

УДК 502/504:631.674

П.А. МИХЕЕВ, Н.А. ИВАНОВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова Донской ГАУ», г. Новочеркасск, Россия

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СОВРЕМЕННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

В 2013-2015 гг. проведены исследования по разработке и научному обоснованию режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови в связи с появлением на орошаемых землях Ростовской области современных дождевальных машин Valley и Reinke кругового и фронтального действия, с необходимостью их адаптации к условиям юга России. В результате установлено, что научно обоснованные режимы орошения обеспечивают прибавку урожайности сельскохозяйственных культур в засушливые вегетационные периоды в сравнении с производственными посевами от 7,7 до 19,9%, что является существенным показателем правильного орошения для дождевальных машин Valley и Reinke; оказывают влияние не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на технико-экономические показатели. Высокая прибыль на единицу площади и единицу оросительной воды получена при возделывании кукурузы на зерно на опытно-производственном участке, орошаемом дождевальными машинами Reinke, составив в среднем за три года соответственно 49,1 тыс. руб/га и 16,7 руб/м³; картофеля – 356,5 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³; лука – 395,8 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³; моркови – 324,7 тыс. руб/га и 61,9 руб/м³. Разработанные в результате исследований научно обоснованные режимы орошения внедрены в центральной орошаемой и южной зонах Ростовской области на площади 1357,8 га, обслуживаемой дождевальными машинами Valley и Reinke кругового и фронтального действия.

Орошение, режим орошения, дождевальные машины, сельскохозяйственные культуры, порог увлажнения, поливная норма, оросительная норма.

Введение. В настоящее время, с приходом на орошаемые земли Ростовской области современной дождевальной техники, возникла необходимость её адаптации к почвенно-климатическим условиям региона, что и явилось основанием для проведения научно-исследовательских работ в 2013-2015 гг., по результатам которых разработаны рекомендации по научно-обоснованным режимам орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови современными дождевальными машинами (ДМ) Valley и Reinke кругового и фронтального действия в условиях центральной орошаемой зоны Ростовской области [1].

Наибольшее распространение в области для орошения сельскохозяйственных

культур получили дождевальные машины производства компаний Valley и Reinke. Их количество в текущем году достигло 113 ед. из 179 ед. зарубежной дождевальной техники. Это позволило обосновать выбор дождевальных машин Valley и Reinke для проведения исследований по разработке и научному обоснованию режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови, так как эти дождевальные машины составляют более 60% от общего количества зарубежной дождевальной техники на орошаемых землях Ростовской области. Кроме того, дождевание с применением самоходных круговых и фронтальных машин является наиболее распространённым способом орошения в индустриальном сельском хозяйстве [2].

Вышеназванные дождевальные машины имеют такие достоинства [2], как:

- низкие затраты труда и применимость на больших площадях, практическая пригодность для орошения всех видов сельскохозяйственных культур;

- способность работать на склонах до 15%;

- сравнительное низкое давление на входе – 2,5...3,0 атм.;

- возможности внесения удобрений и средств защиты растений через систему орошения;

- хорошее качество дождя.

Данные машины применяются для орошения всевозможных видов площадей, так как имеют множество опций.

Цель и научная новизна исследований. Исследования проводились с целью разработки научно обоснованных рекомендаций по режимам орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой в условиях юга России.

Научная новизна заключается в комплексном подходе, включающем в себя инновационные мелиоративные мероприятия при разработке научно обоснованных режимов орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой.

Объекты и методика исследований. В Ростовской области выделяют 6 основных

природно-сельскохозяйственных зон, в которые входит и центральная орошаемая зона, представленная Волгодонским, Мартыновским, Пролетарским, Семикаракорским, Багаевским и Весёловским районами.

Сельхозпредприятия, которые являлись объектами-представителями для проведения исследований в 2013-2015 гг., расположены в центральной орошаемой зоне Ростовской области. При выборе объектов-представителей учитывались следующие показатели: местоположение в центральной орошаемой зоне; наличие необходимой дождевальной техники, а именно: Valley и Reinke кругового и фронтального действия; возделываемые культуры – кукуруза на зерно, картофель, лук, морковь; применение современных технологий возделывания; обеспеченность хозяйств сельхозтехникой и другими ресурсами.

Почвы опытных участков в ООО «Золотовское», КФХ «Юзефов Н.Н.», ООО «Исток-1» Семикаракорского района; ООО «Светлогорское» Багаевского района представлены обыкновенными чернозёмами [3, 4].

В целом на территории Ростовской области наблюдается значительная направленность распределения тепла и влаги, а также сильная изменчивость их в течение года и по годам. Метеоусловия, сложившиеся в вегетационные периоды 2013-2015 гг., представлены в таблице.

Таблица

Метеорологические показатели в сравнении со среднемноголетними данными, метеостанция Семикаракорск, 2013-2015 гг.

| Климатические показатели | Год | Месяц | | | | | | Среднее за вегетационный период |
|--|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|---------------------------------|
| | | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | 2013 | 12,1 | 21,1 | 23,0 | 24,3 | 24,6 | 14,9 | 20,0 |
| | 2014 | 9,7 | 19,1 | 20,8 | 24,4 | 25,0 | 17,4 | 19,4 |
| | 2015 | 9,8 | 16,2 | 23,0 | 24,4 | 24,3 | 21,2 | 20,0 |
| | Средние многолетние данные | 10,2 | 16,5 | 20,5 | 23,5 | 22,6 | 16,4 | 18,3 |
| Осадки, мм | 2013 | 10,5 | 1,5 | 36,0 | 29,7 | 34,4 | 98,8 | 210,9 |
| | 2014 | 33,0 | 37,0 | 45,0 | 41,0 | 0,5 | 21,0 | 177,5 |
| | 2015 | 52,0 | 71,0 | 34,0 | 21,0 | 20,0 | 7,0 | 205,0 |
| | Средние многолетние данные | 33,0 | 37,0 | 45,0 | 38,0 | 36,0 | 29,0 | 218,0 |
| Относительная влажность воздуха, % | 2013 | 63 | 54 | 53 | 48 | 50 | 77 | 58 |
| | 2014 | 66 | 65 | 57 | 48 | 46 | 54 | 56 |
| | 2015 | 65 | 67 | 59 | 51 | 38 | 49 | 55 |
| | Средние многолетние данные | 67 | 59 | 56 | 53 | 54 | 59 | 58 |

В целом вегетационные периоды в ходе исследований можно охарактеризовать как очень засушливые: в 2013 г. ГТК = 0,59; в 2014 г. ГТК = 0,50; в 2015 г. ГТК = 0,58.

Источниками орошения сельхозпредприятий являются Донской магистральный канал (ООО «Золотовское»), Багаевский канал (ООО СХП «Светлогорское»), Багаевско-Садковская оросительная система (КФХ «Юзефов Н.Н.»), Нижне-Донской канал (ООО «Исток-1»). Вода для орошения использовалась из Цимлянского водохранилища, минерализация её составила 0,4 г/л, рН = 7,33, что вполне пригодно для орошения [3].

Показатели наименьшей влагоёмкости в слое почвы 0...40 см составляли 28,9...29,7%, 0...50 см – 28,2...28,5%, 0-60 см – 28,1...28,4%. Плотность почвы в слое 0...40 см составляла 1,21...1,30 г/см³, 0-50 см – 1,23...1,32 г/см³, 0-60 см – 1,24...1,33 г/см³.

Результаты анализа водной вытяжки показали, что мелиоративное состояние опытно-производственных участков (ОПУ) является благополучным, содержание солей как в пахотных, так и в подпахотных горизонтах почвы – невысоким, почвы вполне пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур. Грунтовые воды находятся ниже 5...10 м и влияния на сельскохозяйственные культуры не оказывают.

Существуют несколько способов определения влажности почвы, но более точным и широко распространённым является термостатно-весовой метод. После посева (посадки) сельскохозяйственной культуры рекомендуется определить начальные запасы влаги в активном слое почвы, т.е. отобрать почву на влажность через каждые 10 см на глубину активного слоя почвы [4].

Определять влажность почвы следует в динамике перед поливом и через каждые сутки после него, а также после выпадения эффективных осадков более 5 мм. Сроки определения влажности почвы должны обеспечивать возможность расчёта сроков и норм полива. Наблюдение за динамикой влажности почвы следует проводить в период вегетации сельскохозяйственных культур.

На посевах картофеля влажность почвы следует поддерживать в расчётном слое 0...60 см на уровне 80...90% НВ, на посевах лука и моркови в слое 0...50 и 0...60 см соответственно влажность почвы рекомендуется поддерживать на уровне 80...90% НВ, на посевах кукурузы на зерно в расчётном слое 0...60 см – 75...90% [5].

Установление научно обоснованных режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови при поливах дождевальными машинами Reinke и Valley кругового и фронтального действия проводилось в соответствии с общепринятыми методиками [6, 7].

В начале вегетационного периода сельскохозяйственных культур рекомендуется рассчитать начальные влагозапасы по формуле (1):

$$W_n = 100 \cdot h \cdot a \cdot \beta_n, \quad (1)$$

где W_n – начальные влагозапасы в почве, м³/га; h – расчётный слой увлажнения почвы, м; a – плотность почвы в расчётном слое, г/см³; $\beta_{нв}$ – влажность почвы, равная наименьшей влагоёмкости, % от сухой массы почвы.

Зная запасы продуктивной влаги в почве, среднесуточную температуру воздуха, осадки в начале вегетационного периода, рассчитывается срок очередного полива. Испарение рассчитывается по методу водного баланса по следующей формуле:

$$E = (W_n - W_k) + 10P + K, \quad (2)$$

где $W_{нп}$, W_k – начальные и конечные влагозапасы в почве за расчётный период (7...10 дней), м³/га; R – сумма осадков за тот же период, м³/га; K – капиллярное подпитывание при близком (менее 3 м) залегании грунтовых вод, м³/га.

Величина капиллярного подпитывания ($K_{сум}$) определяется по формуле (3):

$$K_{сум} = K_{сп} \cdot E_{сут}, \quad (3)$$

где $K_{сп}$ – коэффициент использования грунтовых вод.

Конечные влагозапасы определяются по формуле (1) или из формулы (2) водного баланса:

$$W_k = W_n + 10P + K - E_{ср,сут}, \quad (4)$$

Как только суммарное испарение за сутки превысит запас продуктивной влаги, соответствующей влажности в активном слое почвы 80% НВ, назначается полив. Норма полива рассчитывается по формуле (5):

$$m = 100 \cdot h \cdot a \cdot (\beta_{нв} - \beta_{0,8НВ}), \quad (5)$$

где $\beta_{нв}$ – влажность, соответствующая наименьшей влагоёмкости в расчётном слое почвы; $\beta_{0,8НВ}$ – влажность, соответствующая предполивному порогу 80% НВ в активном слое почвы.

Результаты исследований. В период вегетации важное значение имеет правильное определение нижнего порога увлажнения, при достижении которого и рекомендуется очередной полив. Порог выражается в процентах от наименьшей влагоёмкости (НВ). В условиях засушливого вегетационного периода рекомендуется поддерживать предполивной порог влажности почвы для кукурузы в слое 0...60 см не ниже 70...75% НВ, картофеля – не ниже 80% НВ в слое 0...60 см, для лука – 80% НВ в слое 0...50 см, моркови летней посадки – не ниже 80...85% НВ в слое почвы 0...60 см [8, 9].

Поддержание заданных порогов влажности в активном слое почвы обеспечивается при орошении ДМ Reinke в засушливые вегетационные периоды (ГТК – 0,59) проведением на посевах кукурузы на зерно 7 вегетационных поливов поливной нормой от 240 до 500 м³/га. Оросительная норма составляет 3040 м³/га, при ГТК – 0,50-6 вегетационных поливов поливной нормой от 300 до 500 м³/га, оросительная норма – 2400 м³/га, при ГТК – 0,58-8 вегетационных поливов поливной нормой от 350 до 450 м³/га, оросительная норма – 3400 м³/га [10].

На посевах картофеля при поливах ДМ Valley и Reinke кругового и фронтального действия рекомендуется при ГТК 0,59 проводить от 9 до 16 поливов поливной нормой от 100 до 500 м³/га, оросительная норма составит 3160...5880 м³/га, при ГТК 0,50 – от 15 до 18 поливов поливной нормой от 150 до 500 м³/га, оросительная норма – 4300...5750 м³/га, при ГТК 0,58 – от 9 до 21 вегетационного полива поливной нормой от 100 до 400 м³/га, оросительной нормой – 2950...5660 м³/га.

На посевах лука под ДМ Valley кругового действия при ГТК 0,59 следует проводить 24 полива поливной нормой от 80 до 400 м³/га, оросительная норма составляет 5680 м³/га, при ГТК 0,50-23 вегетационных полива поливной нормой от 120 до 300 м³/га, оросительная норма – 5330, м³/га, при ГТК 0,58-27 вегетационных поливов поливной нормой от 100 до 350 м³/га, оросительная норма составит 5570 м³/га.

На посевах моркови летней посадки при ГТК 0,59 следует проводить 50 поливов поливной нормой от 40 до 300 м³/га, оросительная норма составляет 4300 м³/га, при ГТК 0,50-58 вегетационных поливов нормой от 100 до 300 м³/га, оросительная норма – 8000, м³/га, при ГТК 0,58-33 вегетационных

полива нормой от 100 до 300 м³/га, оросительная норма составит 5610 м³/га.

Следует также иметь в виду, что вегетационные поливы необходимо проводить в строго установленные сроки, и особенно – в критические фазы роста и развития растений. Несвоевременное проведение поливов ведёт к снижению урожайности на 10...15% [11, 12].

Зная количество осадков за вегетационный период, используемые растениями продуктивные запасы влаги, оросительную норму, можно определить суммарное водопотребление, которое даёт конкретное представление о потребности в воде той или иной культуры для создания определённой урожайности.

Суммарное водопотребление определяется по формуле (6):

$$E = (W_H - W_K) + P + M_{op}, \text{ м}^3/\text{га}. \quad (6)$$

Определив суммарное водопотребление, устанавливаем расход влаги на создание 1 т продукции (коэффициент водопотребления) по формуле (7)

$$k = \frac{ET}{Y}, \text{ м}^3/\text{т}. \quad (7)$$

Чем ниже коэффициент водопотребления, тем эффективнее использовалась влага на создание 1 т продукции.

Назначение поливов согласно разработанным рекомендациям позволит поддерживать оптимальный режим орошения, обеспечивающий получение высокой и устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур для различных по климатическим условиям вегетационных периодов.

Прибавка урожайности в среднем за три года в засушливые вегетационные периоды за счёт научно обоснованных режимов орошения составила на посевах кукурузы на зерно при орошении ДМ Reinke фронтального действия 1,2 т/га, или 12,6%; на посевах картофеля наибольшая прибавка урожайности составила 10,1 т/га, или 19,9%. Прибавка урожайности на луке и моркови летней посадки при орошении ДМ Valley кругового действия составила соответственно 6,4 и 7,8 т/га, или 7,7 и 13,2%.

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что научно обоснованный режим орошения обеспечивает прибавку урожай-

ности сельскохозяйственных культур в засушливые вегетационные периоды в сравнении с производственными посевами от 7,7 до 19,9%. Это является существенным показателем правильного орошения современными дождевальными машинами кругового и фронтального действия Valley и Reinke.

Научно обоснованные режимы орошения оказывали влияние не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на технико-экономические показатели при поливах ДМ Valley и Reinke кругового и фронтального действия. Высокая прибыль на единицу площади и единицу оросительной воды получена при возделывании кукурузы на зерно на ОПУ под ДМ Reinke и составила в среднем за три года соответственно 49,1 тыс. руб/га и 16,7 руб/м³, картофеля – 356,5 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³, на луке – 395,8 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³, моркови – 324,7 тыс. руб/га и 61,9 руб/м³.

Разработанные в результате исследований научно обоснованные режимы орошения внедрены в центральной орошаемой и южной зонах Ростовской области на площади 1357,8 га, обслуживаемой дождевальными машинами Valley и Reinke кругового и фронтального действия.

Библиографический список

1. **Дубенок Н.Н.** Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 7-9.
2. **Иванова Н.А., Дутова А.В., Маркина Л.П.** Методические указания по использованию современных дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур. – Новочеркасск: Новочеркасская гос. мелиор. акад., 2013. – 28 с.
3. **Михеев П.А.** О состоянии и роли водно-мелиоративного комплекса в инновационном развитии аграрного сектора Ростовской области // Междунар. сб. науч. тр. Донской аграрной науч. – практ. конф. «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы» /

ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград: «Терра», 2012. – С. 358-365.

4. **Роде А.А.** Основы учения о почвенной влаге в 2-х т. Т 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. – 137 с.

5. **Методические указания по проведению полевых опытов / ВНИИК.** – М.: ВНИИК, 1983. – 197 с.

6. **Горянский М.М.** Методика полевых опытов на орошаемых землях. – М.: Урожай, 1970. – 172 с.

7. **Плешаков В.Н.** Методика полевого опыта в условиях орошения. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 147 с.

8. **Шумаков Б.Б.** Мелиорация и водное хозяйство // Орошение: Справочник. Т. 6. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.

9. **Костяков А.Н.** Основы мелиораций. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 750 с.

10. **Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы:** В 3 ч. Ч. 1. – Ростов-на-Д: Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, 2013. – 240 с.

11. **Методика по наблюдению за влажностью почв на орошаемых землях.** – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1963. – 23 с.

12. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Михеев Павел Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений и строительной механики, НИМИ ФГБОУ ВО ДГАУ, 346428, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Пушкинская, 111; тел.: (8635) 22-21-70; e-mail: rekngma@magnet.ru

Иванова Нина Анисимовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, орошаемого земледелия и геодезии, НИМИ ФГБОУ ВО ДГАУ, 346428, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Пушкинская, 111; тел.: (8635) 22-27-29; e-mail: ngma-nauka@yandex.ru

P.A. MIKHEEV, N.A. IVANOVA

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

SCIENTIFIC BASIS FOR IRRIGATION REGIME OF THE MAIN CROPS BY MODERN IRRIGATION TECHNOLOGY IN SOUTH OF RUSSIA

The appearance of modern sprinkle machines, such as, Reinke and Valley of circular and front actions on the Rostov region's irrigated lands, led to the necessity of their adaptation to the

south conditions of Russia. This was the basis to carry in 2013-2015 the research in development and scientific rationale of irrigation regime of grain maize, potatoes, onions and carrots. As the result, it was established, that the evidence-based irrigation regimes provide the increase in the yield of crops in dry, growing periods, in comparison with the production of crops from 7,7 to 19,9%, which is the significant parameter of proper irrigation by modern sprinkle machines, such as, Reinke and Valley. Scientific basis for irrigation regimes had their impact not only on crop yields, but also on the technical and economic parameter, when the sprinkle machines Reinke and Valley of circular and front action irrigated the land. High profit per the area and the irrigation water unit, is received by grain maize cultivation on the experimental land, irrigated by sprinkle machine Reinke, and is amounted 49,100 Rub/ha, and 16, 7 Rub/m³ for the three years. Potatoes – 356,500 Rub/ha and 71, 8 Rub/m³ onion – 395,800 Rub/ha and 71,8 Rub/m³ and carrots – 324,700 Rub/ha and 61,9 Rub/m³ for the three years. The evidence-based irrigation regime, developed through this research, is used in the Central and Southern irrigated areas of the Rostov region, on the area – 1357,8 ha, and carried by the irrigation machines, Reinke Valley of circular and frontal action.

Irrigation, irrigation regime, irrigation machines, crops, the moisture limit, irrigation rate, irrigation norm.

References

1. **Dubenok N.N.** Land reclamation is the basis for the successful development of agriculture // Land reclamation and water management. – 2013. – № 3 – P. 7-9.
2. **Ivanova N.A., Dutova A.V., Markina L.P.** The methodical instructions for the use of modern sprinkle machines for irrigation of agricultural crops // Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Academy. – Novocherkassk, 2013. – 28 p.
3. **Mikheev P.A.** The state and the role of water reclamation complex in the innovative development of agricultural sector of Rostov region / The Don Agrarian Scientific-practical Conference «Innovative ways of agro-industrial complex development: problems and prospects»: collection of scientific works / FSBEI HPE ACHSAA. – Zernograd: Publishing house «Terra», 2012. – P. 358-365.
4. **Rode A.A.** Fundamentals of soil moisture in 2 volumes. V. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1992. – 137 p.
5. **The methodological instructions on carrying out the field experiments / VNI-IIIK.** – M.: VNIIIIK, 1983. – 197 p.
6. **Goryansky M.M.** Methods of field experiment on irrigated land. – M.: The Harvest, 1970. – 172 p.
7. **Pleshakov V.N.** Methods of field experiment under the irrigation. – Volgograd: VNIIOZ, 1983. – 147 p.
8. **Shumakov B.B.** Land reclamation and water management // V. 6. Irrigation: scientific reference. – M.: Agropromizdat, 1990. – 415 p.
9. **Kostyakov A.N.** The base of land reclamation. – M: Sel'hozizdat, 1960. – 750 p.
10. **Zonal system of agriculture in Rostov region for 2013-2020:** In 3 parts. Part 1. – Rostov-on-Don: The RF Ministry of agriculture and food of Rostov region, 2013. – 240 p.
11. **Methods for monitoring soil moisture on irrigated lands.** – Novocherkassk: YUzhNIIGim, 1963. – 23 p.
12. **Dospekhov B.A.** Methods of field experiment. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

Information about the authors

Mikheev Pavel Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of hydraulic structures and structural mechanics; NEMI FSBEI HE DSAU; 346428, Novocherkassk, Rostov region, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: (8635) 22-21-70; e-mail: rekngma@magnet.ru

Ivanova Nina Anisimovna, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of soil science, irrigated agriculture and geodesy; NEMI FSBEI HE DSAU; 346428, Novocherkassk, Rostov region, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: (8635) 22-27-29; e-mail: ngma-nauka@yandex.ru