

**ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВЫ И СИСТЕМ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В НИЖНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ**

© 2024 г. **А. А. Новиков**, доктор сельскохозяйственных наук,
К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова,
400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9
E-mail: alexeynovikov@inbox.ru

Исследования проводили с целью определения влияния водных режимов почвы и систем защиты растений на формирование биометрических показателей растений картофеля и продуктивность товарных клубней. Работу выполняли в 2021–2023 гг. в Волгоградской области. Схема полевого опыта предполагала изучение следующих вариантов: режим увлажнения в почвенном слое 0...0,4 м (фактор А) – не ниже 70 % НВ (A_1); не ниже 80 % НВ (A_2); система защиты растений картофеля (фактор В) – биологическая (B_1); интегрированная (B_2); химическая (B_3). Эксперимент проводили в посадках картофеля сорта Гулливер на светло-каштановой тяжелосуглинистой почве. Самый продолжительный вегетационный период растений картофеля отмечали на фоне с режимом увлажнения в слое почвы 0...0,4 м не ниже 80 % НВ, в зависимости от системы защиты он изменялся от 87 (2021 г.) до 102 (2023 г.) сут. При поддержании предполивного порога влажности в слое почвы 0...0,4 м не ниже 70 % НВ продолжительность вегетационного периода картофеля была меньше и варьировала по годам исследований от 85 (2021 г.) до 98 (2023 г.) сут. Наибольшая урожайность товарных клубней была достигнута при использовании биологических средств защиты в сочетании с водным режимом почвы на уровне 80 % НВ на глубине 0...0,4 м. В среднем за три года величина этого показателя составляла 26,9 т/га, что на 5,1 т/га больше, по сравнению с вариантом с химической системой.

**THE INFLUENCE OF WATER REGIMES OF SOIL AND PLANT PROTECTION SYSTEMS
ON POTATO PRODUCTIVITY IN THE LOWER VOLGA REGION**

A. A. Novikov, K. A. Rodin

The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture,
a Branch of the Kostyakov Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration,
400002, Volgograd, ul. Timiryazeva, 9
E-mail: alexeynovikov@inbox.ru

The research was carried out in order to determine the influence of soil water regimes and plant protection systems on the formation of biometric indicators of potato plants and the productivity of commercial tubers. The work was carried out in 2021–2023 in the Volgograd region. The scheme of the field experiment involved the study of the following options: moisture regime in the soil layer of 0...0.4 m (factor A) – not lower than 70 % MMC (A_1); not lower than 80 % MMC (A_2); potato plant protection system (factor B) – biological protection system (B_1); integrated protection system (B_2); chemical protection system (B_3). The experiment was carried out in planting Gulliver potatoes on light chestnut heavy loamy soil. The longest growing season of potato plants was noted against a back ground with a moisture regime in the soil layer of 0...0.4 m not lower than 80 % MMC, which, depending on the protection system, varied from 87 (2021) to 102 (2023) days. When maintaining the pre-irrigation moisture threshold in the soil layer of 0...0.4 m at least 70 % MMC, the duration of the growing season of potato plants was lower and varied over the years of research from 85 (2021) to 98 (2023) days. The highest yield of commercial tubers in the experiment was achieved when using biological protective agents in combination with the soil water balance at the level of 80 % MMC at a depth of 0...0.4 m. On average, over three years, the value of this indicator was 26.9 t/ha, which was 5.1 t/ha more than with the use of chemical plant protection products.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), дождевание, средства защиты растений, фазы роста и развития, урожайность.

Keywords: potato (*Solanum tuberosum* L.), sprinkling, plant protection products, phases of growth and development, yield.

Картофель – важная сельскохозяйственная культура, продукция которой обладает высокими питательными качествами благодаря высокому содержанию крахмала, белков, витамина С, клетчатки и др. [1, 2]. В последние годы посадки картофеля страдают от таких серьезных заболеваний, как альтернариоз и фузариозное увядание, которые вызывают патогенные грибы рода *Alternaria* и *Fusarium*. Они способны поражать растение на протяжении всего вегетационного периода, а также во время хранения картофеля, что приводит к ухудшению качества как продовольственных, так и семенных клубней. Зараженный посадочный материал становится источником инфекций в следующем вегетационном сезоне [3, 4].

Сельскохозяйственные производители, стремясь защитить растения картофеля от вредителей и болезней, а также обеспечить высокий доход, применяют современные технологии интенсивного возделывания, химические пестициды и большие количества минеральных удобрений [4, 5]. Например, в России на посадках картофеля проводят 9...11 обработок за сезон для борьбы с вредителями и болезнями, а в некоторых европейских государствах их число может быть в 1,5...2,0 раза выше [6]. Это ведет к возникновению устойчивости у вредителей, сокращает биоразнообразие микроорганизмов в почве и нарушает баланс между патогенами и их антагонистами [6, 7].

Использование микробных биопрепаратов ориентировано на обогащение почвенной микрофлоры нуж-

ными микроорганизмами, оказывающими различное воздействие на почву и растения [8, 9]. Биологические препараты могут сочетать в себе биоудобрения, биостимуляторы и биопестициды. Их использование предоставляет возможность заменить химические средства защиты растений, что способствует уменьшению воздействия пестицидов на окружающую среду и одновременно улучшает размеры и качество урожая картофеля, снижая при этом затраты [10].

Цель исследования – определение влияния водных режимов почвы и систем защиты растений на формирование биометрических показателей растений картофеля и продуктивности товарных клубней для совершенствования технологии возделывания культуры.

Методика. Работу выполняли в 2021–2023 гг. на экспериментальной базе ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (пос. Водный, Советский район, г. Волгоград). Опыт закладывали на посадках картофеля сорта Гулливер.

Схема полевого эксперимента предполагала изучение следующих вариантов: режим увлажнения в почвенном слое 0...0,4 м (фактор А) – не ниже 70% НВ (A_1), не ниже 80% НВ (A_2); система защиты растений картофеля (фактор В) – биологическая (B_1), интегрированная (B_2), химическая (B_3).

Биологическая система защиты включала в себя следующие мероприятия: семенные клубни перед посадкой обрабатывали баковой смесью препаратов Геостим Фит А (3 л/т), Геостим Фит Ж (2 л/т), Гумел Люкс (2 л/т) и Гелиос Супер (2 л/т); при появлении единичных всходов проводили опрыскивание Геостим Фит Ж (1,5 л/га) в сочетании с БСка-3 (4 л/га) и Импровер (50 мл/га), после чего выполняли междурядную обработку с целью заделки биологических препаратов в прикорневую область; далее проводили обработку вегетирующих растений в фазы активного роста, смыкание в рядке, бутонизации и цветения баковой смесью биопрепаратов Геостим Фит Ж (1,5 л/га), БСка-3 (4 л/га), Импровер (50 мл/га), Бфтим (4 л/га), Гумел Люкс (1,0 л/га), Гелиос Азот (3,0 л/га), Гелиос Трио (0,5 л/га) и Гелиос Супер (2 л/га). При появлении колорадского жука с численностью выше экономических порогов вредоносности в эту баковую смесь добавляли Инсетим (4,0 л/га).

Интегрированная система защиты растений предусматривала применение фунгицида Максим (0,2 л/т), которым обрабатывали клубни в день посадки. После всходов проводили обработки биопрепаратами по ранее указанной схеме.

Химическая система защиты картофеля включала в себя следующие мероприятия: обработка семенных клубней инсектицидом Максим в дозе 0,2 л/т; при смыкании рядов растения картофеля опрыскивали фунгицидом Ревус (0,6 л/га) в сочетании с инсектицидом Регент (0,025 л/га); обработку в фазе бутонизации проводили фунгицидом Дискор (0,4 л/га) с инсектицидом Эфория (0,3 л/га); в фазе цветения – фунгицидом Танос (0,6 л/га) с инсектицидом Регент (0,025 л/га).

Минеральные удобрения вносили общим фоном по всем вариантам на планируемую урожайность товарных клубней картофеля 40 т/га ($N_{190}P_{80}K_{170}$).

Основную обработку (вспашку) под картофель проводили осенью плугом ПЛН-3-35 на глубину 0,25...0,27 м. В третьей декаде марта выполняли боронование в два следа бороной БЗСС-1. До нарезки гребней (вторая-третья декада мая) вносили минеральные удобрения, после этого почву обрабатывали доминатором «Румпстад», а затем формировали гребни фрезерным культиватором RF-4.

Почва опытного участка – светло-каштановая тяжело-суглинистая, мощность гумусового слоя – до 0,25 м, содержание гумуса – до 1,29%. Содержание гидролиземого азота в почве составляло 31,0 мг/кг (низкое), подвижного (по Мачигину) фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – соответственно 44,0 мг/кг (среднее) и 316,0 мг/кг (повышенное), реакция почвенного раствора (рН) – 7,4, сумма обменных оснований – 42,1 мг-экв/100 г (по Каппену).

Опыт закладывали методом расщепленных делянок. Общая площадь делянки – 240 м², учетная – 195 м². Норма посадки – 60 тыс. шт./га. Способ посадки гребневой. Посадку в 2021 г. проводили 19 мая, в 2022 г. – 03 июня, в 2023 г. – 06 июня 4-рядной картофелесажалкой СН-4Б с расстоянием между гребнями 0,75 м. Способ полива – дождевание. Гидротермический коэффициент (ГТК) с мая по сентябрь в 2021 г. был равен 0,6, в 2022 и 2023 гг. – 0,4. Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [11, 12].

Результаты и обсуждение. Длительность периода от посадки до появления всходов варьировала в зависимости от применяемой системы защиты. В годы исследований в варианте с биологической системой она составляла от 13 до 16 сут, с химической и интегрированной – от 15 до 18 сут (табл. 1). Это, на наш взгляд, связано с отрицательным влиянием химического препарата (Максим) на процессы роста. В течение всех лет исследования наибольшее в опыте ускорение созревания картофеля отмечали при применении химической защиты. В этом варианте продолжительность вегетационного периода составляла 85...95 сут, что на 2...3 сут меньше, чем при интегрированной системе. Наиболее продолжительный вегетационный период зарегистрирован при использовании биологической защиты, его длительность по годам исследований варьировала от 90 до 102 сут.

Влияние уровней водного режима почвы на сроки начала фаз роста и развития растений картофеля становится заметным с фазы цветения и составляет 1 сут. Наибольшая в опыте продолжительность вегетационного периода картофеля выявлена при уровне влажности почвы 80%

Табл. 1. Даты наступления фаз роста и развития картофеля в зависимости от водного режима почвы и систем защиты растений

Водный режим почвы (фактор А)	Система защиты растений (фактор В)	Фаза роста и развития						Продолжительность периода от посадки до созревания, сут
		посадка	всходы	бутонизация	цветение	усыхание ботвы	созревание	
2021 г.								
A ₁	B ₁	23.05	08.06	23.06	05.07	01.08	20.08	90
	B ₂	23.05	08.06	22.06	03.07	29.07	17.08	87
	B ₃	23.05	10.06	23.06	03.07	27.08	15.08	85
A ₂	B ₁	23.05	08.06	23.06	06.07	03.08	23.08	93
	B ₂	23.05	08.06	22.06	04.07	30.07	19.08	89
	B ₃	23.05	10.06	23.06	04.07	29.07	17.08	87
2022 г.								
A ₁	B ₁	03.06	16.06	30.06	15.07	13.08	03.09	93
	B ₂	03.06	16.06	29.06	13.07	10.08	30.08	89
	B ₃	03.06	18.06	30.06	13.07	08.08	28.08	87
A ₂	B ₁	03.06	16.06	30.06	16.07	15.08	07.09	97
	B ₂	03.06	16.06	29.06	14.07	12.08	03.09	93
	B ₃	03.06	18.06	30.07	14.07	10.08	01.09	91
2023 г.								
A ₁	B ₁	06.06	19.06	04.07	18.07	15.08	11.09	98
	B ₂	06.06	19.06	03.07	16.07	12.08	07.09	94
	B ₃	06.06	21.06	04.07	16.07	10.08	04.09	91
A ₂	B ₁	06.06	19.06	04.07	19.07	17.08	15.09	102
	B ₂	06.06	19.06	03.07	17.07	14.08	11.09	98
	B ₃	06.06	21.06	04.07	17.07	12.08	08.09	95



Надземная масса и масса клубней в фазе цветения картофеля сорта Гулливер при химической (а) и биологической (б) системах защиты растений.

НВ, в зависимости от системы защиты она изменялась в этом варианте от 87 сут в 2021 г. до 102 сут в 2023 г.

В случае поддержания предполивного уровня влажности в слое 0...0,4 м не ниже 70 % НВ длительность вегетационного цикла картофельных растений была меньше, варьируя в течение исследуемых лет от 85 сут в 2021 г. до 98 сут в 2023 г.

Табл. 2. Биометрические показатели картофеля в фазе цветения в зависимости от водного режима почвы и систем защиты растений

Год	Водный режим почвы (фактор А)	Система защиты растений (фактор В)	Высота растений, м	Масса ботвы, г/растение
2021	A ₁	B ₁	0,67	386
		B ₂	0,61	317
		B ₃	0,57	288
		среднее	0,62	330
	A ₂	B ₁	0,76	445
		B ₂	0,66	366
		B ₃	0,58	341
		среднее	0,67	384
	среднее	B ₁	0,73	416
		B ₂	0,64	342
		B ₃	0,58	315
		среднее	0,64	357
HCP _{0,5} А – 0,07, HCP _{0,5} В – 4, HCP _{0,5} АВ –			0,08	3
2022	A ₁	B ₁	0,62	285
		B ₂	0,56	219
		B ₃	0,49	196
		среднее	0,56	233
	A ₂	B ₁	0,69	403
		B ₂	0,63	313
		B ₃	0,53	270
		среднее	0,62	329
	среднее	B ₁	0,66	344
		B ₂	0,60	266
		B ₃	0,51	233
		среднее	0,59	281
HCP _{0,5} А – 0,04, HCP _{0,5} В – 5, HCP _{0,5} АВ –			0,07	4
2023	A ₁	B ₁	0,63	305
		B ₂	0,59	241
		B ₃	0,52	218
		среднее	0,58	255
	A ₂	B ₁	0,73	428
		B ₂	0,65	337
		B ₃	0,56	291
		среднее	0,65	352
	среднее	B ₁	0,68	367
		B ₂	0,62	289
		B ₃	0,54	255
		среднее	0,61	303
HCP _{0,5} А – 0,05, HCP _{0,5} В – 4, HCP _{0,5} АВ –			0,06	3

Использование биологических средств при обоих режимах полива способствовало созданию более благоприятных условий для роста и развития картофеля, что в свою очередь положительно сказалось на их биометрических характеристиках (см. рисунок).

В варианте с биологической защитой в среднем за трехлетний период исследований был зафиксирован максимальный в опыте линейный рост растений, составивший 0,66...0,73 м. Величина этого показателя была на 0,14...0,16 м больше, чем на фоне химической системы защиты. При водном режиме почвы на уровне не ниже 70 % НВ линейный рост в среднем за трехлетний период составил 0,56...0,62 м. В варианте с поддержанием водного режима почвы в слое 0...0,4 м не менее 80 % НВ он увеличился на 0,05...0,07 м, достигая в среднем за трехлетний период 0,62...0,65 м (табл. 2).

Максимальная в опыте надземная масса была сформирована в фазе цветения при биологической системе защиты растений, в среднем за трехлетний период исследований она составила 367...416 г/раст. Самая низкая масса растений отмечена в варианте с увлажнением почвы на уровне 70 % НВ в слое 0...0,4 м (233...330 г/раст.).

Наибольшая урожайность товарных клубней картофеля была достигнута при использовании биологических средств защиты растений в сочетании с поддержанием водного баланса почвы на глубине 0,4 м на уровне 80 % от НВ. В среднем за 3 года она составила 26,9 т/га, что на 5,1 т/га больше, по сравнению с результатами, полу-

Табл. 3. Выход товарных клубней картофеля в зависимости от режима орошения и систем защиты растений, т/га

Водный режим почвы (фактор А)	Система защиты растений (фактор В)	Год исследований			Среднее
		2021	2022	2023	
A ₁	B ₁	24,1	19,1	22,1	21,8
	B ₂	20,1	15,3	18,1	17,8
	B ₃	17,8	14,1	15,7	15,9
	среднее	20,7	16,2	18,6	18,5
A ₂	B ₁	29,5	24,5	26,6	26,9
	B ₂	25,6	20,8	22,9	23,1
	B ₃	24,6	19,2	21,6	21,8
	среднее	26,6	21,5	23,7	23,9
Среднее	B ₁	26,8	21,8	24,4	24,4
	B ₂	22,9	18,1	20,5	20,5
	B ₃	21,2	16,7	18,7	18,9
	среднее	23,6	18,9	21,2	21,3
2022 г.: HCP _{0,5} A – 0,43, HCP _{0,5} B – 0,48, HCP _{0,5} AB – 0,69 т/га					
2022 г.: HCP _{0,5} A – 0,36, HCP _{0,5} B – 0,41, HCP _{0,5} AB – 0,61 т/га					
2023 г.: HCP _{0,5} A – 0,37, HCP _{0,5} B – 0,52, HCP _{0,5} AB – 0,56 т/га					

ченными при применении химических средств защиты (табл. 3).

При орошении с предполивным порогом влажности почвы, пониженным до 70% НВ в сочетании с биологической защитой, урожайность клубней оказалась меньше, по сравнению с режимом орошения 80% НВ, на 5,1 т/га. Однако она все равно была больше, чем при использовании интегрированной и химической защиты растений на 4,0 т/га и 5,9 т/га соответственно. В среднем за годы исследований урожайность клубней при использовании биологических средств защиты растений, по сравнению с другими вариантами защиты растений, была достоверно выше на 3,9...5,5 т/га (19,0...29,1%) при НСР₀₅ для этого фактора 0,41...0,18 т/га.

Выводы. Поддержание водного баланса почвы на уровне 80% от НВ в слое почвы 0...0,4 м способствует увеличению продолжительности вегетационного периода растений картофеля в зависимости от системы защиты до 87...102 сут. При снижении предполивого порога влажности до 70% НВ она сокращается до 85...98 сут. Наибольшая урожайность товарных клубней картофеля (26,9 т/га) формируется при поддержании предполивого порога влажности почвы на глубине 0,4 м не менее 80% НВ в сочетании с биологической защитой растений. Она достоверно превышает величину этого показателя, по сравнению с результатами, полученными при применении интегрированной и химической систем защиты растений и поддержании водного баланса почвы на уровне 80% от НВ.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа финансировалась за счет средств бюджета Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиала Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова по теме FNFR-2023-0001 «Комплексная оценка биологического потенциала перспективных отечественных сортов картофеля и разработка агротехнологии устойчивого производства семенных клубней для условий орошаемого земледелия». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство этим конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Родин К. А., Новиков А. А., Новиков А. Е. Совершенствование технологии возделывания картофеля при разных системах защиты растений в условиях

- Нижнего Поволжья // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 349–361.
2. Bantle J. P. Dietary fructose and metabolic syndrome and diabetes // *Journal of Nutrition*. 2009. Vol. 139. P. 1263–1268. doi: 10.3945/jn.108.098020.
3. Нековаль С. Н., Маскаленко О. А. Влияние биологической системы защиты на состав почвенной микробиоты и качество картофеля в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края // *Юг России: экология, развитие*. 2023. Т. 18. № 3 (68). С. 179–189. doi: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189.
4. Biological efficacy of the microbiological fertilizer «Ecorik» on potato crops under the conditions of the central agroclimatic zone of Krasnodar Krai, Russia / S. N. Nekoval, A. V. Zakharchenko, A. E. Sado-vaya, et al. // *Research on Crops*. 2021. Vol. 22. No. 4. P. 881–887. doi:10.31830/2348-7542.2021.144.
5. Бутков А. В., Мандрова А. А. Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48. № 2. С. 170–177. doi: 10.21603/2074-9414-2018-2-170-177.
6. Щербакова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 5. С. 875–891. doi:10.15389/agrobiology.2019.5.875rus/.
7. Применение микробиологических препаратов при возделывании арбуза / С. Н. Нековаль, А. В. Захарченко, А. К. Чурикова и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 3. С. 26–32. doi: 10.53859/02352451.2022.36.3.26.
8. Identification of plant beneficial *Bacillus* spp. For Resilient agricultural ecosystem / R. Salwan, V. Sharma, R. Saini, et al. // *Current Research in Microbial Sciences*. 2021. Vol. 2. P. 18–25. doi: 10.1016/j.crmicr.2021.100046.
9. De los Santos-Villalobos S., Parra-Cota F. I. Current trends in plant growth-promoting microorganisms research for sustainable food security // *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. Vol. 2. P. 16–24. doi: 10.1016/j.crmicr.2020.100016/.
10. Союз органического земледелия. URL: <https://soz.bio/baza-znaniy/zakon/> (дата обращения: 15.06.2023).
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения (рекомендации) / ВАСХНИЛ, Всерос. отделение, Всерос. НИИ орошаемого земледелия. Волгоград: Всерос. НИИ орошаемого земледелия, 1983. 149 с.

Поступила в редакцию 19.09.2024

После доработки 16.10.2024

Принята к публикации 05.11.2024