

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАПАСЫ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В АГРОЧЕРНОЗЕМЕ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Е. Н. Белоусова, А. А. Белоусов

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90

E-mail: svoboda57130@mail.ru

Поступила в редакцию 27.11.2022, принята к печати 31.05.2023

Формирование запасов продуктивной влаги в черноземных почвах Красноярской лесостепи является одной из ключевых задач. Цель работы – изучить влияние минимальной технологии обработки почвы на динамику продуктивных запасов влаги в агрочерноземах. Исследования проведены в Красноярском природном округе на земельных участках СПК «Шилинское» Сухобузимского района (56°37' с.ш., 93°12' в.д.). Влияние способов обработки почвы (поверхностное дискование – минимальная технология и отвальная вспашка) на запасы влаги изучалось в течение 2013–2015 г. на базе длительного опыта, заложенного в 2005 г. В пределах производственных посевов были выделены реперные участки площадью 500 м². С каждого из них отбирались почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см методом змейки (15 пространственно удаленных точек) в начале, середине и конце каждого вегетационного сезона. Установлено, что изучаемые способы основной обработки почвы не оказали на нее существенного уплотняющего воздействия. Однако наблюдалось заметное изменение микроагрегатного состава почвы, выражающееся в увеличении коэффициента дисперсности (K_d) от минимальной обработки ($K_d = 13,1$) к отвальной вспашке ($K_d = 31,7$). При обеих технологиях обработки почвы уровень почвенных влагозапасов был достаточным. В условиях дефицита атмосферного увлажнения (сезон 2015 г.) способность почвы аккумулировать продуктивную влагу была выше при отвальной обработке, чем при поверхностном дисковании. Однако при достаточном увлажнении (2013–2014 гг.) почвенные влагозапасы были либо почти одинаковыми при обеих технологиях, либо, напротив, возрастали при минимальной обработке по сравнению с отвальной вспашкой. Результаты моделирования показали, что наибольшее влияние на влагозапасы оказывали параметры воздухосодержания в почве.

Ключевые слова: минимальные технологии обработки почвы, продуктивные запасы влаги, плотность почвы, воздухосодержание.

INFLUENCE OF TILLAGE ON PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES IN AGROCHERNOZEM OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

E. N. Belousova, A. A. Belousov

Krasnoyarsk State Agrarian University

Russia, Mira Ave., 90, Krasnoyarsk, 660049

E-mail: svoboda57130@mail.ru

The formation of productive moisture reserves in the chernozem soils of the Krasnoyarsk forest-steppe is one of the key tasks of agriculture. The purpose of the work was to study the influence of minimal tillage technology on the dynamics of productive moisture reserves in agrochernozems. The study was carried out in Krasnoyarsk on the land areas of the APC Shilinskoe (56°37', 93°12'). The influence of the soil tillage (surface disking - minimal technology and conventional plowing) on moisture reserves was studied during 2013–2015 in the long-term field experiment established in 2005. Reference plots with an area of 500 m² were allocated within the crop production fields. Soil samples were collected from layers of 0–5 and 5–20 cm by the «snake» method (15 spatially remote points) at the beginning, middle and end of each growing season. It was shown that the estimated tillage treatments did not have a significant compacting effect on the studied soil. However, there was a noticeable change in the soil microaggregation, expressed as an increase in the dispersion coefficient (C_d) from minimal tillage ($C_d = 13.1$) to convectional plowing ($C_d = 31.7$). For both tillage treatments, soil moisture reserves corresponded to a «good» level. The advantage of the conventional plowing was accumulation of more productive moisture compared to minimal tillage in conditions of precipitation shortage (in 2015). However, with sufficient precipitation (2013–2014), soil moisture reserves were either almost the same for both studied technologies, or even higher under minimal tillage. The simulation results showed that the greatest degree of influence on moisture reserves was exerted by the air content in the soil.

Keywords: minimal tillage technologies, productive moisture reserves, soil density, air content.

ВВЕДЕНИЕ

«Культ растения и предъявляемые им требования к окружающей среде (почве, свету, климату, влаге, удобрениям)» – коренной вопрос

земледелия, по мнению К. А. Тимирязева. В условиях земледельческой зоны Красноярского края влагообеспеченность является одним из факторов, лимитирующих плодородие почвы и оказывающих прямое влияние на продуктивность растений

(Едимоичев, 2014). Главным критерием, определяющим оптимальное протекание продукционных процессов, является объемное соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз почвы. Одним из основных приемов создания в почве благоприятных физических условий является механическая обработка. Любая технология выращивания растений и система машин для ее реализации есть компромисс между потребностями растения и возможностью человека их обеспечить (Конищев, 2011). Поиск резервов повышения продуктивного использования влаги для обоснования комплекса агротехнических приемов, позволяющих регулировать физический режим пахотных почв в зависимости от требований культурных растений и почвенно-климатических условий, необходим для управления водным режимом почв (Моисеев, Еремин, 2012; Денисов и др., 2014; Дриггер и др., 2015; Селиванова, 2019; Белоусова, Белоусов, 2021; Миллер и др., 2021; Голов, Быков, 2022). В связи с этим необходимо найти такие способы механического воздействия на почву, которые повышали бы агроэкологическую устойчивость агроландшафтов (Власенко и др., 2011). Цель работы – изучить влияние безотвальной технологии обработки почвы на запасы продуктивной влаги в агрочерноземах Красноярской лесостепи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в 2013–2015 гг. в Красноярском геоморфологическом округе на земельных участках СПК «Шилинское» в Красноярской лесостепи (56° с.ш., 93° в.д.) на базе длительного опыта, заложенного в 2005 г. В пределах производственных посевов были выделены реперные участки площадью 500 м². С каждого из них трижды за вегетационный сезон отбирались почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см. Изучение влагозапасов в верхнем слое почвы (0–5 см) в рамках данного исследования является актуальным и оправданным с точки зрения строения пахотного слоя, поскольку сельскохозяйственные агрегаты, применяемые для проведения минимальной обработки в опыте, оказывали механическое воздействие на глубину 4–5 см. Объем выборки, рассчитанный исходя из величины пространственного варьирования почвенного плодородия, составил 15 индивидуальных проб.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный многогумусный среднесиловый легкоголистый на красно-бурой глине. Исследуемая почва характеризовалась высоким содержанием гумуса (8,9%), близкой к нейтральной величиной pH (pH_{H2O} = 6,8), высокими значениями суммы обменных оснований (60 ммоль 100 г⁻¹ почвы) и степени насыщенности основаниями (99%). Рельеф участка относительно выровнен с небольшим (1°–2°) уклоном, экспозиция – восточная.

Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым прописям современных методов (Воробьева, 2006). Структурный состав почвы

изучался при естественной влажности по методу Н. И. Саввинова. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, запасы продуктивной влаги – по А. Ф. Вадюниной и З. А. Корчагиной (1986). Гранулометрический и микроагрегатный состав почвы определен методом пипетки, коэффициент дисперсности (K_d) и плотность твердой фазы – пикнометрически, общая пористость ($P_{общ}$) и пористость аэрации ($P_{аэр}$) – расчетным методом по Н. А. Качинскому. Статистический анализ данных проведен с использованием пакета программ MS Excel: для оценки зависимости между количественными показателями применялся критерий корреляции Пирсона, для сравнения средних величин по вариантам обработки почвы – t-тест на уровне значимости $p < 0,05$. Множественные уравнения регрессии получены с учетом предварительного отбора (отсеивания) факторов для включения их в математическую модель исходя из правила о невозможности включать в модель факторы, тесно связанные друг с другом. Значения β -коэффициента показывали степень и направленность влияния вариации фактора x_i на вариацию результативного признака y при отвлечении от сопутствующей вариации других факторов, входящих в уравнение.

Влияние способов обработки почвы на продуктивность зерновых культур исследовалось в зернопаровом звене севооборота со следующим чередованием культур: химический пар (обработка баковой смесью из гербицидов «Топик» и «Ковбой», фунгицида «Альто Супер» и инсектицида «Карате»), яровая пшеница, яровая пшеница, овес. Схема опыта состояла из следующих вариантов (способов обработки): 1 – отвальная обработка; 2 – минимальная обработка (поверхностное дискование). Отвальная обработка включала зяблевую вспашку на глубину 20–22 см и весеннюю культивацию. Посев зерновых культур в 2013–2015 гг. проводился комбинированным агрегатом – стерневой сеялкой СС-6 с одновременным припосевным внесением нитроаммофоски. Минимальная обработка почвы осуществлялась с помощью посевного комплекса СКС-3,2. Дисковыми горизонтальными сошниками посевного комплекса проводилась обработка почвы на глубину 4–5 см, а также посев яровой пшеницы (2013–2014 гг.) и овса (2015 г.) с одновременным внесением нитроаммофоски. Метеорологическая информация получена с метеорологической станции «Сухобузимское» Красноярского края. Средние многолетние значения (норма), согласно техническому регламенту ВМО, рассчитывались за 30-летний период (1981–2010 гг.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидротермические условия являются значимым, но не регулируемым фактором продуктивности сельскохозяйственных культур. В рамках настоящего исследования выявлены следующие особенности метеорологических условий за годы наблюдений (табл. 1).

Таблица 1. Основные метеорологические показатели за вегетационные сезоны

Год	Месяц					Сумма за период $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$						
2013	7,2	15,0	18,6	16,5	6,5	1537
2014	6,8	16,0	19,2	15,9	6,5	1568
2015	10,9	17,0	19,9	16,5	7,9	1638
Норма (1981–2010 гг.)	9,5	17,5	19,1	16,4	8,9	1809
Осадки, мм						
2013	103,8	60,2	50,5	93,9	58,7	367
2014	53,5	50,4	89,4	74,9	32,4	300
2015	30,9	32,6	68,5	62,9	75,4	270
Норма (1981–2010 гг.)	40	52	69	81	39	216
ГТК						
2013	4,6	1,3	0,9	1,8	3,0	2,3
2014	2,5	1,0	1,5	1,5	1,6	1,9
2015	0,9	1,0	1,2	1,6	2,8	1,3
Норма (1981–2010 гг.)	1,3	1,0	1,2	1,6	1,4	1,3

В течение периода активной вегетации 2013 г. температура воздуха была ниже нормы в начале и конце вегетационного сезона, а количество осадков достигло 367 мм, что превышало средние многолетние значения. Соответственно, ГТК практически ежемесячно существенно превышал норму. Следующий сезон характеризовался более высокой теплообеспеченностью, показатели которой приближались к норме. Количество осадков колебалось с тенденцией к превышению средней многолетней нормы. Такое сочетание условий тепло- и влагообеспеченности определило достаточное увлажнение в течение периода вегетации полевых культур. Отличительной особенностью сезона 2015 года являлась оптимальная теплообеспеченность в весенне-летний период на фоне дефицита осадков.

Наращение растительной массы и формирование урожая осуществляются за счет лабильной влаги, усваиваемой растениями. Поэтому для характеристики влагообеспеченности учитывалось накопление в почве продуктивной влаги. Так как слой 0–5 см являлся надсеменным, считалось важным

оценить влажность и запасы продуктивной влаги в нем. Агрофизические параметры одними из первых изменяются под воздействием механической обработки. Данные таблицы 2 позволяют проследить изменения плотности сложения агрочерноземов в результате обработки. Они указывают на снижение величин данного показателя, что согласуется с результатами, полученными рядом исследователей почв Сибирского региона. Рыхлое сложение почв сельскохозяйственной части Красноярского края авторы связывают с их длительным пребыванием в мерзлом состоянии, а также растрескиванием в результате периодического иссушения летом и увеличения пористости. Материалы исследований также свидетельствуют о существенных непроизводительных потерях влаги на физическое испарение при плотности почвы ниже оптимальной. Изучаемые способы основной обработки не оказали существенного воздействия на плотность почвы. Она характеризовалась как оптимальная, а в условиях отвальной вспашки в отдельные периоды почва была избыточно рыхлой.

Таблица 2. Статистические параметры плотности сложения чернозема выщелоченного в вариантах опыта, $n = 15$

Варианты Сроки	Слой, см	$x \pm t_{s_x}$	$x \pm t_{s_x}$	$x \pm t_{s_x}$
		21.05.2013	28.06.2013	02.10.2013
1.Отвальная	0–5	0,68 $\pm$ 0,06	0,76* $\pm$ 0,06	0,83 $\pm$ 0,05
	5–20	0,70 $\pm$ 0,05	0,86* $\pm$ 0,04	0,82 $\pm$ 0,04
2.Минимальная	0–5	0,87 $\pm$ 0,06	0,85 $\pm$ 0,09	0,78* $\pm$ 0,06
	5–20	0,87 $\pm$ 0,06	0,95 $\pm$ 0,05	0,91* $\pm$ 0,06
Сроки		25.06.2014	28.07.2014	18.09.2014
1.Отвальная	0–5	0,94 $\pm$ 0,07	0,77* $\pm$ 0,07	0,91 $\pm$ 0,08
	5–20	0,99 $\pm$ 0,05	0,89* $\pm$ 0,06	0,94 $\pm$ 0,04
2.Минимальная	0–5	1,03 $\pm$ 0,06	0,82* $\pm$ 0,06	0,88* $\pm$ 0,06
	5–20	1,03 $\pm$ 0,08	1,06* $\pm$ 0,06	1,01* $\pm$ 0,05
Сроки		25.06.2015	29.07.2015	28.09.2015
1.Отвальная	0–5	0,89 $\pm$ 0,06	0,86 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,05
	5–20	1,07 $\pm$ 0,04	1,06 $\pm$ 0,06	0,90 $\pm$ 0,06
2.Минимальная	0–5	0,86 $\pm$ 0,05	0,96 $\pm$ 0,05	0,85 $\pm$ 0,05
	5–20	0,95 $\pm$ 0,06	1,09 $\pm$ 0,04	1,01 $\pm$ 0,04

Примечание: здесь и далее: * – различия достоверны; t – критерий Стьюдента; s_x – ошибка средних.

В условиях Красноярской лесостепи основным источником поступления влаги в почву являются атмосферные осадки (Бугаков и др., 1982). С началом вегетации сельскохозяйственных культур изменение запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы определяется взаимодействием почвы и растений, а также метеорологическими условиями.

Полученные данные свидетельствуют о неодинаковой влагообеспеченности посевов яровых зерновых культур. Тем не менее, в изученных вариантах запасы влаги в почве были достаточными, что, вероятно, обусловлено легкоглинистым гранулометрическим составом. Особенности распределения элементарных частиц определяют механизмы агрегирования, которые оказывают существенное влияние на водно-физические свойства почв. В почвенной массе гумусово-аккумулятивного горизонта в условиях отвальной обработки значительную долю занимала фракция средней пыли, а в условиях минимальной обработки он характеризовался преобладанием фракций ила и крупной пыли (рис. 1). Результаты определения микроагрегатного состава и коэффициента дисперсности (K_d) в вариантах опыта иллюстрируют изменения микроагрегатного состава почвы в направлении увеличения K_d в следующем ряду: минимальная ($K_d = 13,1$) → отвальная ($K_d = 31,7$). Динамика запасов продуктивной влаги в почве вариантов опыта в условиях вегетационного сезона

2013 года указывала на избыточную влажность почвы как в надсеменной части пахотного слоя, так и в слое 5–20 см под посевами яровой пшеницы (табл. 3). Вероятно, ключевым фактором, обусловившим аккумуляцию, было поступление значительного (в 2,5 раза выше нормы) количества осадков в течение мая. Причем на фоне использования дисковых орудий запасы влаги были существенными, что связано с влиянием мульчирующего слоя, сформировавшегося на поверхности почвы. Однако в следующие два вегетационных сезона отмеченное влияние было нивелировано.

Почва в вегетационный период 2014 года характеризовалась умеренно влажным состоянием. Вероятно, снижение влагозапасов на бесплужных фонах в сравнении с отвальной технологией обусловлено большим уплотнением подсеменного слоя почвы (табл. 2). Агрочерноземы отличались пониженной плотностью сложения, поэтому увеличение влажности к концу вегетационных сезонов (рис. 2) сопровождалось уменьшением их объема. Ранее было выявлено, что замена отвальной обработки поверхностным рыхлением дисковыми сошниками определила накопление в надсеменной части агрочерноземов структурных отдельностей размером 5–3, 3–2, 2–1 мм (Белоусова, 2015). В нижней части посевного слоя проявлялась усадка, сопровождающаяся уплотнением почвы и глыбообразованием.

Таблица 3. Динамика запасов продуктивной влаги, мм ($n = 45$).

Вариант	На 9-й год после внедрения (2013)					
	21.05		28.06		2.10	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
Отвальная	53	180	58	147	50	122
Минимальная	65	194	74	200	62	187
t	$t_{\phi} > t_r$ *	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} > t_r$
	На 10-й год после внедрения (2014)					
	25.06		28.07		18.09	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
Отвальная	28	132	42	140	69	227
Минимальная	20	96	44	157	71	228
t	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} < t_r$
	На 11-й год после внедрения (2015)					
	25.06		29.07		28.09	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
Отвальная	27	221	28	117	76	256
Минимальная	23	97	41	121	66	177
t	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} > t_r$	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} < t_r$	$t_{\phi} > t_r$

Примечание: * – жирным выделены достоверные различия; t_{ϕ} – фактическое значение критерия Стьюдента; t_r – теоретическое значение критерия Стьюдента.

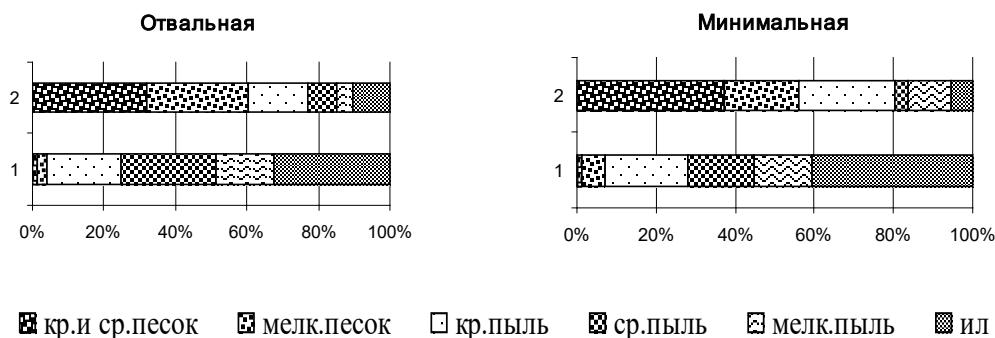


Рис. 1. Гранулометрический (1) и микроагрегатный (2) состав чернозема выщелоченного

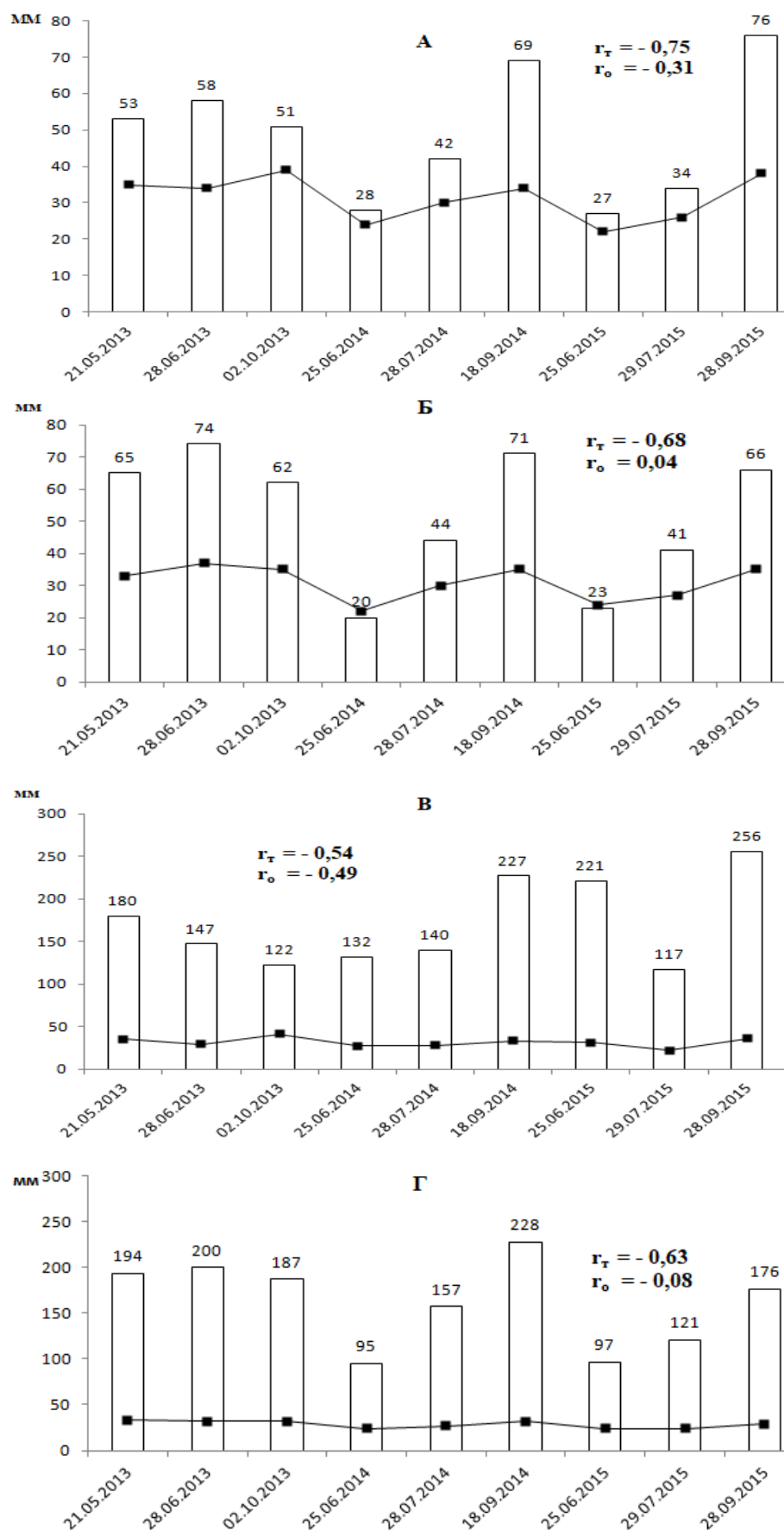


Рисунок 2 – Динамика продуктивных запасов влаги (мм) и полевой влажности (%) в условиях отвальной – А: 0–5 см и минимальной обработки почвы Б: 0–5 см; отвальной – В: 5–20 см и минимальной обработки почвы Г: 5–20 см; r – корреляционная связь запасов влаги от температуры воздуха (r_T) и количества осадков (r_o)

Запасы влаги под посевами овса к началу вегетационного периода 2015 года свидетельствовали об удовлетворительной и хорошей влагообеспеченности агрочерноземов. В репродуктивный период, когда растения овса входили в фазу выхода в трубку-цветения, надземная масса растений и их корневая система достигали максимальной мощности. Обеспеченность зерновой культуры доступными запасами влаги в слое 5–20 см в условиях поверхностного дискования была

существенно ниже в сравнении с почвой, обработанной по отвальной технологии.

Выявленные различия во влагозапасах обусловлены способами обработки, определившими неравнозначное агрофизическое состояние агрочерноземов. Для учета доли их влияния был проведен множественный регрессионный анализ с использованием β -коэффициента. В уравнения включены компоненты, обусловившие формирование запасов продуктивной влаги в вегетационные сезоны 2013–2015 гг. (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость уровня запасов продуктивной влаги от исследуемых факторов, $n = 45$.

Способ обработки почвы	Год	Слой, см	Уравнение регрессии
Отвальная	2013	0–5	$y^* = 66,19 + 0,005 (ОВ) + 0,342 (АЦФ) - 0,903 (ВС)$ $\beta^2 = 0,3 \quad 17,2 \quad 33,6^{**}$
		5–20	$y = 143,4 + 0,052 (ОВ) + 0,462 (АЦФ) - 1,122 (ВС)$ $\beta^2 = 2,2 \quad 2,8 \quad 2,3$
	2014	0–5	$y = 64,9 + 0,0009 (ОВ) + 0,518 (АЦФ) - 1,415 (ВС)$ $\beta^2 = 3,6 \quad 0,1 \quad 67,2^{**}$
		5–20	$y = 222,53 + 0,005 (ОВ) + 2,065 (АЦФ) - 5,617 (ВС)$ $\beta^2 = 14,0^{**} \quad 0,1 \quad 57,7^{**}$
	2015	0–5	$y = 122,33 + 7,55 (ОВ) + 0,073 (АЦФ) - 2,611 (ВС)$ $\beta^2 = 2,4 \quad 0,4 \quad 31,4^{**}$
		5–20	$y = 126,63 + 44,72 (ОВ) + 0,53 (АЦФ) - 3,312 (ВС)$ $\beta^2 = 2,4 \quad 17,0^{**} \quad 9,6^{**}$
Минимальная	2013	0–5	$y = 71,2 - 0,095 (ОВ) + 0,29 (АЦФ) - 0,047 (ВС)$ $\beta^2 = 2,2 \quad 2,0 \quad 23,6^{**}$
		5–20	$y = 232,14 + 0,069 (ОВ) + 0,644 (АЦФ) - 3,292 (ВС)$ $\beta^2 = 6,5 \quad 3,3 \quad 28,2^{**}$
	2014	0–5	$y = 8,36 + 0,016 (ОВ) + 0,11 (АЦФ) - 1,054 (ВС)$ $\beta^2 = 5,8 \quad 2,3 \quad 14,0^{**}$
		5–20	$y = 430,51 + 0,009 (ОВ) - 2,701 (АЦФ) - 3,995 (ВС)$ $\beta^2 = 0,5 \quad 16,0^{**} \quad 21,2^{**}$
	2015	0–5	$y = 29,83 + 0,002 (ОВ) + 0,57 (АЦФ) - 1,392 (ВС)$ $\beta^2 = 0,5 \quad 8,2 \quad 27,0^{**}$
		5–20	$y = 292,16 + 0,027 (ОВ) - 2,61 (АЦФ) - 2,7 (ВС)$ $\beta^2 = 4,6 \quad 25,2^{**} \quad 9,6^{**}$

Примечание: * y – запасы продуктивной влаги, мм; β^2 – доля влияния каждого фактора в отдельности на вариацию y , %; ** – статистически достоверное влияние; ОВ – органическое вещество почвы ($C_{орг}$); АЦФ – агрономически ценные фракции; ВС – воздухосодержание.

Наибольшее влияние на влагозапасы оказывали параметры воздухосодержания в почве, что согласуется с пониженными значениями плотности сложения. В контексте проведенных исследований наиболее показательным периодом для оценки влагозапасов была третья декада июня, совпадающая с началом фазы выхода в трубку – когда зерновые культуры испытывают высокую потребность во влаге. В течение анализируемых сезонов данной фазе предшествовал трехнедельный этап с высокими температурами воздуха и атмосферной засухой. В результате сравнения выявлены существенно более высокие запасы влаги в почве, обрабатываемой отвальным плугом, относительно варианта с минимальной обработкой. В дальнейшем, в фазы колошения-восковой спелости, наблюдалась тенденция к выравниванию влагозапасов в вариантах. Вероятно, увеличение запасов влаги в условиях отвальной вспашки было обусловлено зимне-весенними осадками, а безотвальное рыхление способствовало накоплению запасов в летне-осенний период за счет конденсации парообразной влаги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень запасов продуктивной влаги в агрочерноземах был достаточным вне зависимости от способа обработки. Наибольшее влияние на влагозапасы оказывали параметры воздухосодержания в почве. Длительный период сокращения механического воздействия на почву способствовал формированию слоя, состоящего из измельченной соломы и растительных остатков, однако их мульчирующий эффект не всегда коррелировал с обнаруженными запасами влаги в почве. Преобладавшая в структурном составе поверхностной (0–5 см) части посевного слоя смесь из мелкокомковатых и мелкозернистых отдельностей служила защитным барьером для конвекционно-диффузного испарения почвенной влаги. В условиях дефицита атмосферного увлажнения отвальная обработка почвы в большей степени способствовала накоплению продуктивной для сельскохозяйственных растений влаги по сравнению с поверхностным дискованием.

Список литературы

- Белоусова Е.Н. Влияние почвозащитных технологий на плотность и твердость чернозема выщелоченного // Вестник КрасГАУ. 2015. № 11. С. 3–9.
- Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Оценка запасов влаги в черноземе в условиях минимизации обработки почвы // Агрофизика. 2021. № 4. С. 1–6.
- Бугаков П.С., Попова Э.П., Чупрова В.В., Шугалей Л.С. Агрофизическая характеристика почв южной части Красноярского края // Агрофизическая характеристика почв степной и сухостепной зон Азиатской части СССР. М.: Колос, 1982. С. 71–98.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа. М.: ГЕОС, 2006. С. 400.
- Голов В.А., Быков Ф.Л. Моделирование запасов продуктивной влаги в верхних слоях почвы методом нейронных дифференциальных уравнений // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2022. № 3(385). С. 144–160.
- Денисов Е.П., Денисов К.Е., Решетов Е.В., Карпец В.В. Влияние обработки почвы на величину запасов продуктивной влаги в почве // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2014. С. 56–63.
- Дридигер В.К., Дрепа Е.Б., Матвеев А.Г. Влияние технологии no-till на содержание продуктивной влаги и плотность чернозема выщелоченного Центрального Предкавказья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. С. 283.
- Едимейчев Ю.Ф., Шпагин А.И. Современные проблемы ресурсосберегающих технологий в земле делии Красноярского края. Красноярск, 2014. 204 с.
- Конищев А.А. Обработка почвы: вчера, сегодня, завтра. Иваново, 2013. 127 с.
- Мальцев Т.С. Вопросы земледелия. М.: Колос, 1971. 391 с.
- Миллер С.С., Флянц Е.А., Елисеева Е.А. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и урожайность яровой пшеницы в Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2021. № 5–6. С. 10–14.
- Моисеев А.Н., Еремин Д.И. Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11 (103). С. 18–20.
- Селиванова В.Ю. Корреляционная зависимость запасов влаги в паровых полях от атмосферных осадков года в зависимости от основных обработок // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 4 (12). С. 18–27.

References

- Belousov A.A., Belousova Ye.N. *Vliyaniye vnutripol'noy neodnorodnosti pochvennogo plodorodiya na vybor elementov metodiki polevogo opyta* [The influence of intra-field heterogeneity of soil fertility on the choice of elements of the field experience methodology] // Vestnik KrasGAU, 2013, no. 6, pp. 55–62.
- Belousova Ye.N. *Vliyaniye pochvozashchitnykh tekhnologiy na plotnost' i tverdest' chernozema vyshchelochennogo* [The influence of soil protection technologies on the density and hardness of leached chernozem] // Vestnik KrasGAU, 2015, no. 11, pp. 3–9.
- Belousova Ye.N., Belousov A.A. *Otsenka zapasov vlagi v chernozeme v usloviyakh minimizatsii obrabotki pochvy* [Assessment of moisture reserves in chernozem under conditions of soil tillage minimization] // Agrofizika, 2021, no. 4, pp. 1–6.
- Bugakov P.S., Popova Ye.P., Chuprova V.V., Shugaley L.S. *Agrofizicheskaya kharakteristika pochv yuzhnoy chasti Krasnoyarskogo kraya* [Agrophysical characteristics of soils of the southern part of the Krasnoyarsk Territory] // Agrofizicheskaya kharakteristika pochv stepnoy i sukhostepnoy zon Aziatskoy chasti SSSR. M.: Kolos, 1982, pp. 71–98.
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of investigation of physical properties of soils]. M.: Agropromizdat, 1986, 416 p.
- Vorob'yeva L.A. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza* [Theory and practice of chemical analysis]. M.: GEOS, 2006, pp. 400.
- Golov V.A., Bykov F.L. *Modelirovaniye zapasov produktivnoy vlagi v verkhnikh sloyakh pochvy metodom neyronnykh differentsial'nykh uravneniy* [Modeling of productive moisture reserves in the upper layers of soil by the method of neural differential equations] // Gidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy, 2022, no. 3(385), pp. 144–160.
- Denisov Ye.P., Denisov K.Ye., Reshetov Ye.V., Karpets V.V. *Vliyaniye obrabotki pochvy na velichinu zapasov produktivnoy vlagi v pochve* [Influence of tillage on the amount of productive moisture reserves in the soil] // *Innovatsionnyye tekhnologii v APK: teoriya i praktika*. Sbornik statey II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Penza, 2014, pp. 56–63.
- Dridiger V.K., Drepa Ye.B., Matveyev A.G. *Vliyaniye tekhnologii no-till na sodержaniye produktivnoy vlagi i plotnost' chernozema vyshchelochennogo Tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [The effect of direct sowing technology on the productive moisture content and density of leached chernozem of the Central Caucasus] // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 1–2, pp. 283.

- Yedimeichev Yu.F., Shpagin A.I. *Sovremennyye problemy resursosberegayushchikh tekhnologiy v zemledelii Krasnoyarskogo kraya: uchebnoye posobiye* [Modern problems of resource-saving technologies in agriculture of the Krasnoyarsk Territory: textbook]. Krasnoyarsk, 2014, 204 p.
- Konishchev A.A. *Obrabotka pochvy: vchera, segodnya, zavtra* [Tillage: yesterday, today, tomorrow]. Ivanovo, 2013, 127 p.
- Mal'tsev T.S. *Voprosy zemledeliya* [Questions of agriculture]. M.: Kolos, 1971, 391 p.
- Miller S.S., Flyants Ye.A., Yeliseyeva Ye.A. *Vliyaniye osnovnoy obrabotki pochvy na zapasy produktivnoy vlagi i urozhaynost' yarovoy pshenitsy v Tyumenskoy oblasti* [The influence of basic tillage on productive moisture reserves and yield of spring wheat in the Tyumen region] // *Agroproduktivnost' i politika Rossii*, 2021, no. 5–6, pp. 10–14.
- Moiseyev A.N., Yerechin D.I. *Otsenka sevooborotov po vlagoobespechennosti kul'tur v usloviyakh lesostepnoy zony Zaural'ya* [Evaluation of crop rotations by moisture availability of crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // *Agrarnyy vestnik Urals*, 2012, no. 11(103), pp. 18–20.
- Selivanova V.Yu. *Korrelyatsionnaya zavisimost' zapasov vlagi v parovykh polyakh ot atmosferykh osadkov goda v zavisimosti ot osnovnykh obrabotok* [Correlation dependence of moisture reserves in steam fields on atmospheric precipitation of the year depending on the main treatments] // *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 2019, no. 4(12), pp. 18–27.

УДК 635.21:632.768.12

DOI: 10.25695/AGRP.2023.02.04

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

В. В. Смук, А. М. Шпанев

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14

E-mail: vvsmuk@mail.ru; ashpanev@mail.ru

Поступила в редакцию 21.11.2022, принята к печати 31.05.2023

По результатам детализированного учета поврежденности растений личинками колорадского жука выявлена пространственная неравномерность размещения данного вредителя на посадках картофеля в полевом и овощном севооборотах Меньковского филиала АФИ (Ленинградская обл., Гатчинский район), подтвержденная высокими коэффициентами вариации (130 и 187%) и агрегации (2,5 и 3,5). Она оказалась обусловлена особенностями заселения полей и избирательностью по отношению к кормовым растениям, в разной степени обеспеченным основными элементами питания. Сильная поврежденность листовой массы растений отмечалась в краевой зоне полей и была вызвана близостью приусадебных участков с южной стороны и соседством с прошлогодними посадками картофеля – с северной. На фоне внесения минеральных удобрений, которое приводило к увеличению облиственности и вегетативной массы растений, отмечалось снижение их поврежденности личинками колорадского жука в средней и сильной степени (в 1,4–2,3 и 2,1–2,8 раза в полевом и овощном севооборотах соответственно). Пространственную неоднородность размещения колорадского жука на обследованных полях удастся визуализировать при проведении группировки данных по элементарным участкам, соответствующим по размеру участкам с разной степенью удобренности, на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11.

Ключевые слова: посадки картофеля, колорадский жук, поврежденность растений, пространственное размещение, цифровые карты, окультуренность полей, минеральные удобрения.