

УДК 635.21:631.5:631.51:631.67

В. А. Кулыгин

Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии,
Рассвет, Российская Федерация

СПОСОБЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ОРОШЕНИИ

Целью исследований, проводившихся в 2011-2013 годах во ФГУП «Семикаракорское» Ростовской области, было изучение влияния различных способов основной обработки на водно-физические свойства почвы и урожайность картофеля в условиях орошения. Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными, по гранулометрическому составу относятся к разряду тяжелых глинистых почв. Предполивной порог влажности почвы поддерживался на уровне 75-80 % НВ в слое 0,6 м, фон удобрений $N_{120}P_{90}K_{60}$ кг д. в./га. Было изучено три способа основной обработки почвы: отвальная и безотвальная на глубину 25-27 см и минимальная (дискование на глубину 14-16 см). На основании опытных данных установлено, что отвальная и безотвальная обработки обеспечивают равнозначное изменение водно-физических свойств чернозема и получение урожайности картофеля соответственно 24,79 и 23,13 т/га при $НСР_{0,5} = 2,34$ т/га. На фоне безотвального способа обработки отмечено некоторое снижение урожайности по сравнению с отвальной вспашкой (на 6,7 %). Суммарное водопотребление картофеля составило при отвальной, безотвальной и минимальной обработках соответственно 3258, 3270 и 3277 м³/га. Наиболее рациональное использование влаги на получение единицы продукции отмечено на фоне отвальной основной обработки, где наблюдался самый низкий коэффициент водопотребления картофеля – 131 т/м³, но энергетические затраты на проведение безотвального способа обработки на 218 МДж/га меньше, чем при осуществлении отвальной обработки. На фоне безотвального способа обработки наблюдались лучшие показатели плотности почвы, содержания агрономически ценных агрегатов, гигроскопичности при меньших энергетических затратах (на 218 МДж/га) на ее проведение. Поэтому в качестве основной обработки почвы под картофель на орошении, наряду с отвальной, следует рекомендовать и безотвальную обработку на глубину 25-27 см.

Ключевые слова: картофель, отвальная обработка, безотвальная обработка, минимальная обработка, плотность почвы, водопрочность, гигроскопичность, урожайность, коэффициент водопотребления.

V. A. Kulygin

Don Research Institute of Agriculture of Russian Academy of Agricultural Sciences, Rassvet,
Russian Federation

SOIL TILLAGE FOR POTATO GROWING UNDER IRRIGATION

The objective of the research is to study the influence of different methods of soil primary tillage on water-physical features of soil and potato yield under irrigation. The research was carried out in 2011-2013 in the farm “Semikarakoskoye” of the Rostov region. Experimental plot soil was ordinary chernozem with heavy clay texture. The preirrigation threshold of soil moisture was maintained at the level of 75-80 % FC in 0.6 m soil layer. The background of fertilizers was $N_{120}P_{90}K_{60}$ kg of active substance per hectare. There were three methods for soil primary tillage: moldboard, subsurface to the depth of 25-27 cm, and minimum (disking to the depth of 14-16 cm). On the base of experimental data it was established that

moldboard and subsurface tillage provided equal change of water-physical features of chernozem and potato yield 24.79 and 23.13 t/ha ($LSD_{05} = 2.34$ t/ha), respectively. Against the background of subsurface tillage it was marked some yield decrease comparing with moldboard tillage (by 6.7 %). Water consumption of potato was 3258 m³/ha for moldboard, 3270 m³/ha for subsurface, and 3277 m³/ha for minimal tillage. The most rational use of moisture was at the background of moldboard tillage where the least coefficient of water consumption, 131 t/m³, was observed, but energy costs for subsurface tillage were less by 218 MJ/ha than for moldboard tillage. Against the background of subsurface tillage the best indices of soil bulk density, content of agronomically valuable soil aggregates, and hygroscopicity were observed while energy costs were less by 218 MJ/ha. Therefore, we recommend subsurface tillage to the depth of 25-27 cm along with moldboard tillage for potato.

Keywords: potato, moldboard tillage, subsurface tillage, minimum tillage, soil bulk density, water resistance, hygroscopicity, crop yield, coefficient of water consumption.

Урожайность полевых культур орошаемых севооборотов, в частности картофеля, определяется ключевыми элементами технологии их возделывания, где, наряду с режимами орошения и дозами удобрений, важная роль принадлежит способам основной обработки почвы. Основная обработка под сельскохозяйственные культуры, оказывая существенное влияние на водно-физические свойства почвы и условия вегетации растений, связана с высокими энергетическими затратами. Ранее в системе основной обработки почвы преобладала отвальная вспашка. Однако в условиях постоянного удорожания сельскохозяйственной техники, ГСМ, электроэнергии при нестабильных и низких закупочных ценах на сельхозпродукцию применение такого способа основной обработки почвы, как отвальная вспашка, связанного с большими энергетическими и, следовательно, материальными затратами, должно быть экономически обосновано. Поэтому в настоящее время актуальным является изучение других альтернативных способов обработки – безотвальной и минимальной, их влияния на продуктивность культур.

Разные способы обработки почвы под сельскохозяйственные культуры, в частности под картофель, оказывают регулирующее воздействие на водно-физические свойства почвы [1, 2]. Однако степень изученности данной проблемы недостаточна, многие приемы, направленные на сохранение и улучшение почвенного плодородия на орошаемых землях, нужда-

ются в доработке и уточнении для конкретных почвенно-климатических условий [3]. В связи с этим целью исследований, проводившихся в 2011-2013 годах в ФГУП «Семикаракорское» (Семикаракорский район Ростовской области), было изучение влияния разных способов основной обработки на водно-физические свойства почвы и урожайность картофеля в условиях орошения.

Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными, по гранулометрическому составу относятся к разряду тяжелых глинистых почв. Средняя величина емкости поглощения 33-39 мг на 100 г почвы. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см составляет 3,35, элементов питания: $N-NO_3 - 5,3$; $N-NH_4 - 12,7$; $P_2O_5 - 39,0$; $K_2O - 550$ мг/кг, что указывает на низкую обеспеченность черноземов азотом, среднюю – подвижным фосфором и высокую обеспеченность обменным калием. Наименьшая влагоемкость (НВ) для слоя 0,6 м составляла 27,6 %, уровень грунтовых вод – более 5 м.

Изучали три способа основной обработки почвы: отвальная и безотвальная на глубину 25-27 см (проводили с помощью плуга ПЛН-4-35) и минимальная (дискование на глубину 14-16 см с использованием дисковой бороны БДМ-3×2). При проведении основных обработок под картофель энергетические затраты составили: при отвальной обработке – 360, безотвальной – 142, минимальной – 88 МДж/га соответственно. Предполивной порог влажности почвы поддерживался на уровне 75-80 % НВ в слое 0,6 м, фон удобрений ($N_{120}P_{90}K_{60}$ кг д. в./га), агротехника (за исключением основной обработки) идентична на всех вариантах опыта и соответствует принятой в зоне [4]. Опыт проводился в четырехкратной повторности, сорт Жуковский ранний, предшественником картофеля являлась озимая пшеница. При проведении исследований использовались общепринятые методики Б. А. Доспехова [5], М. М. Горянского [6], С. А. Воробьева [7].

Соотношение выпавших атмосферных осадков к сумме активных температур за вегетационные периоды картофеля показывает, что в годы иссле-

дований значения гидротермического коэффициента колебались, составив в 2011 г. – 0,61; в 2012 г. – 0,43; в 2013 г. – 0,15, что характеризует эти периоды как среднесухой (дважды) и очень сухой. Для поддержания заданного режима орошения в годы исследований потребовалось в среднем проведение четырех вегетационных поливов средней оросительной нормой 1680 м³/га. Поливы проводились с помощью дождевальных машин ДДА-100МА.

Агрофизические показатели свойств черноземной почвы включают запасы почвенной влаги, плотность, комковатость, структурное состояние пахотного и подпахотного слоев, гигроскопичность и др. Первоочередной задачей, которая должна решаться в системе основной обработки почвы, является создание благоприятного строения пахотного слоя. Важным показателем физического состояния почвы служит плотность сложения. При ее изменении меняется скорость протекания химических и биологических процессов, а также воздушный, тепловой и водный режимы.

Как показывают проведенные исследования, плотность сложения почвы в слоях 0-30 и 0-50 см достигала наибольшего значения при минимальной обработке – 1,25 и 1,29 т/м³, меньшие аналогичные показатели наблюдались при отвальной (1,19 и 1,23 т/м³), а наиболее низкими они оказались после безотвальной обработки, составив 1,16 и 1,21 т/м³ (таблица 1).

Таблица 1 – Плотность сложения почвы под картофелем при разных способах основной обработки

Слой почвы, см	Способ основной обработки		
	отвальная	безотвальная	минимальная
0-10	1,18	1,04	1,20
10-20	1,19	1,19	1,23
20-30	1,21	1,24	1,32
0-30	1,19	1,16	1,25
30-40	1,23	1,27	1,33
40-50	1,32	1,29	1,36
0-50	1,23	1,21	1,29

Таким образом, увеличение плотности сложения почвы после дискования составило: по сравнению с отвальной обработкой для слоев 0-30 и

0-50 см – 5,0-4,9 %, безотвальной – 7,8-6,6 %. В целом, определенные различия в показателях плотности сложения почвы наблюдались только между минимальной и двумя более энергоемкими способами основной обработки. Разница в аналогичных показателях между отвальной и безотвальной обработками не превышала 2,5-1,6 %.

Изменение комковатости поверхности почвы до и после посадки картофеля имело свои тенденции (таблица 2). Наименьшее количество крупных комочков наблюдалось перед посадкой на фоне отвальной обработки (2,9 шт./м²), возрастая на безотвальной и минимальной (до 4,0 и 4,5 шт./м²). После посадки данные показатели уменьшились на указанных вариантах соответственно до 1,6, 2,5 и 2,3 шт./м².

Таблица 2 – Комковатость поверхности почвы до и после посадки картофеля на фоне разных способов основной обработки почвы

Способ обработки почвы	Количество комочков, шт./м ²			
	до посадки		после посадки	
	> 5 см	2-5 см	> 5 см	2-5 см
Отвальная обработка	2,9	5,1	1,6	7,5
Безотвальная обработка	4,0	4,6	2,5	7,8
Минимальная	4,5	5,0	2,3	6,5

Изменение содержания мелких комочков происходило в противоположном направлении, увеличиваясь после посадки при отвальной обработке с 5,1 до 7,5 шт./м², безотвальной – с 4,6 до 7,8 и на фоне минимальной обработки с 5,0 до 6,5 шт./м². Из приведенных данных следует, что при посадке картофеля происходило определенное измельчающее воздействие на почву уменьшением количества крупных и увеличением содержания мелких комочков, что наиболее существенно проявилось при отвальной и безотвальной обработках.

Разный характер основных обработок при возделывании картофеля отразился на изменении содержания водопрочных агрегатов. Отмечено снижение их содержания и коэффициента водопрочности к концу вегетации культуры (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели водопрочности почвы на картофеле по результатам мокрого просеивания в зависимости от изучаемых агроприемов

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Показатели водопрочности			
		Содержание водопрочных агрегатов в разные сроки вегетации, %		Коэффициент водопрочности в разные сроки вегетации	
		начало	конец	начало	конец
Отвальная	0-30	78,97	65,58	3,76	1,91
	30-50	84,51	77,22	5,47	3,40
	0-50	81,74	71,4	4,62	2,66
Безотвальная	0-30	79,88	71,55	4,05	2,86
	30-50	80,67	71,06	4,18	2,66
	0-50	80,28	71,31	4,12	2,76
Минимальная	0-30	79,27	73,74	3,87	2,83
	30-50	84,39	79,52	5,43	4,09
	0-50	81,83	76,63	4,65	3,46

Наиболее существенное уменьшение содержания водопрочных агрегатов под воздействием орошения отмечалось при отвальной обработке: в пахотном и подпахотном горизонтах в начале вегетации их содержание составляло 78,97 и 84,51 %, а перед уборкой – 65,58 и 77,22 %.

Аналогичные снижения составили: при безотвальной обработке с 79,88 и 80,67 до 71,55 и 71,06 %, на фоне дискования – с 79,27 и 84,39 до 73,74 и 79,52 %. Для слоя 0-50 см коэффициент водопрочности при отвальной обработке в начале вегетации картофеля равнялся в среднем 4,73, а в конце – 2,66. Аналогичные показатели при безотвальной обработке – 4,12 и 2,76, а при дисковании – 4,65 и 3,46. В целом уменьшение содержания водопрочных агрегатов в пахотном и подпахотном горизонтах происходило по мере изменения интенсивности основной обработки почвы.

Максимальная гигроскопичность – важнейшая водно-физическая константа почвы, по которой определяют влажность завядания растений (ВЗ). Принято считать, что растения могут поглощать количество воды, примерно в 1,5-2,0 раза превышающее значение максимальной гигроскопичности, а при меньшей влажности происходит их увядание. Разные способы основной обработки почвы на посадках картофеля оказывали опреде-

ленное влияние на изменение показателей максимальной гигроскопичности в начале и конце вегетационного периода картофеля (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели почвенной гигроскопичности на посадках картофеля в зависимости от изучаемых агроприемов

Способ основной обработки	Слой почвы, см	Показатели гигровлаги в периоды вегетации, %	
		начало	конец
Отвальная	0-30	8,76	10,94
	30-50	8,78	10,48
	0-50	8,77	10,71
Безотвальная	0-30	8,82	9,88
	30-50	8,69	10,16
	0-50	8,76	10,02
Минимальная	0-30	8,94	10,27
	30-50	8,61	11,23
	0-50	8,76	10,75

Как следует из приведенных данных, в начале вегетации культуры показатели гигровлаги в пахотном и подпахотном горизонтах на всех вариантах опыта были примерно одинаковыми, составляя на фоне отвальной обработки 8,77 %, безотвальной – 8,69-8,82 %, дискования – 8,61-8,94 %.

Во второй половине вегетации содержание гигроскопичности в почве под воздействием, в частности, орошения увеличилось, достигнув в среднем для слоя 0-50 см на фоне отвальной обработки – 10,71 %, безотвальной – 10,02 %, минимальной обработки – 10,75 %. Таким образом, самой низкой величине влажности завядания растений в условиях орошения способствовала основная безотвальная обработка почвы.

Важное значение для создания благоприятных условий в начальной стадии вегетации сельскохозяйственных культур имеет накопление и сохранение запасов почвенной влаги за зимне-весенний период. Проведенные исследования показали, что минимальная обработка обеспечивала большую сохранность почвенных влагозапасов перед посадкой картофеля в слое 0-50 см – 1703 м³/га, а после отвальной и безотвальной обработок эти показатели равнялись соответственно 1612 и 1678 м³/га. Наибольшая разница в запасах почвенной влаги в предпосадочный период картофеля наблюдалась между вариантами минимальной и отвальной обработок, составив

91 м³/га (5,7 %). Таким образом, в наших опытах мелкая обработка почвы способствовала повышению запасов влаги в предпосадочный период картофеля. Однако в период активной вегетации культуры разница показателей влажности почвы на фоне разных способов основной обработки была незначительной.

В целом, наиболее близкими по своему воздействию на водно-физические свойства чернозема обыкновенного оказались отвальная и безотвальная обработки почв под картофель. При минимальной обработке почва в предпосадочный период была более уплотнена. Это сказалось на условиях вегетации растений и продуктивности картофеля на орошаемых землях (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность картофеля в зависимости от способа основной обработки

Годы исследований	Способ основной обработки			В т/га
	отвальная	безотвальная	минимальная	
2011	30,53	30,13	25,92	
2012	23,41	20,49	15,84	
2013	20,43	18,78	14,08	
Среднее	24,79	23,13	18,61	
НСР = 2,34				

Как следует из приведенных данных, наибольшая урожайность клубней картофеля получена на фоне отвальной вспашки и в среднем за годы исследований составила 24,79 т/га. На фоне безотвальной обработки она составила 23,13 т/га. При НСР_{0,5} = 2,34 т/га разницы между урожайностью картофеля при этих обработках нет. Несколько ниже данный показатель был после проведения безотвальной основной обработки и равнялся 23,13 т/га, что на 6,7 % меньше, чем при отвальной. На участках, где было проведено дискование, урожайность составила 18,61 т/га, что на 24,9 % меньше по сравнению с отвальной вспашкой.

Суммарное водопотребление (E) слагалось из основных составляющих водного баланса: атмосферных осадков (X), изменения запасов поч-

венной влаги (ΔW) и величины оросительной нормы (M). Учитывая, что режим орошения картофеля при разных способах основной обработки почвы был одинаковым, как и сумма атмосферных осадков (в среднем за годы исследований $961 \text{ м}^3/\text{га}$), суммарное водопотребление на вариантах опыта отличалось лишь в показателях расхода почвенной влаги, а на изменение коэффициента водопотребления (K_v) наибольшее влияние оказывала урожайность культуры по вариантам опыта (таблица 6).

Таблица 6 – Водный баланс и водопотребление картофеля при разных способах основной обработки

Вариант основной обработки	$\Delta W, \text{ м}^3/\text{га}$	$X, \text{ м}^3/\text{га}$	$M, \text{ м}^3/\text{га}$	$E, \text{ м}^3/\text{га}$	Урожайность, т/га	$K_v, \text{ м}^3/\text{т}$
Отвальная	617	961	1680	3258	24,79	131
Безотвальная	629	961	1680	3270	23,12	141
Минимальная	636	961	1680	3277	18,61	176

Суммарное водопотребление картофеля составило при отвальной, безотвальной и минимальной обработках соответственно 3258, 3270 и $3277 \text{ м}^3/\text{га}$. Наиболее рациональное использование влаги на получение единицы продукции отмечено на фоне отвальной основной обработки, где наблюдался самый низкий коэффициент водопотребления картофеля – $131 \text{ т}/\text{м}^3$. Несколько выше он оказался после безотвальной – $141 \text{ т}/\text{м}^3$, а при минимальной обработке данный коэффициент составил $176 \text{ т}/\text{м}^3$.

Таким образом, разные способы основной обработки оказывали различное влияние на водно-физические свойства почвы и условия вегетации картофеля.

Минимальная обработка давала возможность сохранить наибольшее количество почвенных запасов влаги, накопленных за осенне-зимний период, которые перед посадкой картофеля в слое 0,5 м были на 5,7 % выше, чем после отвальной вспашки.

Безотвальная и отвальная обработки способствовали снижению плотности сложения почвы в слое 0-50 см, которая составила соответственно $1,21 \text{ т}/\text{м}^3$ и $1,23 \text{ т}/\text{м}^3$, а на фоне минимальной обработки – $1,29 \text{ т}/\text{м}^3$.

Отвальная обработка обеспечивала в период после посадки картофеля наименьшее содержание крупных комочков почвы (более 5 мм) – 1,6 шт./м² и высокое содержание мелких (2-5 мм) – 7,5 шт./м².

Наибольшее количество водопрочных агрегатов после проведения орошения к концу вегетации картофеля в слое 0,5 м отмечено на фоне минимальной обработки, где коэффициент водопрочности в среднем составил 3,46, а при отвальной и безотвальной основных обработках соответственно 2,66 и 2,76.

Наибольшая продуктивность картофеля и самое рациональное использование почвенной влаги получены на фонах отвальной и безотвальной обработок, где средняя урожайность соответственно составила 24,79 и 23,13 т/га, а коэффициент водопотребления – 131 и 141 м³/т. При минимальной обработке урожайность и коэффициент водопотребления картофеля составили 18,61 ц/га и 176 м³/т.

Таким образом, в качестве основной обработки почвы под картофель на орошении, наряду с отвальной, следует рекомендовать и безотвальную обработку на глубину 25-27 см.

Список использованных источников

1 Ильинская, И. Н. Сравнительная оценка агрофизических свойств почв центральной орошаемой зоны Ростовской области [Электронный ресурс] / И. Н. Ильинская, И. В. Сафонова, В. И. Батищев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 2(6). – 10 с. – Режим доступа: <http://www.ros-niipm-sm.ru/archive?n=100&id=105>.

2 Кулыгин, В. А. Агротехнические приемы и продуктивность овощных культур и картофеля в условиях орошения / В. А. Кулыгин // Плодородие. – № 2. – 2011. – С. 27-29.

3 Щедрин, В. Н. Изменчивость природного увлажнения территории Северного Кавказа / В. Н. Щедрин, И. Н. Ильинская // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 23-24.

4 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы / С. С. Авдеенко, А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. В. Гринько, Л. М. Докучаева, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, Н. П. Кривко, Ю. Г. Кузнецов, В. А. Кулыгин, А. В. Лабынцев, В. В. Огнев, С. В. Пасько, С. А. Селицкий, Г. А. Сенчуков, О. А. Целуйко, В. В. Чулков; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.

5 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

6 Горянский, М. М. Методика полевого опыта на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев: Урожай, 1970 – 43 с.

7 Практикум по земледелию / под ред. С. А. Воробьева. – М.: Колос, 1971. – 310 с.

Кулыгин Владимир Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Рассвет, Российская Федерация.

Контактный телефон: 8-951-82-54-382.

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Kulygin Vladimir Anatolyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Don Research Institute of Agriculture of Russian Academy of Agricultural Sciences, Rassvet, Russian Federation.

Contact telephone number: 8-951-82-54-382.

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru