Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(30), 2018 г., [61–77]

УДК 631.674.6:633.15

И. В. Батищев, Е. Н. Лунева
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

РАСЧЕТ ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ КАПЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ПОЛИВА

Цель исследований – расчет оросительной нормы кукурузы на зерно при капельном орошении (на примере Семикаракорского района Ростовской области). При проведении исследований использованы методические подходы О. Е. Ясониди, В. С. Мезенцева, А. И. Голованова, Г. А. Сенчукова. Выполнен краткий обзор достоинств и опыта применения капельного орошения в ряде стран мира. Выбрана оптимальная схема посева растений, установлены расстояния между капельницами и между поливными трубопроводами, рассчитано общее количество капельниц на участке орошения с учетом площади увлажнения и площади питания растений. Для определения проектной оросительной нормы кукурузы на зерно при капельном орошении в условиях Семикаракорского района Ростовской области выполнены следующие расчеты: эвапотранспирации зерновой кукурузы с учетом биоклиматических коэффициентов и количества атмосферных осадков, испарения в зоне естественного увлажнения и испаряемости, почвенных влагозапасов на дату начала и конца вегетационного периода, влагозапасов в расчетном слое увлажняемой и неувлажняемой зоны площади питания, дефицита водопотребления в расчете на одно растение и на гектар. Получены расчетные значения модульных коэффициентов заданного уровня обеспеченности: для влажного, средневлажного, среднесухого и крайне сухого года. Расчет всех основных параметров выполнен для условий среднего и крайне сухого года по степени тепловлагообеспеченности. Установлено, что при возделывании кукурузы на зерно в почвенно-климатических условиях Семикаракорского района Ростовской области растения начинают испытывать дефицит водопотребления со 2-й декады июня, дефицит достигает максимума в 3-й декаде июля: 225 кубических метров на гектар в средний год и 378 кубических метров на гектар в крайне сухой год. Капельное орошение кукурузы на зерно позволяет снизить расход оросительной воды на 49–58 %, что обеспечивает ее значительную экономию в условиях ее дефицита.

Ключевые слова: капельное орошение, кукуруза на зерно, тепловлагообеспеченность, дефицит водопотребления, оросительная норма.

I. V. Batischev, E. N. Luneva
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

CALCULATION OF GRAIN MAIZE IRRIGATION RATE UNDER DRIP IRRIGATION

The purpose of the research is the calculation of the grain maize irrigation rate during drip irrigation (by the example of Semikarakorsk district of Rostov region). While carrying out the research, the methodological approaches by O. E. Yasonidi, V. S. Mezentsev, A. I. Golovanov, G. A. Senchukov were used. A brief review of advantages and experience of drip irrigation application in a number of countries of the world is made. The optimal scheme

of crop sowing was chosen, distances between emitters and between drip laterals were specified, the total number of emitters on the irrigation area with regard for the watering area and plants' nutrition area were calculated. To determine the design irrigation rate of grain maize under drip irrigation under the conditions of Semikarakorsk district of Rostov region the following calculations were done: evapotranspiration of grain maize based on bioclimatic coefficients and rainfall, evaporation in the zone of natural moisture and evaporation, stored soil moisture as of the date of the beginning and end of the vegetation period, the moisture content in the calculated layer of moistured and non-moistured zone of nutrition area, shortage of water consumption per plant and per hectare. The calculated values of modular coefficients of the set level of availability were obtained: for wet, medium-wet, medium-dry and extremely dry years. The calculation of all main parameters was completed for the conditions of the middle and extremely dry years by the degree of heat and moisture supply. It has been found that by maize cultivation under the soil and climatic conditions of Semikarakorsk district Rostov region the plants begin to suffer from a deficit of water consumption from the second decade of June, reaching a maximum in the third decade of July: 225 m cubic per ha in the mean year and 378 m cubic per ha in a very dry year. Drip irrigation of grain maize makes it possible to reduce the irrigation water consumption by 49–58 %, which ensures its considerable saving under conditions of its deficit.

Key words: drip irrigation, grain maize, heat and moisture supply, water consumption deficit, irrigation rate.

Введение. Кукуруза – универсальная сельскохозяйственная зернофуражная культура. По своим кормовым качествам и универсальности использования кукуруза превосходит абсолютно все зерновые культуры. Даже с учетом уступок пшенице по посевной площади кукуруза среди зерновых культур по праву занимает первое место по валовому сбору зерна.

В сравнении с показателями других стран мира урожайность кукурузы в России является низкой. Средняя урожайность за 5 лет составила 41,9 ц/га, а в странах Ближнего Востока, где активно используется технология капельного полива, она в 5–7 раз выше, чем в России [1].

В последнее время особую актуальность приобретают вопросы совершенствования технологии полива и режима орошения в зависимости от степени природной увлажненности территории и в различные по влагообеспеченности годы для получения гарантированных проектных урожаев.

В условиях дефицита оросительной воды в зоне недостаточного увлажнения оптимальным является применение малообъемных технологий локального орошения сельскохозяйственных культур. К таким технологи-

ям относится капельное орошение, предусматривающее подачу оросительной воды в корневую зону растений каплями.

Первые системы капельного орошения были построены в Англии, Австралии, Израиле, США. В бывшем Советском Союзе к началу 1980 г. системы капельного орошения были построены на площади около 3 тыс. га. В настоящее время наблюдается интенсивное развитие технологий капельного полива сельскохозяйственных культур в России, на Украине, в Республике Бангладеш и других странах мира [2–6].

Достоинства. При капельном орошении вода из источника практически без потерь доставляется к растению. При этом вода поступает непосредственно в корневую систему и обеспечивает увлажнение только того объема почвенного слоя, где сосредоточено наибольшее количество корней растения, создавая растениям оптимальные условия для их роста, развития и плодоношения [7, 8]. При капельном орошении обеспечивается экологическая стабильность участка орошения, достигается экономия водных ресурсов, снижается испарение влаги с поверхности земли и исключается водная эрозия почвы. Капельное орошение предохраняет почву от вторичного засоления пахотного горизонта при близком залегании минерализованных грунтовых вод, сохраняя ее плодородие. Источниками для капельного орошения могут служить различные водные объекты (водоемы, водотоки и подземные воды) с небольшим дебитом. Поэтому с позиции рационального использования остродефицитных водных ресурсов системы капельного орошения являются одним из альтернативных вариантов оросительных систем будущего.

Примером эффективной работы системы орошения является возделывание кукурузы в ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области, где при помощи капельного орошения худшие земли заставили работать вчетверо эффективнее лучших. Затраты на возделывание кукурузы составили 80 тыс. руб./га, а доход 180 тыс. руб./га. Поливной сезон

2017 г. четвертый для ООО «Рассвет». Площадь под капельным орошением расширена в хозяйстве уже до 1400 га. Для такого участка потребовалось 1000 км одной только ленты, которая используется лишь один год. Затраты окупаются. Последние три года показали, что меньше 150 ц/га кукурузы при капельном поливе в хозяйстве не получали. И такая урожайность гарантирует высокую доходность, сопоставимую с доходностью овощного гектара (рисунок 1) [9].

Рисунок 1 – Капельный полив кукурузы [9]

В Израиле при капельном поливе кукуруза увеличила урожайность на 72 % (средняя урожайность 14,5 т/га). При капельном поливе стабильно получают 25 т/га [10].

Материалы и методы. В связи с вышеизложенным цель исследований – расчет оросительной нормы кукурузы на зерно при капельном орошении (на примере Семикаракорского района Ростовской области).

При проведении исследований использованы методические подходы О. Е. Ясониди (1979, 1984), В. С. Мезенцева (1993), А. И. Голованова (1996) и Г. А. Сенчукова (2001) [11–15].

Участок проектирования площадью 60 га находится в Семикаракорском районе Ростовской области. Этот район входит в подрайон IIбБ засуш-

ливой подзоны Ростовской области [16]. Климат территории резко континентальный, сухой, характерный для степной зоны юга России. Гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 0,7–0,8, коэффициент увлажнения – 0,44. Среднемноголетнее испарение за год равно 960 мм, за вегетационный период 600–700 мм. Общее среднемноголетнее количество осадков – 400–450 мм, из которых сумма осадков за теплый период – 200–250 мм.

Лето жаркое. Сумма температур воздуха за период с температурой выше 10 °С составляет 3200–3400 °С, средняя температура июля 22–23 °С. Продолжительность безморозного периода 165–175 дней. Радиационный баланс равен 2666 МДж/(м^2·год). Территория района подвержена действию частых суховеев, с апреля по октябрь наблюдается 85–90 дней с суховеями. Отмечаются пыльные бури (до 2,5 дней).

Рельеф участка слабоволнистый, максимальная отметка поверхности земли 50,0 м, минимальная – 40,5 м, величина уклона составляет 0,017.

Почвы орошаемого участка представлены черноземами обыкновенными карбонатными среднесуглинистыми. Водно-физические свойства почвы представлены следующими показателями: плотность сложения почвы в слое 0–60 см 1,3 т/м^3, наименьшая влагоемкость (НВ) 27,6 % от массы сухой почвы, влажность завядания 13,5–14,0 %, порозность 50–52 % [17].

Основные фазы роста и развития кукурузы: посев, всходы, 8–10 настоящих листьев, выметывание, молочно-восковая спелость, полная спелость. Наибольшее количество воды кукуруза расходует в течение 30-дневного критического периода, начинающегося примерно за 10 дней до выметывания. Недостаток влаги в почве в этот период вызывает увядание растений, снижение активности фотосинтеза, преждевременное подсыхание листьев, нарушение процессов формирования зерна. Недостаточная влажность почвы в более поздний период приводит к снижению урожая вследствие неполноценного налива зерна [18].

Результаты и обсуждение. При проектировании систем капельного орошения важно определить схему посева растений, что позволит установить расстояния между капельницами и между поливными трубопроводами [14, 15, 19]. Принимаем расстояние между капельницами 0,34 м. Количество капельниц на одно растение составляет 0,5, количество растений на 1 га – 85,0 тыс. шт. Расстояние между растениями в ряду L составляет 0,17 м, ширина междурядий a = 0,7 м.

Глубина увлажнения зависит от глубины распределения основной массы корневой системы, которая, по многочисленным данным, располагается в слое почвы 0,6 м. По длине поливного трубопровода капельницы располагаются равномерно через два растения. Расстояние между поливными трубопроводами B составляет 0,7 м (рисунок 2).

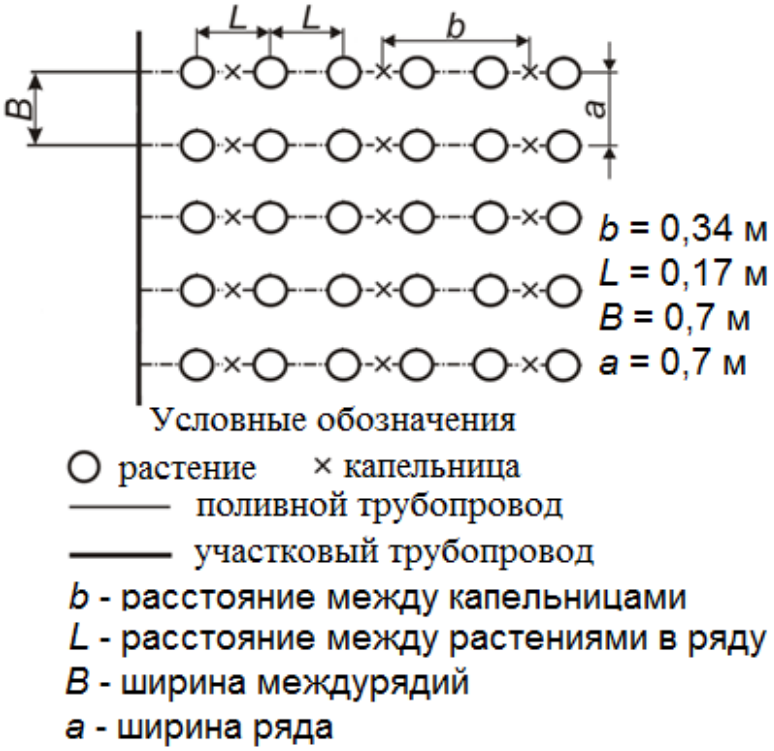

Рисунок 2 – Схема посева кукурузы и точки водоподачи

Влажность почвы в формируемых капельницами контурах увлажнения рекомендуется поддерживать на уровне 75–100 % НВ.

Оросительная норма (нетто) кукурузы на зерно за вегетационный период определяется по дефициту водопотребления, мм:

$$N_{\text{ор}} = \sum \Delta d_{\text{в/пот}}, \quad (1)$$

где $\Delta d_{\text{в/пот}}$ – дефицит водопотребления кукурузы на зерно за декадные расчетные периоды времени, мм.

Определение дефицита водопотребления кукурузы на зерно при реализации технологии капельного орошения имеет свои особенности, так как не вся площадь питания растений увлажняется [12, 14, 15]. Площадь питания растений составляет 0,12 м^2, площадь увлажнения 0,06 м^2.

Дефицит водопотребления кукурузы на зерно можно определить как разность между потребными $W_{\text{пот}}$ и наличными $W_{\text{нал}}$ ресурсами увлажнения (влаги в почвенном слое).

Потребные влагоресурсы можно определить по зависимости, м [20]:

$$W_{\text{пот}} = ET_0 \cdot S_{\text{увл}} + ET \cdot (S_{\text{пит}} - S_{\text{увл}}), \quad (2)$$

где ET_0 – эвапотранспирация (суммарное водопотребление), м;

$S_{\text{увл}}$ – площадь увлажнения, м^2;

ET – суммарное испарение в естественных условиях увлажнения, м;

$S_{\text{пит}}$ – площадь питания, м^2.

Наличные влагоресурсы можно определить по зависимости, м:

$$W_{\text{нал}} = h_{\text{осад}} \cdot S_{\text{пит}} + \Delta h_{\text{увл}} \cdot S_{\text{увл}} + \Delta h_{\text{н/увл}} (S_{\text{пит}} - S_{\text{увл}}),$$

где $h_{\text{осад}}$ – эффективные атмосферные осадки, м;

$\Delta h_{\text{увл}}$ – использование почвенных влагозапасов из расчетного слоя увлажняемой зоны, м;

$\Delta h_{\text{н/увл}}$ – использование почвенных влагозапасов из расчетного слоя неувлажняемой зоны площади питания, м.

Выразим отношение площади увлажнения ($S_{\text{увл}}$) к площади питания ($S_{\text{пит}}$) сельскохозяйственных растений через параметр $k_{\text{к}}$, тогда $S_{\text{пит}} = S_{\text{увл}} / k_{\text{к}}$, м^2. С учетом этого дефицит водопотребления сельскохозяй-

ственной культуры при капельном орошении ($\Delta d_{\text{в/пот}(t)}$) можно установить по зависимости:

$$\Delta d_{\text{в/пот}(t)} = S_{\text{увл}}\left[ET_0 + ET\left(\frac{1}{k_{\text{к}}} - 1\right) - \frac{h_{\text{осад}}}{k_{\text{к}}} - \Delta h_{\text{увл}} - \Delta h_{\text{н/увл}}\left(\frac{1}{k_{\text{к}}} - 1\right)\right].$$

Величину эвапотранспирации за расчетный интервал времени можно определить из соотношения, м^3/га:

$$ET_0 = k_{\text{б}} \cdot E_0,$$

где $k_{\text{б}}$ – биоклиматический коэффициент водопотребления, определяемый по результатам научных исследований [19];

E_0 – испаряемость, м^3/га.

Примерные значения биоклиматических коэффициентов водопотребления различных видов сельскохозяйственных культур для расчета поливного режима по испаряемости приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Осредненные биоклиматические коэффициенты кукурузы на зерно

Сумма среднесуточных температур воздуха от всходов, °С	Биоклиматический коэффициент	Сумма среднесуточных температур воздуха от всходов, °С	Биоклиматический коэффициент
0–200	0,46	1800–2000	1,62
200–400	0,54	2000–2200	1,51
400–600	0,69	2200–2400	1,26
600–800	0,87	2400–2600	0,95
800–1000	1,08	2600–2800	0,72
1000–1200	1,23	2800–3000	0,64
1200–1400	1,44	3000–3200	0,64
1400–1600	1,58	3200–3400	0,49
1600–1800	1,64	3400–3600	0,49

Испаряемость за декаду определяется по Н. Н. Иванову, мм:

$$E_0 = 0{,}0006\left(25 + T^0_{\text{возд}}\right)^2\left(100 - \upsilon_{\text{отн}}\right),$$

где $T^0_{\text{возд}}$ – среднедекадная суточная температура воздуха, °С;

$\upsilon_{\text{отн}}$ – среднедекадная относительная влажность воздуха, %.

При расчете дефицитов водопотребления объем осадков принимается по данным наблюдений ближайшей метеостанции. Значения активных

почвенных влагозапасов принимаются по материалам агрометеорологических станций или по результатам научных исследований. Испарение в естественных условиях и использование почвенных влагозапасов для неувлажненной зоны питания рассчитывается по методике профессора В. С. Мезенцева [13].

Почвенные влагозапасы метрового почвенного слоя (на начало расчета V_1) принимаются равными наименьшей влагоемкости в относительных единицах.

Средние влагозапасы за период вегетации сельскохозяйственной культуры по отношению к наименьшей влагоемкости определяются по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \sqrt[r]{\left(h_{\text{осад}} \cdot W_{\text{НВ}}^{-1} + V_1\right) \cdot \left(E_0 \cdot W_{\text{НВ}}^{-1} + V_1^{1-r}\right)^{-1}},$$

где r – параметр, характеризующий водно-физические свойства почвы, принимается по рекомендациям Г. А. Сенчукова, для метеостанции Семикаракорск r = 2,1 [15, 20];

$h_{\text{осад}}$ – эффективные атмосферные осадки, мм;

$W_{\text{НВ}}$ – почвенные влагозапасы в расчетном слое почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, мм;

V_1 – почвенные влагозапасы на начало расчетного периода в относительных единицах;

E_0 – величина испаряемости, мм.

Почвенные влагозапасы на конец расчетного временного периода (V_2) устанавливают по нижеприведенной формуле:

$$V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{V_{\text{ср}}}{V_1}\right)^r,$$

где $V_{\text{ср}}$ – средние влагозапасы за расчетный период вегетации по отношению к наименьшей влагоемкости, в относительных единицах.

Использование почвенных влагозапасов из расчетного слоя увлажняемой зоны обусловливается разностью почвенных влагозапасов, соответствующих верхнему уровню увлажнения (обычно на уровне наименьшей влагоемкости) и нижнему уровню увлажнения (принятому равным 75 % от наименьшей влагоемкости). Таким образом, величину $\Delta h_{\text{увл}}$ находят по зависимости, м:

$$\Delta h_{\text{увл}} = 0,25 \cdot W_{\text{НВ}} \cdot 10^{-3}.$$

Величина $\Delta h_{\text{увл}}$ распределяется в течение всего вегетационного периода обратно пропорционально осадкам или равными значениями.

Использование почвенных влагозапасов из расчетного слоя неувлажняемой зоны площади питания можно определить по формуле, м:

$$\Delta h_{\text{н/увл}} = W_{\text{НВ}} \cdot \left(V_1 - V_2\right).$$

Испарение за расчетный период из зоны естественного увлажнения устанавливается по формуле, мм:

$$ET = E_0 \cdot \left(1 + V_{\text{ср}}^{-rn}\right)^{-\frac{1}{n}},$$

где n – параметр, определяемый условиями стокообразования, принимается по рекомендациям Г. А. Сенчукова [21].

Используя формулу (1), рассчитываем дефициты водопотребления за внутригодовые периоды, суммируя их за вегетационный период заданной культуры, получаем значения оросительной нормы для среднемноголетних условий, т. е. для 50 % обеспеченности – $N_{\text{ор,нт}_{50}}$. Для установления оросительной нормы для года P % обеспеченности используется зависимость, м^3/га:

$$N_{\text{ор,нт}_{P\%}} = N_{\text{ор,нт}_{50}} \cdot k_{P\%},$$

где $k_{P\%}$ – модульный коэффициент заданного уровня обеспеченности.

Для Семикаракорского района расчетные значения модульного коэффициента $k_{P\%}$ составят:

- для крайне сухого года (P = 5 %) $k_{P\%}$ = 1,68;

- для среднесухого года (P = 25 %) $k_{P\%}$ = 1,29;

- для средневлажного года (P = 75 %) $k_{P\%}$ = 0,72;

- для влажного года (P = 95 %) $k_{P\%}$ = 0,24.

Модульный коэффициент для 5 % обеспеченности при коэффициентах вариации $C_s = 0$ и $C_v = 0{,}42$ определяется по формуле:

$$k_{P\%} = 1 - \beta C_v \left(2P - 1\right),$$

где β – поправочный коэффициент, обусловленный несоответствием между уравнением прямой и теоретической кривой обеспеченности. Его значения составляют: при P = 5 % β = 1,80, при P = 25 % β = 1,40;

P – процент обеспеченности оросительной нормы в долях от единицы.

$$k_{5\%} = 1 - 1{,}8 \cdot 0{,}42 \cdot \left(2 \cdot 0{,}05 - 1\right) = 1{,}68.$$

Согласно методу фиктивного года, с использованием среднемноголетних значений метеорологических факторов рассчитываются дефициты водопотребления за внутригодовые периоды, которые суммируются за вегетационный период (с 01.05 по 30.08), определяется значение оросительной нормы для среднемноголетних условий, т. е. для года 50 % обеспеченности: $N_{\text{ор,нт}_{50}}$ = 0,011 м^3/1 растение, или 933 м^3/га (таблица 2).

С целью установления оросительной нормы для года 5 % обеспеченности (крайне сухого года) можно воспользоваться зависимостью (2) (результаты расчетов представлены в таблице 3):

$N_{\text{ор,нт}_{5\%}} = N_{\text{ор,нт}_{50}} \cdot 1{,}68 = 0{,}11 \cdot 1{,}68 = 0{,}0184$ м^3/1 растение, или 1568 м^3/га.

Нормы орошения при поливе дождеванием в зоне проектирования составляют для среднего года по влагообеспеченности 1830 м^3/га, а для крайне сухого года 3750 м^3/га [15], что почти вдвое превышает расчетные нормы при капельном поливе (933 и 1568 м^3/га соответственно).

Таблица 2 – Расчет дефицита водопотребления и оросительной нормы кукурузы на зерно для среднемноголетних условий при капельном орошении (метеостанция Семикаракорск; почвы – черноземы обыкновенные среднесуглинистые; H = 0,6 м; $W_{НВ}$ = 154 мм; r = 2,1; n = 3,4; схема посева 0,7 × 0,17 м; $S_{пит}$ = 0,12 м^2; $S_{увл}$ = 0,06 м^2; $k_к$ = 0,5)

Месяц	Декада	Осадки, м	Биоклиматический коэффициент $k_б$	Эвапотранспирация ET_0, м	Испарение из зоны естественного увлажнения ET, м	Испаряемость E_0, м	Почвенные влагозапасы на начало расчетного периода V_1	Почвенные влагозапасы на конец расчетного периода V_2	Почвенные влагозапасы из расчетного слоя неувлажняемой зоны площади питания, м	Почвенные влагозапасы из расчетного слоя увлажняемой зоны, м	Дефицит водопотребления $\Delta d_{в/пот}$, м^3/1 растение		Дефицит водопотребления $\Delta d_{в/пот}$, м^3/га	
											за декаду	от начала вегетации нарастающим итогом	за декаду	от начала вегетации нарастающим итогом
Май	1	0,012	0,46	0,01684	0,02548	0,0366	1,00	0,771	0,028198	0,0308	–0,0010	0	–84,92	0
	2	0,012	0,54	0,02273	0,01867	0,0421	0,771	0,613	0,019375	0,0308	–0,0005	0	–42,39	0
	3	0,013	0,54	0,02408	0,01312	0,0446	0,613	0,506	0,013170	0,0308	–0,0004	0	–34,37	0
Июнь	1	0,014	0,87	0,04159	0,01018	0,0478	0,506	0,451	0,010182	0,0463	–0,0003	0	–23,94	0
	2	0,016	1,08	0,05432	0,08487	0,0503	0,451	0,405	0,008477	0,0463	0,0005	0,0005	41,07	41
	3	0,015	1,23	0,06802	0,07471	0,0553	0,405	0,365	0,007459	0,0463	0,0013	0,0018	110,93	152
Июль	1	0,013	1,44	0,08467	0,06563	0,0588	0,365	0,338	0,006552	0,0615	0,0014	0,0032	118,11	270
	2	0,013	1,58	0,09970	0,06013	0,0631	0,338	0,314	0,006001	0,0615	0,0023	0,0055	194,74	465
	3	0,012	1,64	0,10562	0,05268	0,0644	0,314	0,293	0,005256	0,0615	0,0026	0,0081	224,93	690
Август	1	0,012	1,51	0,09468	0,04453	0,0627	0,293	0,275	0,004442	0,0615	0,0020	0,0101	169,14	859
	2	0,012	1,26	0,07610	0,03777	0,0604	0,275	0,259	0,003765	0,0615	0,0009	0,0110	74,42	**933**
	3	0,012	0,95	0,05206	0,03063	0,0548	0,259	0,247	0,003051	0,0615	–0,0006	0	–48,21	0

Таблица 3 – Расчет дефицита водопотребления и оросительной нормы кукурузы на зерно для условий крайне сухого года при капельном орошении (метеостанция Семикаракорск; почвы – черноземы обыкновенные среднесуглинистые; H = 0,6 м; $W_{НВ}$ = 154 мм; r = 2,1; n = 3,4; схема посева 0,7 × 0,17 м; $S_{пит}$ = 0,12 м^2; $S_{увл}$ = 0,06 м^2; $k_к$ = 0,5)

Месяц	Декада	Осадки, м	Биоклиматический коэффициент $k_б$	Эвапотранспирация ET_0, м	Испарение из зоны естественного увлажнения ET, м	Испаряемость E_0, м	Почвенные влагозапасы на начало расчетного периода V_1	Почвенные влагозапасы на конец расчетного периода V_2	Почвенные влагозапасы из расчетного слоя неувлажняемой зоны площади питания, м	Почвенные влагозапасы из расчетного слоя увлажняемой зоны, м	Дефицит водопотребления $\Delta d_{в/пот}$, м^3/1 растение		Дефицит водопотребления $\Delta d_{в/пот}$, м^3/га	
											за декаду	от начала вегетации нарастающим итогом	за декаду	от начала вегетации нарастающим итогом
Май	1	0,0045	0,46	0,0259	0,0359	0,0563	1	0,686	0,038619	0,0308	–0,0017	0	–142,67	0
	2	0	0,54	0,0361	0,0221	0,0668	0,686	0,505	0,022281	0,0308	–0,0008	0	–72,13	0
	3	0,0492	0,54	0,0321	0,0115	0,0594	0,505	0,412	0,011478	0,0308	–0,0007	0	–57,75	0
Июнь	1	0	0,87	0,0708	0,0108	0,0814	0,412	0,353	0,010823	0,0463	–0,0005	0	–40,22	0
	2	0	1,08	0,0801	0,0074	0,0742	0,353	0,313	0,007391	0,0463	0,0008	0,0008	68,99	69
	3	0,0116	1,23	0,1026	0,0065	0,0834	0,313	0,278	0,006457	0,0463	0,0022	0,0030	186,37	255
Июль	1	0,0271	1,44	0,0789	0,0035	0,0548	0,278	0,264	0,003513	0,0615	0,0023	0,0053	198,42	454
	2	0,0037	1,58	0,0885	0,0032	0,056	0,264	0,251	0,003240	0,0615	0,0038	0,0092	327,16	781
	3	0,0502	1,64	0,0945	0,0029	0,0576	0,251	0,239	0,002953	0,0615	0,0044	0,0136	377,88	1159
Август	1	0,0074	1,51	0,0936	0,0029	0,062	0,239	0,227	0,002904	0,0615	0,0033	0,0170	284,16	1443
	2	0,0009	1,26	0,0679	0,0023	0,0539	0,227	0,218	0,002294	0,0615	0,0015	0,0184	125,02	**1568**
	3	0	0,95	0,0628	0,0026	0,0661	0,218	0,207	0,002559	0,0615	–0,0010	0	–80,99	0

Выводы. Установлено, что при возделывании кукурузы на зерно в почвенно-климатических условиях Семикаракорского района Ростовской области растения начинают испытывать дефицит водопотребления со 2-й декады июня, дефицит достигает максимума в 3-й декаде июля (225 м^3/га в средний год и 378 м^3/га в крайне сухой год).

Величина оросительной нормы кукурузы при капельном орошении в средний год по степени обеспеченности осадками составляет 933 м^3/га, в крайне сухой год – 1568 м^3/га.

Капельное орошение кукурузы на зерно позволяет снизить расход оросительной воды почти вдвое как в средний по влагообеспеченности год, так и в крайне сухой, что обеспечивает значительную экономию оросительной воды в условиях ее дефицита.

Список использованных источников

1 Обзор рынка зерновой кукурузы в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https:openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-zernovoy-kukuruzy-v-rossii/, 2018.

2 Кукуруза на капельном орошении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:irrigation.com.ua/archives/611, 2018.

3 Возделывание кукурузы на орошении [Электронный ресурс] // Новое сельское хозяйство. – 2016, июль. – Режим доступа: http:nsh.ru/aktualno/delo-v-dozhde/, 2018.

4 Кукуруза на капельном поливе – технология «не для всех» [Электронный ресурс] // Агроном. – 2018, 22 янв. – Режим доступа: https:agronom.com.ua/kukuruza-na-kapelnom-polyve-tehnologyya-ne-dlya-vseh/, 2018.

5 Effect of Low Cost Drip Tape Irrigation System on Yield and Economics of Sweet Corn [Electronic resource] // Bangladesh Agronomy Journal. – 2016. – Vol. 19, № 2. – P. 71–77. – Mode of access: https:banglajol.info/index.php/BAJ/article/view/31855, 2018.

6 Воеводина, Л. А. Особенности капельного орошения на черноземах Ростовской области / Л. А. Воеводина // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 107–111.

7 Бородычёв, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычёв. – Волгоград: Радуга, 2010. – 241 с.

8 Ясониди, О. Е. Капельное орошение на Северном Кавказе / О. Е. Ясониди. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1987. – 73 с.

9 Как получить прибыль 100 тыс./га с помощью орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:agrobook.ru/blog/user/admin/kak-poluchit-pribyl-100-tysga-s-pomoshchyu-orosheniya, 2018.

10 Капельное орошение кукурузы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:alecon.co.il/article/kapelnoe-oroshenie-kukuruzy.html, 2018.

11 Ясониди, О. Е. Методика расчета водного баланса и поливного режима при капельном орошении / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: НИМИ, 1979. – 9 с.

12 Ясониди, О. Е. Проектирование систем капельного орошения: учеб. пособие / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: НИМИ, 1984. – 101 с.

13 Мезенцев, В. С. Гидролого-климатические основы проектирования гидромелиораций: учеб. пособие / В. С. Мезенцев. – Омск: Изд-во Омского СХИ, 1993. – 127 с.

14 Голованов, А. И. Основы капельного орошения (теория и примеры расчетов) / А. И. Голованов, Е. В. Кузнецов. – Краснодар: КГАУ, 1996. – 96 с.

15 Сенчуков, Г. А. Капельное орошение: учеб. пособие / Г. А. Сенчуков, И. В. Новикова; НГМА. – Новочеркасск, 2013. – 59 с.

16 Агроклиматические ресурсы Ростовской области / З. М. Русеева [и др.]. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 250 с.

17 Полуэктов, Е. В. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области: монография / Е. В. Полуэктов, Е. М. Цвылев; НГМА. – Новочеркасск: УПЦ «НАБЛА» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – 355 с.

18 Льгов, Г. К. Водопотребление и режим орошения кукурузы / Г. К. Льгов // Труды Горского СХИ. – 1974. – № 36. – С. 33–36.

19 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

20 Новикова, И. В. Нормирование водопотребности сельскохозяйственных культур: метод. указания / И. В. Новикова, И. В. Гурина; НИМИ Донского ГАУ. – Новочеркасск, 2017. – 50 с.

21 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель / Г. А. Сенчуков. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 276 с.

References

1 *Obzor rynka zernovoy kukuruzy v Rossii* [The Review of Corn Market in Russia] [Electronic resource]. Available: https:openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-zernovoy-kukuruzy-v-rossii/, 2018. (In Russian).

2 *Kukuruza na kapel'nom oroshenii* [Corn by Drip Irrigation] [Electronic resource]. Available: http:irrigation.com.ua/archives/611, 2018. (In Russian).

3 *Vozdelyvanie kukuruzy na oroshenii* [Corn Cultivation by Irrigation] [Electronic resource]. *Novoe sel'skoe khozyaystvo* [New Agriculture]. 2016, July. Available: http:nsh.ru/aktualno/delo-v-dozhde/, 2018. (In Russian).

4 *Kukuruza na kapel'nom oroshenii – tekhnologii "ne dlya vsekh"* [Corn by Drip Irrigation – Technology "not for everyone"] [Electronic resource]. *Agronom* [Agronomist]. 2018, January 22. Available: https:agronom.com.ua/kukuruza-na-kapelnom-polyve-tehnologyya-ne-dlya-vseh/, 2018. (In Russian).

5 Effect of Low Cost Drug Tape Irrigation System on the Yield and Economics of the Sweet Corn [Electronic resource]. Bangladesh Agronomy Journal. 2016, vol. 19, no. 2, pp. 71-77. Available: https:banglajol.info/index.php/BAJ/article/view/31855, 2018. (In English).

6 Voevodina L.A., 2010. *Osobennosti kapel'nogo orosheniya na chernozemakh Rostovskoy oblasti* [Peculiarities of drip irrigation on the chernozems of Rostov Region]. *Vestnik agrarnoy nauki Dona* [Bullet. of the Agrarian Science of the Don], no. 4, pp. 107-111. (In Russian).

7 Borodychev V.V., 2010. *Sovremennye tekhnologii kapel'nogo orosheniya ovoshchnykh kul'tur* [Modern technologies of drip irrigation of vegetable crops]. Volgograd, Rainbow Publ., 241 p. (In Russian).

8 Yasonidi O.E., 1987. *Kapel'noe oroshenie na Severnom Kavkaze* [Drip Irrigation in the North Caucasus]. Rostov n/D., Rostov University Publ., 73 p. (In Russian).

9 *Kak poluchit' pribyl' 100 tys./ga s pomoshch'yu orosheniya* [How to profit 100 thousand/ha by irrigation] [Electronic resource]. Available: http:agrobook.ru/blog/user/admin/kak-poluchit-pribyl-100-tysga-s-pomoshchyu-orosheniya, 2018. (In Russian).

10 *Kapel'noe oroshenie kukuruzy* [Drip Irrigation of Maize] [Electronic resource]. Available: http:alecon.co.il/article/kapelnoe-oroshenie-kukuruzy.html, 2018. (In Russian).

11 Yasonidi O.E., 1979. *Metodika rascheta vodnogo balansa i polivnogo rezhima pri kapel'nom oroshenii* [The Procedure for Calculating the Water Balance and Irrigation Regime for Drip Irrigation]. Novocherkassk, NIMI Publ., 9 p. (In Russian).

12 Yasonidi O.E., 1984. *Proyektirovanie sistem kapel'nogo orosheniya: ucheb. posobie* [Designing Drip Irrigation Systems: Textbook]. Novocherkassk, NIMI Publ., 101 p. (In Russian).

13 Mezentsev V.S., 1993. *Gidrologo-klimaticheskie osnovy proyektirovaniya gidromelioratsiy: ucheb. posobie* [Hydrological and Climatic Principles of Hydrometeorological Design: Textbook]. Omsk, Omsk Agricultural Institute Publ., 127 p. (In Russian).

14 Golovanov A.I., Kuznetsov E.V., 1996. *Osnovy kapel'nogo orosheniya (teoriya i primery raschetov)* [Fundamentals of drip irrigation (theory and examples of calculations)]. Krasnodar, KSAU Publ., 96 p. (In Russian).

15 Senchukov G.A., Novikova I.V., 2013. *Kapel'noe oroshenie: ucheb. posobie* [Drip Irrigation: Textbook]. NGMA, Novocherkassk, 59 p. (In Russian).

16 Ruseeva Z.M. [and others], 1972. *Agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Agroclimatic Resources of Rostov Region]. Gidrometeoizdat Publ., 250 p. (In Russian).

17 Poluektov E.V., Tsyvylev E.M., 2008. *Pochvenno-zemel'nye resursy Rostovskoy oblasti: monografiya* [Soil and Land Resources of Rostov Region: monograph]. Novocherkassk, UPB “NABLA” YURSTU (NPI) Publ., 355 p. (In Russian).

18 Lgov G.K., 1974. *Vodopotreblenie i rezhim orosheniya kukuruzy* [Water Consumption and Irrigation Regime of Maize]. *Trudy Gorskogo SKHI* [Proceedings of Gorsky SRI], no. 36, pp. 33-36. (In Russian).

19 Shumakov B.B., 1999. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Oroshenie: spravochnik* [Land Reclamation and Water Management. Irrigation: the directory]. Moscow, Kolos Publ., 432 p. (In Russian).

20 Novikova I.V., Gurina I.V., 2017. *Normirovanie vodopotrebnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: metod. ukazaniya* [Rationing of Water Requirements for Crops: method. guid.]. NIMI Don State Agrarian University Publ., Novocherkassk, 50 p. (In Russian).

21 Senchukov G.A., 2001. *Landshaftno-ekologicheskie i organizatsionno-khozyaystvennye aspekty obosnovaniya vodnykh melioratsiy zemel'* [Landscape-ecological and organizational-economic aspects of the substantiation of water land reclamation]. Rostov n/D., SKNC VS Publ. 276 p. (In Russian).

Батищев Иван Владимирович
Должность: студент магистратуры
Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»
Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428
E-mail: nerbat@mail.ru

Batischev Ivan Vladimirovich
Position: master's student
Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University
Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428
E-mail: nerbat@mail.ru

Лунева Елена Николаевна
Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук
Ученое звание: доцент
Должность: доцент
Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»
Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428
E-mail: hizz90@yandex.ru

Luneva Elena Nikolaevna
Degree: Candidate of Agricultural Sciences
Title: Associate Professor
Position: Associate Professor
Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation
Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428
E-mail: hizz90@yandex.ru