

**ВЛИЯНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ
И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Рублюк М.В., кандидат сельскохозяйственных наук
Иванов Д.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент РАН.

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
(ВНИИМЗ), г. Тверь, Россия*

Изучалась в 2021 г. биологическая активность дерново-подзолистой почвы и продуктивность яровой пшеницы на агрополигоне Губино ВНИИМЗ с целью определения влияния осушаемых агроландшафтов и агротехнологий на биологическую активность и урожайность яровой пшеницы в условиях Нечерноземья. Показаны изменения целюлозоразрушающей активности почвы под посевом яровой пшеницы, с использованием двух агротехнологий: экстенсивной (с применением N_{30} кг/га д.в. в подкормку) и традиционной – ($N_{60}P_{60}K_{60}$ кг/га д.в. в предпосевную культивацию). В ходе исследований установлено, что уже в первый год наблюдений отмечалось повышение биологической активности почвы на 16,5-60,4 % на варианте с применением традиционной технологии, по сравнению с экстенсивной. Максимальная величина этого показателя (100 %) получена в транзитном варианте южного склона. В понижении северного склона биологическая активность почвы была на 5,8 % ниже на варианте с применением традиционной технологии, по сравнению с экстенсивной.

Урожайность яровой пшеницы в 2021 г. в среднем по агроландшафту составила на варианте с экстенсивной и традиционной технологией 1,5 и 2,22 т/га соответственно. Величина этого показателя была максимальной в опыте с традиционной технологий в транзитном АМЛ северного склона (3,43 т/га), а по экстенсивной технологии – в Тс и Т-Ас (2,66 т/га). Прибавка урожайности составила соответственно 54,3 и 76 %. Минимальная в опыте урожайность яровой пшеницы по экстенсивной и традиционной технологии отмечена в нижней части южного склона, где она была на 0,9 и 1,62 т/га ниже средней. По урожайности яровой пшеницы, возделываемой по экстенсивной технологии, выявлена статистически значимая связь с биологической активностью, содержанием гумуса и влажностью почвы ($r = 0,94, 0,81$ и $0,78$ соответственно). На варианте с традиционной технологии отмечена корреляционная зависимость урожайности пшеницы с содержанием гумуса и слабая – с биологической активностью почвы ($r = 0,70$ и $0,26$).

Для получения высоких и стабильных урожаев зерновых культур необходимо внедрять в сельскохозяйственное производство новые ресурсосберегающие технологии их возделывания, которые должны базироваться на применении современных почвообрабатывающих машин, высокоэффективных средств защиты растений как химических, так и биологических, расчетных доз органических и минеральных удобрений [1,2]. Важным показателем плодородия для любой почвы является ее биологическая активность. Это понятие отражает комплекс биологических процессов, протекающих в ней под воздействием почвенных микроорганизмов. По динамике и скорости продуцирования углекислоты можно не только судить о напряженности биологических процессов, но и оценить потери органического вещества вследствие развития процессов минерализации [3].

Биологическая активность почвы снижается при возделывании культур в зерновом севообороте без насыщения многолетними бобовыми травами,

которые, являясь растениями-симбионтами азотфиксирующих клубеньковых бактерий, способствуют созданию благоприятных условий для размножения и развития почвенной биоты [4]. Качественный состав микроорганизмов дает возможность оценить фитосанитарное состояние почвы и выявить причины почвоутомления. Биологические показатели крайне вариабельны и существенно изменяются с изменением состояния окружающей среды [4, 6]. На изменение величины биологической активности почвы влияет как удобрение [7, 8], так и природные условия произрастания культур [9, 10]. Также на этот показатель влияют погодные условия вегетационного периода [1, 12]. Актуальность наших исследований заключается в том, что было установлено влияние технологий с разным количеством удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в разных агроландшафтах.

Цель исследований – изучить влияние осушаемых агроландшафтов и агротехнологий на биологическую активность дерново-подзолистой почвы при возделывании яровой пшеницы.

Методика

В продолжение многолетнего эксперимента (25 лет) на агрополигоне Губино ВНИИМЗ с использованием экстенсивной технологии возделывания культур на ландшафтной основе, в 2021 году был заложен новый опыт, с использованием 2-х агротехнологий: экстенсивной и традиционной. Различия между технологиями заключаются в применении разных доз удобрений: по экстенсивной применяли минимальное количество минеральных удобрений (N_{30} кг/га д.в.) на посевах зерновых культур в подкормку; по традиционной – вносили $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг/га д.в в предпосевную культивацию. В опыте изучали влияние технологий на свойства почвы и продуктивность культур: яровая пшеница; озимая рожь; овес с подсевом трав. Вариантами опыта являются агромикрорландшафты, которые охватывают вершину холма, склоны (южный и северный) и межхолмную депрессию (понижение склонов): 1. Т.-Аю -

транзитно-аккумулятивный южного склона; 2. Тю – транзитный южного склона; 3. Э-Тю – элювиально-транзитный южного склона; 4. Э-А – элювиально-аккумулятивный (вершина холма); 5. Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6. Тс – транзитный северного склона; 7. Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона.

Почва дерново-сильнопodzолистая остаточнo-карбонатная глееватая. Гранулометрический состав вариантов южного склона и вершины – супесчаный, северного склона – легкосуглинистый. Почвообразующие породы имеют двучленный характер. На южном склоне средняя глубина морены превышает 1 м, а на северном она залегает на глубину 0,5-0,6 м, местами выходит на поверхность.

Опытный участок осушен закрытым дренажем, глубина залегания дрен – 1 м, междреннее расстояние в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных – 20 м, в транзитно-аккумулятивных – 20 м.

Микробиологические исследования почвы проводили по методике Звягинцева Д.Г. Определяли интенсивность разложения целлюлозы методом «аппликаций». Стерильную льняную ткань 10x20 см закладывали в вертикальный разрез почвы и плотно прижимали к стенке и засыпали разрез почвой. Закладку льняного полотна проводили в июне месяце, экспозиция 45 суток. Повторность 3-кратная. По истечении срока полотно извлекали, очищали от почвы и продуктов полураспада, подсушивали и взвешивали. По убыли массы определяли интенсивность процесса разложения клетчатки. (Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под редакцией профессора Д.Г. Звягинцева).

Статистическая обработка результатов исследований выполнена корреляционным и дисперсионным методами с использованием компьютерных программ - STATGRAFICS+EXCEL 2007. Дисперсионный анализ данных рассчитывали двухфакторным методом, где фактором А

являются агромикрорландшафты: (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас); фактором В – агротехнологии: экстенсивная (контроль) и традиционная.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2021г. были удовлетворительными. В начале вегетации растений (май месяц) отмечалась неустойчивая по температурному режиму погода с кратковременными осадками. Во второй-третьей декадах месяца отмечался дефицит влаги в верхних слоях почвы. (ГТК за 2-3 декаду 0,22). В июне месяце была жаркая с избыточным увлажнением. Осадков выпало 140 % от нормы (ГТК 1,73). Агрометеорологические условия июля для роста и развития зерновых культур были удовлетворительные, местами - плохие из-за дефицита влаги и перегрева почвы. (ГТК 0,36). В августе месяце наблюдалась жаркая погода с высокой влажностью воздуха (ГТК= 1,11). За первую декаду сентября значение ГТК составил 1,76.

В среднем за вегетационный период 2021 года сумма температур составила 2202⁰С, количество осадков – 291 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,96, что характеризует год как жаркий и засушливый, что негативно сказалось на жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и урожайность возделываемых культур.

Результаты и их обсуждение

Разные типы почв различаются по составу минеральной части, количеству и составу органического вещества. Для дерново-подзолистых почв характерно низкое содержание гумуса, общего азота и фосфора. Агрохимические свойства этих почв сильно варьируют в зависимости от гранулометрического состава и степени окультуренности.

Ведение земледелия на ландшафтной основе на протяжении 25 лет с использованием биологизированных севооборотов с применением минимального количества удобрений привело к трансформации элементов плодородия почвы в пределах агроландшафта. Содержание органического вещества в 2021 г. перед закладкой опыта составило в среднем по

экстенсивной и традиционной технологии 2,81 и 2,62 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Содержание гумуса в пахотном слое почвы
осушаемых агроландшафтов (2021 г.)

Варианты опыта (фактор А)	Агротехнологии (фактор В)		Среднее по фактору А
	Экстенсивная (контроль)	Традиционная	
Т-Аю	2,41	1,83	2,12
Тю	2,70	2,65	2,67
Э-Тю	2,26	2,65	2,45
Э-А	2,68	2,37	2,52
Э-Тс	3,13	2,79	2,96
Тс	3,29	2,71	3,0
Т-Ас	3,21	3,33	3,27
Среднее по фактору В	2,81	2,62	2,71
НСР ₀₅ для частных различий = 0,76, для фактора А=0,54, для фактора В = F _Ф < F _Т			

Величина этого показателя была максимальной в транзитных вариантах северного склона. Его увеличение в опыте с экстенсивной и традиционной технологиями составило соответственно 0,40-0,48 и 0,71 %. Минимальные значения гумуса отмечены на вариантах южного склона: в Т-Аю и Э-Тю (экстенсивная технология) и в Т-А ю (традиционная). Снижение гумуса составило соответственно 0,40-0,55 и 0,79 %. По другим вариантам содержание гумуса находилось в пределах средней по опыту. Все варианты экстенсивной технологии и 2-7 традиционной относятся ко II группе по обеспеченности почвы гумусом.

Биологическая активность почвы зависит от свойств почвы, возделываемых культур, условий вегетационного периода и применяемых удобрений. При возделывании в севообороте яровой пшеницы по двум агротехнологиям: экстенсивной (с применением низкой дозы (N₃₀) аммиачной селитры в подкормку) и традиционной (с применением N₆₀P₆₀K₆₀ в предпосевную культивацию) получены различия по разложению целлюлозы как по агроландшафтам, так и агротехнологиям. Наиболее интенсивно

целлюлоза разрушалась в почве под пшеницей, возделываемой по традиционной технологии в транзитном варианте южного склона, а по экстенсивной – в понижении северного склона (таблица 2).

Таблица 2

Изменение биологической активности почвы в зависимости от осушаемых агроландшафтов и агротехнологий, %

Варианты опыта (фактор А)	Агротехнологии (фактор В)		Среднее по фактору А
	Экстенсивная (контроль)	Традиционная	
Т-Аю	30,4	68,6	49,5
Тю	39,6	100	66,9
Э-Тю	49,5	94,4	71,9
Э-А	46,5	80,9	63,7
Э-Тс	32,2	78,5	55,4
Тс	76,3	92,8	32,8
Т-Ас	86,5	80,7	83,6
Среднее по фактору В	54,4	85,1	69,7
Hcr ₀₅ для частных различий = 30,8, для фактора А = 21,8, для фактора В=11,6			

Прибавка величины этого показателя составила 14,9 и 21,9-32,1 % соответственно. Минимальный показатель биологической активности почвы получен при возделывании яровой пшеницы по экстенсивной технологии в элювиально-транзитном варианте северного склона в нижней части южного склона, где она была на 22,2 и 24 % ниже средней. В опыте с традиционной технологией возделывания самая низкая величина этого показателя отмечена в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона, в котором она была на 16,5 % ниже, чем в среднем по технологии.

В среднем по агроландшафту в 2021 году микробиологическая активность почвы в опыте с экстенсивной технологией составила 54,5 %, по традиционной – 85,1 %. Уже в первый год исследований отмечено увеличение биологической активности почвы в опыте с применением N₆₀P₆₀K₆₀, по сравнению с применением азотных удобрений (N₃₀) в подкормку. Прибавка величины этого показателя составила 16,5-60,4 %. Наибольшая разница

отмечена в транзитном варианте южного склона, что объясняется оптимальными водно-воздушными свойствами почвы, которые способствовали получению максимального эффекта от применения удобрений. В нижней части северного склона биологическая активность в опыте по традиционной технологии была ниже, чем экстенсивной, что объясняется недостатком влаги в почве и более низким содержанием органического вещества.

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от факторов природной среды и элементов питания. Неблагоприятные условия вегетационного периода 2021 года ($ГТК=0,96$) оказали негативное влияние на урожайность яровой пшеницы (таблица 3).

Таблица 3

Изменение урожайности яровой пшеницы в зависимости от осушаемых агроландшафтов и агротехнологий, т/га

Варианты опыта (фактор А)	Агротехнологии (фактор В)		Среднее по фактору А
	Экстенсивная (контроль)	Традиционная	
Т-Аю	0,60	0,60	0,60
Тю	0,97	1,03	1,0
Э-Тю	0,99	2,46	1,72
Э-А	1,41	2,0	1,70
Э-Тс	1,21	2,88	2,04
Тс	2,64	3,43	3,03
Т-Ас	2,66	2,86	2,76
Среднее по фактору В	1,50	2,22	1,86
НСР ₀₅ для частных различий = 0,97, для фактора А= 0,68, для фактора В= 0,37			

Продуктивность яровой пшеницы сорта «Злата» была не высокой на всех вариантах опыта. Величина этого показателя была максимальной в опыте с традиционной технологией в транзитном АМЛ северного склона, а по экстенсивной технологии – в Тс и Т-Ас. Прибавка величины этого показателя составила соответственно 54,3 и 76 %. Минимальная в опыте урожайность яровой пшеницы по экстенсивной и традиционной технологии

отмечена в нижней части южного склона, где она была на 0,9 и 1,62 т/га ниже средней.

Урожайность яровой пшеницы в 2021 г. в среднем по агроландшафту составила на варианте с экстенсивной и традиционной технологией 1,5 и 2,22 т/га соответственно. В элювиальных ландшафтах и в транзите северного склона на варианте с традиционной технологией она была выше, чем на экстенсивной на 41,8-138 %. Наибольшая разница отмечена в элювиально-транзитных вариантах – 138-156 %. В транзитных вариантах южного склона продуктивность яровой пшеницы по двум технологиям была практически одинаковой и составила 0,6- 1,04 т/га. Это объясняется тем, что в супесчаных почвах южного склона наблюдался дефицит почвенной влаги, в результате чего удобрения не сработали.

По урожайности яровой пшеницы, возделываемой по экстенсивной технологии, выявлена статистически значимая связь с биологической активностью, содержанием гумуса и влажностью почвы ($r = 0,94, 0,81$ и $0,78$ соответственно). На варианте с традиционной технологии отмечена корреляционная зависимость урожайности пшеницы с содержанием гумуса и слабая – с биологической активностью почвы ($r = 0,70$ и $0,26$).

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что условия агроландшафта и агротехнологии оказывают влияние на свойства почвы и продуктивность яровой пшеницы. В опыте со средней обеспеченностью почвы органическим веществом (2,26-3,33 %) наблюдалось увеличение целлюлозоразрушающей активности почвы и продуктивности яровой пшеницы. В среднем по агроландшафту в 2021 году микробиологическая активность почвы в опыте с экстенсивной технологией составила 54,5 %, по традиционной – 85,1 %. Уже в первый год исследований отмечено увеличение биологической активности почвы в опыте с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$, по сравнению с применением азотных удобрений (N_{30}) в подкормку. Прибавка

величины этого показателя составила 16,5-60,4 %. Ее максимальное значение (100 %) характерно для транзитного варианта южного склона, что объясняется оптимальными водно-воздушными свойствами почвы, которые способствовали получению максимального эффекта от применения удобрений. В нижней части северного склона биологическая активность в опыте с традиционной технологии была на 5,8% ниже, чем с экстенсивной, что объясняется недостатком влаги в почве и более низким содержанием органического вещества (1,83 %).

Урожайность пшеницы в 2021 г. в среднем по агроландшафту составила на варианте с экстенсивной и традиционной технологией 1,5 и 2,22 т/га соответственно. Величина этого показателя была максимальной в опыте с традиционной технологий в транзитном АМЛ северного склона (3,43 т/га), а на варианте с экстенсивной – в Тс и Т-Ас (2,66 т/га). Прибавка урожайности составила соответственно 54,3 и 76 %. Минимальная в опыте урожайность яровой пшеницы по экстенсивной и традиционной технологии отмечена в нижней части южного склона, где она была на 0,9 и 1,62 т/га ниже средней. В транзитных вариантах южного склона различий по урожайности яровой пшеницы между технологиями не отмечено, так как на супесчаных почвах южного склона наблюдался дефицит почвенной влаги, в результате чего удобрения не сработали.

Список литературы

1. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Иванов В.Л. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России.// Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. №3(58). С. 43-48. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/130>.

2. Beitrage zur rationellen und Structurschoenenden Bodenbearbeitung // K. U TB der M. Luther Universitat HalleWitteberg. 1984. Bd. 11. S. 189.

3. Ковалевская Н.П., Завялова Н.Е., Шаравин Д.Ю., Фомин Д.С. //Биологическая активность дерново-подзолистой почвы в длительном опыте с различными агротехническими приемами// Российская сельскохозяйственная наука. 2019. №3. С. 38-41.

4. Ивенин А.В., Саков А.П. Влияние системы обработки светло-серой лесной почвы на ее биологическую активность и урожайность гороха в Нижегородской области // Аграрная наука Юго-Северо-Востока. 2019. Том 20. №3. С. 256-264.

5. Иващенко К.В., Ананьева Н.Д., Васенев В.И., Кудеяров В.Н. Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно-измененных экосистемах (Московская обл.) // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1077-1089.

6. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В. Экологическая оценка характера антропогенного воздействия на изменение структуры микробиологического комплекса техногенно-трансформированных земель // Плодородие. 2016. № 3. С. 37-40.

7. Рублюк М.В., Иванов Д.А., Карасева О.В. Влияние компоста многоцелевого назначения на биологическую активность почвы в осушаемых агроландшафтах // Плодородие. 2020. №2. С. 49-52.

8. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур в центрально-черноземных областях России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 4. С.41-44.

9. Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A. (2004). The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method, SOIL SCI. SOC. AM. J., vol. 68, Nov-Dec., pp. 1945-1962.

10. Pehamberger, A. (1992). Die Bodenschätzung in Österreich. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, no. 67, pp. 235-240.

11. Корчагин А.А., Ильин Л.Н., Мазиров М.А., Бибик Т.С., Петросян Р.Д., Марков А.А., Гаспарян Т.Р. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям годы // Земледелие. 2017. № 1. С. 16-20.

12. Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Влияние погодных факторов и различных доз минеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая мягкой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. №2 (76). С. 37-39.

*Дата поступления рукописи в редакцию: 12.09.2022 г.
Дата подписания в печать: 15.09.2022 г.*