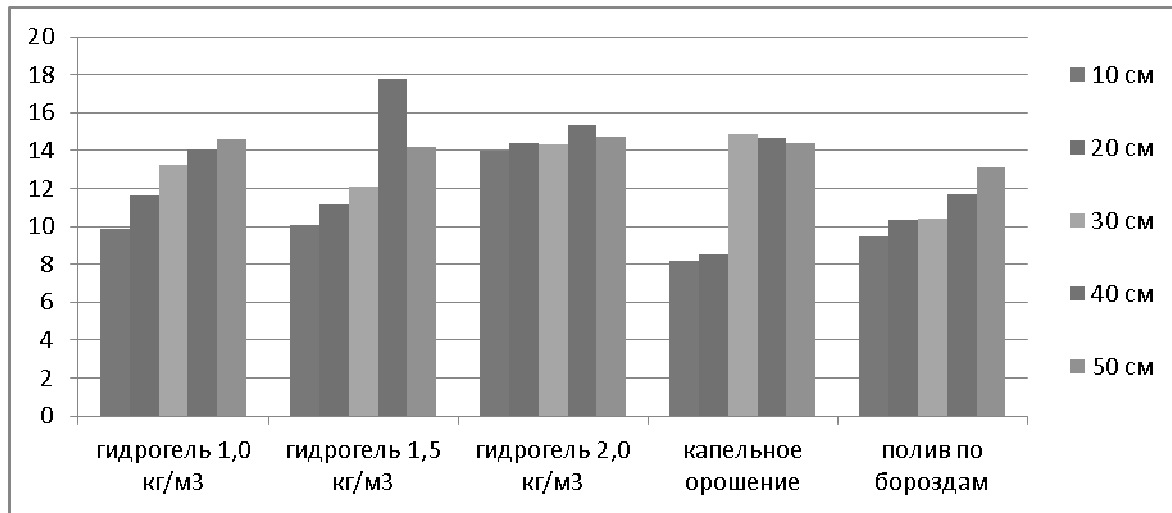


Рисунок 2. Показатели влажности почв в Иссыкском дендрарии за июль 2019 г.

Несколько выше влажность почвы 10,0–11,8 % по этим горизонтам в 1- и 2-м вариантах. Увеличение нормы внесения полимера до 2,0 кг/м<sup>3</sup> в 3-м варианте способствует равномерному повышению влажности по всем горизонтам в полуметровом слое почвы и составляет 13,8–14,3 %. Наибольшее повышение влажности почвы наблюдается в 40-сантиметровом слое почвы в вариантах с внесением полимера 1,5 кг/м<sup>3</sup> и 2,0 кг/м<sup>3</sup>, соответственно влажность равна 17,78–15,50 %. При капельном орошении в самый жаркий период вегетации наблюдается увеличение влажности на глубине 30–50 см до 14,40–14,86 %. Она почти не различается.

В условиях юго-востока Казахстана в августе наблюдается явный дефицит влаги, что отражается на состоянии растений. Неблагоприятный водный режим растений в этом месяце обусловлен недостатком воды в почве (число дней с температурой выше +30 °С составляет 24 дня), а также большой сухостью воздуха. В этот критический момент еще сильнее проявляется действие препарата. Ситуация с влажностью почвы несколько меняется по сравнению с предыдущими месяцами. В результате проведенных исследований отмечено явное преимущество всех трех вариантов с внесением полимера в сохранении влажности почвы по сравнению с капельным орошением и поливом по бороздам. В варианте с внесением полимера 1,0 кг/м<sup>3</sup> наблюдается постепенное увеличение влажности почвы с увеличением глубины до 50 см от 11,25 до 16,79%, но наибольшего значения влажность почвы достигает в варианте с внесением полимера 1,5 кг/м<sup>3</sup> — 16,95–17,33 % в слое 30–40 см (рис. 3).

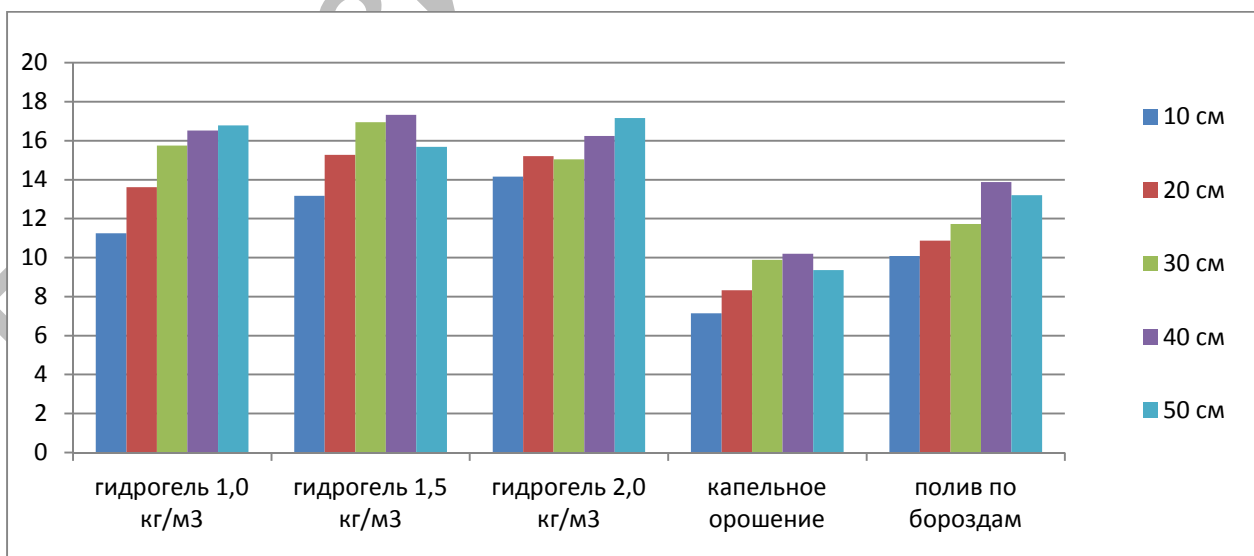


Рисунок 3. Показатели влажности почв в Иссыкском дендрарии за август 2019 г.

Наименьшая влажность почвы по всей глубине среза прослеживается в варианте с капельным орошением. Значения по влажности почвы находятся в пределах 7,0–9,1%. Выше значения при поливе по бороздам они получили такое же распределение, как в 4-м варианте, с разницей от 9,2 до 13,8 %.

#### Заключение

Изучение агрофизических свойств почв опытного участка — предельно-полевой влагоемкости, запасов продуктивной влаги, плотности — показали их полную пригодность для нормальной жизнедеятельности экспериментальных растений. Использование гидрогеля «Аквасорб» позволяет создать благоприятный водно-воздушный режим почвы, обеспечивающий оптимальное физиологическое состояние растений. Изучение динамики влажности почвы показало снижение запасов почвенной влаги в полуметровом слое с июня к августу, особенно в вариантах 4- и 5-м с капельным орошением и поливом по бороздам. Применяемые технологии влагообеспечения оказывают влияние на накопление влаги в течение вегетационного периода. Увеличение нормы полимера до 2,0 кг/м<sup>3</sup> способствует равномерному повышению влажности в полуметровом слое почвы за время наблюдений, особенно в критический период в августе. Установлено, что капельное орошение по накоплению влаги уступает первым трем вариантам с применением гидрогеля «Аквасорб». Если сравнивать варианты с использованием гидрогеля, то норма 2,0 кг/м<sup>3</sup> дает преимущество перед остальными.

Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии гидрогеля «Аквасорб» в норме 1,5 кг/м<sup>3</sup> и 2,0 кг/м<sup>3</sup> и на содержание в почве продуктивной влаги на основных этапах развития растений. Проведенный эксперимент показал, что полимерный гидрогель обладает высокой вододерживающей способностью, а в норме 2,0 кг/м<sup>3</sup> достигает максимального значения влажности почв. Это обеспечивает запасы влаги в почве, в том числе и доступной растениям.

*Работа выполнена в рамках научно-технической программы BR05236444 — «Испытание инновационных технологий при развитии садоводства в аридных условиях Казахстана».*

#### Список литературы

- 1 Янов В.И. Возделывание полыни эстрагонной с применением гидрогеля для получения эфирных масел / В.И. Янов // Земледелие. — 2010. — № 1. — С. 31, 32.
- 2 Кузин Е.Н. Влияние полимерной мелиорации и удобрений на структурное состояние чернозема выщелоченного и урожайность / Е.Н. Кузин, А.Н. Арефьев // Земледелие. — 2013. — № 2. — С. 12–14.
- 3 Шилов А. Влияние системы удобрений и сильно набухающего полимерного гидрогеля на урожайность пшеницы / А. Шилов, А. Плотников, В. Тарабаев // Главный агроном. — 2013. — № 2. — С. 15–17.
- 4 DeBell D.S. Growth and physiology of loblolly pine roots under various water table level and phosphorous treatments / D.S. DeBell, D.D. Hook, W.H. McKee // J. For. Sci. — 1984. — Vol. 30. — P. 705–714.
- 5 Deren D. Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges. [Опыты по применению почвоулучшителя агрогеля при выращивании яблони в гребнях (Польша)] / D. Deren, A. Szewczuk, E. Gudarowska // J. Fruit ornamental Plant Res. — 2010. — Vol. 18, No. 2. — P. 78–82.
- 6 Тибирьков А.П. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах / А.П. Тибирьков, В.И. Филин // Изв. Нижневолж. агроун. компл.: Наука и высшее профессиональное образование. — 2012. — № 3(27). — С. 66–70.
- 7 Наумов П.В. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей / П.В. Наумов, Л.Ф. Щербакова, А. А. Окалелова // Изв. Нижневолж. агроун. компл.: Наука и высшее профессиональное образование. — 2011. — № 4. — С. 1–5.
- 8 Годунова Е.И. Перспективы использования гидрогеля в земледелии Центрального Предкавказья / Е.И. Годунова, В.Н. Гудырин, С.Н. Шкабарда // Достижения науки и техники АПК. — 2014. — № 1. — С. 24–27.
- 9 Тибирьков А.П. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья / А.П. Тибирьков, В.И. Филин // Изв. Нижневолж. агроун. компл.: Наука и высшее профессиональное образование. — 2013. — № 4. — С. 1–5.
- 10 Вальков В.Ф. Почвоведение / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. — М., 2006. — 496 с.
- 11 Агроклиматические ресурсы Восточно-Казахстанской области Казахской ССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — 159 с.
- 12 Качинский Н.А. Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. — М.: Высш. шк., 1970. — 359 с.

Т.А. Вдовина, А.К. Апушев, Е.А. Исакова

## Сумен қамту тәсілдерінің Қазақстанның оңтүстік-шығысының құрғақшылық жағдайларындағы топырақтың су-физикалық қасиеттеріне әсері

Мақалада суды үнемдейтін технологиялардың тәжірибелік нұсқаларына байланысты топырақтың ылғалдылығы мен тығыздығы туралы мәліметтер келтірілген. «Аквасорб» гидрогелінің өсімдіктердің өсуіне және дамуына тікелей әсер ететін топырақтың су өткізгіштігін реттейтін және оның құрылымын жақсартудағы тиімділігі көрсетілген. Топырақ ылғалының ең жақсы жеткізілімі дайындық кезінде 1,5 кг/м<sup>3</sup> және 2,0 кг/м<sup>3</sup> болатын нұсқаларда байқалды. Препаратты қолданған кезде, әсіресе өсімдіктердің дамуы үшін маңызды кезеңдерде, топырақтың қолайлы су-ауа режимі жасалған. Зерттеудің мақсаты — оңтүстік-шығыс Қазақстанның құрғақ аудандарында тұтынушылық және сәндік бақша шаруашылығын дамытуға тікелей ықпал ететін топырақтың су-физикалық қасиеттерін жақсарту үшін «Аквасорбс» гидрогелін қолдануды ғылыми негіздеу. Топырақтың су-физикалық қасиеттерін зерттеу бойынша тәжірибелер жалпы қабылданған әдістерге сәйкес жүргізілген.

*Кілт сөздер:* нұсқа, топырақ, гидрогель, шектік-далалық ылғал сыйымдылығы, құрғақшылық.

T.A. Vdovina, A.K. Apushev, E.A. Isakova

## Influence of water supply methods of water-physical properties of soil in terms of arid conditions of South-East Kazakhstan

This article provides data on soil moisture and density, depending on the test options for water-saving technologies. The effectiveness of the «Aqusorb» hydrogel in regulating the water holding capacity of soils and improving its structure, which directly affects the growth and development of plants, has been shown. The best supply of soil moisture was noted in the options when the preparation was applied, 1.5 kg/m<sup>3</sup> and 2.0 kg/m<sup>3</sup>. When using the preparation favorable water-air regime of soils appears, especially in critical periods for the development of plants. The purpose of the research was the scientific justification for the use of the «Aqusorb» hydrogel to improve the water-physical properties of the soil, which will directly contribute to the development of consumer and decorative gardening in the arid regions of southeast Kazakhstan. Experiments on the study of the water-physical properties of soils were performed according to generally accepted methods.

*Keywords:* option, soil, hydrogel, maximum field moisture capacity, aridity.

### References

- 1 Yanov, V.I. (2010). Vozdelyvanie polyni estrahonnoi s primeneniem hidroheliia dlia polucheniia efirnykh masel [Cultivation of *Artemisia dracunculus* with using hydrogel for production of essential oil]. *Zemledelie — Agriculture*, 1, 31–32 [in Russian].
- 2 Kuzin, E.N., & Arefev, A.N. (2013). Vliianie polimernoii melioratsii i udobrenii na strukturnoe sostoianie chernozema vyshchelochennoho i urozhainost [Effect of polymer reclamation and fertilizers on the structural state of leached chernozem and yield]. *Zemledelie — Agriculture*, 2, 12–14.
- 3 Shilov, A., Plotnikov, A., & Tarabaev, V. (2013). Vliianie sistemy udobrenii i silno nabukhaiushcheho polimernoho hidroheliia na urozhainost pshenitsy [Effect of fertilizer system and highly swelling polymer hydrogel on wheat yield]. *Hlavnii ahronom — Main Agronomist*, 2, 15–17.
- 4 De Bell, D.S., Hook, D.D., & McKee, W.H. (1984). Growth and physiology of loblolly pine roots under various water table level and phosphorous treatments. *J. For. Sci.*, 30, 705–714.
- 5 Deren, D., Szewczuk, A., & Gudarowska, E. (2010). Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges. *J. Fruit ornamental Plant Res.*, 18(2), 78–82.
- 6 Tibirkov, A.P., & Filin, V.I. (2012). Vliianie polimernoho hidroheliia i uslovii mineralnogo pitaniia na urozhai i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy na svetlo-kashtanovykh pochvakh [Influence of polymer hydrogel and mineral nutritional conditions on harvest and quality of winter wheat grains on light chestnut soils]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie — News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher vocational education*, 3(27), 66–70 [in Russian].
- 7 Naumov, P.V., Shcherbakova, L.F., & Okalelova, A.A. (2011). Optimizatsiia vlahoobespechennosti pochv s pomoshchiu polimernykh hidroheli [Optimization of soil moisture availability using polymer hydrogels]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie — News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*, 4, 1–5 [in Russian].

8 Godunova, E.I., Gudyryn, V.N., & Shkabarda, S.N. (2014). Perspektivy ispolzovaniia hidrohelia v zemledelii Tsentralnogo Predkavkazia [Prospect of using hydrogel in agriculture of the Central Caucasian]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK — Achievements of science and technincs of AIC*, 1, 24–27.

9 Tibir'kov, A.P., & Filin, V.I. (2013). Vliianie poliakrilamidnoho hidrohelia na strukturno-ahrehatnyi sostav pahotnoho sloia svetlo-kashtanovoi pochvy Volho-Donskoho mezhdurechia [Effect of polyacrylamide hydrogel on the structural-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soil of the Volga-Don interfluve]. *Izvestiia Nizhnevolzhskoho ahrouniversitetskoho kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie — News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*, 4, 1–5 [in Russian].

10 Val'kov, V.F., Kazeev, K.Sh., & Kolesnikov, S.I. (2006). *Pochvovedenie [Soil science]*. Moscow [in Russian].

11 *Ahroklimaticheskie resursy Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti Kazakhskoi SSR [Agro-climatic resources of the East Kazakhstan region of the Kazakh SSR]*. (1975). Leningrad: Hidrometeoizdat [in Russian].

12 Kachinskii, N.A. (1970). *Vodno-fizicheskie svoistva i rezhimy pochv [Water-physical properties and soil regimes]*. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].

Репозиторий КАРГУ