

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-93-97>
УДК 633.2/.3:631.671

Н.Н. Дубенок¹, Д.В. Яланский¹,
Ю.А. Мажайский²,
О.В. Черникова², Ю.Н. Дуброва³

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

² ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» 390036, Российская Федерация, г. Рязань, ул. Сенная, 1

³ УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» 213410, Беларусь, г. Горки, ул. Мичурина, 5

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Н.Н. Дубенок, Д.В. Яланский, Ю.А. Мажайский – разработка задач исследования, статистическая обработка результатов и написание статьи; Д.В. Яланский – осуществление эксперимента; Д.В. Яланский, О.В. Черникова, Ю.Н. Дуброва – аналитические исследования и написание статьи.

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Яланский Д.В., Мажайский Ю.А., Черникова О.В., Дуброва Ю.Н. Анализ и обоснование методов к определению водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси в условиях орошения дождеванием. *Овощи России*. 2021;(2):93-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-93-97>

Поступила в редакцию: 07.12.2020

Принята к печати: 10.03.2021

Опубликована: 25.04.2021

Nikolay N. Dubenok¹,
Dmitry V. Yalansky¹,
Yuri A. Mazhaysky²,
Olga V. Chernikova², Yuri N. Dubrova³

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

² Academy of law management of the federal penal service of Russia Sennaya str., 1, Ryazan, 390036, Russian Federation

³ Belarusian State Agricultural Academy Ivan Michurin str., 5, Gorki, 213410, Belarus

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: N.N. Dubenok, D.V. Yalansky, Yu.A. Mazhaysky – development of research tasks, statistical processing of results and writing an article; D.V. Yalansky – implementation of the experiment; D.V. Yalansky, O.V. Chernikova, Yu.N. Dubrova – analytical research and writing the article.

For citations: Dubenok N.N., Yalansky D.V., Mazhaysky Yu.A., Chernikova O.V., Dubrova Yu.N. Analysis and substantiation of methods for determining water consumption of hay-pasture herbs in conditions of irrigation by raining. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(2):93-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-93-97>

Received: 07.12.2020

Accepted for publication: 10.03.2021

Accepted: 25.04.2021

Анализ и обоснование методов к определению водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси в условиях орошения дождеванием



Резюме

Актуальность. Важнейшим элементом эксплуатационного режима орошения является правильное (своевременное) назначение и осуществление поливов с учетом биологических особенностей культур, погодных условий и гранулометрического состава почвы.

Материал и методы. В данной работе были изложены результаты расчета режима орошения сенокосно-пастбищной травосмеси за вегетационный период апрель-октябрь 2016-2018 годов, на основании которых получены величины водопотребления культуры, средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов применительно к дерново-подзолистым суглинистым почвам в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь. Расчеты выполняли методом водного баланса, а также методом максимальных суточных температур воздуха.

Результаты. В результате расчета биоклиматических и биотермических коэффициентов и величин водопотребления установлено, что наибольшие их значения во все годы исследований зафиксированы в варианте с предполиваем уровнем влажности 80% от наименьшей влагоемкости, в то время как наименьшие их значения наблюдались в варианте с естественным увлажнением. При этом в результате расчетов установлено, что наибольшие значения биоклиматических коэффициентов, соответствующие варианту 80% от НВ, приняли значения: 0,88; 0,72 и 0,66, наименьшие – 0,71; 0,64 и 0,50, а наибольшие величины биотермических коэффициентов составили: 0,13; 0,15 и 0,15, наименьшие – 0,09; 0,13 и 0,10 соответственно за 2016-2018 годы. Наибольшие величины водопотребления, вычисленные методом водного баланса, соответствующие варианту 80% от НВ, приняли следующие значения: 423,0; 462,0 и 440,0 мм, наименьшие – 334,0; 404,0; и 331,0 мм, а наибольшие величины водопотребления, вычисленные методом максимальных суточных температур, составили 439,4; 420,0 и 432,2, наименьшие – 318,7, 396,4 и 325,7 мм соответственно за вегетационные периоды 2016-2018 годов.

Ключевые слова: оросительные мелиорации, необходимость орошения, эффективность орошения дождеванием, режим орошения, величины водопотребления, биотермические коэффициенты

Analysis and substantiation of methods for determining water consumption of hay-pasture herbs in conditions of irrigation by raining

Abstract

Relevance. The most important element of the operational regime of irrigation is the correct (timely) appointment and timing of irrigation, taking into account the biological characteristics of crops, weather conditions and the mechanical composition of the soil.

Methods. In this work, the results of the calculation of the irrigation regime of the hay-pasture grass mixture for the growing season april-october 2016-2018 were presented, on the basis of which the values of the water consumption of the crop, the average values of bioclimatic and biothermal coefficients in relation to sod-podzolic loamy soils in the northeastern zones of the Republic of Belarus. The calculations were carried out by the water balance method, as well as by the method of maximum daily air temperatures.

Results. As a result of calculating bioclimatic and biothermal coefficients and values of water consumption for the growing seasons. It was found that their highest values in all years of research were recorded in the variant with a pre-irrigation humidity level of 80% of the lowest moisture capacity, while their lowest values were observed in the variant with natural humidification. At the same time, as a result of calculations, it was established that the highest values of bioclimatic coefficients corresponding to the variant 80% of HB took the following values: 0.88; 0.72 and 0.66, the smallest are 0.71; 0.64 and 0.50, and the largest values of the biothermal coefficients were: 0.13; 0.15 and 0.15, the smallest are 0.09; 0.13 and 0.10, respectively, for the growing seasons. The largest values of water consumption, calculated by the water balance method, corresponding to the option 80% of the HB took the following values: 423.0; 462.0 and 440.0 mm, the smallest in this case were: 334.0; 404.0; and 331.0 mm, and the highest values of water consumption, calculated by the method of maximum daily temperatures were: 439.4; 420.0 and 432.2, while the smallest were equal: 318.7, 396.4 and 325.7 mm, respectively, for the growing seasons.

Keywords: irrigation reclamation, need for irrigation, rainfall irrigation efficiency, irrigation regime, water consumption values, biothermal coefficients

Введение

Расчету водопотребления различных сельскохозяйственных культур посвящены многочисленные экспериментально-теоретические исследования. Вместе с тем в настоящее время проблему оперативного и приемлемо точного расчета водопотребления по легкодоступным агрометеопараметрам пока нельзя признать до конца решенной [5-8].

Путем непосредственных полевых измерений получают наиболее достоверные данные о водопотреблении растений. В этом случае необходимо проведение длительных и трудоемких наблюдений в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях. Если же отсутствуют такие опытные данные, то величины водопотребления получают посредством расчетов, используя различные методы [9-11].

Цель исследования

Изложить результаты расчета режима орошения на примере сенокосно-пастбищной травосмеси за вегетационный период апрель-октябрь 2016-2018 годов, представить величины водопотребления культуры, средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов применительно к дерново-подзолистым суглинистым почвам в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь.

Материалы и методы исследования

В данной работе для расчета режима орошения (2016-2018 годы) с учетом метеорологических величин был задействован специально оборудованный метеопост, расположенный непосредственно на территории учебно-опытного оросительного комплекса «Тушково-1», расположенного у поселка Чарны Горецкого района Могилевской области. В применяемых методах исследования применен статистический анализ, а также методы водного баланса и максимальных суточных температур воздуха к определению величин водопотребления культуры, представленные в трудах [9, 16].

Результаты исследования и их обсуждение

Схема проведения полевых опытов состояла из следующих вариантов по увлажнению:

- вариант №1 — контроль (без орошения);
- вариант №2 — орошение сенокосно-пастбищной травосмеси при снижении предполивной влажности до уровня 70% от наименьшей влагоемкости;
- вариант №3 — орошение сенокосно-пастбищной травосмеси при снижении предполивной влажности до уровня 80% от наименьшей влагоемкости.

Установление режима орошения и водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси заключалось в выполнении водобалансовых расчетов в вариантах опытного участка (без орошения, 70% от НВ и 80% от НВ). В качестве верхнего порога оптимального увлажнения корнеобитаемого слоя почвы была принята наименьшая влагоемкость. Отборы влажности почвы в течение периода вегетации культуры выполнялись через 5-7 дней, а также перед поливами, после проведения поливов и после выпадения обильных дождей [1, 3, 12, 13].

Для выполнения водобалансовых расчетов начальные (исходные) влагозапасы расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы (0-40 см) в вариантах опыта были получены

путем непосредственного измерения в полевых условиях опытного участка стандартным термостатно-весовым способом определения влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Проведение поливов на опытном участке осуществляли при снижении влажности расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы до нижнего (предполивного) порога, так в варианте №2 — до уровня 70% от НВ, в варианте №3 — до уровня 80% от НВ. Величины поливных норм на орошаемых вариантах были определены путем расчета по формуле (1) А.Н. Костякова, а окончательные значения норм полива были назначены с учетом ТКП [14].

Таким образом, величина поливной нормы на орошаемых вариантах с учётом водно-физических свойств почв определялась по следующей зависимости:

$$m = 0,1 \cdot h \cdot \rho (\beta_{вп} - \beta_{нп}), \quad (1)$$

где m — поливная норма, мм;
 h — глубина расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы, см;
 ρ — плотность сложения расчетного слоя, г/см³;
 $\beta_{вп}$ — влажность при верхней границе оптимального увлажнения, % от массы сухой почвы;
 $\beta_{нп}$ — влажность при нижней границе оптимального увлажнения, % от массы сухой почвы.

В связи с тем, что на орошаемом объекте отмечено глубокое залегание уровня грунтовых вод (УГВ) и зафиксированы малые величины поверхностного стока уравнение водного баланса было применено в следующем виде [12, 15-17]:

$$W_k = W_n + P - E + m - C, \text{ мм}, \quad (2)$$

где W_k и W_n — конечные и начальные влагозапасы в расчетном слое за рассматриваемый период, мм;
 P — осадки за расчетный период, мм;
 E — водопотребление культуры при оптимальных влагозапасах, мм;
 m — поливная норма, мм;
 C — потери воды на внутрипочвенный сток из расчетного слоя, мм.

Максимальное водопотребление сенокосно-пастбищной травосмеси, зависящее от средней за расчетный период максимальной суточной температуры воздуха и биотермических коэффициентов, было найдено, исходя из следующей зависимости (3) согласно [12, 15-17]:

$$E_m = K_{почв} \cdot K_t \cdot t_m \cdot n \quad (3)$$

где $K_{почв}$ — коэффициент, учитывающий различие почв по водно-физическим и тепловым свойствам, влияющим на водопотребление из корнеобитаемого слоя (для песчаных почв равно 1,1, для супесчаных — 1,0, для суглинистых — 0,94);

K_t — биотермический коэффициент, определяемый расчетным путем на основании водопотребления, полученного методом водного баланса и максимальных температур воздуха, мм/°C;

t_m — максимальная суточная температура воздуха, средняя за расчетный период, °C

n — количество суток.

Расчет биотермических коэффициентов применительно

но к сенокосно-пастбищной травосмеси был выполнен по уравнению (3) относительно величин биотермических коэффициентов.

Нормативным документом, регламентирующим проектирование оросительных систем в Беларуси, водопотребление орошаемых культур рекомендовано определять по формуле [12, 15-17]:

$$E = 1,35 \cdot n \cdot K_b \cdot d_{0,5} \quad (4)$$

где 1,35 — эмпирический коэффициент;

n — число суток в расчетном периоде;

K_b — биоклиматический коэффициент, мм/мб;

$d_{0,5}$ — среднесуточный дефицит влажности воздуха за расчетный период, мб.

Расчет биоклиматических коэффициентов применительно к сенокосно-пастбищной травосмеси был выполнен по уравнению (4) в соответствии с ТКП «Оросительные системы. Правила проектирования» относительно величин биоклиматических коэффициентов».

Полученные в результате расчета средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов за вегетационный период апрель-октябрь 2016 года приведены в таблице 1.

Таблица 1. Средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов сенокосно-пастбищной травосмеси за апрель-октябрь 2016 года в вариантах опытного участка
Table 1. Average values of bioclimatic and biothermal coefficients of hay-pasture grass mixture for April-October 2016 in the variants of the experimental plot

Вариант опыта	Биоклиматический коэффициент	Биотермический коэффициент
70% от НВ	0,86	0,12
80% от НВ	0,88	0,13
Без орошения	0,71	0,09

Анализ таблицы 1 позволил установить, что полученные в результате расчета биоклиматические и биотермические коэффициенты за вегетационный период 2016 года в вариантах опыта существенно не изменяются. При этом наибольшие значения биоклиматического и биотермического коэффициентов за вегетационный период 2016 года зарегистрированы в варианте 80% от НВ – 0,88 и 0,13, наименьшие – в варианте без орошения – 0,71 и 0,09, соответственно.

Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя

Таблица 2. Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя 0 – 40 см в вариантах опытного участка за апрель-октябрь 2016 года
Table 2. Results of calculations of water consumption of hay-pasture grass mixture for the root layer of 0-40 cm in the variants of the experimental plot for April-October 2016

Вариант опыта	E , мм (по методу водного баланса)	E , мм (по методу максим. суточных температур)
70% от НВ	406,0	431,2
80% от НВ	423,0	439,4
Без орошения	334,0	318,7

методами водного баланса и максимальных суточных температур за период апрель-октябрь 2016 года применительно к дерново-подзолистой суглинистой почве в вариантах опытного участка приведены в таблице 2.

Проанализировав таблицу 2, можно сказать, что в результате расчета как по методу водного баланса, так и по методу максимальных суточных температур за вегетационный период 2016 года наибольшие значения водопотребления наблюдаются в варианте 80% от НВ – 423,0 и 439,4 мм, а наименьшие – в варианте без орошения – 334,0 и 318,7 мм, соответственно.

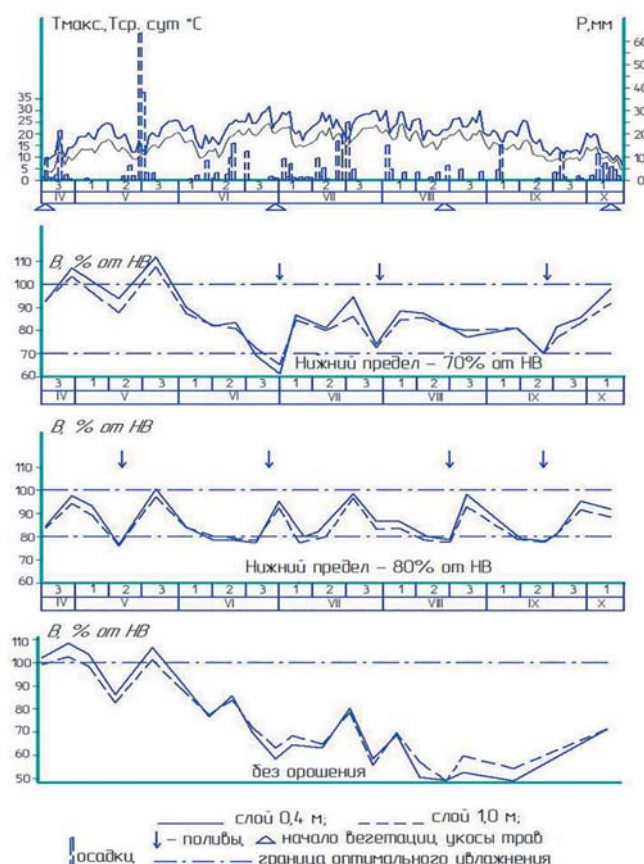


Рис.1. Динамика влажности почвы в вариантах 70 и 80% от НВ и слоях температур, осадков, поливов и укосов за вегетационный период в 2016 году

Fig.1. Dynamics of soil moisture in the variants of 70 and 80% from the lowest moisture capacity and layers of temperatures, precipitation, irrigation and mowing during the growing season in 2016

Динамика влажности, полученная путем измерения в полевых условиях корнеобитаемого и метрового слоя почвы, осадков, поливов, температур, а также укосов на примере вегетационного периода 2016 года в вариантах 70 и 80% от НВ представлена на рисунке 1.

Анализ данных рисунка 1 показывает, что на протяжении всего вегетационного периода травосмеси регулирование водного режима поддерживалось в диапазоне от нижней до верхней границы оптимального увлажнения.

Полученные в результате расчета средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов за вегетационный период апрель-октябрь 2017 года представлены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 позволил установить, что полученные в результате расчета биоклиматические и биотермические коэффициенты в вариантах опыта существенно не изменяются. При этом наибольшие значения биоклиматического и биотермического коэффициентов

Таблица 3. Средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов сенокосно-пастбищной травосмеси за апрель-октябрь 2017 года в вариантах опытного участка
Table 3. Average values of bioclimatic and biothermal coefficients of hay-pasture grass mixture for April-October 2017 in the variants of the experimental plot

Вариант опыта	Биоклиматический коэффициент	Биотермический коэффициент
70% от НВ	0,71	0,14
80% от НВ	0,72	0,15
Без орошения	0,64	0,13

за вегетационный период 2017 года зарегистрированы в варианте 80% от НВ – 0,72 и 0,15, а наименьшие – в варианте без орошения – 0,64 и 0,13, соответственно.

Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя методами водного баланса и максимальных суточных температур за период апрель-октябрь 2017 года применительно к дерново-подзолистой суглинистой почве в вариантах опытного участка представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя 0 – 40 см в вариантах опытного участка за апрель-октябрь 2017 года
Table 4. Results of calculations of water consumption of hay-pasture grass mixture for the root layer of 0-40 cm in the variants of the experimental plot for April-October 2017

Вариант опыта	Е, мм (по методу водного баланса)	Е, мм (по методу максим. суточных температур)
70% от НВ	443,0	399,3
80% от НВ	462,0	420,0
Без орошения	404,0	396,4

Анализ данных таблицы 4 показывает, что в результате расчета как по методу водного баланса, так и по методу максимальных суточных температур за вегетационный период 2017 года наибольшие значения водопотребления наблюдаются в варианте 80% от НВ – 462,0 и 420,0 мм, а наименьшие – в варианте без орошения 404,0 и 396,4 мм, соответственно.

Средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов за вегетационный период апрель-октябрь 2018 года приведены в таблице 5.

Таблица 5. Средние значения биоклиматических и биотермических коэффициентов сенокосно-пастбищной травосмеси за апрель-октябрь 2018 года в вариантах опытного участка
Table 5. Average values of bioclimatic and biothermal coefficients of hay-pasture grass mixture for April-October 2018 in the variants of the experimental plot

Вариант опыта	Биоклиматический коэффициент	Биотермический коэффициент
70% от НВ	0,59	0,12
80% от НВ	0,66	0,15
Без орошения	0,50	0,10

На основании анализа данных таблицы 5 установлено, что наибольшие значения биоклиматического и биотермического коэффициентов за вегетационный период 2018 года зарегистрированы в варианте 80% от НВ – 0,66 и 0,15, а наименьшие – в варианте без орошения – 0,50 и 0,10, соответственно.

Таблица 6. Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя 0 – 40 см в вариантах опытного участка за апрель-октябрь 2018 года
Table 6. Results of calculations of water consumption of hay-pasture grass mixture for the root layer of 0-40 cm in the variants of the experimental plot for April-October 2018

Вариант опыта	Е, мм (по методу водного баланса)	Е, мм (по методу максим. суточных температур)
70% от НВ	409,0	390,8
80% от НВ	440,0	432,2
Без орошения	331,0	325,7

Результаты расчетов водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси для корнеобитаемого слоя методами водного баланса и максимальных суточных температур за период апрель – октябрь 2018 года применительно к дерново-подзолистой суглинистой почве в вариантах опытного участка показаны в таблице 6.

С учетом анализа таблицы 6 можно сделать вывод о том, что в результате расчета как по методу водного баланса, так и по методу максимальных суточных температур за вегетационный период 2018 года наибольшие значения водопотребления наблюдаются в варианте 80% от НВ – 440,0 и 432,2 мм, а наименьшие – в варианте без орошения – 331,0 и 325,7 мм, соответственно, что и подтверждает наиболее оптимальные условия водного режима сенокосно-пастбищной травосмеси в варианте 80% от НВ [12, 15, 16].

Динамика влажности, полученная путем измерения в полевых условиях корнеобитаемого и метрового слоя

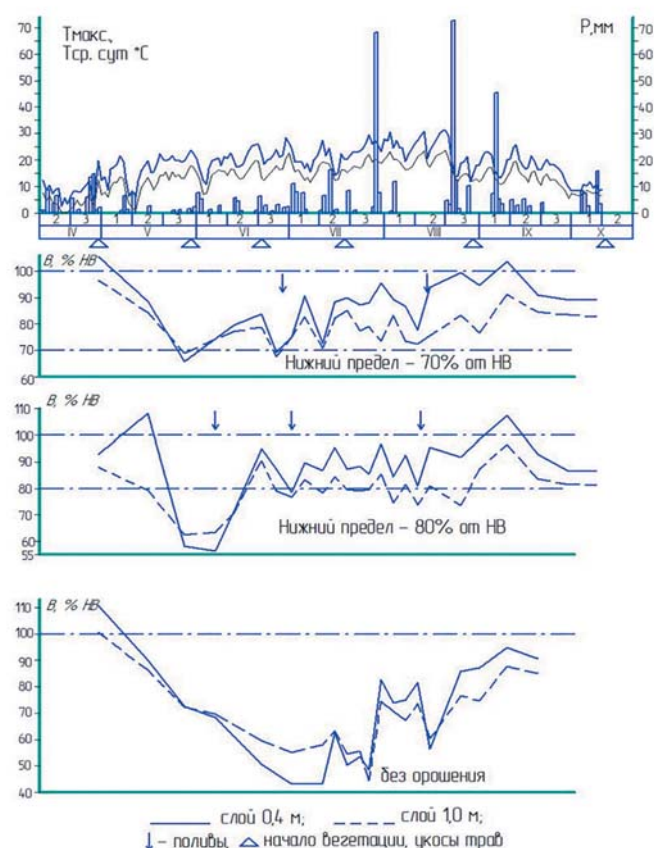


Рис. 2. Динамика влажности почвы по вариантам опытов и слоям, температур, осадков, поливов и укосов за вегетационный период в 2017 году
Fig.2. Dynamics of soil moisture by experimental variants and layers, temperatures, precipitation, irrigation and mowing during the growing season in 2017

почвы, осадков, поливов, температур, а также укосов на примере вегетационного периода 2017 года в вариантах 70 и 80% от НВ отражена на рисунке 2.

Анализ данных, представленных на рисунке 2, позволил установить, что в варианте с предполивающим уровнем влажности 70% от НВ за вегетационный период 2017 года было проведено 2 полива сенокосно-пастбищной травосмеси, в то время как в варианте 80% от НВ их количество было равно 3, что говорит о большей потребности в увлажнении данного варианта опыта.

Заключение

На основании обзора литературных источников было установлено, что важнейшим элементом эксплуатационного режима орошения является правильное (своевременное) назначение и проведение сроков полива с учетом биологических особенностей культур, погодных условий и гранулометрического состава почвы [2, 4].

Об авторе:

Николай Николаевич Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ndubenok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Дмитрий Владимирович Яланский – аспирант, dimka-045@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7808-8204>

Юрий Анатольевич Мажайский – доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, director@mntc.pro, <https://orcid.org/0000-0002-0743-8289>

Ольга Владимировна Черникова – кандидат биол. наук, старший преподаватель кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, старший лейтенант внутренней службы, chernikova_olga@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4907-8760>

Юрий Николаевич Дуброва – канд. с.-х. наук, доцент, декан мелиоративно-строительного факультета, yury_d71@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7342-7780>

About the author:

Nikolay N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Professor of the Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, ndubenok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Dmitry V. Yalansky – graduate student, dimka-045@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7808-8204>

Yuri A. Mazhaysky – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Logistics of the Penitentiary System, director@mntc.pro, <https://orcid.org/0000-0002-0743-8289>

Olga V. Chernikova – Cand. Sci. (Biology), Senior Lecturer of the Department of Logistics Support of the Penitentiary System, Senior Lieutenant of the Internal Service, chernikova_olga@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4907-8760>

Yuri N. Dubrova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Reclamation and Construction, yury_d71@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7342-7780>

Литература

1. Вихров В.И. Оценка климатических норм сезонного водопотребления орошаемых культур. *Вестник Белорус. гос. с.-х. акад.* 2015;(2):140–143.
2. Судницкий И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М.: Изд-во МГУ, 1979. 254 с.
3. Голченко М.Г., Емельяненко Д.А., Яланский Д.В. Способы и устройства для совершенствования оперативного управления эксплуатационными режимами орошения дождеванием. *Мелиорация*. 2016;1(75):21–25.
4. Мажайский Ю.А. и др. Внутрипочвенный влагообмен, водопотребление и водообеспеченность многолетних культурных травостоев: монография. Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. 300 с.
5. Брыкина И.Г. Определение биоклиматических коэффициентов для расчета элементов режима орошения. *Аграрная наука сельскому хозяйству: материалы VII Междунар. конф., Барнаул, 2–3 февр. 2012 г.* Барнаул: Изд-во АГАУ, 2012;(2):296–297.
6. Ягудин Н.В. Оперативное планирование эксплуатационных режимов орошения при использовании широкозахватных дождевальных машин. М., 1987. 20 с.
7. Лихачевич А.П., Стельмах Е.А. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в гумидной зоне (на примере Беларуси, Центрального и Волго-Вятского регионов Российской Федерации). Минск: ООО «Белпринт», 2002. 212 с.
8. Белясов В.И. Водопотребление и режим орошения суходольных культурных пастбищ в условиях Северо-Восточной части БССР. Минск, 1981. 22 с.
9. Лихачевич А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур. Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности. Минск: Бел. наука. 2005. 278 с.
10. Беляева Т.В., В.Б. Местечкин Опыт математического моделирования водопотребления в орошаемом земледелии. М.: ВНИИТЭИСХ, 1983. 72 с.
11. Волчек, А.А. Пространственно-временные колебания суммарного испарения на территории Беларуси. *Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология: Вестник БПИ. Брест.* 2000;(2):17–23.
12. Григоров М.С., Хохлов А.И. Расчет суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур для условий Поволжья. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1993;(4):32–33.
13. Циприс Д.Б., Евтушенко Э.Г. Расчет водопотребления по метеоданным. *Гидротехника и мелиорация*. 1980;(9):40–42.
14. ТКП 45–3.04–178–2009 Оросительные системы. Правила проектирования. Минск: Минстройархитектуры, 2010. 70 с.
15. Вихров В.И. Методологические принципы построения адаптивной корреляционной модели суточного водопотребления трав. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013;(2):110–115.
16. Лихачевич А.П., Голченко М.Г. Орошаемое плодовоовощеводство. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. 287 с.
17. Лихачевич А.П., Латушкина Г.В. Выбор показателя для оценки эффективности способов орошения сельскохозяйственных культур. *Мелиорация*. 2016;2(76):16–24.

References

1. Vikhrov V.I. Assessment of climatic norms of seasonal water consumption of irrigated crops. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2015;(2):140–143. (In Russ.)
2. Sudnitsyn I.I. The movement of soil moisture and water consumption of plants. Moscow: MSU Publishing House, 1979. 254 p. (In Russ.)
3. Golchenko M.G., Emelianenko D.A., Yalansky D.V. Methods and devices for improving operational management of operational modes of irrigation by sprinkling. *Land reclamation*. 2016;1(75):21–25. (In Russ.)
4. Mazhaysky Yu.A. et al. Intra-soil moisture exchange, water consumption and water availability of perennial cultivated herb stands: monograph. Ryazan: FGBOU VPO RGATU, 2013. 300 p. (In Russ.)
5. Brykina I.G. Determination of bioclimatic coefficients for calculating elements of the irrigation regime. *Agrarian science to agriculture: proceedings of the VII International Conference, Barnaul, February 2–3, 2012.* Barnaul: ASAU Publishing House, 2012;(2):296–297. (In Russ.)
6. Yagudin N.V. Operational planning of operational modes of irrigation when using wide-span sprinklers. M., 1987. 20 p. (In Russ.)
7. Likhatchevich A.P., Stelmakh E.A. Assessment of factors forming unstable moisture supply of agricultural crops in the humid zone (on the example of Belarus, the Central and Volga-Vyatka regions of the Russian Federation). Minsk: LLC "Belprint", 2002. 212 p. (In Russ.)
8. Belyasov V. I. Water consumption and irrigation regime of dry-land cultural pastures in the conditions of the North-Eastern part of the BSSR. Minsk, 1981. 22 p. (In Russ.)
9. Likhatchevich, A.P. Sprinkling of agricultural crops. Fundamentals of the regime with unstable natural moisture supply. Minsk: Bel. nauka. 2005. 278 p. (In Russ.)
10. Belyaeva T.V., Mestechkin V.B. Experience of mathematical modeling of water consumption in irrigated agriculture. Moscow: VNIITEISH, 1983. 72 p. (In Russ.)
11. Volchek, A.A. Space-time fluctuations of total evaporation on the territory of Belarus. *Water management construction, heat power engineering, ecology: Bulletin of the BPI. Brest.* 2000;(2):17–23. (In Russ.)
12. Grigorov M.S., Khokhlov A.I. Calculation of total water consumption of agricultural crops for the conditions of the Volga region. *Land reclamation and water management*. 1993;(4):32–33. (In Russ.)
13. Tsipris D.B., Yevtushenko E.G. Calculation of water consumption based on meteorological data. *Hydraulic engineering and land reclamation*. 1980;(9):40–42. (In Russ.)
14. TKP 45-3.04-178-2009 Irrigation systems. Design rules. Minsk: Minstroiarhitektury, 2010. 70 p. (In Russ.)
15. Vikhrov V.I. Methodological principles of constructing an adaptive correlation model of daily water consumption of herbs. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2013;(2):110–115. (In Russ.)
16. Likhatchevich A.P., Golchenko M.G. Irrigated fruit and vegetable growing. Minsk: IVC of the Ministry of Finance, 2017. 287 p. (In Russ.)
17. Likhatchevich A.P., Latushina G.V. The choice of indicator for evaluating the efficiency of irrigation method in agriculture. *Land Reclamation*. 2016;2(76):16–24. (In Russ.)