DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-37-49
УДК 574.42:631/635:502/504

Гулянов Ю. А.

ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук» (ОФИЦ РАН)

Реферат. *Разработка ориентированных на природоподобие технологий выращивания зерновых культур необходима для повышения стабильности полеводства. Цель исследований заключалась в изучении влияния различных по степени природоподобия приёмов основной обработки почвы на формирование высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы в условиях современных климатических и антропогенных изменений. Эксперименты выполняли в 2016– 2019 гг. на чернозёмах обыкновенных западной зоны Оренбургской области на посевах озимой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) сорта Новоершовская, возделываемой в зернопаровом севообороте: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень. Изучали различные приёмы основной обработки почвы в полях севооборота (безотвальное глубокое рыхление на 23–25 см, вспашка на 23–25 см, двукратное дискование на 8–10 см и без обработок) и состояние её поверхности (мульчированности). Посев озимой пшеницы осуществляли в третьей декаде августа нормой 5,0 млн всхожих семян/га в трёхкратной повторности. Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами в соответствии с методическими указаниями. Статистическую обработку опытных данных проводили методами корреляционного и дисперсионного анализов. Выявлена тенденция перераспределения осадков по сезонам года в сторону их увеличения в холодные периоды и уменьшения – в тёплые (на 30,0 мм, или 16,0 %), с очевидным повышением засушливости летних месяцев, в особенности августа (меньше на 13,0 мм, или 38,2 %). Подтверждена значимость рационального использования осадков «непродуктивного» периода вегетации – поздних осенних и зимних, научно обоснованы перспективы природоподобных мульчированных технологий с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур. При таких подходах формируется более плотный продуктивный стеблестой, который в совокупности с более тяжеловесными колосьями обеспечивает формирование высокого урожая озимой пшеницы – 2,76 т/га. В вариантах с ресурсосберегающей обработкой почвы отмечается меньшая по сравнению с минимальной обработкой (на 17,0 %) урожайность зерна – 2,36 т/га, и самая низкая – при традиционной обработке почвы (2,12 т/га).*

Ключевые слова: *степное земледелие, влагосберегающие приёмы, природоподобные технологии, озимая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.), урожайность зерна.*

Введение

Становится всё более очевидным, что выращивание полевых культур на интенсивно обрабатываемых земледельческих угодьях с регулярными механическими нарушениями поверхностного горизонта приводит к формированию совершенно специфичных экосистем, существенно отличающихся от естественных и характеризующихся негативными изменениями с прогрессирующим снижением продуктивности [1]. По убеждению многих учёных [2–8] к этому приводят замена естественных растительных компонентов на искусственные, изменение количества и

элементарного состава растительных остатков, характера их распределения по профилю почвы, сопровождающиеся закономерной перестройкой внутрипочвенных процессов и трансформацией свойств почвы. Исчезновение природного степного войлока, выполняющего роль термо- и влагоизолятора, разреженный, по сравнению со степными ценозами растительный покров, открытая поверхность почвы во второй половине лета, создают возможность сильного прогревания обнажённых поверхностных слоев и больших потерь влаги [9]. В дополнение к этому усиливается минерализация органических остатков, сопровождающаяся дегумификацией и снижением эффективного плодородия почвы, устанавливается относительное гумусовое равновесие на более низком количественном уровне. Нарушается воспроизводство характерной зернистой структуры чернозёмов, обеспечивающей их высокую влагоёмкость и водопроницаемость, что особенно проявляется в условиях современных климатических и антропогенных изменений.

Обобщая многочисленные публикации отечественных и зарубежных учёных [7, 10–15] по обсуждаемой проблеме, всё многообразие негативных изменений при сельскохозяйственном освоении естественных экосистем сегодня можно представить в следующем виде:

– уничтожение «растительного покрывала», повышающего водопоглотительную и водоудерживающую способность почвы, снижающего непродуктивные потери влаги, защищающего обрабатываемый горизонт от изменения почвенного климата, длительного и глубокого промерзания, вызывающего значительные потери осадков холодного периода из-за стекания талых вод по мерзлой поверхности;

– замена многокомпонентного многоярусного фитоценоза, отражающего своеобразие конкретного местообитания (почвенного покрова), в течение всего вегетационного периода защищающего почву от изнуряющего солнечного излучения, ветра и сдерживающего развитие эрозионных процессов, на одноярусный, чаще всего однолетний и одновидовой агроценоз, покрывающий почву не более четырех–шести месяцев в году, с ежегодно разрушающимися и создающимися заново внешними и внутренними экологическими связями, нуждающийся в специальных мерах по поддержанию устойчивости и продуктивности;

– замена мозаичного растительного покрова, копирующего пространственную неоднородность факторов окружающей среды, с хорошо приспособленными к взаимному сосуществованию видами (низкорослыми и высокорослыми, глубокоукореняющимися и мелкоукореняющимися), с максимально возможной густотой стояния растений, площадью покрытия почвы и годовым приростом растительного покрова, соответствующим её естественному плодородию, на геометрически правильное поле, удобное для работы сельскохозяйственной техники с единой технологией возделывания культуры, полностью игнорирующей внутрипольную гетерогенность;

– замена генетического профиля почвы с набором горизонтов, сменяющих друг друга по глубине, на обрабатываемый, трансформировавшийся фактически в новый самостоятельный агрогоризонт слой почвы, отделённый от остального почти не участвующего в метаболизме профиля, не имеющий аналогов в естественных почвах, характеризующийся специфическими формами гумусовых веществ, нарушением установившихся органо-минеральных связей, иной организацией почвенной массы, с агрегированностью, сохраняющейся только на микроуровне, не соответствующий атрибутике гумусовых горизонтов чернозёмов и соответствующий агрогенной стадии почвообразования [1, 9, 28];

– замена замкнутого почти на 90 % круговорота веществ разомкнутой более чем на 50 % геохимической системой с дисбалансом круговорота элементов минерального питания, стимулирующего деградацию почв.

Для преодоления указанных проблем научное сообщество предлагает биологизированное земледелие, основным элементом которого является экологизация обработки почвы, означающая её минимизацию с целью приближения условий существования почвы и растений в агроценозах к условиям, характерным для естественных растительных сообществ. Отказ от вспашки и переход на безпахотные технологии обработки почвы рассматривается как экологизированный способ восстановления почвы и повышения продуктивности агроценозов [7]. Одними из таких технологий, близко воспроизводящих природоподобные взаимосвязи в системе «почва – растение», являются технологии минимальной обработки почвы и технологии прямого посева в необработанную почву, вызывающие высокий научно-практический интерес во всём мире. При возделывании сельскохозяйственных культур с подобным подходом сдерживается почвенная эрозия, повышается содержание гумуса, восстанавливается микробная биомасса, улучшается структура почвы и как результат повышается её плодородие [16]. Такие системы можно рассматривать в качестве технологий, наиболее близких к природе, поскольку почвенный слой не подвергается интенсивной механической обработке, остаётся укрытым слоем измельченных растительных остатков, впитывает и удерживает большее количество влаги. В связи с этим безпахотные технологии являются реальной альтернативой традиционным подходам в земледелии и нуждаются в повсеместном внедрении в регионах с засушливыми климатическими условиями, а также территориях, подверженных выветриванию и смыву верхнего плодородного слоя почвы.

Особую значимость указанные подходы приобретают в постцелинных регионах степной зоны РФ, где оптимизация структуры землепользования предполагает выведение из оборота деградированных земель и выделения наиболее ценных в ландшафтном отношении местностей и урочищ, что будет неизбежно сопровождаться интенсификацией земледелия на пригодных для обработки землях [4, 28].

В условиях Оренбургского Предуралья, где климатически обусловленный дефицит атмосферного увлажнения и влагорасточительные традиционные технологии сопровождаются нестабильностью валовых сборов и низкой урожайностью полевых культур, остро стоит вопрос о научном обосновании инновационных технологических подходов, исключающих перечисленные негативные последствия и построенных на основе заимствованных у природы экологоориентированных приёмов.

Стратегическую важность в современных рыночных условиях хозяйствования приобретает поиск экономически наиболее эффективных и экологически наименее вредных приёмов обработки почвы при длительном и краткосрочном применении в севооборотах с зерновыми культурами, обеспечивающими продовольственную безопасность населения. Острозасушливые условия территории, истощённые, подверженные деградации почвы, диспаритет стоимости сельскохозяйственной и промышленной продукции дополнительно усиливают необходимость адаптации инновационных технологий к зональным условиям.

В этой связи разработка природоподобных систем земледелия для степных регионов РФ, являющихся основными поставщиками продовольственного зерна, достаточно актуальна, а полученные результаты имеют высокое практическое значение в условиях современных климатических и антропогенных изменений.

Цель исследований – изучение влияния различных по степени природоподобия приёмов основной обработки почвы в севообороте на формирование устойчивых высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы в условиях

современных климатических и антропогенных изменений степной зоны Оренбургского Предуралья.

Для выполнения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

– обобщить негативные изменения в природных экосистемах при их земледельческом освоении и теоретически обосновать перспективы реализации новационных технологий, включающих наиболее природоподобные приёмы основной обработки почвы в севообороте;

– провести анализ агрометеорологических условий в период проведения исследований, изучить динамику атмосферных осадков и температуры воздуха за предшествующие двадцать лет и определить оптимальную длительность временного периода (включающего вегетацию озимой пшеницы), осадки которого наиболее тесно коррелируют с урожайностью;

– изучить особенности формирования урожая и продуктивность озимой пшеницы в технологиях, отличающихся приёмами основной обработки почвы и состоянием её поверхности, в том числе основанной на природоподобных подходах мульчированной технологии с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур;

– обосновать практическую значимость полученных результатов и перспективу продолжения научных исследований.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводили в 2016–2019 гг. в зоне сухих степей Оренбургского Предуралья на обрабатываемых земледельческих угодьях западной зоны Оренбургской области. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 4,2 % (по методу Тюрина), подвижного азота (NO_3^-) – 1,63 мг/100 г почвы (при определении ионометрическим методом), легкогидролизуемого азота – 10,6 мг (по методу Тюрина и Кононовой), подвижного фосфора (P_2O_5) – 5,16 мг и обменного калия (K_2O) – 33,0 мг/100 г почвы (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО).

Зона исследований характеризуется недостаточным и неустойчивым атмосферным увлажнением, с продолжительной, морозной и часто малоснежной зимой, короткой дружной весной с быстрым переходом в жаркое засушливое лето, продолжительной тёплой и сухой осенью. Гидротермический коэффициент территории указывает на засушливость климата (ГТК = 0,6–0,8). В отличие от влагообеспеченности, температурный режим и солнечная радиация практически не лимитируют формирование урожая традиционных полевых культур [17].

Объектом исследований являлись различные приёмы основной обработки почвы в системе зернопарового севооборота пар – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень при возделывании озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.,) сорта Новоершовская. Изучали три варианта основной обработки почвы:

1) традиционную обработку, включающую безотвальное глубокое рыхление почвы (23–25 см) под яровую пшеницу и ячмень и вспашку (23–25 см) парового поля; в целом за ротацию севооборота на поверхности почвы наблюдали слабо выраженный растительно-почвенный мульчирующий слой в поле яровой пшеницы и ячменя, отсутствовавший в поле озимой пшеницы;

2) ресурсосберегающую обработку, включающую двукратное перекрёстное дискование (8–10 см) под все культуры севооборота; наблюдали не полностью сформированный мозаичный растительно-почвенный мульчирующий слой на поверхности почвы во всех полях севооборота;

3) минимальную обработку, включающую прямой посев яровой пшеницы и ячменя и двукратное перекрёстное дискование (8–10 см) парового поля; наблюдали

практически сплошной неглубокий (1,0–1,5 см) растительно-почвенный мульчирующий слой на поверхности почвы всех полей севооборота.

Пожнивные растительные остатки во всех изучаемых вариантах ежегодно равномерно распределяли по поверхности поля одновременно с уборкой. Вслед за уборкой яровой пшеницы и ячменя проводили опрыскивание гербицидом «Ураган Форте», к.э. (2,0–2,5 кг/га во всех вариантах), с последующей через 14 дней основной обработкой почвы. После яровой пшеницы она включала безотвальное глубокое рыхление на 23–25 см (вариант 1) и двукратное перекрёстное дискование на 8–10 см (вариант 2), а после ячменя – вспашку на 23–25 см (вариант 1) и двукратное перекрёстное дискование на 8–10 см (варианты 2 и 3).

Предпосевная подготовка парового поля включала покровное боронование и двукратную культивацию на глубину заделки семян (5–7 см) во всех изучаемых вариантах. Посев озимой пшеницы проводили в трёхкратной повторности в третьей декаде августа нормой 5,0 млн всхожих семян/га, предварительно протравленных препаратом «Максим» (2,5 кг/т). Минеральные удобрения (NP) общей нормой 93 кг/га д. в. (под климатически обеспеченную урожайность) вносили в три приёма: 36 кг/га – при посеве (аммофос, 60 кг/га), 34 кг/га – в прикорневую подкормку весной при физической спелости почвы (нитрофос, 90 кг/га), 23 кг/га (мочевина, 50 кг/га) – в некорневую подкормку в фазе выхода в трубку с расходом рабочего раствора 300 л/га и концентрацией 16,6 % (по мочевине), 7,6 % (по д. в.). Для защиты от снежной плесени посевы с осени обрабатывали «Фундазолом» (0,5 кг/га) и «Каратэ» (0,2 л/га) – против тлей и цикад. Вегетационные гербицидные обработки – опрыскивания препаратом «Ковбой Супер» (150 мл/га) проводили в полях яровой пшеницы и ячменя в фазе кущения.

Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами в соответствии с указаниями Б. А. Доспехова, В. Ф. Мосейченко и других [18, 19]. Статистическую обработку опытных данных проводили методами корреляционного и дисперсионного анализов.

Результаты и их обсуждение

Общеизвестно, что озимая пшеница является растением культурного земледелия, способным формировать стабильные урожаи качественного продовольственного зерна только при высокой обеспеченности условиями внешней среды. В степной зоне Оренбургского Предуралья обеспеченность растений доступной почвенной влагой, особенно в критические периоды роста и развития, является основным параметром, сдерживающим расширение её площадей [20] и высокую реализацию генетического потенциала адаптивных сортов, даже при оптимальном сочетании других факторов [17].

Изучение особенностей выпадения осадков за предшествующий двадцатилетний период позволило выявить их заметную динамику в отдельные годы и обозначило устойчивую тенденцию к перераспределению их по сезонам года, а также повышающуюся засушливость отдельных месяцев (рисунок 1).

Так, при среднемноголетнем значении годовых атмосферных осадков на уровне 367,0 мм их количество в отдельные годы анализируемого периода изменялось от 239, 0 мм (2014 г.) до 474,0 мм (2013 г.), то есть, составляло 65,1–129,2 % от нормы с размахом вариации 235,0 мм. Девять анализируемых лет (45,0 %) характеризовались как более увлажнённые, в 11 лет (55,0 %) осадков выпадало меньше нормы, хотя в целом их среднегодовое количество составило 361,0 мм и оказалось практически равным среднемноголетним значениям.

Характерной особенностью этого периода стало перераспределение осадков по сезонам года в сторону их увеличения в холодные сезоны и уменьшения – в тёплые, с очевидным повышением засушливости летних месяцев, в особенности августа.

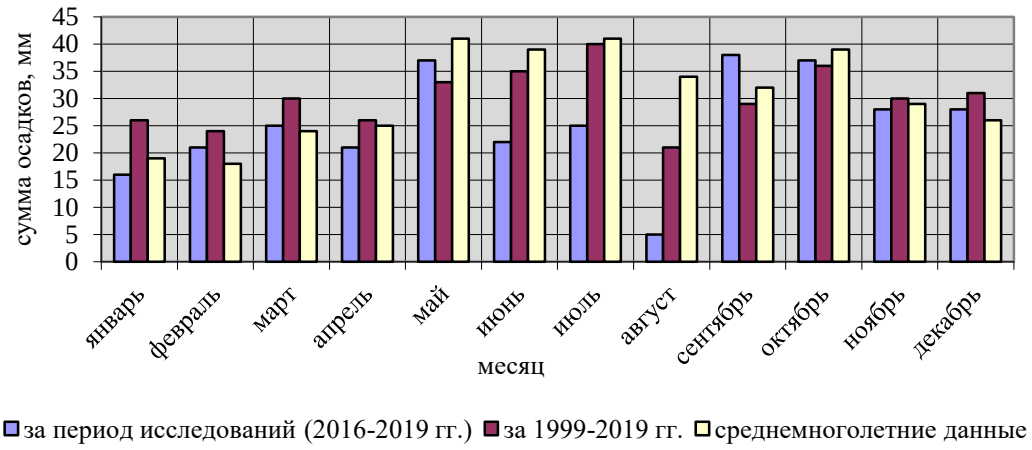

Рисунок 1 – Динамика выпадения осадков в степной зоне Оренбургского Предуралья за двадцатилетний период (1999–2019 гг.)

Осадков, выпадающих за зиму и начало весны (декабрь–апрель), стало больше на 24,0 мм (11,2 %), а летних и начала осени (май–сентябрь) – уменьшилось на 30,0 мм или 16,0 %. На этом фоне крайне скудным выглядит атмосферное увлажнение августа (21,0 мм), уменьшившееся по сравнению со среднемноголетними значениями (34,0 мм) на 13,0 мм или 38,2 %.

В период проведения представленных полевых исследований (в среднем за 2016–2019 гг.) с декабря по апрель выпало близкое к норме количество осадков – 112,0 мм. В летние же месяцы их оказалось значительно меньше, чем в предыдущие годы – 127,0 мм (68,0 % от нормы), из которых только 5,0 мм (14,7 % от нормы) выпало в августе.

Учитывая почти годовую продолжительность вегетационного периода озимой пшеницы и дополнительный год на парование, с целью определения наиболее важных по обеспеченности влагой временных интервалов, нами была определена корреляция урожайности зерна за 2000–2015 гг. с осадками в следующие периоды:

– с апреля по июнь текущего года (I);
– с августа предшествующего по июнь текущего года (II);
– с сентября, предшествующего парованию, по июнь текущего года (III).

Установлено, что при значительной степени рассеивания данных, с коэффициентом вариации 24 %, наиболее сильно (r = 0,563) урожайность озимой пшеницы была связана с количеством атмосферных осадков в период с августа предшествующего по июнь текущего года (таблица 1).

Этот период полностью совпадает с вегетацией озимой пшеницы и включает посев, появление всходов, перезимовку, возобновление весенней вегетации и формирование урожая. С более длительным периодом, включающим ещё и год парования, урожайность оказалась менее связанной (r = 0,280), что является подтверждением уже высказывавшихся в научной литературе суждений о полной потере традиционным паром в сухостепной зоне не только всех летних осадков, но и части зимних, предшествующего парованию года. Количество атмосферных осадков за период с апреля по июнь текущего года на урожайность зерна оказало самое слабое влияние (r = 0,271), что является убедительным свидетельством безапелляционной значимости рационального использования осадков «непродуктивного» периода вегетации – поздних осенних и зимних [21–24].

Следует отметить, что в годы проведения исследований количество атмосферных осадков значительно менялось (таблица 2), что оказывало заметное влияние на рост, развитие и формирование урожайности озимой пшеницы.

Таблица 1 – Корреляция урожайности озимой пшеницы с осадками в различные периоды (средние данные за 2000–2015 гг.)

Показатель	Среднее	Максимальное значение	Минимальное значение	Коэффициент вариации, %	Коэффициент корреляции (*r*) с урожайностью
Урожайность зерна, т/га	1,46	1,93 (2002 г.)	0,85 (2004 г.)	24	
Количество осадков, мм (I)	98	195 (2000 г.)	23 (2010 г.)	45	0,271
Количество осадков, мм (II)	321	424 (2007 г.)	232 (2015 г.)	20	0,563
Количество осадков, мм (III)	680	817 (2008 г.)	539 (2015 г.)	12	0,280

Таблица 2 – Динамика выпадения осадков в период проведения исследований (2016–2019 гг.)

Год исследований	Количество осадков, мм				
	за период парования (апрель–июль)	за вегетацию (август–июнь)	в том числе по периодам		
			за август и осеннюю вегетацию (август–октябрь)	за холодный период года (ноябрь–март)	за весенне-летнюю вегетацию (апрель–июнь)
2016–2017 гг.	112	338	2 / 114	137	87
2017–2018 гг.	120	231	4 / 67	87	77
2018–2019 гг.	97	240	8 / 57	132	51
Средние за период исследований	110	270	5 / 79	119	72
Средние за 1999–2019 гг.	134	321	21 / 86	141	94
Среднемноголетние	146	367	34 / 105	116	105

Так, количество выпавших атмосферных осадков, приуроченное к периодам активной вегетации или покоя озимой пшеницы, в разрезе лет исследований варьировало следующим образом. В целом за вегетацию оно изменялось на 107,0 мм (46,3 %), с максимальными значениями в 2016/17 сельскохозяйственном году (338 мм) и минимальными – в 2017/18 сельскохозяйственном году (231 мм). В период парования (апрель–июль) выпадало от 97 до 120 мм, что на 14–37 мм (10,4–27,6 %) меньше, чем за предыдущий двадцатилетний период и на 26–49 мм (17,8–33,5 %) меньше среднемноголетних значений. В период активной осенней вегетации (август–октябрь) в среднем за три года исследований отмечено 79 мм осадков, что ниже средних за предыдущие двадцать лет (на 7 мм или 8,1 %) и среднемноголетних – на 26 мм или 24,7 %, размах вариации составил 57 мм или 100,0 %.

Характерной особенностью периода исследований стала экстремальная засушливость августа – в этом месяце ни в один из анализируемых годов не выпало агрономически ценного количества осадков (более 10,0 мм).

Увлажнение холодного периода вегетации и покоя озимой пшеницы, соответствовало обозначенному выше тренду увеличения влагообеспеченности этого периода и в два из трёх лет оказалось выше среднемноголетних значений на 16–21 мм (13,7–18,1 %). В последовавший весенне-летний период (апрель–июнь) сложился засушливый режим увлажнения, с варьированием осадков по годам от 51 до 87 мм, что составило только 48,5–82,9 % от нормы.

Температурные условия в период исследований подвергались меньшему варьированию (таблица 3).

Так, коэффициент вариации среднесуточной температуры воздуха в период парования по годам составил 3,5 %, а с августа по октябрь, в период появления всходов и осенней вегетации озимой пшеницы – только 1 %. В период весенне-летней вегетации наблюдали более заметную динамику среднесуточной температуры (9,9 %), в основном из-за 2019 г., когда она была выше аналогичного показателя в предшествующие годы на 1,9 °С (2018 г.) – 2,8 °С (2017 г.).

При этом следует отметить тенденцию к повышению среднесуточных температур в указанные периоды, как по сравнению со средними за последние

двадцать лет (на 0,1; 0,7 и 0,7 °С), так и в особенности со среднемноголетними значениями (на 1,5; 2,0 и 1,1 °С).

Таблица 3 – Гидротермическая характеристика периодов вегетации озимой пшеницы

Показатель	Сумма эффективных температур, °С	ГТК, мм/°С (по Селянинову)	Среднесуточная температура воздуха, °С
2016/17 сельскохозяйственный год	2087*/1334**/1193***	0,53/0,85/0,73	16,1/14,6/13,1
2017/18 сельскохозяйственный год	1902/1328/1282	0,63/0,50/0,60	15,1/14,5/14,0
2018/19 сельскохозяйственный год	2073/1358/1456	0,47/0,42/0,35	16,0/14,8/15,9
Коэффициент вариации, %	5,1/1,1/10,2	20,6/38,7/34,5	3,5/1,0/9,9
Средние за 2016–2019 гг.	2021/1340/1310	0,54/0,59/0,55	15,7/14,6/14,3
Средние за 1999–2019 гг.	1768/1271/1365	0,75/0,67/0,69	15,6/13,9/14,0
Среднемноголетние	1580/1157/1211	0,92/0,91/0,86	14,2/12,6/13,2

Примечание. ** за апрель–июль; ** за август–октябрь; *** за апрель–июнь.*

По указанной причине сумма эффективных температур за период парования (апрель–июль) оказалась выше средних за последние двадцать лет на 253 °С и на 441 °С выше среднемноголетних. В период осенней вегетации (август–октябрь) она также была выше – на 69 и 183 °С соответственно, а в весенне-летний период оказалась близкой к средним за последние двадцать лет и превысила среднемноголетний показатель на 99 °С.

На фоне устойчивого роста температуры и снижения количества осадков в теплые сезоны года достаточно чётко обозначилась тенденция снижения ГТК (по Селянинову), свидетельствующая о повышении засушливости анализируемых периодов вегетации озимой пшеницы. При среднемноголетних значениях 0,92 за период парования (апрель–июль), 0,91 – за август–октябрь и 0,86 – за весенне-летнюю вегетацию (засушливый характер), за последние двадцать лет по соответствующим периодам он понизился до 0,75; 0,67 и 0,69 соответственно, а в среднем за годы исследований составил 0,54; 0,59 и 0,65 (очень засушливый характер).

Заключая анализ условий атмосферного увлажнения по периодам вегетации озимой пшеницы за последние двадцать лет и трехлетний период представленного полевого эксперимента, можно достаточно обоснованно утверждать об обозначившейся тенденции повышения засушливости климата Оренбургского Предуралья. Особенно очевидно это проявляется в снижении количества атмосферных осадков в тёплые сезоны года. Так, предшествующий посеву период парования характеризуется уменьшением количества осадков в среднем на 37 мм (25,7 %), а самым сухим месяцем года становится август, когда может вообще не наблюдаться ни одного агрономически ценного дождя. Аналогичная ситуация складывается и в осеннюю, и в весенне-летнюю вегетации, осадков выпадает на 26–33 мм (24,7–31,4 %) меньше среднемноголетних значений соответственно. Напротив, характерной особенностью холодного периода является рост атмосферного увлажнения по большинству лет, в среднем на 18–20 мм (10–11 %).

В целом, обозначенные тенденции изменения условий атмосферного увлажнения Оренбургского Предуралья и экологические последствия длительного расточительного использования земельных ресурсов при традиционных подходах к обработке почвы, выразившиеся в повсеместном снижении урожайного потенциала зональных почв, и стали основанием для проведения глубокого анализа сложившихся взаимоотношений в системе «почва–растение» и изучения особенностей формирования устойчивых высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы при различных по степени природоподобия приёмах основной обработки почвы в севообороте.

Как мы уже отмечали в своих публикациях [19], при возделывании озимой пшеницы для получения высоких и стабильных урожаев важное значение имеет

формирование дружных всходов, напрямую зависящее от обеспеченности почвы на глубине заделки семян достаточным количеством продуктивной влаги.

Среди изученных нами технологических подходов наиболее полные и дружные всходы озимой пшеницы во все годы исследований отмечали в варианте с минимальной обработкой почвы, где число нормально взошедших растений изменялось от 457 (2018 г.) до 475–480 (2016 и 2017 гг.) шт./м^2, а в среднем оказалось равным 470 шт./м^2. Среднее по данному показателю положение (423 шт./м^2 в среднем за три года) занял вариант с ресурсосберегающей обработкой, а самая низкая полнота всходов сложилась при традиционной системе подготовки почвы – 407 шт./м^2.

На наш взгляд, в сложившихся гидротермических условиях периода исследований при прочих равных условиях, решающее значение в формировании полноты всходов сыграли приёмы обработки почвы и состояние её поверхности, оказавшие влияние на сохранность и рациональное расходование почвенных влагозапасов. Лучшие результаты обеспечило растительно-почвенное покрывало при полном исключении в севообороте обработок почвы под яровую пшеницу и ячмень и двукратном перекрёстном дисковании парового поля, а худшей оказалась традиционная технология обработки почвы. Аналогичные опытные данные получены и другими исследователями [25–27].

Следует отметить ещё одну, на наш взгляд немаловажную особенность климата Оренбургского Предуралья, заключающуюся в длительных летних бездождевых периодах, заканчивающихся скоротечными ливнями, когда в течение непродолжительного промежутка времени (10–20 минут) выпадает до полумесячной, а иногда и месячная норма осадков. Подобные проявления отмечали в летние периоды 2017 и 2018 гг., вызвавшие бурные потоки на полях, обрабатываемых по традиционной технологии, уносившие вместе с не успевшей впитаться водой и незакрепленный плодородный слой почвы, а иногда и растения. Наблюдения показали, что защищенная пожнивными остатками и сохранившая естественную структуру почва на участках с минимальной обработкой поглощала влагу полнее и оказалась более устойчивой к разрушению.

Получившие значительное преимущество в полноте с осени, посевы озимой пшеницы, размещённые на участках с минимальной обработкой почвы, хорошо раскустились, лучше перезимовали и показали высокую сохранность растений. К уборке они сформировали более плотный продуктивный стеблестой (332 шт./м^2), который в совокупности с более тяжеловесными колосьями (0,83 г) обеспечил в среднем за три года формирование самой высокой в полевом эксперименте урожайности зерна – 2,76 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Структурные показатели посевов и урожайность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания (2017–2019 гг.)

Обработка почвы	Год	Плотность продуктивного стеблестоя, шт./м^2	Продуктивная кустистость	Масса зерна с колоса, г	Биологическая урожайность зерна, т/га
Традиционная	2017	292	1,2	0,83	2,42
	2018	280	1,1	0,79	2,21
	2019	232	1,0	0,75	1,74
	среднее	268	1,1	0,79	2,12
Ресурсосберегающая	2017	326	1,2	0,85	2,77
	2018	290	1,1	0,81	2,35
	2019	257	1,0	0,77	1,98
	среднее	291	1,1	0,81	2,36
Минимальная	2017	363	1,3	0,86	3,12
	2018	331	1,2	0,83	2,75
	2019	301	1,1	0,80	2,43
	среднее	332	1,2	0,83	2,76
$НСР_{05}$		15,08	0,07	0,01	0,16

В указанном варианте наивысшая урожайность отмечена и по отдельным годам. В наименее засушливом 2016/17 сельскохозяйственном году она составила 3,12 т/га, что оказалось выше вариантов с ресурсосберегающей и традиционной обработкой почвы на 12,6–28,9 %. А в самом сухом 2018/19 сельскохозяйственном году урожайность участков с минимальной обработкой почвы была выше соответственно на 0,45–0,69 т/га (22,7–39,6 %).

В варианте с ресурсосберегающей обработкой почвы во все годы исследований отмечали меньшую урожайность зерна, составившую в среднем за три года – 2,36 т/га (меньше на 17,0 %) и превысившую урожайность варианта с традиционной обработкой почвы (2,12 т/га).

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что в условиях повышающейся засушливости периодов вегетации озимой пшеницы и смещения акцентов увлажнения на холодные сезоны года, на фоне негативных изменений в агроэкосистемах при их традиционном земледельческом освоении, в короткоротационных зернопаровых севооборотах степной зоны Оренбургского Предуралья достаточно высоки перспективы реализации основанных на природоподобных подходах мульчированных технологий с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур. При таком подходе формируется более плотный продуктивный стеблестой озимой пшеницы, который в совокупности с более тяжеловесными колосьями обеспечивает высокую реализацию урожайного потенциала адаптивного сорта Новоершовская – 2,76 т/га. В вариантах с ресурсосберегающей обработкой почвы отмечена меньшая по сравнению с минимальной обработкой (на 17,0 %) урожайность зерна – 2,36 т/га и самая низкая – при традиционной обработке почвы (2,12 т/га).

Данная статья является продолжением серии публикаций о перспективах реализации природоподобных агротехнологий, подготовленных по результатам полевых и экспедиционных исследований в степной зоне Оренбургского Предуралья. Основным направлением продолжения исследований рассматривается адаптация прямого посева озимой пшеницы в технологиях без обработки почвы (no-till).

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН: «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», №ГР АААА-А17-117012610022-5.

Литература

1. Лебедева И. И., Королёва И. Е., Гребенников А. М. Концепция эволюции чернозёмов в условиях агроэкосистем // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 16–26.
2. Солонкин А. В., Болдырь В. А., Селиванова В. Ю. No-till – начало освоения в острозасушливых условиях Волгоградской области // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3(12). С. 31–37.
3. Vach M., Hisnikovsky L., Javurek M. The effect of different tillage methods on torsion // Agriculture (Pol'nohospodarstvo). 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28–34.
4. Гулянов Ю. А., Левыкин С. В., Казачков Г. В. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования на основе природоподобных технологий // Вопросы степеведения. 2018. № 14. С. 57–61.
5. Alvarez R., Steinbach H.S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas // Soil and Tillage Research. 2009. No 1. P. 1–15.
6. William F., Ann C., Douglas L. Eight years of annual no-till cropping in Washington's winter wheat-summer fallow region // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007. No. 2 – No 4. P. 345–358.
7. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
8. Абаимов В. Ф., Соболин Г. В., Сатункин И. В., Гулянов Ю. А., Коровин Ю. И. Экологические проблемы России и Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 4(8). С. 7–10.

9. Лебедева И. И., Королева И. Е., Гребенников А. М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосиситем // Бюллетень почвенного института имени В. В. Докучаева. 2013. № 71. С. 16–26.

10. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. М.: Агропромиздат, 1985. 208 с.

11. Поляков Д. Г., Бакиров Ф. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–7. DOI: 0.24411/0044-3913-2020-10101.

12. Mulumba L.N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties // Soil and Tillage Research, 2008.Vol. 98. No. 1. P. 106–111.

13. Jordan A., Zavala L.M., Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain // Catena. 2010. Vol. 81. No. 1. P. 77–85.

14. Rahma A. E., Warrington D. N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // International Soil and Water Conservation Research. 2019. Vol. 7. P. 335–345.

15. Керженцев А. С., Кузьменчук Ю. А. Другой земли у нас нет // Вестник Российской академии наук. 2009. Т. 79. № 4. С. 312–319.

16. Кроветто К. Прямой посев (No-till). Самара: «Элайт», 2010. 206 с.

17. Гулянов Ю. А., Досов Д. Ж., Умарова С. А. Эффективность использования биоклиматических ресурсов при выращивании озимой пшеницы в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2(26). С. 48–50.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

19. Моисейченко В. Ф., Трифонова В. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.

20. Гулянов Ю. А. Совершенствование научных подходов к эффективному использованию природных ресурсов в агротехнологиях степной зоны // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. 12 с.

21. Гулянов Ю. А. Приёмы рационального использования водных ресурсов в ландшафтно-адаптивных технологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Теоретические проблемы экологии и эволюции: сборник материалов Международных VII Любищевских чтений «Качество воды и водные биоресурсы». Тольятти: Издательство «Анна», 2020. С. 238–244.

22. Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Матвеев А. Г. Влияние типа почвы и её плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. С.19–22.

23. Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Игнатьева Н. Г. Оптимизация системы удобрений под мягкую озимую пшеницу в южной зоне Ростовской области // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 9–17.

24. De Vitaa P., Di Paolob E., Fecondob G., Di Fonzoc N., Pisanted M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy // Soil and tillage research. 2007. No. 1–No. 2. P. 69–78.

25. Дридигер В. К. Технология no-till и допускаемые при её освоении ошибки // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (11). С.14–23.

26. Кащаев Е. А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте на чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 4(8). С. 72–81.

27. Лицуков С. Д., Ширяев А. В., Кузнецова Л. Н., Линков С. А., Сегидин А. Н. Агроэкологическая оценка технологии No-till в условиях Белгородской области // Вестник Курской Государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 9. С. 46–48.

28. Гулянов Ю. А., Чибилев А. А., Чибилев (мл.) А. А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Юг России: экологи, развитие. 2020. Т. 15. № 1(54). С. 79–88.

References

1. Lebedeva I. I., Koroleva I. E., Grebennikov A. M. The concept of evolution of chernozems in agroecosystems // Dokuchaev Soil Bulletin. 2013. Vol. 71. P. 16–26.

2. Solonkin A. V., Boldir V. A., Selivanova V. Yu. No-till is the beginning of development in the extremely arid conditions of the Volgograd region // Agricultural Journal. 2019. No. 3 (12). P. 31–37.

3. Vach M., Hisnikovsky L., Javurek M. The effect of different tillage methods on torsion // Agriculture (Pol'nohospodarstvo). 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28–34.

4. Gulyanov Yu. A., Levykin S. V., Kazachkov G. V. Optimization of agricultural land use on the basis on nature-like technologies // Problems of Steppe Science. 2018. No. 14. P. 57–61

5. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas // Soil and Tillage Research. 2009. No. 1. P. 1–15.

6. William F., Ann C., Douglas L. Eight years of annual no-till cropping in Washington's winter wheat-summer fallow region // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007. No. 2-No. 4. P. 345–358.

7. Kiryushin V. I. Ecological basis of agriculture. Moscow: Kolos, 1996. 367 p.

8. Abaimov V. F., Sobolin G. V., Satunkin I. V., Gulyanov Yu. A., Korovin Yu. I. Ecological problems in Russia and the Orenburg region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2005. No. 4 (8). P. 7–10.

9. Lebedeva I. I., Koroleva I. E., Grebennikov A. M. The cjncept of evolution of chernozems in agroecosystems // Docuchaev Soil Bulletin. 2013. No. 71. P. 16–26.

10. Allen H. P. Direct sowing and minimal tillage. Moscow: Agropromizdat, 1985. 208 p.

11. Polyakov D. G., Bakirov F. G. Organic mulch and No-till in agriculture: a review of international experience // Zemledelie. 2020. No. 1. P. 3–7. DOI: 0.24411/0044-3913-2020-10101.

12. Mulumba L. N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties // Soil and Tillage Research. 2008. Vol. 98. No. 1. P. 106–111.

13. Jordan A., Zavala L. M., Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain // Catena. 2010. Vol. 81. No. 1. P. 77–85.

14. Rahma A. E., Warrington D. N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // International soil and water conservation research. 2019. Vol. 7. P. 335–345.

15. Kerzhentsev A. S., Kuzmenchuk Yu.A. We have no other land // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2009. Vol. 79. No. 4. P. 312–319.

16. Crowetto C. Direct sowing (No-till). Samara: Aelight, 2010. 206 p.

17. Gulyanov Yu. A., Dosov D. Zh., Umarova, S. A. Efficiency of using bioclimatic resources in winter wheat cultivation in Orenburg region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2010. No. 2 (26). P. 48–50.

18. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

19. Moiseichenko V. F., Trifonova V. F., Zaveryukha A.Kh., Yeshchenko V.E. Fundamentals of scientific research in agronomy. Moscow: Kolos, 1996. 336 p.

20. Gulyanov Yu. A. Improvement of scientific approaches to the effective natural resources use of agrotechnologies in the steppe zone of the Russian Federation // Bulletin Orenburg research center UB RAS. 2019. No. 4. 12 p.

21. Gulyanov Yu. A. Methods of rational use of water resources in landscape-adaptive technologies of the steppe zone of the Orenburg Pre-Urals // Theoretical problems of ecology and evolution: compendium of the International VII Lubischev Readings "Water Quality and Aquatic Biological Resources". Tolyatti: Publishing house "Anna", 2020. P. 238–244.

22. Dridiger V. K., Stukalov R. S., Matveev A. G. Influence of soil type and its density on winter wheat yield, cultivated by No-till technology in the zone of unstable moistening of Stavropol Krai // Zemledelie. 2017. No. 2. P. 19–22.

23. Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A.A., Ignatieva N. G. Optimization of fertilizing system for winter soft wheat in the southern part of Rostov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 4 (16). P. 9–17.

24. De Vitaa P., Di Paolob E., Fecondob G., Di Fonzoc N., Pisanted M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy // Soil and tillage research. 2007. No. 1-No. 2. P. 69–78.

25. Dridiger V. K. The no-till technology and mistakes made during its mastering // Agricultural Journal. 2018. No. 1 (11). P. 14–23.

26. Kaschaev E. A. Efficiency of technologies of agricultural crops cultivation in crop rotation on the chernozem ordinary in the zone of unstable moistening of Stavropol Krai // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2016. No. 4(8). P. 72–81.

27. Litsukov S. D., Shiryaev A. V., Kuznetsova L. N., Linkov S. A., Segidin A. N. Agroecological assessment of No-till technology in the Belgorod region // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2013. No. 9. P. 46–48.

28. Gulyanov Yu. A., Chibilov A. A., Chibilov (jr.) A. A. Reserves for the increase of yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the condition of Steppe zone of Orenburg Urals, Russia // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 1(15). P. 79–88.

UDC 574.42:631/635:502/504

Gulyanov Yu. A.

BACKGROUND AND PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF NATURE-LIKE CULTIVATION TECHNIQUES IN THE AGROTECHNOLOGIES OF THE STEPPE ZONE OF ORENBURG URALS

Summary. *The development of nature-oriented technologies for crop production under modern climatic and anthropogenic changes is necessary to increase the stability of field husbandry. The purpose of the research was to study the influence of various tillage methods differing at their nature-likeness on the formation of highly productive winter wheat agrocenoses under conditions of modern climate and anthropogenic changes. The studies were carried out in 2016–2019 on ordinary chernozems of the western zone of the Orenburg region. Winter soft wheat (Triticum aestivum L.) variety 'Novoershovskaya' was cultivated in the grain-fallow crop rotation: summer fallow – winter wheat – spring wheat – barley. We studied different methods of primary tillage in the fields of crop rotation (23–25 cm subsurface loosening, 23–25 cm plowing, 8–10 cm double disking, without tillage) and soil surface or mulching conditions. The planting of winter wheat was carried out in late August; seeding rate – 5.0 million seeds/ha; triple replication. The recordings and observations were carried out according to generally accepted methods, as specified in the recommendations of B. A. Dospekhov, V. F. Moseychenko, etc. Statistical processing of experimental data was carried out by methods of correlation and analysis of variance. We also revealed a tendency of precipitation redistribution over the seasons of the year: an increase in the cold periods and a decrease in the warm periods (30.0 mm or 16.0 % less); an obvious increase in the aridity of the summer months, especially August (13.0 mm or 38.2 % less). The research confirmed the importance of rational precipitation use in "unproductive" vegetation period (late autumn and winter). Besides, we gave a scientifically valid outlook of nature-like mulching technologies, as well as minimal fallow tillage and direct sowing of spring grains. Following these approaches, we can form a denser and more productive stalk with heavier ears, which ensures high yields of winter wheat – 2.76 t/ha. Resource-saving technology provides lower grain yield at a rate of 2.36 t/ha compared to minimal tillage (17.0 % less); the lowest grain yield (2.12 t/ha) was obtained at the trial fields where traditional tillage was applied.*

Keywords: *steppe farming, moisture-saving techniques, nature-like technologies, Triticum aestivum L., winter soft wheat, grain yield.*

Гулянов Юрий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН); 460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11; e-mail: iury.gulynov@yandex.ru.

Gulyanov Yuriy Aleksandrovich, Dr. Sc. (Agr.), professor, leading researcher of the Department of steppe studying and environmental management, Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate unit of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Orenburg Federal Research Center" of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 11, Pioneer str., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: iury.gulynov@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.02.2020.
Дата принятия к печати – 05.05.2020.