

УДК 631.51:631.432:631.445.41

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЗАПАСЫ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ

© 2019 г. А. М. Гребенников^{1,*}, А. С. Фрид¹, С. В. Сапрыкин², Ю. И. Чевердин^{2,**}

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева
109017 Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

² Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева

397463 Воронежская обл., Таловский р-н, п. 2-го участка Института им. В.В. Докучаева,
квартал 5, 81, Россия

*E-mail: gream1956@gmail.com

**E-mail: cheverdin62@mail.ru

Поступила в редакцию 09.11.2018 г.

После доработки 23.11.2018 г.

Принята к публикации 13.05.2019 г.

В полевом опыте, в 2013–2015 гг., в зависимости от года исследования методом многофакторного дисперсионного анализа определили влияние способа основной обработки почв, фаз вегетации озимой пшеницы и глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) на запасы продуктивной влаги в этих слоях с шагом 10 см. Этим же методом был проведен расчет, когда годы исследования рассматривались в качестве дополнительного фактора влияния на запасы продуктивной влаги. Показано, что как по доле вклада, так и по значимости влияния на запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см в отдельные годы опыта, существенность влияния факторов уменьшалась в следующей последовательности: фазы вегетации, способ обработки почвы, глубина слоя почвы. При этом доля влияния фактора “фаза вегетации” в запасы продуктивной влаги была тем больше, чем благоприятней были погодные условия года, а доля влияния фактора “способ обработки”, наоборот, достигала максимума в годы с неблагоприятными условиями периода прохождения озимой пшеницей наиболее ответственных фаз развития. При учете года проведения исследования в качестве самостоятельного фактора существенность влияния факторов на запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см уменьшалась в следующей последовательности: фазы вегетации, способ обработки почвы, годы исследования, глубина слоя почвы. При этом последний из этих факторов несущественно влиял на запасы влаги.

Ключевые слова: запасы продуктивной влаги, способы обработки почв, агрочерноземы, озимая пшеница, взаимодействие факторов.

DOI: 10.1134/S0002188119080052

ВВЕДЕНИЕ

В черноземной зоне применяемые способы обработки агрочерноземов (от отвальных до нулевых) могут оказывать существенное влияние на запасы влаги в почве [1]. Существующая в настоящее время информация о влиянии способов обработки агрочерноземов на содержание в них продуктивной влаги не дает однозначно судить о преимуществе какого-либо одного или нескольких способов обработки почвы. Как отмечали многие авторы, использование минимальных обработок по сравнению со вспашкой привело к более высокому накоплению продуктивной влаги в почве [2, 3]. Часто большая роль в этом плане отводится мульчирующему слою из пожнивных

остатков и соломы, создаваемому при этих технологиях подготовки почвы [4]. Другие авторы, напротив, указывают на лучшую влагообеспеченность агрочерноземов при использовании вспашки [5, 6] и отмечают несущественное влияние мульчи на накопление влаги в почве [7]. В некоторых работах отмечено, что обеспеченность почв влагой существенно не зависит от способа их обработки [8, 9]. Показано, что преимущества одного способа обработки перед другим по накоплению влаги определяются погодными условиями. Например, при небольшой толщине снежного покрова наибольшие запасы продуктивной влаги обеспечивала вспашка. При более высоких запасах воды в снеге наибольшее накоп-

ление влаги в почве происходило при нулевой обработке [10].

Цель работы – оценка влияния различных факторов, включая способы обработки агроценозов, на запасы в них продуктивной влаги.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в полевом опыте, проводимом на полях ЗАО “Агрофирма Павловская нива” Павловского р-на Воронежской обл. в 2013–2015 гг., в котором изучали разные способы основной обработки почвы (вспашка, безотвальная, поверхностная и нулевая обработки). Делянки опыта были расположены на черноземе обыкновенном среднемощном среднегумусовом, содержащем: гумуса – 4.91–6.67%, обменных кальция и магния – 27.4–35.5 и 5.1–8.8 мг-экв/100 г, общего азота – 0.275, валового фосфора – 0.164 и валового калия 1.86%. Величина pH_{H_2O} составляла 6.78–7.88, pH_{KCl} – 5.43–7.09. Гидролитическая кислотность изменялась в пределах 0.70–4.65 мг-экв/100 г почвы. На протяжении времени проведения опыта среднее содержание подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) составило 54.5–60.6 и 65.0–72.8 мг/кг почвы соответственно.

На делянках опыта выращивали озимую пшеницу сорта Губернатор Дона. Норма ее высева составляла 5.0 млн всхожих семян/га. Предшественником была горчица. Перед посевом вносили минеральные удобрения из расчета (NPK)60. Посевная площадь опытной делянки составляла 225 м², учетная площадь – 175 м². Повторность опыта четырехкратная.

Вспашку проводили на глубину 18–20 см (МТЗ-1221 + ПЛН-3*35), безотвальную обработку также выполняли на глубину 18–20 см (глубококорыхлитель Нью Холлонд + Artiglio), для поверхностной обработки на 8–10 см использовали дискатор (ХТЗ-17221 + БДМ-4 × 4). Для нулевой обработки применяли сеялку прямого посева (Джон-Дир (9-й серии) + Amazone DMC 9000).

В годы проведения исследования при достаточном в целом увлажнении и обеспечении теплом метеорологические условия характеризовались существенной контрастностью, наблюдавшейся в период прохождения растениями наиболее ответственных фаз развития. Наиболее благоприятным для роста и развития озимой пшеницы вегетационный период был в 2014 г. Он в основном характеризовался повышенным температурным фоном при достаточном обеспечении влагой. Самые неблагоприятные условия вегетации озимой пшеницы были отмечены в 2013 г., когда с середины мая по конец июня установилась очень жаркая погода, сопряженная с проявлением признаков почвенной (сильные трещины) и воздушной

засухи (увядание растений). Период прохождения активных фаз вегетации озимой пшеницы в 2015 г. был более благоприятным для этой культуры по сравнению с 2013 г., но менее обеспечен осадками при более высоких температурах по отношению к 2014 г.

Ежегодно на протяжении всех лет исследования в фазах вегетации (возобновление весенней вегетации (**ВВВ**), трубкование, колошение, спелость) термостатно-весовым способом на делянках опыта до глубины 1.0 м через каждые 10 см определяли влажность почвы, по которой рассчитывали запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см, а также определяли запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см. Для сопоставления запасов влаги в этих слоях вычисляли для каждого средние величины содержания влаги в 10-см толще.

По отдельным годам исследования определяли влияние способа основной обработки почв, фаз вегетации озимой пшеницы и глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) на запасы продуктивной влаги в этих слоях, приведенные к слою толщиной 10 см. Значимость главных эффектов и их взаимодействий определяли в попарных сочетаниях изученных факторов для каждого года исследования [11]. Методом многофакторного дисперсионного анализа был также проведен расчет, когда годы исследования, наряду с перечисленными факторами, рассматривали в качестве фактора влияния на запасы продуктивной влаги (4-й фактор).

Определяли влияние запасов влаги в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см в фазы вегетации озимой пшеницы для каждого способа основной обработки почв на урожайность озимой пшеницы в 2013–2015 гг. Для этого применяли корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования в работе [7] были рассчитаны запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см при разных способах основной обработки почв в фазы развития озимой пшеницы для каждого года проведения опыта. По этим данным были определены запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см, приведенные к слою толщиной 10 см (табл. 1).

Из сопоставления данных табл. 1 следовало, что в варианте с нулевой обработкой уровень обеспеченности почв продуктивной влагой был значительно меньше по сравнению с другими способами обработки, что особенно проявлялось в генеративной фазе развития растений озимой пшеницы.

Применение многофакторного дисперсионного анализа к полученным данным для оценки

влияния способа обработки почв, фаз вегетации и глубины слоя почв на запасы продуктивной влаги в этих слоях, приведенных к толщине слоя 10 см, для каждого года проведения опыта (табл. 1), а также с включением в состав оцениваемых факторов лет проведения опыта, позволило получить следующие результаты (табл. 2). Показано, что рассматриваемые факторы во все годы оказывали значимое влияние на запасы продуктивной влаги. Фактор фаз вегетации оказывал наиболее существенное влияние на запасы влаги в почве. На долю вклада этого фактора в запасы продуктивной влаги по годам исследования приходилось от 70.1 до 83.3%. Максимальная доля вклада фактора фаз вегетации в запасы продуктивной влаги была отмечена в 2013 г., минимальная – в 2014 г. Следующим по значимости был фактор основной обработки почвы, доля его вклада в запасы продуктивной влаги по годам исследования составляла 6.1–18.6%. Максимальная доля вклада этого фактора отмечена в 2014 г, минимальная – в 2013 г. Наименьшей долей вклада (0.8–3.4%) характеризовался фактор глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см). Минимальный вклад влияния этого фактора отмечали в 2014 г., максимальный – в 2015 г.

В 2013 г. главные эффекты всех 3-х факторов были значимыми на 5%-ном уровне и, следовательно, оказывали существенное влияние на запасы продуктивной влаги. Взаимодействие факторов фаза вегетации–слой почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) также оказывало значимое влияние на указанные запасы. Взаимодействие других факторов существенно не влияло на величину исследованного отклика.

В 2014 г. главные эффекты факторов способ обработки и фазы вегетации оказывали значимое влияние на запасы продуктивной влаги, тогда как фактор глубина слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) и все взаимодействия между этими факторами на показатель отклика значимо не влияли.

Влияние рассмотренных факторов на запасы продуктивной влаги в 2015 г. было выражено в той же степени, что и в 2013 г.: главные эффекты всех 3-х факторов и взаимодействие факторов фаза вегетации–слой почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) оказывали существенное влияние на запасы продуктивной влаги. При этом взаимодействие других факторов существенно не влияло на величину исследованного отклика.

По всей видимости, определенное сходство характера влияния исследованных факторов на запасы продуктивной влаги в почве в 2013 и 2015 гг. связано со сходством погодных условий в эти годы, которые были в целом благоприятными для роста и развития озимой пшеницы, но хуже, чем в 2014 г. В 2014 г. несущественность влияния глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см), а также взаимодействия этого фактора с фактором

фаз вегетации на запасы продуктивной влаги очевидно была связана с более благоприятными условиями увлажнения в этот год 1-метровой толщи почвы, при которых глубина слоя не оказывала значимого влияния на влагозапасы.

С включением в схему многофакторного дисперсионного анализа в качестве четвертого фактора лет проведения исследования доли влияния рассмотренных факторов, так же, как и достоверность их воздействия на запасы продуктивной влаги в исследованных слоях, претерпели некоторые изменения. Три фактора (способ обработки почв, фазы вегетации и годы проведения опытов) и взаимодействие фактора фаз вегетации с фактором лет проведения опытов оказали значимое влияние на запасы продуктивной влаги в исследованных слоях почвы. Фактор глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) и остальные взаимодействия между факторами значимо не влияли на запасы продуктивной влаги в слоях почвы. Величина доли вклада способа обработки почв в запасы продуктивной влаги входила в интервал величин этого показателя в разные годы проведения опыта (6.1–18.6%) и составляла 8.6%.

Доля вклада фактора фаз вегетации в результате применения четырехфакторной схемы анализа по сравнению с величинами этого показателя в разные годы проведения опыта (70.1–83.0%) была существенно меньше минимального показателя и оказалась равной 62.6%. Доля вклада фактора глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) в рамках применения четырехфакторной схемы дисперсионного анализа в целом значительно снизилась, что привело к несущественности его влияния на запасы продуктивной влаги. Доля вклада фактора лет проведения опытов в запасы продуктивной влаги составила 5.6%. Судя по изменению долей вклада в запасы продуктивной влаги 3-х факторов при замене трехфакторного анализа четырехфакторным, доля вклада фактора лет проведения опытов образовалась за счет уменьшения доли вклада фактора фаз вегетации.

Из результатов, полученных в работе [7], следует, что наиболее высокую урожайность зерна озимой пшеницы (4.42 т/га в среднем за 2013–2015 гг.) обеспечивала поверхностная технология обработки почвы с использованием дискаторов. В 2013 г. урожайность озимой пшеницы в варианте с поверхностной обработкой значимо не отличалась от этого показателя в других вариантах. В 2014 г., напротив, урожайность на делянках с рассмотренным способом обработки была значительно больше урожайности во всех остальных вариантах. В 2015 г. урожайность варианта с поверхностной обработкой была несущественно больше урожайности в вариантах вспашки и безотвальной обработки, но существенно превосходила этот показатель в варианте нулевой обработки.

Таблица 1. Запас продуктивной влаги под посевами озимой пшеницы в слоях почвы, приведенных к толщине слоя 10 см, мм

Слой почвы, см	<i>ВВВ</i>	Трубкавание	Колошение	Спелость
2013 г.				
Вспашка				
0–20	10.2	1.1	0	6.35
20–50	13.0	5.9	1.47	2.13
50–100	14.6	8.0	4.40	1.92
Безотвальная обработка				
0–20	15.2	7.6	7.20	4.15
20–50	16.4	9.3	9.03	4.00
50–100	17.0	12.0	11.0	4.88
Поверхностная обработка (дискатор)				
0–20	14.9	5.5	0.85	6.00
20–50	14.4	8.0	1.63	3.47
50–100	17.6	10.9	2.00	3.58
Нулевая обработка				
0–20	12.0	4.3	1.60	1.95
20–50	13.5	5.9	1.93	1.40
50–100	12.3	8.8	1.60	1.06
2014 г.				
Вспашка				
0–20	20.0	17.2	5.10	0.22
20–50	18.0	15.0	7.23	3.20
50–100	15.6	13.5	13.0	6.36
Безотвальная обработка				
0–20	17.2	14.3	5.30	1.60
20–50	17.6	14.2	7.10	2.20
50–100	16.6	16.9	13.6	2.90
Поверхностная обработка (дискатор)				
0–20	18.9	17.8	7.55	0.05
20–50	17.8	15.1	8.70	0.87
50–100	16.9	16.3	12.6	3.88
Нулевая обработка				
0–20	10.9	11.5	2.60	0
20–50	8.0	5.1	1.47	0
50–100	8.1	7.4	0.96	0
2015 г.				
Вспашка				
0–20	8.2	9.2	0.20	3.15
20–50	16.5	10.5	4.67	1.83

Таблица 1. Окончание

Слой почвы, см	<i>BBB</i>	Трубкавание	Колошение	Спелость
50–100	13.7	10.8	6.14	1.32
Безотвальная обработка				
0–20	8.7	11.0	0.70	3.9
20–50	10.9	11.8	3.37	0.83
50–100	13.8	14.5	6.84	2.66
Поверхностная обработка (дискатор)				
0–20	6.15	11.7	0	5.85
20–50	10.8	11.6	2.83	4.07
50–100	12.1	13.6	7.62	2.02
Нулевая обработка				
0–20	8.3	7.9	0	2.65
20–50	9.8	5.5	1.13	0.17
50–100	5.9	8.1	1.82	0.08

Примечание. *BBB* – возобновление весенней вегетации. То же в табл. 3.

Использование нулевой обработки приводило к формированию самой низкой урожайности озимой пшеницы в данном опыте (3.67 т/га в среднем за 2013–2015 гг.).

Для установления связи между урожайностью озимой пшеницы в годы проведения опыта и обеспеченностью влагой слоев 0–20, 0–50 и 0–100 см в фазы вегетации в вариантах с разными способами основной обработки были использованы данные работы [7].

Значимые величины коэффициентов корреляции между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги во всех исследованных слоях почвы в вариантах вспашки были отмечены в наиболее ранней фазе *BBB* (табл. 3). В фазе трубкавания изученная связь была менее выраженной и характеризовалась высокими, но недостоверными коэффициентами корреляции. В фазе колошения запасы продуктивной влаги во всех исследованных слоях были достоверно связаны прямой зависимостью с урожайностью озимой пшеницы. В период спелости культуры изученная связь была недостоверной. При этом запасы продуктивной влаги в верхних 2-х слоях были обратным образом связаны с урожайностью.

Вероятно, в варианте вспашки урожайность озимой пшеницы лимитировалась величиной запаса продуктивной влаги в фазах *BBB* и колошения. Отрицательные величины коэффициентов корреляции между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в слоях 0–20 и 0–50 см в фазе спелости в данном случае соответствовали тенденции к негативному влиянию

увеличенных влагозапасов на урожайность озимой пшеницы.

В отличие от вариантов вспашки в фазе *BBB* в вариантах безотвальной обработки между урожайностью озимой пшеницы и запасом продуктивной влаги ни в одном из исследованных слоев достоверной связи установлено не было. В фазе трубкавания рассмотренная связь была также недостоверной и по сравнению с фазой *BBB* характеризовалась еще более низкими коэффициентами корреляции. В фазе колошения в вариантах безотвальной обработки между урожайностью озимой пшеницы и запасом продуктивной влаги в слоях 0–50 и 0–100 см отмечена прямая достоверная связь. Коэффициент корреляции между урожайностью озимой пшеницы и запасом продуктивной влаги в слое 0–20 см характеризовался высокой, но недостоверной величиной (0.92). В период спелости культуры изученная связь была недостоверной. При этом запасы продуктивной влаги во всех слоях почвы в вариантах безотвальной обработки были обратным образом связаны с урожайностью.

Связь между урожайностью озимой пшеницы и запасом продуктивной влаги в варианте безотвальной обработки показала, что урожайность этой культуры в данном случае зависела от величины запаса продуктивной влаги в фазе колошения. Так же, как и в вариантах вспашки, в вариантах безотвальной обработки в фазе спелости отмечены тенденции к негативному влиянию увеличения влагозапасов на урожайность озимой пшеницы.

В вариантах поверхностной обработки прямая достоверная связь между урожайностью озимой

Таблица 2. Вклад (доля) факторов и их взаимодействия в запасы продуктивной влаги (по результатам применения многофакторного дисперсионного анализа к данным полевого опыта, проведенного в 2013–2015 гг.)

Факторы				Взаимодействие факторов
обработка (1)	фаза вегетации (2)	слой почвы (3)	год (4)	
		2013 г.		
6.1*	83.3*	2.1*	—	(1–2) 2.0 (1–3) 0.4 (2–3) 4.2*
		2014 г.		
18.6*	70.1*	0.8	—	(1–2) 3.0 (1–3) 1.4 (2–3) 4.0
		2015 г.		
8.1*	70.8*	3.4*	—	(1–2) 3.6 (1–3) 3.2 (2–3) 8.4*
		2013–2015 гг.		
8.6*	62.6*	1.4	5.6*	(1–2) 0.9 (1–3) 1.0 (1–4) 3.1 (2–3) 1.6 (2–4) 7.4* (3–4) 0.3

*Факторы, влияние которых в указанном парном сочетании значимо на 5%-ном уровне.

пшеницы и запасами продуктивной влаги во всех слоях была установлена в фазе трубкования, а также между этими показателями в слоях 0–50 и 0–100 см в фазе колошения. Как в вариантах вспашки и безотвальной обработки, при рассмотренном способе обработки отмечали обратную зависимость между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги. Эта зависимость прослежена для всех слоев и в отличие от вариантов вспашки и безотвальной обработки была значимой на 5%-ном уровне.

Прямых достоверных связей между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в зависимости от фаз развития в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см в варианте нулевой обработки установлено не было. В варианте этой обработки, так же как и для остальных способов, отметили обратную зависимость между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в фазе спелости. Эта зависимость для слоя 0–20 см была значимой на 5%-ном уровне, в остальных случаях ее можно было рассматривать лишь как тенденцию.

Следует также отметить, что одним из резервов улучшения влагообеспеченности растений озимой пшеницы могло бы быть использование в качестве ее предшественника не чистых посевов

горчицы, а правильным образом подобранных смесей культур, способных по сравнению с чистыми посевами их компонентов значительно увеличить эффективность использования продуктивной влаги и существенно больше сохранить ее для выращивания озимой пшеницы [12–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, как по доле вклада, так и по значимости влияния на запасы продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см почвы наиболее существенным был фактор фаз вегетации. Этот фактор как в зависимости от отдельных лет опытов, так и за весь период их проведения, оказывал значимое влияние на запасы продуктивной влаги в агрочерноземах. Доля вклада этого фактора в запасы продуктивной влаги была тем больше, чем менее благоприятными были погодные условия года в период прохождения озимой пшеницей наиболее ответственных фаз развития. Влияние фактора способа обработки почвы по сравнению с фактором фаз вегетации было менее выраженным, что характеризовалось меньшей долей вклада в вариабельность запасов продуктивной влаги в слоях 0–20, 20–50 и 50–100 см. Однако доля вклада способа обработки почвы в запасы продуктивной вла-

Таблица 3. Коэффициенты корреляции (R) между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в фазах развития в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см в вариантах разных способов основной обработки

Фаза развития	Слой, см	Способ основной обработки			
		вспашка	безотвальная	поверхностная	нулевая
<i>ВВВ</i>	0–20	0.97*	0.90	0.56	0.41
	0–50	1.00*	0.88	0.63	–0.33
	0–100	1.00*	0.83	0.46	–0.12
Трубкавание	0–20	0.91	0.64	0.96*	0.75
	0–50	0.91	0.64	0.96*	0.75
	0–100	0.91	0.64	0.96*	0.75
Колошение	0–20	1.00*	0.92	0.94	0.90
	0–50	0.96*	0.98*	0.98*	0.72
	0–100	0.99*	0.96*	1.00*	0.11
Спелость	0–20	–0.88	–0.90	–0.98*	–1.00*
	0–50	–0.67	–0.21	–0.95*	–0.89
	0–100	0.86	–0.14	–0.99*	–0.72

*Величины коэффициентов корреляции, достоверные на 5%-ном уровне значимости.

ги в отличие от фактора фаз вегетации была больше при благоприятных условиях роста и развития озимой пшеницей по сравнению с неблагоприятными погодными условиями.

Наименьшее влияние на запасы продуктивной влаги в годы проведения опыта оказывал фактор глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см). Доля вклада этого фактора составляла 0.8–3.4%. Значимое влияние на запасы продуктивной влаги этот фактор оказывал только в 2013 и 2015 гг. Минимальная доля вклада фактора глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см) отмечена в 2014 г., в котором были наиболее благоприятные условия роста и развития озимой пшеницей в ответственные ее фазы вегетации.

Из сопоставления трехфакторных схем дисперсионного анализа для каждого года проведения исследования с четырехфакторной схемой, включавшей в качестве самостоятельного фактора год проведения опыта, можно было предположить, что последний фактор вычленился главным образом за счет перехода к нему долей вклада от факторов фаз вегетации и глубины слоя почвы (0–20, 20–50 и 50–100 см).

Из изложенного следует, что значимые на 5%-ном уровне зависимости между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см в фазе весеннего возобновления вегетации были установлены только для вариантов вспашки, в фазе трубкавания – только для поверхностной обработки. Для большинства способов обработки агрочерноземов (вспашки, безотвальной и поверхностной обработок) значимые на 5%-ном уровне прямые связи запасов влаги в изученных слоях почв с урожайностью озимой пшеницы были приурочены к

фазе колошения. Для варианта нулевой обработки прямых достоверных зависимостей между урожайностью озимой пшеницы и запасами продуктивной влаги в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см на протяжении всех фаз вегетации установлено не было. Вероятно, урожайность в вариантах нулевой обработки лимитировалась не запасами продуктивной влаги, а каким-то другим фактором.

Тенденция к обратной связи между запасами продуктивной влаги и урожайностью в фазе спелости озимой пшеницы возможно отражает негативное влияние влажности почвы на уборку урожая, приводящее к увеличению его потерь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Ильина Г.П., Гапонова Н.П.* Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия. Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2012. 76 с.
2. *Масютенко М.Н., Кузнецов А.В.* Влияние экспозиции склона и агрогенных факторов на динамику продуктивной влаги в черноземе типичном // Агротехнологическая модернизация земледелия. Сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 11–13 сентября 2013 г., Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2013. С. 134–139.
3. *Шелухина Н.В.* Повышение продуктивности звена севооборота при возделывании озимой пшеницы по различным зернобобовым предшественникам и приемам основной обработки почвы в Белгородской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Немчиновка, 2014. 22 с.

4. Буренок В.П., Язева Л.А., Кушенина Т.П. Плодородие и влагообеспеченность почвы при почвозащитных системах земледелия // Земледелие. 2011. № 4. С. 39–40.
5. Полоус В.С. Разработка элементов адаптивной системы основной обработки почвы в зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном в зоне недостаточного увлажнения: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Персиановский, 2012. 50 с.
6. Забродкин А.А. Эффективность минимальной обработки почвы в звене севооборота как фактора биологической интенсификации земледелия: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Орел, 2014. 19 с.
7. Сапрыкин С.В. Влияние приемов минимализации обработки на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях ЦЧР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Рамонь, 2017. 25 с.
8. Хлопяников А.М., Крюков А.Н., Ибадуллаев К.Б. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от приемов основной обработки почвы и средств химизации // Вестн. Брянск. ГАУ. 2012. № 4. С. 280–282.
9. Гребенников А.М., Беспалов В.А., Исаяев В.А., Белобров В.П., Юдин С.А., Гармашов В.М., Чевердин Ю.И. Влияние разных способов обработки агрочерноземов на их влажностный и температурный режим в условиях высокой обеспеченности почв влагой // Современное состояние черноземов. Ростов/н/Д. 2018. Т. 1. С. 376–383.
10. Казанцев С.И. Эффективность минимальных способов основной обработки почвы в звене зернопропашного севооборота на типичных черноземах Центрального Черноземья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Орел, 2013. 22 с.
11. Рожков В.А., Фрид А.С., Бибернейт А.Б. Алгоритмы и программы для ЭВМ СМ-4. М.: ВАСХНИЛ, 1985. 108 с.
12. Гребенников А.М. Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах // Агрехимия. 2003. № 1. С. 68–73.
13. Гребенников А.М. Использование сидерации смешанными агрообществами для повышения плодородия типичных черноземов // Плодородие. № 2. 2011. С. 30–32.
14. Гребенников А.М. Методические аспекты оценки агроценотического эффекта в сидеральных агрообществах для воспроизводства плодородия типичных черноземов ЦЧЗ // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 9. С. 79–89.

Effect of Applying Different Methods of Primary Treatment to the Stocks of Productive Moisture in Agrochernozems

A. M. Grebennikov^{a,#}, A. S. Frid^a, S. V. Saprykin^b, and Yu. I. Cheverdin^{b,##}

^a V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, p. Pyzhevsky 7, Moscow 119017, Russia

^b V.V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Strip, pos. 2 section of V.V. Dokuchaev Institute, quarter 5, 81, Voronezh region, Talovsky district 397463, Russia

[#] E-mail: gream1956@gmail.com

^{##} E-mail: cheverdin62@mail.ru

In the field experiment conducted in 2013–2015, the influence of the method of basic soil treatment, the phases of winter wheat vegetation and the depth of the soil layer (0–20, 20–50 and 50–100 cm) on the reserves of productive moisture in these layers, reduced to 10 cm layer, was determined by the method of multivariate dispersion analysis. This method was also used to calculate when the years of the study, along with those listed, were considered as a factor of influence on the reserves of productive moisture. It was shown that both the share of contribution and the significance of the impact on the productive moisture reserves in the layers of 0–20, 20–50 and 50–100 cm of soil for individual years, the significance of the influence of factors decreased in the following sequence: the vegetation phase, the method of tillage, the depth of the soil layer. At the same time, the share of the contribution of the vegetation phase factor to the productive moisture reserves was higher than the favorable weather conditions of the year, and the share of the processing method, on the contrary, reached maximum values in years with unfavorable conditions of the period of passage of winter wheat of the most critical phases of development. When considering the years of research as an independent factor, the significance of the influence of other factors on the reserves of productive moisture in the layers of 0–20, 20–50 and 50–100 cm decreased in the following sequence: the vegetation phase, the method of tillage, years of research, the depth of the soil layer. At the same time, the last of these factors did not significantly affect the moisture reserves.

Key words: stocks of productive moisture, the methods of treatment of soils, agrochernozems, winter wheat, interaction of factors.