

ставляла ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) В разных комбинациях с ней высевали овсяницу луговую, мятлик луговой, райграс пастбищный, клевер белый. Ежегодные нормы удобрений $N_{240}P_{120}K_{240}$. Их вносили равными дозами весной и после каждого из первых четырех циклов стравливания, фосфор в форме двойного суперфосфата – полной дозой весной.

Такие факторы, как дефолиация, водообеспеченность растений, температура, уровень снабжения питательными элементами, аэрация почвы в определяющей степени влияют на рост побегов и подземных органов растений. В наших исследованиях коэффициент продуктивности корневой системы, т. е. соотношение между урожайностью надземной (сумма по пяти циклам стравливания за весь вегетационный период) и подземной массы (в слое 0-30 см) была довольно высокой. Например, на 5 год жизни трав его значение варьировало в пределах 0,95-1,13. С возрастом эффективность работы корневой системы снижалась, единица массы корней и корневищ обеспечивала получение меньшего сбора листостебельной массы. Это выражается в снижении коэффициента продуктивности корневой системы в последующие годы жизни сеяных многолетних трав. Так, в последний год исследований – на 7 год жизни – данный показатель равнялся 0,78-0,92. Так как масса подземных органов изменялась в относительно узких пределах, то значение коэффициента продуктивности корневой системы выше на тех вариантах, где больше урожайность листостебельной массы.

УДК 631.431+631.452+631.474

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ
ОБРАБОТКИ НА ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ ТАТАРСТАНА
COMPLEX STUDY RESOURCES-ECONOMY PROCESSING
ON CHERNOZEM SOIL OF THE TATARSTAN

И.А. Дегтярева, А.Х. Яппаров, М.М. Ильясов

I.A. Degtereva, A.H. Yapparov, M.M. Ilyasov

*ГУ «Татарский НИИ агрохимии и почвоведения Россельхозакадемии»
Tatar Scientific Research Institute of agricultural chemistry and
soil sciences of Russian Academy of Agricultural Sciences*

For the first time for chernozem soil of the Tatarstan is theoretically motivated and experimental is proved possibility and practicability of the using in rotation resources-economy systems of the main processing of soil.

Повышение плодородия почв и продуктивности земледелия во многом зависит не только от культуры севооборота, но и правильной системы основной обработки, которая влияет практически на все показатели ее плодородия. В последние годы с учетом положительных и отрицательных сторон различных способов основной обработки черноземов исследователи этой проблемы более эффективным считают сочетание вспашки и различных видов обработки без оборота пласта с учетом региональных особенностей почвенного покрова и

требований выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Целью настоящей работы являлось установление оптимальной глубины и строения профиля пахотного слоя, периодичности глубокой обработки в системе, а также функционирование микробного ценоза в севообороте.

Полевые исследования проводились в стационарном опыте, который расположен в Буинском районе Республики Татарстан на равнинном агроландшафте. Изучали различные системы основной обработки почвы (отвальная вспашка - контроль, мелкая обработка, а также безотвальное рыхление, ярусная вспашка, чизельная обработка – один раз за ротацию с последующими мелкими обработками) на фоне органо-минеральной системы удобрений. Чередование культур в севообороте было следующим: 2000 год - чистый пар, 2001 - озимая рожь; 2002 - яровая пшеница, 2003 - кукуруза, 2004 - яровая пшеница, 2005 - ячмень, 2006 - озимая пшеница, 2007 - яровая пшеница, 2008 - однолетние травы, 2009 - озимая пшеница.

Исследуемая почва - тяжелосулинистый выщелоченный чернозем имела следующую агрохимическую характеристику: содержание гумуса в пахотном слое 4,7-7,0%; запасы гумуса в слоях 0-20 и 0-50 см - 103-140 и 172-230 т/га; P_2O_5 – 46-70 мг/кг почвы; K_2O – 100-150 мг/кг почвы; гидролитическая кислотность – 3,1-3,5 мг экв./100г; pH_{col} 4,9-5,5.

Перед закладкой опыта в чистом пару в 2000 году было внесено 60 т/га подстилочного навоза КРС. Ежегодно вносились компенсирующие дозы минеральных удобрений.

Все наблюдения и анализы проводили по общепринятым методикам. В почве определяли следующие показатели: содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-98); подвижный фосфор и обменный калий - по Чирикову (в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91); сумму поглощенных оснований - по Каппену (ГОСТ 27821-88); гидролитическую кислотность - по Каппену (в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91); pH_{col} - на pH -метре (ГОСТ 26483-85). Влажность почвы в метровом слое определяли термостатно-весовым методом; объемную массу, структурно-агрегатный состав почвы - по методике Н.И. Савинова (Балахчев, Фаткуллин, 1982), количество корневых и пожнивных остатков - по методике Е.И. Ломако и Ш.А. Алиева (2002); водопроницаемость почвы - прибором Васильева-Доспехова; засоренность посевов - количественным способом, а также химический состав культурных растений (Практикум..., 2001).

Комплексное исследование микробоценоза включало определение количества жизнеспособных микроорганизмов различных эколого-трофических групп методом посева соответствующих разведений на селективные среды. Численность аммонифицирующих бактерий определялась на мясо-пептонном агаре, азотфиксаторов - на среде Эшби, фосфатрастворяющих микроорганизмов – на среде Муромцева, актиномицетов и бактерий, использующих минеральные формы азота, - на крахмало-аммиачном агаре, денитрификаторов - на среде Гильгая, целлюлозоразрушающих – на среде Гетчинсона, микромицетов – на среде Чапека (Основные..., 1987; Колешко, 1981; Методы..., 1991). В качестве микробиологического контроля использовали почву без растений. Биологическую активность почвы оценивали газохроматографически по интенсивности дыхания почвы (базальное дыхание) при часовой инкубации 2 г почвенных образцов в герметично закупоренных флаконах (Гарусов и др., 1998).

Важным показателем плодородия является запас продуктивной влаги к началу вегетации растений. Результаты многолетних исследований влажности в звене паро-зернопропашного севооборота показали эффективность применения ярусного плуга и чизельного рыхления в системе основной обработки почвы. Наибольшие запасы в этот период отмечены в вариантах, где в качестве основной обработки применялись ярусная вспашка (175,8 мм) и чизельное рыхление в системе (173,8 мм). Традиционная ежегодная отвальная вспашка уступала ярусной обработке в системе на 6,8 мм. По остальным вариантам продуктивная влага составила 160,9-165 мм. Аналогичная закономерность наблюдалась в слое 0-50 см.

Способы и глубина основной обработки в различной степени воздействовали на объемную массу почвы в течение вегетационного периода возделываемых сельскохозяйственных культур. Определение объемной массы почвы показало, что в конце вегетации по мелкой ежегодной обработке плотность слоя 0-40 см увеличилась до 1,26 г/см³ по сравнению с ярусной вспашкой (1,20 г/см³). Увеличение глубины до 40 см при использовании чизельного рыхления снижало объемную массу почвы в течение всей вегетации растений, особенно в слое 0-40 см на глубине хода лапы чизеля (1,19 г/см³).

По водопроницаемости можно судить о плотности сложения, структуре, механическом составе почвы и других показателях. От нее, прежде всего, зависит поступление в почву атмосферных осадков. Способы и глубина обработки почвы сильно влияют на запасы доступной для растений влаги благодаря изменению скорости инфильтрации выпавших осадков и уменьшения испарения с поверхности почвы.

В среднем за девять лет водопроницаемость в фазе кущения растений была самой высокой в контрольном варианте (121,3 мм/час). Ежегодная мелкая обработка привела к снижению водопроницаемости на 62,9 мм/час по сравнению с контролем. Практически одинаковые результаты получены в вариантах со вспашкой и плоскорезной обработкой с последующими мелкими обработками (84,8 и 87,1 мм/час соответственно). Хорошие показатели водопроницаемости почвы отмечены в системах при чизельной и ярусной основной обработке (116,4 и 118,7 мм/час).

В системе с ярусной и чизельной обработками значительно возрастает содержание фракций размером 10-5 и 3-1 мм. При ежегодной мелкой обработке отмечаются более низкие показатели оструктуренности, о чем свидетельствует низкий коэффициент структурности (1,5%). При ярусной и чизельной обработках один раз за ротацию севооборота показатели структурности значительно выше - 2,1% и 1,9%. Полученные данные свидетельствуют, что различные системы основной обработки почвы влияют на естественные процессы структурообразования и приводят к изменению содержания агрономических ценных агрегатов размером от 10,0 до 0,25 мм.

Органическое вещество почвы представлено двумя основными формами – негумифицированным органическим веществом и гумусом. Первое включает в основном растительные остатки, находящиеся на разных стадиях разложения, а также остатки почвенных животных и микроорганизмов. От массы корневых и пожнивных остатков, внесенного навоза во многом зависит плодородие почв. Негумифицированное органическое вещество служит легкодоступным источником энергии для почвенных микроорганизмов и элементом минерального пи-

тания для культурных растений.

Корневые и пожнивные остатки играют значительную роль в образовании структурных агрегатов и формировании водно-физических свойств почвы. Самое важное – это то, что в разных системах основной обработки почвы негумифицированное органическое вещество является источником новообразования лабильных гумусовых веществ. Нами установлено, что более высокое содержания гумуса наблюдалось в первую очередь в системе, где в качестве основной обработки применялся двухъярусный плуг в сочетании с мелкой обработкой. Следовательно, различные системы обработки почвы влияют на разложение послеуборочных остатков в черноземе.

Таким образом, системами обработки почвы и удобрений, изменением набора культур в севообороте, порядка их чередования можно регулировать запас послеуборочных остатков в почве.

Масса растительных остатков, поступающих в почву, зависит от величины урожая сельскохозяйственных культур. С повышением урожайности сельскохозяйственных культур количество пожнивно-корневых остатков увеличивается, а доля их в общей биомассе снижается.

Обеспеченность растений элементами минерального питания наряду с водообеспеченностью, является основным фактором, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур. Этим фактором легко управлять, он служит надежным рычагом в регулировании роста, развития, продуктивности растений и качества получаемой продукции.

Содержание гумуса в наших исследованиях зависело от систем основной обработки почвы. Повышенное содержание гумуса наблюдалось по ярусной (7,0%) и чизельной обработкам в системе (6,4%). По остальным вариантам его содержание составляло 5,1–6,1%. Наименьшее содержание гумуса отмечено при ежегодной мелкой обработке (4,9%). Кислотность почвенной среды по всем вариантам опыта составила 5,2–5,4 рН единиц. Гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований в пахотном слое почвы существенно не изменялись, системы обработки почвы не оказывали существенного влияния на эти показатели.

Фосфор является одним из главных элементов питания, необходимых для жизни растений. Для достижения высокого урожая необходимо, чтобы растения обеспечивались достаточным количеством фосфора в течение всей вегетации. Наибольшую потребность в фосфоре они проявляют в начальные стадии роста, когда их корневая система еще слабо развита. По вариантам опыта лучшая обеспеченность подвижным фосфором наблюдалась в системе, где проводилось ярусная и чизельная обработка (75 и 74 мг/кг почвы) по сравнению с контрольным вариантом (65 мг/кг почвы). В остальных вариантах в системе отмечено среднее количество подвижного фосфора (60–63 мг/кг почвы). Меньше всего фосфор содержался при мелкой ежегодной обработке (54 мг/кг почвы).

Действие калийных удобрений зависело от применения органоминеральной системы удобрений, так как в навозе содержится значительное количество калия. Внесение один раз за ротацию севооборота навоза улучшило динамику содержания калия в почве. Его содержание оказалось выше при сочетании ярусной вспашки с мелкой обработкой (136 мг/кг почвы) по сравнению с традиционной ежегодной вспашкой (122 мг/кг почвы). Хорошее обеспечение показало также применение чизельной обработки в системе (131 мг/кг почвы).

На опытном поле среди сорняков преобладали осот полевой, молочай прутьевидный, вьюнок полевой (ползучий) – из многолетних; марь белая, просо куриное, редька дикая, горец шероховатый, щетинник сизый, щирица обыкновенная – из малолетних. Установлено, что мелкая ежегодная поверхностная и плоскорезная обработка в системе обусловили самую высокую засоренность в сравнении с контролем (отвальной вспашкой). Наибольшей же противосорняковой эффективностью является система, включающая ярусную обработку. В этой системе за все годы исследований запасы жизнеспособных семян сорняков снижались за счет отмирания большинства из них в глубинных слоях, так как в последующие годы проводилась мелкая обработка.

В связи с этим, сочетание ярусной вспашки с мелкой обработкой на 10-12 см (орудием БДТ по указанной схеме) можно использовать при переходе на эффективные противосорняковые системы основной обработки почвы в севообороте. Это позволит уменьшить засоренность полей, значительно увеличить продуктивность севооборотов. Кроме того, что является особенно важным, появляется возможность ограничить применение гербицидов, а это обеспечит более благоприятную экологическую обстановку.

За годы исследований более высокие показатели урожайности сельскохозяйственных культур получены в системе с ярусной обработкой (4,0 т/га зерн. ед.), что выше на 0,5 т/га зерн. ед. по сравнению с ежегодной вспашкой. При ежегодной мелкой обработке урожайность была меньше контрольной на 0,6 т/га зерн. ед.

Численность микроорганизмов является составной частью почвенного органического вещества, его наиболее подвижной и активной составляющей. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что микрофлора довольно динамична и меняется в течение вегетационного периода растений. В процессе многолетних комплексных исследований было установлено, что возделываемые культуры оказывали стимулирующее действие на микробиоценоз выщелоченного чернозема. Возможной причиной является секреция в почву различных органических соединений (так называемый ризосферный эффект). Количество большинства изученных нами групп микроорганизмов было выше в ризосфере по сравнению с почвой, не занятой растительностью.

Для анализа воздействия разных приемов обработки почвы, удобрений и растений оценивали уровень биологической активности почвенной экосистемы. Такими параметрами являлись видовой состав микромицетов, интенсивность дыхания почвы, а также численность аммонифицирующих, азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов.

Видовой состав микроскопических грибов довольно разнообразен - *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Botrytis spp.*, *Cephalosporium spp.*, *Fusarium spp.*, *Micellium sterillum*, *Penicillium corymbiferum*, *Penicillium pallidum*, *Penicillium rubrum*, *Penicillium spp.*, *Sclerotium spp.*, *Stachybotrys atra*, *Trichoderma spp.* Следует отметить, что микромицеты рода *Trichoderma* доминировали только при комбинированных обработках (плоскорезное рыхление, ярусная и чизельная обработки с мелкой обработкой в последующие годы). Это является позитивным фактом, так как представители этого рода обладают высокой антагонистической активностью к фитопатогенным грибам.

Максимальное количество CO_2 выделялось из почвы в момент наиболее интенсивного роста растений, когда масса корней достигала наибольшей вели-

чины. Исследование различных приемов обработки почвы на жизнедеятельность микрофлоры выявило стимулирующее воздействие на интенсивность дыхания при рыхлении, чизельной обработке и ярусной вспашке.

Однако дыхательная активность микроорганизмов не всегда коррелировала с изменением численности аммонификаторов. Это связано, по-видимому, с изменением метаболизма вегетативных клеток микроорганизмов, поскольку при определении интенсивности дыхания почвы констатирован факт активности на данный момент только жизнеспособных микроорганизмов, находящихся на вегетативной стадии развития, а при определении количества микроорганизмов посевом на питательные среды учитываются как покоящиеся, так и активно метаболизирующие клетки.

По данным микробиологического мониторинга на фоне органоминеральной системы удобрений наибольшее количество азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, снижение численности микромицетов отмечено в ризосферной зоне изучаемых культур в вариантах с плоскорезным рыхлением, ярусной вспашкой и чизельной обработками один раз за ротацию севооборота с последующими мелкими обработками.

Необходимо подчеркнуть, что только в этих вариантах был обнаружен *Azotobacter chroococcum*, штаммы которого обладают не только способностью фиксировать молекулярный азот, но и синтезировать ростовые и другие биологически активные вещества, таким образом, увеличивая поглотительную способность корней и усиливая ростовые процессы. Присутствие в почве азотобактера является показателями плодородия почвы, так как он развивается при хорошей аэрации и при нейтральной реакции почвы.

Было установлено, что актиномицеты, бактерии, использующие минеральные формы азота, денитрифицирующие и целлюлозоразлагающие микроорганизмы оказались не особо чувствительными к исследуемому факторам.

Основная обработка – мощный фактор антропогенного воздействия на строение пахотного слоя, однако слабая изученность этой проблемы может привести к недобору урожая. Интересен тот факт, что максимальная урожайность была отмечена в тех же вариантах, где наблюдалась наибольшая численность агрономически значимых микроорганизмов - в вариантах с ярусной и чизельной обработками один раз за ротацию с последующими мелкими обработками.

Можно предположить, что высокая урожайность определяет большой вынос питательных элементов с растениями, поэтому при этих обработках наиболее активно функционируют микроорганизмы, мобилизирующие связанные или малодоступные формы минерального питания. При этом ярусная вспашка и чизельная обработка в системе оказывают шадящее действие и на почву, и на микроорганизмы.

Многолетние комплексные исследования показывают, что ресурсосберегающая ярусная система в сочетании с последующей мелкой обработкой устойчиво повышает урожайность сельскохозяйственных культур, дает значительную прибавку по сравнению с традиционной ежегодной отвальной вспашкой. При этом периодическое перемещение вниз верхней части пахотного слоя, более богатого микрофлорой и доступными элементами питания, способствует лучшему снабжению основной части деятельных корней, расположенной в нижней части пахотного горизонта.

Мониторинг различных систем обработки показал стимулирующее воз-

действие на микробный ценоз при ярусной, чизельной и плоскорезной обработках один раз за ротацию с последующими мелкими обработками. Почвенные микроорганизмы могут служить индикаторами, а оценка их активности может служить биомаркером антропогенного влияния на почву.

Суммируя вышесказанное, можно утверждать, что функционирование и реакция почвенных биоценозов на антропогенное вмешательство имеет как общие закономерности для всех типов почв, так и типовые особенности, а критерии и методы микробиологической оценки интенсивного земледелия являются важным и необходимым звеном в системе управления и сохранения плодородия сельскохозяйственных угодий.

Существенным достоинством ярусной обработки в системе является создание в нижней части пашни благоприятной прослойки, почва не подвергается периодическому пересыханию. Такое строение сохраняется в течение всей ротации севооборота, при этом оборачивание пахотного слоя ежегодно проводить не требуется. Создается также лучшая обеспеченность влагой, улучшаются агрофизические и биологические свойства выщелоченного чернозема, отмечается рост урожайности сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции. Таким образом, можно констатировать, что ресурсосберегающая ярусная система в сочетании с последующей мелкой обработкой устойчиво повышает урожайность сельскохозяйственных культур, дает значительную прибавку по сравнению с традиционной ежегодной отвальной вспашкой.

Литература:

Балахчев, Г.Н. Практикум по физике почв. / Г.Н. Балахчев, А.Ш. Фаткулин // Казань: Изд-во КГУ, 1982. - С. 29-31.

Гарусов, А.В. Газохроматографический метод анализа в биомониторинге почвы. Методическое пособие / А.В. Гарусов, Ф.К. Алимова, Н.Г. Захарова // Казань: Изд-во КГУ, 1998. - 28 с.

Колешко, О.И. Экология микроорганизмов почвы. Лабораторный практикум / О.И. Колешко. - Минск: Высшая школа, 1981. - 175 с.

Ломако, Е.И. Рекомендации по расчету баланса гумуса в земледелии и потребности в органических удобрениях / Е.И. Ломако, Ш.А. Алиев // Казань: РИВЦ МСХ и П РТ, 2002. - 55 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Д.Г. Звягинцева.- М.: МГУ, 1991. – 304 с.

Основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы (Методические рекомендации) /Под ред. Ю.М. Возняковской.- Л.: ВНИ-ИСХМ, 1987. – 50 с.

Практикум по агрохимии: Учебное пособие /Под ред. В.Г. Минеева. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. - 689 с.