

Т.А. Вдовина*, А.А. Винокуров, Е.А. Исакова, О.А. Лагус

*Алтайский ботанический сад КН МОН РК, Риддер, Казахстан
(*E-mail: altai_bs@mail.ru)*

Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области

Целью данного исследования было изучение водно-физических параметров почвы, на основе которых можно провести анализ режима увлажнения и сделать выводы о применяемых инновационных технологиях. Схема опыта разработана сотрудниками Алтайского ботанического сада. В статье приведены данные по водно-физическим свойствам почвы: плотности, влажности и предельно-полевой влагоемкости. Результаты опытов показали, что с помощью гидрогеля «Аквасорб» возможно регулирование водного режима почв, повышения запасов влаги, доступной растениям в условиях водного дефицита. Так, добавление препарата при нормах 1,5 кг/м³ и 2,0 кг/м³ способствует удержанию в почве наибольшего количества влаги от 15 % до 24 % по всем горизонтам. Эти же нормы повышают запасы воды в почве, особенно в весенний период, и улучшают ее плотность. Все это способствует лучшему развитию растений.

Ключевые слова: вариант, климат, почва, гидрогель, предельно-полевая влагоемкость, запасы влаги.

Введение

Вода — важнейший экологический фактор, определяющий не только ход физиологических процессов в растениях, но их рост и продуктивность. Чтобы судить о жизнедеятельности растения от среды обитания, нужно знать водный режим растения, характеризующийся целым комплексом физиологических показателей и почвенные условия. Оптимизация вододерживающей способности почв является первоочередной задачей. Если в почве достаточно доступной воды, создается водный баланс растений. Существует ряд технологий, призванных сохранять и более эффективно использовать водные ресурсы, для выращивания древесно-кустарниковых растений — укрывной материал, капельный полив, различные композиты. В последнее десятилетие в качестве абсорбента почвенной влаги в мировой практике стали использовать водопоглощающие полимеры (гидрогели), способные удерживать и отдавать воду, превышающие их массу в сотни раз. Данные свойства гидрогелей способствуют не только накоплению природной и дополнительной влаги в корнеобитаемом слое, но и снижают физическое испарение и улучшают структуру почвы. Находясь в гелеобразном состоянии, они обеспечивают оптимальный водный режим, питание растений [1–6].

Обеспеченность растений влагой в первую очередь зависит от погодно-климатических условий данной местности. Так, среднегодовое количество осадков в Курчумском районе низкое и составляет 290–310 мм. Осадков в весенние месяцы выпадает немного — от 27 до 35 мм. Климатические характеристики в весенние и летние периоды в годы проведения исследований (2018–2019 гг.) и закладки сада (2018 г.) характеризовались повышенной температурой летом и засушливой погодой. Так, среднемесячные показатели температуры летнего периода на 1–4 °С превышали среднегодовые показатели (1981–2017 гг.).

Почвы на опытном участке представлены суглинком средним и тяжелым, водопроницаемость слабая, влагоемкость высокая. Почва хорошо удерживает воду, скорость испарения воды медленная. Для данных почв характерна бесструктурность верхних горизонтов и уплотненность нижних, что потенциально затрудняет доступ влаги и воздуха в нижние слои почвы.

Объекты и методика исследований

Постановка опытов в аридных условиях Восточного Казахстана проводилась в Курчумском районе, в окрестностях села Сарьюлен (северо-западная периферия Зайсанской котловины).

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 кг/м³ (125 г для деревьев и 90 г для кустарников);
- 2 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения 1,5 кг/м³ (188 г для деревьев и 135 г для кустарников);
- 3 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения 2,0 кг/м³ (250 г для деревьев и 180 г для кустарников);
- 4 — использование оросительной системы капельного типа;
- 5 — полив по бороздам (контроль).

Технология посадки и нормы внесения гидрогеля по вариантам соблюдались соответственно разработанным рекомендациям [7]. В трех вариантах опыта использовали инновационный препарат «Аквасорб», представляющий органический полимер, способный поглощать и удерживать при набухании большой объем воды.

В данном пункте заложены опыты по выращиванию 10 видов декоративных древесно-кустарниковых и плодовых пород на площади 1 га. Опыт поставлен в пяти вариантах. В каждом варианте все виды и сорта: клен татарский (*Acer tataricum* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), боярышник мягковатый (*Crataegus submollis* Sard.), яблоня гибридная, сорт 'Заветное' (*Malus hybrid* cv. 'Заветное'), ель сибирская (*Picea pungens* Engelm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), смородина черная, сорт 'Забавка' (*Ribes nigrum* L. cv. 'Забавка') и барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.) представлены каждый 21 экземпляром (по 7 штук в каждой повторности).

Оценка плотности почв и изучение предельно-полевой влагоемкости проводились по шкалам Н.А. Качинского [8] по слоям (от 10 до 50 см). Согласно оценке плотности почв суглинистого и глинистого механического состава оптимальной плотностью является показатель 1,2–1,5 г/см³, критической — выше 1,8 г/см³. Под влагоемкостью понимают способность почвы вмещать и удерживать в своих порах то или иное количество влаги. Ее определение проводилось в весенний, летний и осенний периоды. Почва с влагоемкостью 40–50 % считается наилучшей; 30–40 — хорошей; 25–30 — удовлетворительной; менее 25 % — неудовлетворительной.

Запасы влаги в почве — абсолютное количество воды, содержащееся в определенном слое почвы, рассчитаны в м³/га (мощность слоя 50 см).

Статистическая обработка результатов проводилась по методике Зайцева [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее важным показателем, характеризующим водный режим почв, является плотность — масса абсолютно сухой почвы в единице объема. Плотность сложения почвы напрямую связана с гранулометрическим составом, количеством органического вещества. От плотности сложения зависит содержание влаги в почве и ее доступность для растений. Изучение плотности почв от применяемых технологий водообеспечения показало, что при применении препарата «Аквасорб» в трех вариантах в верхних слоях почвы (10–30 см) равна 1,5–1,6 г/см³. Здесь расположена большая часть корневой системы растений.

Такая плотность считается оптимальной для роста и развития экспериментальных растений. Уплотнение почвы до 1,7 г/см³ наблюдается на глубине 30–50 см в вариантах с внесением гидрогеля 1,0 и 2,0 кг/м³ и при поливе по бороздам (контроль). Плотность почвы достигает критической отметки в 1,9 г/см³ при внесении полимера в норме 1,0 кг/м³ и при поливе по бороздам на глубине 30–50 см. В варианте полив по бороздам максимальная плотность почвы отмечена в 2,0 г/см³ на глубине 30–40 см. При внесении гидрогеля в норме 1,5 кг/м³ не происходит уплотнения почвы по всем горизонтам (рис. 1).

Плотность почв с капельным орошением и при поливе по бороздам уже с верхних слоев (10–30 см) приближена к критической — 1,7–1,8 г/см³. При таких показателях плотности почвы растения способны удовлетворительно развиваться при достаточном рыхлении. Полив по бороздам имеет наиболее плотные почвы по всему разрезу в сравнении с предыдущими вариантами. Особенно это заметно на глубине 30–40 см. Верхние слои (10–30 см) имеют критическую плотность 1,7–1,8 г/см³, нижние, начиная с 30 см слоя, уплотняются до 2,0 г/см³. Высокая плотность почв на этой глубине объясняется сплошным потоком воды, который приводит к заиливанию нижних горизонтов. Растения здесь находятся в удовлетворительном состоянии. По данным исследований можно

сделать вывод об улучшении плотности почв в первых трех вариантах, соответственно об эффективности препарата «Аквасорб».

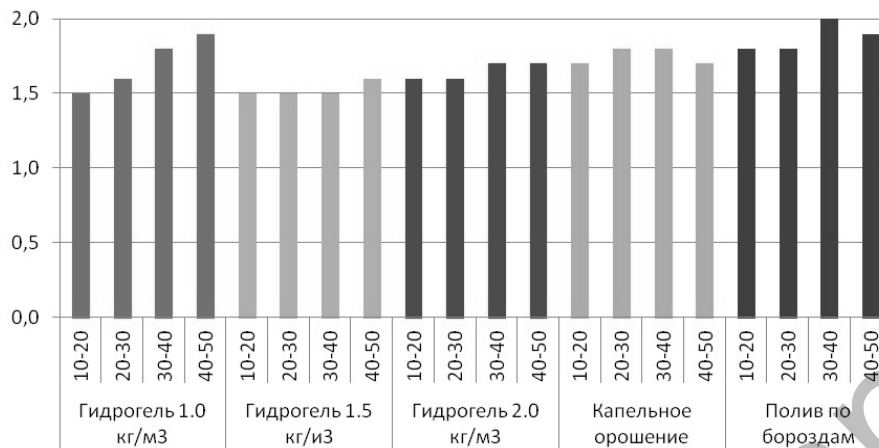


Рисунок 1. Показатели плотности почв по слоям за 2018 г.

От запасов влаги в почве, которые выражаются абсолютным количеством воды, содержащимся в определенном слое почвы, зависит жизнедеятельность растений. Определение запасов влаги в апреле показало, что 1 га накапливает от 3409 м³ до 7716 м³ в зависимости от вариантов опыта. Самые большие запасы влаги в пересчете на 1 га отмечены в третьем варианте при внесении 2,0 кг/м³ гидрогеля «Аквасорб», самые низкие — в четвертом варианте, где проводился капельный полив. Большую роль в этот период играет весенний запас влаги в почве, создающийся благодаря снегозадержанию защитных полос из вяза мелколистного и тополя разнолистного. В момент закладки сада (2018 г.) деревья этих пород достигали высоты 8–9 м, а двухрядная схема посадки образовывала сплошные полосы шириной в 10 м. Зимние осадки играют основную роль для водного режима растений в начальный период вегетации.

В мае из-за активного нарастания средней температуры воздуха с максимальной отметкой +32 °С запасы влаги снижаются и составляют в первом варианте 2997 м³/га, во втором — 2783, в третьем — 5655, в четвертом — 2787 и в пятом — 2480 м³/га. Третий вариант способствует накоплению влаги в апреле и сохранению ее в мае, соответственно 7716 и 5655 м³/га. Если принять весенние запасы влаги в апреле за 100 %, то сохранение влаги в вариантах с гидрогелем составляет от 56,9 % в первом варианте до 73,2 % в третьем варианте. Потери запасов влаги наименьшие — 26,8 % в третьем варианте, максимальные — 50,7 % в пятом при арычном поливе.

В июне запасы влаги повышаются во всех вариантах, за исключением третьего. Так, в первом варианте они равны 3575 м³/га, во втором — 4300, в четвертом — 4560 и в пятом — 4099 м³/га. В третьем они оценены в 4630 м³/га.

Температурный режим в июле в среднем составляет +20–24 °С с абсолютным максимумом в +38–40 °С. При таких условиях для растений наступает критический момент, и они испытывают недостаток влаги. Недостаток осадков компенсировали поливами в критические периоды, с первого варианта по третий и, по мере изменения предельно-полевой влагоемкости, ниже удовлетворительной нормы в четвертом и пятом вариантах. Несмотря на повышение норм полива, запасы влаги в почве варьируют в пределах 1200 м³/га во втором и 3476 м³/га в третьем вариантах. В первом и четвертом их значение ниже 1322 м³/га и 1694 м³/га соответственно. В августе за счет выпадения осадков запасы влаги в почве по вариантам возрастают и заметных различий между ними не наблюдается: в первом варианте 4606 м³/га, во втором — 4751, в третьем — 4711, в четвертом — 4508 м³/га. Лишь в пятом варианте они достигают отметки 5633 м³/га.

Исследование влияния различной степени насыщенности влагой почв в 2019 г. проводилось в зависимости от вариантов опыта и от климатических условий. Результаты лабораторных исследований влажности почвы в апреле показали, что влажность почвы варьирует от 15 % в четвертом варианте с капельным орошением до 20 % в вариантах с внесением полимера 1,5; 2,0 кг/м³ (рис. 2).

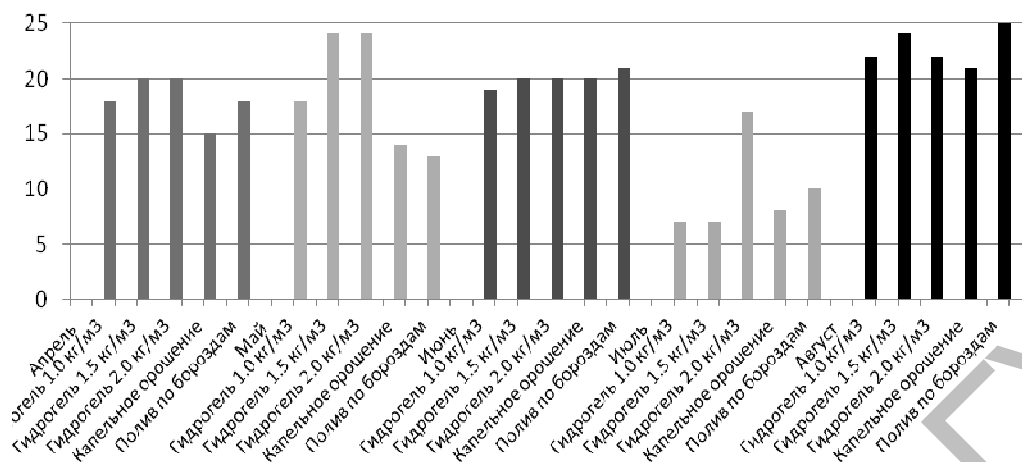


Рисунок 2. Показатели влажности почв за 2019 г.

В мае, когда наблюдается повышение температуры до +30 °С, начинают работать повышенные дозы гидрогеля. Так, во втором и третьем вариантах с внесением полимера 1,5–2,0 кг/м³ максимальная влажность почвы составила 24 %. Минимальная влажность почвы 13 и 14 % с разницей в 1 % выявлена в контроле с арычным поливом и при капельном орошении. Гидрогель 1,0 кг/м³ не изменяет влажность почвы. В июне происходит выравнивание показателей по вариантам, вариации незначительны от 19 % в первом варианте до 21 % в пятом. На одном уровне в 20 % оказались данные 2-, 3- и 4-го вариантов.

Согласно исследованиям, наиболее низкий уровень влажности почв выявлен в июле. Так, максимальная влажность почвы в этом месяце составила 17 % на экспериментальных участках с внесением полимера 2 кг/м³. В остальных вариантах наблюдается острый дефицит влаги в почве, минимальная влажность почвы составила 7–8 %, в том числе и в контроле. Это обусловлено тем, что температура воздуха в июле повышается, что приводит к быстрому иссушению почвы. Выпадение атмосферных осадков в августе способствует накоплению влаги от 21 до 24 % по всем вариантам и дефицита воды не наблюдается.

Исследование влажности почвы в апреле 2020 г. показало значительное отличие данных по вариантам от 16 % при капельном поливе до 31 % при внесении гидрогеля 2,0 кг/м³ (рис. 3).

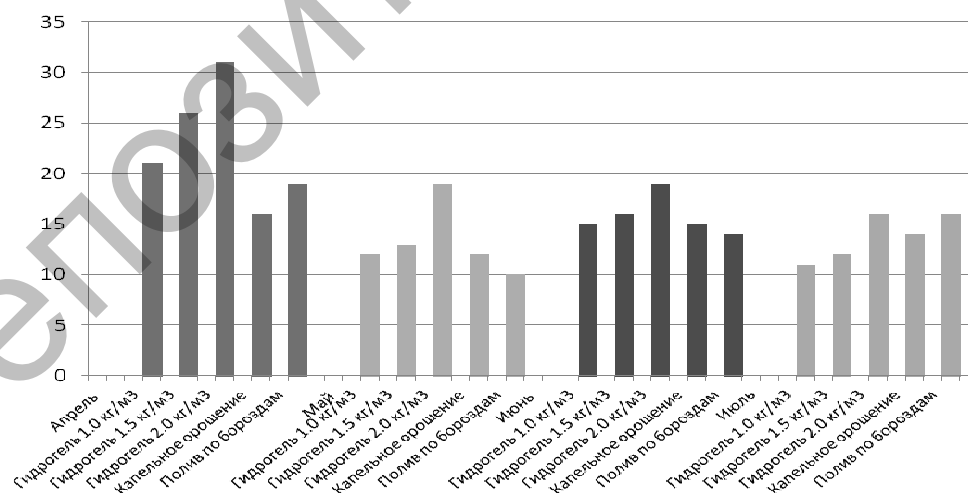


Рисунок 3. Показатели влажности почв за 2020 год

На рисунке наглядно видно положительное действие повышенных норм гидрогеля 1,5 и 2,0 кг/м³. В мае из-за повышенной температуры на протяжении всего месяца в пределах +26–30 °С влажность почвы падает до 10–13 % по всем вариантам, лишь в третьем варианте с внесением полимера в дозе 2,0 кг/м³ максимальная влажность почвы составила 19 %. В июне средние данные в ин-

тервале глубин 0–50 см варьируют от 19 % в четвертом варианте (капельное орошение) до 24 % в третьем, где вносили 2,0 кг/м³ препарата.

По остальным вариантам данные почти не разнятся. Учитывая очень низкую влажность почвы в июле 2019 г., в 2020 г. были проведены дополнительные поливы, в результате которых влажность почвы повышена с 12 до 22 %.

Сравнительный анализ по определению влажности почвы, эффективности применения различных норм гидрогеля 1,0, 1,5, 2,0 кг/м³ в годы исследований показал эффективность использования данного препарата. Особенно его действие проявляется в критические периоды для роста и развития растений. Также его эффективность отмечена при накоплении влаги в апреле 2020 г., при котором влажность почвы в первом варианте равна 21 %, что на 3 % выше, чем в 2019 г., во втором варианте отмечена еще большая разница (рис. 4).

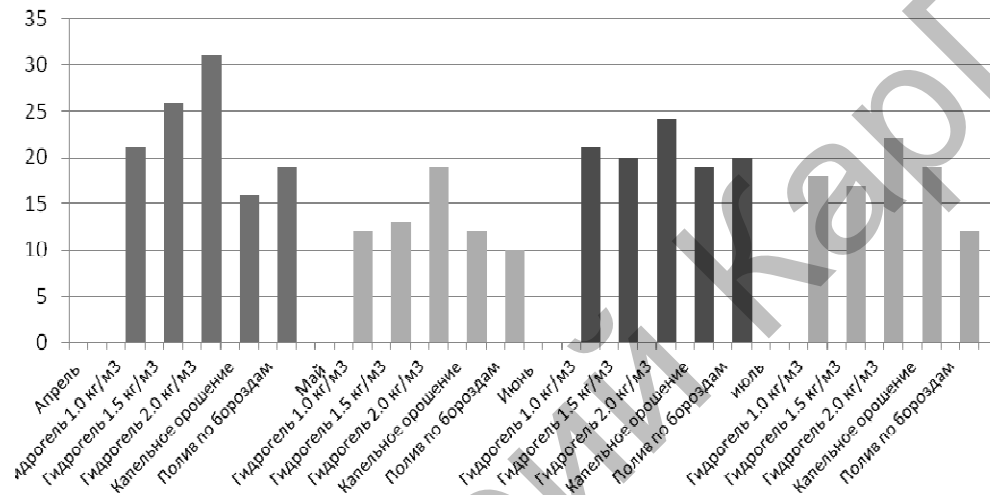


Рисунок 4. Показатели влажности почв (средние показатели за 2019–2020 гг.)

В 2019 г. влажность почвы составила 20 %, в 2020 г. — 26 %. Максимальное значение влажность почвы достигла в третьем варианте, по сравнению с прошлым годом, с превышением в 11 %. Такая разница в накоплении влаги объясняется снежной зимой, высота снежного покрова составила 35 см, а также действием препарата. В четвертом и пятом вариантах данные почти не разнятся. При капельном орошении в 2020 г. влажность составила 16 %, в 2019-м — 15 %. Такая же картина с разницей в 1 % наблюдается и в пятом варианте, в 2020 г. влажность равна 19 %, в 2019-м — 18 %. Если в апреле 2020 г. произошло большее накопление влаги в почве с применением гидрогеля, с превышением прежних показателей на 3–11 % в зависимости от варианта, то в мае содержание влаги снизилось на 6–11 % по гидрогелю и на 2–3 % в четвертом и пятом вариантах. В июне влажность почвы в 2020 г. выше в первом и третьем вариантах, где применялся гидрогель, во втором, четвертом и пятом вариантах данные тождественны значениям 2019 г. Показатель влажности почвы в июле 2020 г. превышал прошлогодние значения на 2 % в контроле и 10–11 % по другим вариантам.

Заключение

Запасы влаги и влагообеспеченность почв в Курчумском районе зависят как от погодных условий, так и от технологии водообеспечения. По итогам лабораторных исследований выявлено положительное действие препарата «Аквасорб». Плотность почвы улучшается при внесении препарата в норме 1,5 и 2,0 м³/га в верхних слоях почвы от 10 до 30 см. Такая плотность считается оптимальной для роста и развития экспериментальных растений. Плотность почвы достигает критической отметки в 1,9 г/см³ при внесении полимера в норме 1,0 кг/м³ и при поливе по бороздам на глубине 30–50 см. При капельном орошении и при поливе по бороздам уже с верхних слоев (10; 20; 30 см) складываются критические условия по плотности 1,7–1,8 кг/м³. Самые большие запасы влаги в пересчете на 1 га отмечены в третьем варианте в апреле, при внесении гидрогеля «Аквасорб» 2,0 кг/м³; самые низкие в четвертом варианте — в июле. В данных условиях, при дозе внесения 1,5; 2,0 кг/м³ гидрогеля «Аквасорб», создаются наилучшие условия водно-воздушного режима почв для протекания физиологических процессов, роста и развития древесно-кустарниковых растений. Использование

гидрогеля можно рассматривать как новое техническое решение, направленное на влагообеспечение культивируемых растений и рациональное использование водных ресурсов с наименьшими агротехническими затратами.

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

Список литературы

- 1 Наумов П.В. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей / П.В. Наумов, Л.Ф. Щербакова, А.А. Околелова // Изв. Нижневолж. агроунивер. компл. — 2011. — № 4. — С. 1–5.
- 2 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. агроунивер. комплекса. — 2013. — № 4. — С. 1–5.
- 3 De Bell D.S. Growth and physiology of loblolly pine roots under various water table level and phosphorous treatments / D.S. De Bell, D.D. Hookand, W.H. McKee // J. For. Sci. — 1984. — Vol. 30. — P. 705–714.
- 4 Deren D. Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges / D. Deren, A. Szweczuk, E. Gudarowska // J. Fruit Ornamental Plant Res. — 2010. — Vol. 18, № 2. — P. 520–529.
- 5 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.
- 6 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.
- 7 Vdovina T.A. Introduction of moisture-holding polymer «Aquasorb» during landing wood-shrubby and fruit plants in the arid conditions of Kazakhstan / T.A. Vdovina, A.A. Vinokurov, O.A. Lagus, E.A. Isakova // Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography. — 2018. — No. 4(92). — P. 33–37.
- 8 Качинский Н.А. Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. — М.: Высш. шк., 1970. — 359 с.
- 9 Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1973. — 150 с.

Т.А. Вдовина, А.А. Винокуров, Е.А. Исакова, О.А. Лагус

Шығыс Қазақстан облысының Күршім ауданында гидрогель қолдану арқылы топырақтың су-физикалық қасиеттерін зерттеу

Зерттеудің мақсаты топырақтың су-физикалық параметрлерін зерттеу, оның негізінде ылғал режимін талдауға және қолданылатын инновациялық технологиялар туралы қорытынды жасау. Тәжірибе нәтижелері Алтай ботаникалық бағы қызметкерлерінің көмегімен жасалған. Мақалада топырақтың су-физикалық қасиеттері туралы мәліметтер келтірілген: тығыздығы, ылғалдылығы және шекті-далалық ылғал сыйымдылығы. Тәжірибелердің нәтижелері «Аквасорб» гидрогелінің көмегімен топырақтың су режимін реттеуге және су тапшылығы жағдайында өсімдіктер үшін қолжетімді ылғал қорын көбейтуге болатындығын көрсетті. Мәселен, препараттың $1,5 \text{ кг/м}^3$ және $2,0 \text{ кг/м}^3$ нормасымен қосылуы топырақтың барлық горизонттарында 15 %-дан 24 %-ға дейін ылғалдың көп мөлшерін сақтауға көмектеседі. Дәл осындай нормалар топырақтағы су қорын көбейтеді, әсіресе көктемде және оның тығыздығын жақсартады. Мұның бәрі өсімдіктердің жақсы дамуына ықпал етеді.

Кілт сөздер: нұсқа, климат, топырақ, гидрогель, шекті-далалық ылғал сыйымдылығы, ылғал қоры.

T.A. Vdovina, A.A. Vinokurov, E.A. Isakova, O.A. Lagus

Research of water-physical properties of soil with application of hydrogel in the Kurchum district of the Eastern-Kazakhstan region

The purpose of the research is to study the water-physical parameters of the soil, on the basis of which it is possible to analyze the moisture regime and draw conclusions about the applied innovative technologies. The results of the experiments; set according to the developed recommendations by the employees of the Altay Botanical Garden. The article provides data on the water-physical properties of the soil: density, humidity and maximum field moisture capacity. The results of the experiments showed that with the help of the «Aquasorb» hydrogel, it is possible to regulate the water regime of soils and increase the moisture reserves available to plants in conditions of water scarcity. Thus, the addition of the preparation at a rate of 1.5 kg/m^3 and 2.0 kg/m^3 helps to retain the greatest amount of moisture in the soil from 15 % to 24 % across all hori-

zons. These same norms increase the water reserves in the soil, especially in the spring and improve its density. All this contributes to a better development of plants.

Keywords: option, climate, soil, hydro gel, maximum field moisture capacity, moisture reserves.

References

- 1 Naumov, P.V., Shcherbakova, L.F., & Okolelova, A.A. (2011). Optimizatsiia vlahoobespechennosti pochv s pomoshchiu polimernykh hidrohelei [Optimization of water-content of soils with using of polymer hydro gels]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa — Bulletin of Nizhnewolgian Agro University*, 4, 1–5 [in Russian].
- 2 Tibirkov, A.P., & Filin, V.I. (2013). Vliianie poliakrilamidnogo hidrohelia na strukturno-agregatnyi sostav pakhotnogo sloia svetlo-kashtanovoi pochvy Volho-Donskogo mezhdurechia [Effect of polyacrylamide hydrogel on the structural-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soil of the Volga-Don interfluves]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa — Bulletin of Nizhnewolgian Agro University*, 4, 1–5 [in Russian].
- 3 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.
- 4 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.
- 5 Kuzin, E.N., & Arefev, A.N. (2013). Vliianie polimernoi melioratsii i udobrenii na strukturnoe sostoianie chernozema vyshchelochennogo i urozhainost [Effect of polymer reclamation and fertilizers on the structural state of leached chernozem and yield]. *Zemledelie — Agriculture*, 2, 12–14 [in Russian].
- 6 Shilov, A., Plotnikov, A., & Tarabaev, V. (2013). Vliianie sistemy udobrenii i silno nabukhaiushcheho polimernogo hidrohelia na urozhainost pshenitsy [Effect of fertilizer system and highly swollen polymer hydrogel on wheat yield]. *Hlavnyi ahronom — The main agronomist*, 2, 15–17.
- 7 Vdovina, A., Vinokurov, A.A., Lagus, O.A., & Isakova, E.A. (2018). Introduction of moisture-holding polymer «Aquasorb» during landing wood-shrubby and fruit plants in the arid conditions of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4(92), 33–37.
- 8 Kachinskii, N.A. (1970). *Vodno-fizicheskie svoistva i rezhimy pochv [Water-physical peculiarities and regime of soils]*. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].
- 9 Zaicev, G.N. (1973). *Metodika biometricheskikh raschetov [Biometric Calculation Methodology]*. Moscow: Nauka [in Russian].