

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.41/43:631.58

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА

© 2020 г. В. К. Дридигер^а, *, А. Л. Иванов^б, В. П. Белобров^б, О. В. Кутовая^б

^аСеверо-Кавказский ФНАЦ,

ул. Никонова, 49, Ставропольский край, Шпаковский р-н, Михайловск, 356241 Россия

^бПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия

*e-mail: dridiger.victor@gmail.com

Поступила в редакцию 14.02.2020 г.

После доработки 20.02.2020 г.

Принята к публикации 26.02.2020 г.

На европейской территории России применение на типичных и обыкновенных черноземах технологии прямого посева за 4 года приводит к значимому росту содержания органического вещества в регионах с достаточным увлажнением и тенденцией к росту в регионах с недостаточным увлажнением (Ставропольский край и др.). Наблюдается также тенденция к увеличению содержания подвижного фосфора и обменного калия за 4 года проведения опыта без обработки почв. Урожайность сельскохозяйственных культур и рентабельность производства при длительном (более 7 лет) применении прямого посева приблизительно на 30% выше, чем при использовании традиционных технологий. Применяемые в борьбе с сорняками нормы расхода глифосат-содержащих гербицидов можно существенно уменьшить при использовании в посевах почвопокровных культур, современных биохимических методов и при строгом соблюдении технологии применения гербицидов. В совокупности это приводит к увеличению количества и видового разнообразия микроорганизмов, способных подавлять патогенную микрофлору, существенно сокращая поражение растений болезнями и вредителями.

Ключевые слова: деградация почв, эрозия, биоразнообразие, глифосат, урожайность, микроорганизмы, мезофауна

DOI: 10.31857/S0032180X20090038

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие пахотных земель в стране вызывает большую тревогу, особенно наиболее продуктивных почв России – черноземов. Это вызвано деградацией таких свойств почв, определяющих их продуктивность, как содержание гумуса [18], доступных для растений азота, фосфора и калия [9, 15, 30], структура и водоустойчивость микро- и макроагрегатов [28, 29], равновесная плотность [32] и др. По данным государственного агрохимического центра “Ставропольский” с начала наблюдений за плодородием почвы в 1964–1968 гг. и по настоящее время отмечается постоянное уменьшение содержания органического вещества (ОВ) в пахотном слое почв, преимущественно черноземного типа. Так, при первом туре обследования низкое содержание ОВ наблюдалось на 24.2% площади пашни, среднее – 74.9%, а в настоящее время, наоборот, 88.6% пашни характеризуется низким и только 10.3% – средним уровнем содержания (табл. 1).

При этом резкое уменьшение содержания ОВ в почвах наблюдается с 1976 г., когда в крае на

больших площадях начали внедрять чистые пары. Одновременно происходило уменьшение содержания в почве доступных для растений фосфора, калия и других элементов питания.

Называются разные причины снижения плодородия: недостаточное внесение минеральных удобрений, на приобретение которых нет средств, отсутствие органических удобрений из-за резкого сокращения поголовья животных, сокращение площади посева кормовых культур, особенно многолетних трав, что происходило на фоне увеличения площади чистых паров. В Ставропольском крае, при рекомендованных научными учреждениями 600–650 тыс. га чистого пара, его площадь достигала 842 тыс. га или 21% пашни (табл. 2).

При этом площадь кормовых культур с 1990 г., когда в крае было развито животноводство, сократилась более чем в 10 раз, а многолетние травы в настоящее время занимают всего 0.8% пашни. Одновременно площадь посева зерновых культур увеличилась в 1.4 раза, составив в структуре пашни 62%, из которых 74% занимает озимая пшеница.

Таблица 1. Динамика содержания органического вещества в почвах пашни Ставропольского края, %

Содержание органического вещества	Цикл обследования							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	1964–1968	1968–1976	1976–1983	1983–1988	1988–1993	1993–1998	1998–2003	2010–2015
Низкое: <4%	24.2	30.3	63.7	80.5	81.6	84.7	91.1	88.6
Среднее: 4.1–6.0%	74.9	67.8	35.9	18.2	17.4	15.3	8.1	10.3
Высокое: >6%	0.9	1.9	0.4	1.3	1.0	0.0	0.8	1.1
Среднее	3.17	3.10	2.97	2.87	2.83	2.71	2.64	2.77

Таблица 2. Динамика площади посева сельскохозяйственных культур и чистого пара в Ставропольском крае, тыс. га (по данным Управления Росреестра по Ставропольскому краю)

Культура	Год							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018
Чистый пар	648.7	650.0	758.7	841.6	811.1	692.9	650.6	595.2
Зерновые	1792.2	1711.3	1748.0	1965.3	2138.9	2351.1	2403.5	2469.8
Пшеница	1282.5	1123.3	1178.5	1522.5	1730.7	1782.9	1730.3	1821.8
Кормовые	1290.2	1065.1	610.2	315.9	216.5	161.8	137.5	124.6
Многолетние травы	360.8	316.5	235.9	112.9	76.9	41.8	36.0	33.2

Таблица 3. Доля чистых паров в пашне хозяйств Ипатовского района Ставропольского края, применяющих разные технологии возделывания, %

Сельхозпредприятие	Год							Среднее
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
ООО “Барханчакское”	55.5	8.3	27.5	37.7	37.5	32.4	30.6	34.1
СПК “Кировский”	24.4	18.0	18.4	14.9	18.4	18.6	14.5	19.1
ЗАО “Октябрьское”	22.8	13.5	18.7	18.4	16.8	15.6	10.6	17.2
СППК “Софиевский”	18.8	18.1	16.6	17.3	14.7	12.5	8.3	15.9
ООО “Добровольное”	0	0	0	0	0	0	0	0
СХП “Урожайное”	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. ООО “Добровольное” и СХП “Урожайное” работают по технологии прямого посева, остальные хозяйства – по традиционной технологии.

Вместе с тем основной причиной ухудшения почвенного плодородия является эрозия [1], которая особенно сильно проявляется в паровых полях. По этой причине около 50% площади земель Ставропольского края в разной степени подвержены водной эрозии и дефляции [8].

Следует отметить, что чистые пары в 70–80-ые годы прошлого столетия были рекомендованы научными учреждениями в степных районах, где осадки ограничены и возделываемые растения страдают от недостатка влаги. В течение года чистые пары накапливают влагу в почве, что позволяет в засушливых условиях получать стабильные по годам урожаи возделываемых культур [23]. В засушливой зоне Ставропольского края были рекомендованы и освоены короткоротационные полевые

севообороты с чистым паром: пар – озимая пшеница, или пар – озимая пшеница – озимая пшеница, в которых под чистые пары отводилось до 50% пашни [22].

В то же время возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева (ПП) позволяет обходиться без чистых паров. Так, в Ипатовском районе, расположенном в засушливой зоне, сельскохозяйственные предприятия, возделывающие полевые культуры по традиционной технологии, ежегодно имеют в структуре пашни в среднем от 15.9 до 34.1% чистых паров. В ООО “Добровольное” и ООО СХП “Урожайное”, работающих по технологии ПП в течение 13-ти лет, чистые пары отсутствуют (табл. 3).

Отказ от чистых паров при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии ПП в засушливых районах обусловлен большим накоплением и лучшим сохранением влаги в почве. В наших исследованиях в Ставропольском крае во время вегетации растений, возделываемых по этой технологии, в метровом слое почвы содержится на 19.6–32.9% больше продуктивной влаги, чем по технологиям с обработкой почвы [12], или дополнительно на 1 га накапливается и сохраняется от 140 до 230 м³ воды, которая расходуется растениями на формирование урожая. Большому накоплению влаги в почве способствуют растительные остатки предшествующих культур на ее поверхности, которые зимой накапливают больше снега, а летом существенно уменьшают испарение влаги с поверхности почвы.

Количество растительных остатков зависит от вида растений и накопления ими надземной биомассы. В Западной Сибири в среднем за год на поверхность почвы поступает 1.8–2.1 т/га растительных остатков [17], на Северном Кавказе накапливается в 2–3 раза больше – от 5.6 до 6.3 т/га [14].

Такое количество растительных остатков на поверхности, а также улучшение структуры почвы [6] надежно защищают ее от ветровой [11] и водной эрозии, тогда как обработанная по рекомендованным технологиям почва с заделкой пожнивных остатков в большей степени подвержена процессам дефляции и водной эрозии.

Цель работы – изучить влияние технологии прямого посева на плодородие почвы, как важного фактора его восстановления и сохранения на основе обобщения результатов многолетних опытов научных аграрных центров и производственных объединений, проведенных на типичных и обыкновенных черноземах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования расположены на территории европейской части России и характеризуют зонально-провинциальные особенности типичных (Haplic Chernozems) и обыкновенных черноземов (Haplic Chernozems) [45] с разными условиями увлажнения в течение года и вегетационного периода. На территории ФГБНУ “Курский ФАНЦ” в Курской области (51°37.8′ с. ш.; 36°15.7′ в. д.) и ФГБНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева в Воронежской области (“Каменная степь” 51°03.4′ с. ш.; 40°44.8′ в. д.) изучали типичные черноземы, в ФГБНУ “Северо-Кавказский ФНАЦ” в Ставропольском крае (45°07.6′ с. ш.; 42°03.3′ в. д.) – обыкновенные. С 2013 г. на опытных полях этих научных центров проводятся многолетние исследования по оценке влияния технологии возделывания сельскохозяйственных культур с обработкой почвы (варианты минимизации обработок) и технологии без обработки (прямой посев) на свойства и продуктивность черноземов.

В опытах в полевых четырехпольных севооборотах выращивали озимую пшеницу, кукурузу и горох, а подсолнечник – только на обыкновенных черноземах. Все пожнивные остатки при прямом посеве оставляли на поверхности почв. Использование удобрений и пестицидов осуществляли в соответствии с рекомендациями для каждой культуры, фоном по вариантам опыта.

Исследования вели также в ООО СХП “Урожайное” Ипатовского (45°49.0′ с. ш.; 42°03.5′ в. д.) и СПК “Архангельский” Буденновского районов Ставропольского края (44°10.3′ с. ш.; 44°32.4′ в. д.), где сельскохозяйственные культуры возделывают только по технологии ПП. Поэтому параллельно изучали почвы полей рядом расположенных хозяйств, на которых применяется рекомендованная научными учреждениями технология с обработкой почвы.

Подвижный фосфор и обменный калий в типичных черноземах определяли по методу Чирикова, в обыкновенных – по Мачигину, содержание ОВ (гумуса) – по Тюрину, равновесную плотность – методом цилиндров. Оценку видового состава и численности мезофауны (дождевых червей) проводили на площадках 50 × 50 см² с отбором проб почвы в эклекторы. Статистическая обработка данных выполнена в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При возделывании сельскохозяйственных культур по технологии ПП на стационаре ФГБНУ “Северо-Кавказский ФНАЦ” за первую ротацию севооборота содержание гумуса в слоях 0–10 и 10–20 см обыкновенного чернозема увеличилось на 0.02 и 0.05 абсолютных процентов, тогда как по традиционной технологии произошло уменьшение этого показателя на 0.04 и 0.02% [12]. Оба показателя находятся в пределах ошибки опыта, но прослеживается тенденция сохранения и улучшения показателей плодородия в технологии ПП.

В типичных черноземах Курской и Воронежской областей эта тенденция выражена в большей степени [9]. В опыте “Курского ФАНЦ” перед закладкой опыта в 2013 г. после уравнительного посева содержание гумуса в среднем на обеих глубинах составляло около 5% и существенно не отличалось по вариантам опыта (табл. 4). Через 4 года наблюдалось увеличение этого показателя по всем способам обработки почвы. Но за четырехлетний период достоверно большая прибавка содержания гумуса в типичных черноземах наблюдалась при прямом посеве и составила 0.65% на глубине 0–10 см и 0.86%, на глубине 10–20 см.

Таблица 4. Влияние способа обработки почвы на содержание гумуса (%) в типичном черноземе в опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

Обработка почвы	Слой почвы 0–10 см			Слой почвы 10–20 см		
	2013 г.	2017 г.	+/-	2013 г.	2017 г.	+/-
Отвальная	4.85	5.38	+0.53	4.92	5.42	+0.50
Комбинированная	5.25	5.57	+0.32	5.18	5.62	+0.44
Минимальная	4.96	5.28	+0.32	5.02	5.01	-0.01
Прямой посев	4.96	5.61	+0.65	4.78	5.61	+0.83
НСР _{0,5} обработка почвы	0.31	0.27	–	0.29	0.26	–
НСР _{0,5} годы исследований	–	–	0.24	–	–	0.27

Таблица 5. Влияние способов обработки почвы на запасы гумуса и подвижного фосфора в слое типичного чернозема 0–30 см (ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева»)

Обработка почвы	Запас гумуса, т/га			Подвижный фосфор, кг/га		
	2013 г.	2017 г.	+/-	2013 г.	2017 г.	+/-
Отвальная	159.6	195.2	+35.6	302.7	402.2	+99.5
Безотвальная	189.1	190.8	+1.7	324.6	423.2	+98.6
Поверхностная	190.8	207.7	+16.9	271.0	384.7	+113.7
Прямой посев	202.0	261.9	+59.9	250.9	447.7	+196.8
НСР _{0,5} обработка почвы	15.7	17.8	–	23.7	28.8	–
НСР _{0,5} годы исследований	–	–	21.6	–	–	31.1

В типичных черноземах «Каменной степи» достоверно большие запасы гумуса через 4 года после закладки опыта также отмечаются при использовании ПП (табл. 5). Аналогичная ситуация наблюдается и по запасам подвижного фосфора, которого в слое почвы 0–30 см увеличилось существенно больше, чем по другим способам обработки почвы, что обусловлено наличием на поверхности растительных остатков, которые после их разложения микроорганизмами способствовали увеличению содержания этого элемента в верхних слоях почвы.

Увеличение содержания органического вещества в черноземах наблюдается и в других почвенно-климатических условиях [7]. В СПК «Архангельский» в течение четырех лет работы по технологии ПП была остановлена эрозия и стабилизировалось содержание гумуса при одновременном увеличении концентрации доступного фосфора с 13 до 21 мг/кг, калия – с 340 до 400 мг/кг [30]. Существенное увеличение содержания доступных элементов питания в почве по этой технологии отмечено и в других сельскохозяйственных предприятиях края [15].

В типичных черноземах «Каменной степи» содержание подвижного фосфора на всех вариантах опыта за 4 года существенно возросло. Но наибольшее увеличение содержания P_2O_5 в слое почвы 0–30 см наблюдалось при ПП (в 1.8 раза), тогда как при разных обработках почв повышение

запасов подвижного фосфора было примерно одинаковым – в 1.3–1.4 раза. Самое низкое содержание этого элемента питания было при отвальной и поверхностной обработках, соответственно на 45.5 и 63.0 кг/га меньше, чем при ПП [9].

Содержание обменного калия за этот же период изменилось не столь существенно. Максимальные его запасы характерны для отвальной, минимальные – для поверхностной обработки.

Содержание подвижного фосфора в слое 0–10 см курских типичных черноземов за четыре года существенно уменьшилось по всем вариантам обработок (табл. 6), кроме прямого посева, где снижение было математически недоказуемым. В большей степени уменьшение содержания этого элемента наблюдалось в слое почвы 10–20 см, оставаясь, тем не менее, на уровне, соответствующем высокой степени обеспеченности для зерновых и зернобобовых культур в двадцатисантиметровом слое почв. По содержанию обменного калия ситуация аналогична фосфатам – наблюдалось некоторое уменьшение показателя за 4 года в слое 0–10 см и заметное – в 1.1–1.7 раза – в слое 10–20 см (табл. 7). Обеспеченность обменным калием за 4 года уменьшилась с высокой до средней, причем в большей степени это характерно для слоя 10–20 см.

Таким образом, технология прямого посева способствует росту плодородия почвы путем уве-

Таблица 6. Влияние обработки почвы на содержание подвижного фосфора (по Чирикову, мг/100 г почвы) в типичных черноземах в опыте ФГБНУ “Курский ФАНЦ”

Обработка почвы	Слой почвы 0–10 см			Слой почвы 10–20 см		
	2013 г.	2017 г.	+/-	2013 г.	2017 г.	+/-
Отвальная	17.81	13.40	-4.41	18.42	14.32	-4.10
Комбинированная	17.75	16.18	-1.57	18.47	16.25	-2.22
Минимальная	18.97	16.22	-2.75	18.58	14.30	-4.28
Прямой посев	19.81	19.24	-0.57	20.08	16.80	-3.28
НСР _{0,5} обработка почвы	0.9	0.8	-	1.0	0.8	-
НСР _{0,5} годы исследований	-	-	0.8	-	-	1.1

Таблица 7. Влияние обработки почвы на содержание обменного калия (по Чирикову, мг/100 г почвы) в типичных черноземах в опыте ФГБНУ “Курский ФАНЦ”

Обработка почвы	Слой почвы 0–10 см			Слой почвы 10–20 см		
	2013 г.	2017 г.	+/-	2013 г.	2017 г.	+/-
Отвальная	10.80	7.81	-2.99	10.82	9.83	-0.99
Комбинированная	12.04	11.96	-0.08	14.86	8.70	-6.16
Минимальная	10.62	9.23	-1.39	11.70	7.25	-4.45
Прямой посев	12.17	11.48	-0.69	11.56	6.02	-5.54
НСР _{0,5} обработка почвы	0.6	0.6	-	0.7	0.5	-
НСР _{0,5} годы исследований	-	-	0.8	-	-	1.0

личения содержания в ней не только органического вещества, но и доступных для растений элементов питания, включая минеральные формы азота.

По этой причине в технологии ПП стало возможным даже в засушливых условиях без использования чистого пара получать вполне приемлемые, экономически оправданные урожаи, обеспечивающие рентабельное ведение сельскохозяйственного производства. В СХП “Урожайное” и ООО “Добровольное” урожайность подсолнечника в среднем за 2012–2018 гг. составила 2.63 и 2.07 т/га, зерна кукурузы получено 4.89 и 4.94 т/га, гороха – 2.21 и 2.39 т/га, тогда как в соседних хозяйствах района, работающих по традиционной технологии, урожайность подсолнечника находилась в пределах 1.52–1.63 т/га, гороха – 2.08–2.13 т/га, а возделывание кукурузы по традиционной технологии без орошения не представляется возможным.

Урожайность озимой пшеницы в этих хозяйствах (“Урожайное” и “Добровольное”) по непаровым предшественникам, в среднем за эти же годы составила 4.79 и 3.92 т/га, тогда как в сельскохозяйственных предприятиях района, которые сеют ее в основном по чистым парам, урожайность вполне сопоставима и находится в пределах от 4.06 до 4.80 т/га. С учетом положительного влияния технологии ПП на свойства почв за 7 лет в ООО “Добровольное” и СХП “Урожайное” с 1 га пашни получено в среднем 3.75 и 4.37 тыс. зерновых

единиц, тогда как у граничащих с ними сельскохозяйственных предприятиях района – лишь 2.84–3.26 тыс. зерновых единиц.

Одним из важных показателей, характеризующих восстановление свойств почв, является способность агроэкосистемы противостоять сорнякам и патогенным организмам без применения химических средств защиты растений. В этом отношении технологию без обработки почв считают неприемлемой из-за применения в борьбе с сорняками гербицидов сплошного действия из группы глифосатов, а также большого количества растительных остатков на поверхности почв, являющихся источником патогенных микроорганизмов, поражающих растения.

Действительно, на начальном этапе освоения технологии невозможно обойтись без глифосатов. Однако при строгом выполнении технологии применения гербицида расход глифосатов можно существенно сократить. В первую очередь необходимо устранить жесткость воды, уменьшить расход рабочей жидкости до 25 л/га и за счет более высокой концентрации препарата в 2 раза увеличить его гербицидную активность. Применение при опрыскивании активных аминокислот позволяет уменьшить норму расхода еще в 1.5–2.0 раза [20]. Об этом свидетельствует опыт работы хозяйств Ставропольского края, которые в течение 8–10 лет следуют этой технологии.

Таблица 8. Количество и живая масса дождевых червей в почве после восьми лет применения технологии прямого посева в СХП “Урожайное” (Ипатовский район Ставропольского края)

Технология	Культура	Количество, экз./м ²	Живая масса, г/м ²
Прямой посев	Озимая пшеница	20	19.3
	Озимый рапс	37	47.7
	Кукуруза	69	62.4
	Подсолнечник	83	39.2
Традиционная	Озимая пшеница	0	0
	Подсолнечник	4	1.6
	НСР ₀₅	5	3.8

Проведенными исследованиями установлено [16, 39], что применение глифосатов не приводит к существенному изменению или уменьшению микробного сообщества в почве. Больше того, глифосат вызывает некоторое увеличение эмиссии CO₂ в почвах [31, 38], что по мнению авторов может свидетельствовать об использовании гербицида или его производных в качестве составляющих компонентов питательного субстрата для почвенных микроорганизмов, а также устойчивости микробного сообщества к глифосату.

Именно этим объясняется отсутствие остаточного количества глифосат-кислоты в почве и получаемой продукции [26], что подтверждается существенным увеличением количества представителей почвенной фауны, например, дождевых червей на полях с использованием ПП по сравнению с традиционными технологиями (табл. 8). В необрабатываемой почве обитало 4 вида дождевых червей – *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus*, тогда как на соседних полях с традиционной технологией встречался только один вид – *A. Caliginosa*, что свидетельствует об экологической чистоте и безопасности среды обитания почвенной биоты, стабильности и устойчивости агроэкосистемы и, в итоге, сохранении и улучшении плодородия почвы при использовании технологии ПП.

Кроме химических, в технологии ПП имеются эффективные агротехнические приемы борьбы с сорняками, из которых важнейшим является севооборот. При чередовании двух теплолюбивых и двух холодостойких культур численность сорняков уменьшается в 13 раз, при чередовании в севообороте двух теплолюбивых с одной культурой холодного времени произрастания засоренность посевов снижается в 2.0–2.5 раза [41, 42]. В то же время посев одной и той же культуры 2 года подряд приводит к резкому увеличению засоренности посевов.

Эффективным способом борьбы с сорняками в технологии ПП являются растительные остатки на поверхности почвы. Одна тонна пожнивных

остатков озимой пшеницы, равномерно распределенных на 1 га, уменьшает количество сорняков на 14%. Борьба с сорняками можно также сроками посева, нормами высева семян, а также посевом промежуточных почвопокровных растений после уборки и до посева следующей культуры севооборота [33, 43].

Уменьшение расхода гербицидов и уменьшение засоренности посевов становится возможным благодаря очищению почвы от семян сорняков по мере освоения технологии ПП. Исследованиями Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства установлено, что за 3 года применения технологии ПП количество семян сорняков в слое почвы 0–10 см уменьшилось с 95.0 до 39.6 млн шт./га, тогда как при традиционной обработке почвы их количество увеличилось с 98.3 до 127.8 млн шт./га [19]. По этой причине количество сорняков в посевах озимой пшеницы перед применением гербицида в технологии с обработкой почвы составило 1233–1596 шт./м², тогда как в технологии ПП их было 85–327 шт./м² [4].

Уменьшение “банка” семян сорняков в почве и засоренности посевов в технологии без обработки почв объясняется созданием благоприятных условий (в первую очередь по влажности) для прорастания семян сорняков, находящихся в верхнем слое почвы. В первые годы освоения технологии семена интенсивно прорастают, что и является причиной существенного увеличения их количества в это время. При эффективной борьбе сорняки уничтожаются до их обсеменения, что приводит соответственно, к сокращению засоренности посевов, так как находящиеся в более глубоких слоях почвы семена сорняков прорасти и дать всходы не могут и погибают. Кроме того, растительные остатки на поверхности почвы нарушают контакт семян с почвой и сдерживают прорастание и рост сорняков через физическое подавление, аллелопатические воздействия, уменьшение проникновения солнечного света через раститель-

ные остатки и физическое блокирование появления всходов.

Важную роль растительные остатки играют в сокращении поражения растений болезнями и вредителями. По данным зарубежных авторов растительные остатки, остающиеся на поверхности почвы в технологии ПП, благоприятствуют росту популяции микроорганизмов в верхнем (0–10 см) слое почвы [35], которые подавляют патогенную микрофлору, тем самым снижая заболеваемость растений и даже поражение вредителями [40].

Аналогичные данные получены и отечественными исследователями на примере посевов яровой пшеницы, которые меньше заселялись хлебной полосатой блошкой, пядицей красногрудой и повреждались внутривебными вредителями. При этом поражение обыкновенной корневой гнилью, септориозом, мучнистой росой и заселенностью колосьев пшеницы личинками пшеничного трипса, не имело существенных различий от технологии, основанной на глубоком рыхлении почвы [5]. Обусловлено это тем, что в технологии ПП, благодаря сохраняющимся растительным остаткам, не только увеличивается количество почвенных микроорганизмов, но и наблюдается рост его разнообразия. Существенно возрастает численность бактерий – антагонистов фитопатогенов увеличивается плотность нематод, которые подавляют развитие патогенной микрофлоры [46], чем сокращают поражение растений вредными организмами.

Севооборот играет также важную роль в регуляции количества и качества почвенных микроорганизмов. В условиях монокультуры наблюдается развитие наиболее агрессивных популяций почвенных фитопатогенов, что приводит к поражению растений болезнями и вредителями и соответственно существенному снижению урожайности. И наоборот, чем больше разнообразие растений в севообороте, тем больше биоразнообразие почвенной микрофлоры, антагонистов и хищников вредных организмов в почве агроценоза [27].

В технологии ПП, благодаря большому накоплению влаги в почве, имеется возможность возделывания более широкого ассортимента сельскохозяйственных культур, чем в традиционных технологиях с обработкой почвы, особенно в засушливых регионах [13]. Увеличение разнообразия культур при технологии ПП можно достичь посевом пожнивных почвопокровных культур, которые произрастают в промежутке между основными культурами севооборота. Промежуточные почвопокровные культуры корневой системой разрыхляют почву, отмершие части растений и корневые экссудаты обогащают ее органическим веществом, надземная биомасса подавляет сорные растения. Бобовые культуры, применяемые в качестве почвопокровных, увеличивают содержание в почве биологического азота, капустные (рапс, редька,

горчица) уменьшают поражение растений пшеницы корневыми гнилями. Донник, благодаря наличию в нем кумарина, вызывает гибель конидий корневой гнили пшеницы, зерновой и картофельной нематоды, проволочника, ложнопроволочника и других возбудителей болезней и вредителей растений.

Для обеспечения благоприятной фитосанитарной обстановки в различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур применяется целый комплекс биологических средств защиты растений. Их использование позволяет защитить посевы от комплекса болезней и вредителей, бороться с болезнью подсолнечника, улучшать азотное, фосфорное и калийное питание растений, повышать устойчивость растений к засухе и другим неблагоприятным явлениям [20, 21]. В некоторых странах зарегистрированы и применяются биологические гербициды, “действующим веществом” которых являются микроорганизмы, поражающие определенные виды сорных растений [37, 44]. Поиск таких микроорганизмов, способных поражать сорняки, в том числе такие злостные, как осот розовый (*Cirsium arvense* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) и другие, ведется и в нашей стране [2, 10].

Для повышения эффективности защиты растений от вредных организмов биологические препараты следует применять комплексно на всей возделываемой площади, начиная с обеззараживания растительных остатков после уборки урожая. Но, в отличие от традиционной технологии, где ставится задача скорейшего разложения растительных остатков различными микроорганизмами [3], в технологии ПП наоборот, растительные остатки необходимо сохранять на поверхности почвы как можно дольше, так как они играют очень важную роль в защите почв от эрозии и восстановлении их плодородия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Площади почв в мире, на которых возделываются сельскохозяйственные культуры по технологии ПП, постоянно увеличиваются примерно на 10 млн га в год, занимая в настоящее время около 157 млн га. Прямой посев используется на различных по генезису почвах, как во влажных, так и более засушливых условиях и в силу своей специфики, приближенной к природным условиям, способствует повышению устойчивости агроэкосистемы в целом, улучшению и восстановлению плодородия ее главного компонента – почв. Применение в технологии прямого посева плодосменных севооборотов, сохранение растительных остатков на поверхности почвы и посев промежуточных почвопокровных культур позволяет сохранить и повысить плодородие почвы,

увеличить разнообразие почвенной биоты, создать благоприятные условия для подавления патогенных микроорганизмов, повысить экологическую устойчивость агроценоза, используя биологические методы. Увеличение содержания ОВ в типичных и обыкновенных черноземах, улучшение агрохимических и микробиологических показателей, а также повышение урожайности сельскохозяйственных культур и рентабельности производства в условиях недостатка влаги, свидетельствуют о возможности и необходимости более широкого применения технологии прямого посева. Именно возможность восстановления деградированных почв и повышения плодородия пахотных земель должна стать катализатором широкого внедрения прямого посева в земледелие России.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-16-00053 с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института им. В.В. Докучаева.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов С.А., Есаулко А.Н., Сигида М.С., Голосной Е.В. Оценка развития процессов водной эрозии на территории агроландшафтов Ставропольского края и их влияние на продуктивность // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 1(29). С. 67–72.
2. Берестецкий А.О. Перспективы разработки биологических и биорациональных гербицидов // Вестник защиты растений. 2017. № 1(91). С. 5–12.
3. Богатырева Е.В. Влияние биопрепаратов на темпы разложения соломистых остатков озимой пшеницы и продуктивность чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Земледелие. 2015. № 8. С. 34–36.
4. Власенко Н.Г., Коротких Н.А., Бокина И.Г. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till. Новосибирск: Сиб. НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, 2013. 124 с.
5. Власенко Н.Г., Коротких Н.А., Кулагин О.В., Слободчиков А.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы при технологии No-till // Защита и карантин растений. 2014. № 1. С. 18–22.
6. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Хабиров И.К. и др. Оценка агрочерноземов Зауральской степи в условиях использования системы обработки почвы No-till // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 32–36.
7. Галеева Л.П., Широких П.С. Свойства черноземов выщелоченных Новосибирского Приобья при различных обработках // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 9–13.
8. Глушко А.Я. Деградация земельного фонда Ставропольского края в условиях интенсивного земледелия // Земледелие. 2011. № 8. С. 5–7.
9. Гребенников А.М., Исаев В.А., Юдин С.А., Чевердин Ю.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Влияние способов обработки миграционно-мицелярных черноземов на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 2. С. 38–41.
10. Дидович С.В., Алексеенко О.П. Эффективность ингибирования сорных растений при бактериализации фототрофными и гетеротрофными микроорганизмами // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки. Мат-лы IV межд. науч. конф. в Ялте 9–13 сентября 2019 г. Симферополь: ИТ “АРЕАЛ”, 2019. С. 257–259.
11. Дридигер В.К. Влияние растительных остатков на противоэрозионную устойчивость почвы // Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия. Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф., посв. 50-летию противоэрозионного комплекса ФГУП “Новоникулинское” в п. Тимирязевский 13–14 июля 2018 г. Ульяновск: УлГТУ, 2018. С. 59–64.
12. Дридигер В.К., Кулинец В.В., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Влияние технологии возделывания полевых культур на водно-физические свойства чернозема обыкновенного в первой ротации полевого севооборота зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2017. № 4(66). С. 39–43.
13. Дридигер В.К., Невечеря А.Ф., Токарев И.Д., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.
14. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Роль растительных остатков в технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. году экологии и 50-летию постановления о борьбе с эрозией почвы во ВНИИ землед. и защиты почв от эрозии 13–15 сент. 2017 г. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017. С. 39–49.
15. Есаулко А.Н., Коростылев С.А., Сигида М.С., Голосной Е.В. Динамика показателей почвенного плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till в условиях Ставропольского края // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 58–62.
16. Железова А.Д., Манучарова Н.А., Горленко М.В. Структурные и функциональные характеристики прокариотного комплекса дерново-подзолистой почвы под воздействием гербицида глифосата //

- Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 2. С. 48–54.
17. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till / Под ред.: Н.Г. Власенко, Н.А. Власенко, И.Г. Бокина. Новосибирск: Сиб. НИИ земледелия и химизации, 2013. 124 с.
 18. Козут Б.М., Артемьева З.С., Кириллова Н.П., Яшин М.А., Сошникова Е.И. Компонентный состав органического вещества воздушно-сухих и водостойчивых макроагрегатов 2–1 мм типичного чернозема в условиях контрастного земледелия // Почвоведение. 2019. № 2. С. 161–170.
 19. Коротких Н.А., Власенко Н.Г. Динамика почвенного банка семян сорняков в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 2. С. 23–26.
 20. Котляров В.В., Федулов Ю.П., Котляров Д.В. Физиологически активные вещества в агротехнологиях. Краснодар: КубГАУ, 2016. 169 с.
 21. Котляров Д.В., Котляров В.В., Донченко Д.Ю., Багрянцев Е.С. Гербицидная композиция и способ повышения эффективности действия гербицида на основе глифосата. Патент РФ № 2584434. 20.12.2014. Бюл. № 35.
 22. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. 520 с.
 23. Морозов Н.А., Хрипунов А.И. Влагодобеспеченность посевов озимой пшеницы по чистому пару и полупару в засушливых условиях // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 7–10.
 24. Системы земледелия Ставропольского края: монография / Под. общ. ред.: А.А. Жученко, В.И. Трухачева. Ставрополь: АГРУС, 2011. 844 с.
 25. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Филипчук О.Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитии концепции ФАО) // Агрохимия. 2019. № 5. С. 3–20.
 26. Стукалов Р.С., Дридигер В.К. Влияние технологии No-till на засоренность и накопление глифосат кислоты в почве и зерне озимой пшеницы // Новости науки в АПК. 2018. № 1(10). С. 74–78. <https://doi.org/10.25930/2218-855x-1-10-121128>
 27. Торопова Е.Ю., Посажеников С.Н., Мармулева Е.Ю. Системная фитосанитарная роль предшественников в южной лесостепи Новосибирской области // Сибир. вестн. сел.-хоз. науки. 2014. № 4. С. 4–11.
 28. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С. Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100.
 29. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях земледелия // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193.
 30. Шеховцов Г.А., Чайкина Н.Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края // Земледелие. 2018. № 6. С. 21–26.
 31. Araujo A.S.F., Monteiro R.T.R., Abarkeli R.B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils // Chemosphere. 2003. September. V. 52(5). P. 799–804.
 32. Belobrov V.P., Yudin S.A., Ermolaev N.R., Dridiger V.K., Stukalov R.S., Kholodov N.V., Yaroslavtseva V.A., Aidiev A. Yu. Influence of direct seeding technology on typical chernozem structure // 2019-th International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects 28 March 2019, Moscow, Russian Federation.
 33. Dao T.H. Crop residues and management of annual grass weed in continuous no-till wheat (*Triticum aestivum*) // Weed Science. 1987. V. 35. P. 395–400.
 34. Dridiger V.K., Godunova E.I., Eroshenko F.V., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G. Effekt of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworm sand humus content in soil // Research J. Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9(2). P. 766–770.
 35. Follett R.F., Schimel D.S. Effect of Tillage Practices on Microbial Biomass Dynamics // Soil Sci. Soc. Am. J. 1989. V. 53. P. 1091–1096.
 36. Govaerts B., Mezzalama M., Sayre K.D., Crossa J., Nicol J.M., Deckers J. Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on maize/wheat root and nematode populations in subtropical highlands // Appl. Soil Ecol. 2006. V. 32. P. 305–315.
 37. Hershenhorn J., Casella F., Vurro M. Weed biocontrol with fungi: past, present and future // Biocontrol Sci. Technol. 2016. V. 26. № 10. P. 1313–1328.
 38. Lane M., Lorenz N., Saxena J., Ramsier C., Dick R.P. Microbial activity, community structure and potassium dynamics in the rhizosphere soil of soybean plants treated with glyphosate // Pedobiologia. 2012. V. 55. P. 153–159.
 39. Nguyen D.B., Rose M.T., Rose T.J., Morris S.G., van Zwieten L. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: a meta-analysis // Soil Biol. Biochem. 2016. V. 92. P. 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.014>
 40. Pankhurst C.E., Magarey R.C., Stirling G.R., Blair B.L., Bell M.J., Garside A.L. Management practice to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia // Soil Till. Res. 2003. V. 72. P. 125–137.
 41. Sherstha A., Knezevic S.Z., Roy R.C., Ball-Coelho B.R., Swanton C.J. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil // Weed Research. 2002. V. 42. P. 76–87.
 42. Swanton C.J., Booth B.D., Chandler K., Clements D.R., Shrestha A. Management in a modified no-tillage corn-

- soybean-wheat rotation influences weed population and community dynamics // *Weed Science*. 2006. V. 54. P. 47–58.
43. *Teasdale J.R., Beste C.E., Potts W.E.* Response of weeds tillage and cover crop residue // *Weed Science*. 1991. V. 39. P. 195–199.
44. *Weaver M.A., Boyette C.D., Hoagland R.E.* Management of kudzu by the bioherbicide, *Myrothecium verrucaria*, herbicides and integrated control programmes // *Biocontrol Sci. Technol.* 2016. V. 26. № 1. P. 136–140.
45. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming and creating legends for soil maps. Update 2015. *World Soil Resources Reports 106*. Food and agriculture organization of the United nations. IUSS Working Group WRB. Rome. 2015.
46. *Yeates G.W., Huges K.* Effect of three tillage regimes on plant and soil nematodes in oats / *Maize Rotation. Pedobiosols, southern Ontario* // *Canad J. Soil Sci.* 1990. V. 79. P. 149–160.

Restoration of Soil Properties by Using Direct Sowing Technology

V. K. Dridiger^{1, *}, A. L. Ivanov², V. P. Belobrov², and O. V. Kutovaya²

¹*North-Caucasian FARC, Nikonova str., 49, Mikhailovsk, Shpakovsky district, Stavropol territory, 356241 Russia*

²*Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskiy per., 7 Bld. 2, Moscow, 2119017 Russia*

*e-mail: dridiger.victor@gmail.com

In the European Russia, the application of direct seeding technology on typical and ordinary chernozems for 4 years leads to a significant increase in the content of organic matter in regions with sufficient moisture and a tendency to an increase in regions with insufficient moisture (Stavropol kray, and oth.). There is also a trend to the increase of mobile phosphorus and exchangeable potassium content for 4 years of the experiment without soil treatment. The yield of agricultural crops and profitability of production with long-term (more than 7 years) application of direct seeding is approximately by 30% higher than those obtained when applying traditional technologies. The consumption rates of glyphosate-containing herbicides used in weed control can be significantly reduced by using ground cover crops, modern biochemical methods, and strict compliance with the herbicide application technology. All these measures provide an increase in the number and species diversity of microorganisms that can suppress pathogenic microflora, significantly reducing the damage to plants by diseases and pests.

Keywords: soil degradation, erosion, biodiversity, glyphosate, yield, microorganisms, mesofauna