

УДК 502/504:631.67:635.132

В. В. ПЧЕЛКИН, С. О. ВЛАДИМИРОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ МОРКОВИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработан режим орошения моркови столовой на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области. Отмечается, что эффективность использования дерново-подзолистых почв водоразделов и получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в немалой степени зависит от создания оптимального водно-воздушного режима почв, которое достигается при помощи оросительных систем. На основании опытных данных получена эмпирическая формула для расчета водопотребления моркови. Определены коэффициенты уравнения регрессии, зависящие от природно-климатической зоны, а также биологические коэффициенты и коэффициенты, учитывающие влажность корнеобитаемого слоя почвы. Получен диапазон влажности дерново-подзолистых почв для моркови. Определена мощность расчетного слоя почвы в течение вегетации с учетом распространения основной массы корней моркови. Обоснован выбор математической модели А. И. Голованова для расчета режима орошения моркови в рассматриваемых условиях. Представлена связь расчетного режима орошения с фактическим, полученного на опытных делянках. Данная связь показала хорошую сходимость. Коэффициент корреляции составил $0,934 \pm 0,09$. Разработанный режим орошения рекомендуется для практического использования при проектировании оросительных систем на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области.

Вода, почва, режим орошения, морковь, водопотребление.

The irrigation regime of carrots is developed on sod-podzol soils of the watershed areas of the Moscow region. It is noted that the efficiency of the use of sod-podzol soils of the watersheds and obtaining of high stable yields of agricultural crops in no small degree depend on creating an optimal water-air regime of soils which is achieved by means of irrigation systems. On the basis of experimental data there was obtained an empirical formula for the calculation of water consumption of carrots. There are determined the coefficients of regression equations that depend on the natural-climatic zone as well as biological factors and factors taking into account humidity of the root soil layer. There is obtained a humidity range of sod-podzol soils for carrot. There is determined a capacity of the calculated soil layer during vegetation taking into account distribution of the main mass of carrots roots. The choice of the mathematical model of Golovanov A. I. for calculation of the irrigation regime under these conditions is substantiated. There is given a connection of the calculated irrigation regime with the actual one obtained on experimental plots. This relationship showed a good correlation. The correlation coefficient was $0,934 \pm 0,09$. The developed irrigation regime is recommended for a practical use in designing irrigation systems on sod-podzol soils of watersheds of the Moscow region.

Water, soil, irrigation regime, carrots, water consumption.

Эффективность использования дерново-подзолистых почв водоразделов и получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в немалой степени зависит от создания оптимального водно-воздушного режима почв, которое достигается при помощи оросительных систем. Основными этапами проектирования режима орошения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах водоразделов Нечерноземной зоны России является: определение водопотребления,

определение водообмена расчетного слоя почвы с нижележащими слоями, установление требований к водному режиму почв и растений, установление расчетного слоя почвы.

Для разработки методики расчета режима орошения в рассматриваемых условиях в 2011–2013 гг. были проведены исследования на опорно-мелиоративном пункте (ОМП) «Дубна» РГАУ–МСХА в Московской области.

Основной расчетной статьей при

расчете режима орошения является водопотребление, для расчета которого известен целый ряд формул как в России, так и за рубежом. Возможность использовать ту или иную формулу водопотребления сельскохозяйственных культур связана с необходимостью иметь биоклиматические и другие коэффициенты, входящие в формулы. Однако данные коэффициенты были получены в конкретных природно-климатических зонах, для конкретных культур, почв и при использовании их в других условиях возникает задача по их корректировке и уточнению [4]. Необходимо отметить, что биологические коэффициенты за декадные периоды для столовой моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области отсутствуют. Существующие методы расчета водопотребления

совсем или не в полной мере учитывают уровень увлажненности почвы, который существенно влияет на величину водопотребления.

По результатам исследований проведенных на ОМП «Дубна» РГАУ-МСХА была получена следующая формула для расчета водопотребления столовой моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области [4]:

$$E = K_b K_\delta a d_s^b, \quad (1)$$

где E – водопотребление моркови, мм/дек; K_δ – биологический коэффициент, учитывающий биологические особенности моркови в период вегетации (табл. 1); K_b – коэффициент, учитывающий влажность корнеобитаемого слоя дерново-подзолистой почвы (табл. 2); d_s – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб/дек.; a, b – эмпирические коэффициенты, учитывающие климатическую зону, культуру и почвы (табл. 3).

Таблица 1

Биологические коэффициенты столовой моркови по декадам

Номер декады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_δ	0,77	0,87	0,93	0,98	1,01	1,02	1,01	0,97	0,91	0,83

Таблица 2

Коэффициенты, учитывающие влажность почвы

Влажность почвы	(0,7...0,8)ПВ	0,60ПВ	0,50ПВ	0,40ПВ
K_b	1,0	0,90	0,75	0,50

Таблица 3

Эмпирические коэффициенты a и b

Культура	a	b
Столовая морковь	1,06	0,86

При расчете режима орошения важно иметь регулируемый диапазон влажности почвы. Эта величина, как правило, зависит от свойств почвы и биологических особенностей растений [5].

Используя опытные данные делянок, был построен график связи относительной урожайности столовой моркови и влажности почвы (рис. 1). По оси абсцисс отложено среднее за вегетацию значение влажность почвы в слое 0...50 см, деленная на ПВ. Снижение относительной урожайности на 8 % от оптималь-

ной величины дает следующий диапазон влажности дерново-подзолистой почвы для столовой моркови (0,66...0,79)ПВ. По оси ординат отложены значения относительной урожайности культуры:

$$Y = Y_i / Y_{\max}$$

где Y_i – значения урожайности в конкретном году, т/га; Y_{\max} – максимальная урожайность в том же году.

В формулу расчета поливной нормы входит величина расчетного слоя почвы, которая обусловлена глубиной распространения корней и зависит от сельскохозяйственной культуры и фазы ее развития. Анализ литературных источников по моркови столовой оказывает, что единого мнения среди исследователей по выбору мощности расчетного слоя почвы нет [5]. Величина диапазона слоя увлажнения для моркови составляет 10...60 см. По данным проведенных исследований на ОМП «Дубна», для условий орошаемых дерново-подзолистых почв водораздельных территорий Московской области при дождевании моркови расчетный слой почвы следует принимать: 1–2 декады – 10 см; 3–4 декады – 20 см; 5 декада – 30 см; 6–10 декада – 40 см.

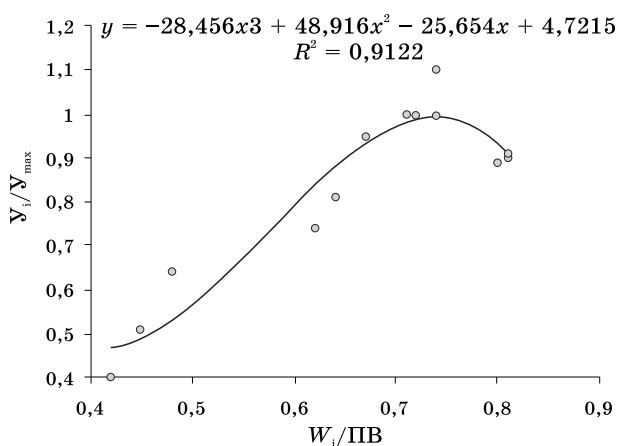


Рис. 1. Связь относительной урожайности столовой моркови с влажностью дерново-подзолистой почвы: $PВ = 0,42 \text{ см}^3/\text{см}^3$; Y_{max} в 2011 г. – 54,0 т/га, 2012 г. – 42,0 т/га; 2013 г. – 58,8 т/га

Выбор методики расчета экологически безопасного режима орошения дождеванием моркови столовой основан на: возможности использования многофакторного анализа изменения водного режима дерново-подзолистых почв водораздельных территорий с учетом охраны почв и водных ресурсов, а также возможности совершенствования ее на основе новых научных знаний.

Анализ, методов расчета режима орошения моркови, показал, что применение известных методов в условиях дерново-подзолистых почв водораздельных территорий ограничено. По результатам этого анализа для расчета режима орошения моркови в условиях дерново-подзолистых почв водоразделов была принята методика А. И. Голованова [2], основанная на решении дифференциального уравнения влагопереноса в ненасыщенной зоне. При этом, было проведено совершенствование метода расчета режима орошения столовой моркови.

Совершенствование метода расчета водного режима дерново-подзолистых почв водораздельных территорий и режима орошения моркови выполнено на основании материалов экспериментальных исследований (2011–2013 гг.) по следующим позициям:

1. Установлены допустимые пределы регулирования влажности дерново-подзолистой почвы водораздельных территорий для моркови.

2. Использована, полученная нами,

формула для расчета водопотребления моркови.

3. Определены биологические коэффициенты и коэффициенты, учитывающие влажность почвы для моркови.

4. Определен расчетный слой почвы в течение вегетации с учетом распространения основной массы корней моркови.

Основой для расчета режима орошения моркови являлся расчет водного режима дерново-подзолистых почв водораздельных территорий в результате ретроспективного анализа метеорологических данных. Расчет выполнялся в два этапа. Во-первых, проводилась проверка сходимости фактических и расчетных данных, полученных в ходе расчета водного режима и режима орошения моркови по программе А. И. Голованова с использованием совершенствования метода расчета. Во-вторых, выполнялся расчет водного режима и режима орошения моркови по метеорологическим данным (г. Дмитров) за 42 года (1960–1997, 2010–2013 гг.), что соответствует требованиям СНиП 2.06.03–85, которые рекомендуют устанавливать оросительную норму за период не менее 20–30 лет. На рис. 2 представлена связь фактических значений оросительных норм (деланка № 1, 2, 3) с расчетными значениями по методике А. И. Голованова. Коэффициент корреляции данной связи равен $0,934 \pm 0,09$, что говорит о тесной связи $M_{\text{ф}}$ и $M_{\text{р}}$.

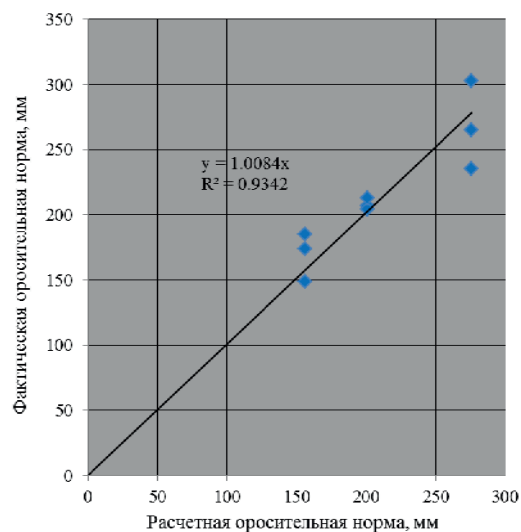


Рис. 2. Связь фактических значений оросительных норм ($M_{\text{ф}}$) моркови столовой (деланка № 1, 2, 3) с расчетными ($M_{\text{р}}$)

По результатам расчетов за 42 года (1960–1997, 2010–2013 гг.) построена кривая обеспеченности оросительной нормы моркови для условий дерново-подзолистых почв водораздельных территорий (рис. 3). Расчетные характеристики получали с помощью аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения. При этом применяли функцию трехпараметрического гамма распределения при соответствующем отношении $C_s : C_v$. На основании этой кривой была составлена таблица 4 режима орошения моркови для условий дерново-подзолистых почв водораздельных территорий в характерные по обеспеченности годы.

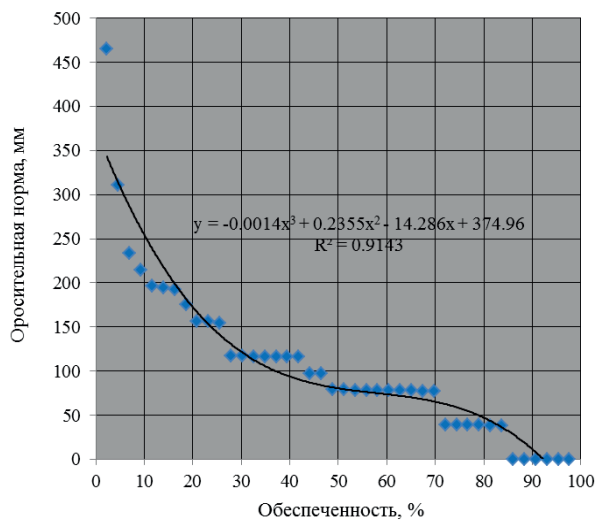


Рис. 3. Кривая обеспеченности оросительной нормы моркови

Таблица 4
Режим орошения моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области

P, %	Поливная норма, мм	Оросительная норма, мм	Инфильтрация, мм	Глубина грунтовых вод, см	Расчетный слой почвы, см
5	20...40	$\frac{310}{8...9}$	0	400	20...40
10	20...40	$\frac{250}{6...7}$	23	380	20...40
25	20...40	$\frac{140}{3...4}$	45	360	20...40
50	20...40	$\frac{80}{2...3}$	66	340	20...40
75	20...40	$\frac{60}{0...2}$	94	320	20...40

Для проведения сравнительного анализа в таблице 5 представлены оросительные нормы моркови, рекомендуемые научно-исследовательскими организациями для Нечерноземной зоны РФ.

Таблица 5

Оросительные нормы (мм) столовой моркови для условий Нечерноземной зоны

Рекомендации	Обеспеченность по E-O _c , %		
	5	25	50
ГГИ Харченко С.И. [3]	250	200	130
ВНИИГиМ [6]	190	—	—
ВНПО «Радуга» [8]	210	110	70
СевНИИГиМ [7]	152	102	50

Анализ таблиц 4 и 5 указывает на их некоторое различие. Оросительная норма при 5 % обеспеченности в сравнение с рекомендуемыми нормами существенно выше. Различие составляет 1,24–2,03 раза. Это связано с тем, что в ретроспективный ряд оросительных норм были включены данные 2010, 2011, гг., которые были очень жаркими и острозасушливыми и 2012 г., который был теплым и засушливым.

Оросительная норма при 25 % обеспеченности сопоставима с рекомендуемыми. Данные ГГИ [3] при 25 % обеспеченности дают завышение на 43 %, ВНПО «Радуга» [8] и СевНИИГиМ [6] дают занижение соответственно на 21 и 27 %.

В средний год (50 % обеспеченности) оросительные нормы, рекомендуемые ГГИ Харченко С. И. [3] дают завышение на 63 %, а ВНПО «Радуга» [8] и СевНИИГиМ [7] занижение соответственно на 13 и 38 %.

Для оценки влияния разработанного режима орошения моркови на почвообразовательный процесс было проведено сравнение оросительных норм среднего года ($O_p = 50\%$) с почвенно-допустимой нормой для Нечерноземной зоны. По рекомендациям Ю. Н. Никольского [1], она не должна превышать 10...15 % от среднесноголетней суммы годовых осадков, которые составляют 60...90 мм для Московской области. Данные таблицы 4 и результаты экспериментальных исследований показывают, что оросительные нормы среднего года составляют 80 мм, следовательно они не превышают их предельных значений и являются почвенно-допустимыми.

Заключение

Таким образом, разработанные режимы орошения столовой моркови (табл. 4) могут быть рекомендованы для использования их при проектировании оросительных систем на дерново-

подзолистых почвах водоразделов Московской области.

1. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 58 с.

2. Голованов А. И. Оптимизация режимов орошения черноземов // Почвоведение. – № 6. – 1993. – С. 79–84.

3. Харченко С. И. Управление водным режимом на мелиорируемых землях в Нечерноземной зоне. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 206–208..

4. Пчелкин В. В., Владимиров С. О. Водопотребление моркови на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области // Природообустройство. – № 3, 2014. – С. 29–31.

5. Пчелкин В. В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных

земель. – М.: КолосС, 2003. – 253 с.

6. Рекомендации по оросительным нормам в Нечерноземной зоне РСФСР. – М., 1984. – С. 1–10.

7. Рекомендации по расчету параметров режима осушения и увлажнения сельскохозяйственных земель. – Л.: СевНИИГиМ, 1981. – С. 54–64.

8. Рекомендации по режиму орошения сельскохозяйственных культур в Московской области. – Коломна: ВНПО «Радуга», 1982 – 20 с.

Материал поступил в редакцию 09.10.2015.

Пчелкин Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»

Тел. +7-916-976-67-93

E-mail: vpchelkin@cln.ru

Владимиров Станислав Олегович, аспирант

Тел. 8(499)976-47-73