

УДК 631.811.1:2:3

UDC 631.811.1:2:3

**ПОЛИГОННЫЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
МОНИТОРИНГ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ
ОБЛАСТИ**

**POLYGON AGROECOLOGICAL
MONITORING OF THE SOILS OF THE
BELGOROD REGION**

Клостер Наталья Ивановна
кандидат с.-х. наук, доцент

Kloster Natalya Ivanovna
Cand.Agr.Sci., associate professor

Азаров Борис Фадеевич
доктор с.-х. наук, профессор

Azarov Boris Fadeevich
Dr.Sci.Agr., proessor

Азаров Владимир Борисович
доктор с.-х. наук, профессор
*Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия, Белгород, Россия*

Azarov Vladimir Borisovich
Dr.Sci.Agr., professor
*Belgorod State agricultural academy, Belgorod,
Russia*

В статье представлены результаты исследования по определению изменения показателей плодородия в черноземе типичном Белгородской области после трех ротаций полевых севооборотов при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур

The article presents the results of the studies to determine the changes of fertility parameters in typical black soils of the Belgorod region after three rotations in field crop while applying various technologies of cultivation of agricultural crops

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМЫ, ГУМУС, АЗОТ, ФОСФОР, КАЛИЙ, АГРОТЕХНОЛОГИИ, КИСЛОТНОСТЬ

Keywords: BLACK SOIL, HUMUS, NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM, AGROTECHNOLOGY, ACIDITY

В 1987 году в юго-западной части ЦЧЗ на опытном поле центрально-черноземного филиала ВИУА был заложен многолетний стационарный полевой опыт (полигонный мониторинг) с целью определения воздействия антропогенных факторов на признаки и свойства почвы, разработки системы агромероприятий по повышению почвенного плодородия и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Методика проведения полевого опыта

Площадь полевого опыта составляет 22,5 га, а делянки 120 м² (4м×30м). Повторность опыта 3-х кратная общее количество делянок 1215. Опыт развёрнут в натуре на пяти полях.

Почва опытного участка наиболее распространённая на территории Белгородской области - чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием по делянкам опыта в пахотном слое 5,1-5,6 % гумуса, 48-57 мг подвижного фосфора, 92-121 мг обменного калия на 1 кг почвы, рН солевой вытяжки 5,8-6,4.

Таким образом, почва опытного участка является типичной для преобладающей части земель сельскохозяйственного назначения в ЦЧЗ (Докучаев, 1952, Азаров, 2012)

В полевом опыте изучаются влияние на плодородие черноземов и продуктивность сельскохозяйственных культур севооборотов, способов основной обработки почв, различных доз внесения органических и минеральных удобрений.

Севообороты с различной насыщенностью в структуре посевных площадей пропашными культурами: 20 % - зернотравяной, 40 % - зернопропашной, 80% - зернопаропропашной.

Чередование культур в севообороте.

Зернотравяной	Зернопропашной	Зернопаропропашной
1. Озимая пшеница	1. Озимая пшеница	1. Озимая пшеница
2. Сахарная свекла	2. Сахарная свекла	2. Сахарная свекла
3. Ячмень+ травы	3. Ячмень	3. Кукуруза н/силос
4. Мн. травы 1 г.п.	4. Кукуруза н/силос	4. Кукуруза н/зерно
5. Мн. травы 2 г.п.	5. Горох	5. Черный пар

В опыте изучали три способа основной обработки почвы – вспашку, безотвальную и минимальную обработки, три системы удобрения: органическую, минеральную и органо-минеральную с тремя уровнями удобренности (без удобрений, одну и две дозы удобрений и их комбинаций).

Вспашка предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 22-27 см. Безотвальная обработка проводилась на ту же глубину, только без оборота пласта почвы (плуг типа «Параплау»). При минимальной обработке рыхление осуществляли на глубину 10-15 см.

Из органических удобрений вносили навоз КРС один раз за ротацию севооборотов под сахарную свёклу в одной дозе (40 т/га) и двойной (80

т/га), приходящиеся на гектар севооборотной площади соответственно по 8 и 16 т. Дозы навоза рассчитывали на простое и расширенное воспроизводство плодородия почв.

Минеральные удобрения вносили ежегодно под каждую культуру. Одинарная доза удобрений (50-90 кг д.в. на га) рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия, а двойная доза (100-180 кг д.в. на га) – на расширенное.

В полевом опыте при возделывании сельскохозяйственных культур использовали общепринятую для Центрально-Чернозёмного региона агротехнику (Щербаков, Васенев, 1996, Азаров, Клостер, Соловиченко, 2012).

Результаты научно-исследовательских работ

По завершению трёх ротаций севооборотов произошли существенные изменения в содержании и качественном составе гумуса, питательном режиме, кислотности, агрофизических свойствах и биологической активности почвы.

Наши исследования показали, что на почвах зернотравяного севооборота, где многолетние травы занимают 40% площади, независимо от удобрений и способов обработки почвы наблюдается положительное *содержание гумуса* (табл.1). Содержание его в слое почвы 0-30 см увеличилось в среднем на 0,52 абсолютных процента, при исходном содержании 5,21%. Существенный прирост содержания гумуса получен на варианте с абсолютным контролем (без удобрений). Увеличение здесь составило 0,54%. На фоне минеральных удобрений в этом севообороте содержание гумуса увеличивалось на 0,44%, а при внесении навоза на 0,66%. Совместное внесение органических и минеральных удобрений в сравнении с абсолютным контролем увеличило содержание гумуса примерно на 0,7%.

Содержание гумуса снизилось в пропашных севооборотах как на вариантах без удобрений, так и с внесением одних минеральных

удобрений на 0,23-0,43 %. Наибольшее снижение данного показателя произошло в зернопаропропашном севообороте по вспашке. Лишь внесение органических или совместное органических и минеральных удобрений стабилизирует и повышает содержание гумуса в почве. При внесении 8 т навоза на гектар севооборотной площади происходит увеличение содержания гумуса до 0,20 %. Внесение 16 т/га навоза увеличивает содержание гумуса до 0,44 %. Наибольшие величины отмечены при безотвальной и минимальной обработках почвы.

Таблица 1

Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на изменение содержания гумуса после трёх ротаций севооборотов, % (верхнее число 0-10 см, нижнее – 0-30 см)

Внесено на 1 га севооборотной площади		Зернотравяной севооборот (З/Т)			Зернопропашной севооборот (З/П)			Зернопаропропашной севооборот (З/ПП)		
навоз, т	НРК, доза, кг д.в.	В*, +, -	Б, +, -	М, +, -	В, +, -	Б, +, -	М, +, -	В, +, -	Б, +, -	М, +, -
Исходное содержание в почве		5,28 5,23	5,25 5,22	5,26 5,18	5,25 5,23	5,30 5,22	5,26 5,21	5,26 5,21	5,25 5,23	5,39 5,32
0	0	0,57 0,55	0,63 0,59	0,54 0,50	-0,33 -0,30	-0,30 -0,24	-0,25 -0,22	-0,46 -0,43	-0,31 -0,26	-0,28 -0,24
	1*	0,46 0,45	0,48 0,36	0,48 0,38	-0,18 -0,16	-0,24 -0,21	-0,25 -0,20	-0,28 -0,25	-0,27 -0,21	-0,23 -0,20
	2	0,58 0,52	0,53 0,48	0,58 0,55	-0,41 -0,40	-0,35 -0,33	-0,33 -0,29	-0,52 -0,46	-0,58 -0,43	-0,60 -0,37
8	0	0,64 0,58	0,67 0,56	0,66 0,54	0,25 0,14	0,21 0,15	0,32 0,20	0,04 0,00	0,20 0,18	0,25 0,19
	1	0,57 0,51	0,58 0,51	0,63 0,60	0,30 0,29	0,22 0,22	0,26 0,23	0,13 0,05	0,25 0,20	0,25 0,18
	2	0,68 0,56	0,68 0,54	0,67 0,62	0,23 0,24	0,37 0,22	0,35 0,29	0,13 0,10	0,20 0,15	0,20 0,22
16	0	0,68 0,62	0,84 0,70	0,81 0,77	0,35 0,36	0,45 0,38	0,47 0,44	0,22 0,20	0,32 0,31	0,38 0,30
	1	0,61 0,54	0,70 0,61	0,68 0,63	0,56 0,53	0,66 0,56	0,70 0,68	0,38 0,32	0,45 0,39	0,47 0,42
	2	0,72 0,66	0,73 0,59	0,78 0,70	0,60 0,60	0,53 0,46	0,60 0,53	0,50 0,48	0,55 0,52	0,69 0,56

Примечание. Способы обработки почвы: В – вспашка, Б – безотвальная, М – минимальная; удобрения: 1 доза З/Т – N₄₂ P₆₂ K₆₂, З/П – N₆₂ P₆₂ K₆₂, З/ПП – N₅₄ P₆₂ K₆₂; (+, -) – отклонение в содержании гумуса в почве.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений в пропашных севооборотах способствует ещё более значительному накоплению гумуса в почве. Его содержание возросло до 0,70 %. Содержание гумуса в слое почвы 0-10 см под влиянием изучаемых приёмов изменяется в такой же закономерности, что и в среднем для слоя 0-30 см, однако в верхнем слое абсолютные значения содержания гумуса были наибольшими.

Увеличение содержания гумуса в почве зернотравяного севооборота подтверждает положительную роль многолетних бобовых трав в его образовании, повышении плодородия почвы. По нашим данным, в слое почвы 0-50 см при урожае сена 60-90 ц/га остаётся 40-60 ц легкоразлагающихся растительных остатков, активно способствующих процессу гумификации. В пропашных севооборотах процессы минерализации гумуса почвы преобладают над процессами гумификации, что особенно выражено при малом внесении органических удобрений (Здоровцов, 1993).

Нами изучалось изменение группового и фракционного состава гумуса чернозёма типичного в зернотравяном и зернопаропропашном севооборотах при разных обработках почв и внесении удобрений за период с 1987 по 2002 годы.

За 15 летний период действия агроприёмов произошли заметные изменения во фракционно-групповом составе гумуса (Соловиченко, Тютюнов, 2013). Так, содержание углерода гумусовых веществ в слое почвы 0-30 см составляло до начала эксперимента в среднем 3,3%. После трех ротаций севооборотов лишь на контроле и при внесении минеральных удобрений содержание органического углерода в почве под зернотравяным севооборотом практически осталось на прежнем уровне. При внесении органических и органо-минеральных удобрений произошло увеличение углерода в среднем на 0,09 абсолютных процента. Содержание гуминовых

кислот в почве при разных способах обработки в пахотном слое увеличилось с 40,5-45,1 % в 1987 г до 45,5-47,9 % в 2002 г. Больше их было при внесении органо-минеральных удобрений на фоне минимальной обработки почвы.

Содержание углерода гуминовых кислот в зернопаропропашном севообороте за анализируемый период уменьшилось на 1-2 %.

Среди фракций гуминовых кислот наибольшее содержание отмечено в вытяжке после декальцирования и обработки почвы гидроксидом натрия, а также фракции, связанной в основном с кальцием. Гуминовых кислот свободных и связанных с полуторными окислами глинистыми частицами в почве содержится лишь 8-12 %. Сумма фракций органического углерода фульвокислот в сравнении с гуминовыми кислотами в составе гумуса, примерно, в 2 раза меньше. Содержание углерода гуминовых кислот в зернопаропропашном севообороте за 15 лет уменьшилось на 1,5-2,5 абсолютных процента, а содержание фульвокислот, наоборот, увеличилось на 2-4 %. Наибольшая величина отмечена на контроле и при внесении минеральных удобрений. В каждой из фракций фульвокислот содержание углерода колеблется в пределах 2,8-10,6 %. Наименьшие значения относятся к фракции, полученной при воздействии на почву гидроксидом натрия при декальцировании почвы.

Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот в пахотном слое составляет (2,0-2,4), что свидетельствует о гуматном типе фракционно-группового состава гумуса чернозема типичного.

Из всего вышеизложенного можно сделать заключение, что если в зернотравяном севообороте, где имеют место многолетние бобовые травы, общее содержание гумуса в верхних слоях почвы за 15 лет исследований увеличилось, то в пропашных севооборотах на вариантах опыта без удобрений или с внесением только минеральных оно значительно уменьшилось (до 0,46 абсолютных процента). Здесь лишь внесение

органических удобрений (40 т/га навоза) и органо-минеральных ($N_{52-62}P_{62}K_{62}$ на фоне навоза) стабилизирует содержание гумуса в почве. Двойные дозы этих удобрений способствуют увеличению его и тем самым обеспечивают расширенное воспроизводство. Содержание гумуса в слое почвы 0-30 см возрастает на 0,30-0,60 %. Способы обработки существенно не изменили содержание гумуса в почве. Эта разница ещё больше нивелируется с увеличением количества вносимых удобрений.

В составе гумуса в севообороте с использованием многолетних трав при внесении органических и органо-минеральных удобрений в верхнем слое почвы возросла доля группы гуминовых кислот на 3-5 %. Больше их количество было во фракции при кальцинировании почвы. В пропашных севооборотах возрастает содержание группы фульвокислот, что приводит к подкислению почвенного раствора. Можно заключить, что природа гумусовых веществ изменяется при внесении минеральных удобрений на фоне мелкой обработке в сторону фульватизации.

Изучение содержания *нитратного азота* проводилась по слоям почвы 0-30, 30-50, 50-100 и 0-100 см весной в начале вегетации озимой пшеницы, а содержание подвижного фосфора и обменного калия - сразу после уборки пшеницы.

Содержание нитратного азота в почве верхнего слоя (0-30 см) на вариантах опыта было в основном низкое (менее 20 мг/кг почвы). Среднее содержание нитратного азота наблюдалось только в зернотравяном севообороте при внесении на гектар севооборотной площади двойных доз минеральных удобрений ($N_{84-124}P_{124}K_{124}$) на фоне 8 и 16 т навоза.

На вариантах опыта без внесения удобрений (контроль) содержание нитратного азота в верхнем слое почвы колебалось в пределах 6,1 – 10,3 мг/кг с наибольшими величинами в зернотравяном севообороте. С внесением минеральных удобрений содержание его в почве увеличивается. При одинарной дозе ($N_{42-62}P_{62}K_{62}$) увеличение на 30-35 %, а при

двойной дозе до 70-80 %. При внесении органических удобрений (навоза) в дозе 8 и 16 т/га севооборотной площади содержание нитратного азота в почве повышается на 5-10 %. Заметно повышает содержание нитратного азота в почве совместное внесение минеральных и органических удобрений. Оно возрастает, примерно, в 1,5-2,5 раза, доводя эту величину до 18,3-24,8 мг/кг почвы.

Кроме того, чётко прослеживается закономерность, что в начале вегетации озимой пшеницы основная часть минерального азота (80-90 %) локализуется в слоях 0-30 и 50-100 см, что и подтверждают исследования ряда учёных (Лукин, 2004, 2006).

Нитратного азота накапливается во всём метровом слое почвы в зернотравяном севообороте на 25-35 % больше, чем в зернопаропропашном севообороте. Это объясняется тем, что содержание нитратного азота во многом определяется потенциальной возможностью предшественника озимой пшеницы. Так, в зернотравяном севообороте после многолетних бобовых трав (эспарцета) в почве накапливается значительное количество азота, входящего в состав корневых и пожнивных остатков. Происхождение этого азота имеет по большей части (до 80 %) симбиотический характер. По способам обработки почвы в севооборотах содержание нитратного азота изменялось незначительно, как правило, в пределах ошибки опыта.

Содержание такого важного элемента питания как *подвижного фосфора* в почве за 15 лет проведения опыта также претерпело существенные изменения. Содержание его в почве перед закладкой опыта составляло в слое 0-10 см 56,1 – 66,2 мг, в слое 0-30 см – 52,2-57,8 мг/кг почвы, то есть находилось в пределах средней обеспеченности растений фосфором.

За три ротации севооборотов на абсолютном контроле содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см уменьшилось на 2,6-5,5 мг/кг,

или на 5-10%. Внесение удобрений резко повышает содержание подвижного фосфора в почве. От внесения органических удобрений (навоза) содержание увеличилось на 40-60 %, минеральных – 103-240%, а органо-минеральных до 220-290 %. Более высокие показатели содержания элементов питания получены в верхних слоях пахотного горизонта в пропашных севооборотах при безотвальной и минимальной обработках почвы. На этих же вариантах опыта наблюдается заметная минерализация органического вещества.

Нами установлено влияние агротехнических приёмов на величину *обменного калия* типичного чернозёма. В начале проведения опыта содержание обменного калия в слое почвы 0-10 см находилось в пределах 102,1-112,9 мг, а в слое 0-30 см – 98,0 – 105,4 мг/кг почвы, что можно отнести к повышенной обеспеченности растений данным элементом питания.

Спустя 15 лет в почве опыта содержание обменного калия на контроле в слое 0-30 см по отношению к исходным показателям уменьшилось на 6,9-17,1 мг/кг, или 8-15%. При этом наибольшее снижение произошло в пропашных севооборотах и по вспашке. Внесение минеральных удобрений в одинарной дозе (по $N_{42-62}P_{62}K_{62}$ кг д.в. на 1 га севооборотной площади) увеличило содержание обменного калия на 15-25%, а двойной дозы на 45-55%.

Как правило, калия было больше в слое 0-10 см при минимальной обработке почвы. При внесении навоза содержание его в пахотном слое повысилось на 9,7-18,1 мг/кг, или на 9-17 %. Однако наибольшее увеличение содержание обменного калия в почве произошло при совместном внесении органических и минеральных удобрений (на 52-63 %).

В слое почвы 0-10 см наблюдается та же закономерность в изменении содержания обменного калия, что и в слое 0-30 см, но с большими величинами данных показателей.

Из вышеизложенного материала по питательному режиму почвы следует, что в начале вегетации (весной) озимой пшеницы в зернотравяном севообороте содержание минерального азота в верхнем слое почвы на всех вариантах опыта было заметно выше в сравнении с пропашными севооборотами (на 25-35 %). Увеличению содержания азота в почве способствует симбиотическая деятельность многолетних бобовых трав. Особенно эта разница прослеживается на вариантах опыта без внесения и с внесением малых доз удобрений. С внесением более высоких доз удобрений разница в содержании нитратного азота в почве по видам севооборотов нивелируется. Удобрения повышают содержание азота в сравнении с контролем в 2,0-2,5 раза. Существенных различий в содержании азота по способам обработки почвы не было отмечено, однако, наблюдалось небольшое увеличение его в слое почвы 0-30 см на вариантах опыта при минимальной обработке почвы с высокими дозами внесения удобрений. В метровом слое почвы наибольшее содержание азота отмечено в зернотравяном севообороте.

Содержание подвижного фосфора в почве на варианте опыта без внесения удобрений к концу третьей ротации севооборотов было в основном среднее (около 50 мг/кг), а обменного калия – повышенное (в пределах 90-100 мг/кг). С внесением удобрений содержание подвижного фосфора и калия установилось на высоком и очень высоком уровнях.

По результатам полевого опыта в пятипольных севооборотах простое воспроизводство плодородия почвы (чернозёма типичного) достигается при внесении на 1 га севооборотной площади $N_{42-62}P_{62}K_{62}$ на фоне 8 т навоза, а расширенное воспроизводство – при удвоении этих доз. Зернотравяные севообороты и особенно при минимальной обработке в

сравнении с пропашными севооборотами больше способствовали росту плодородия почвы.

Величина *гидролитической кислотности* чернозема типичного в опыте за прошедшие три ротации севооборотов претерпела существенные изменения. Исходная величина её при закладке опыта по вариантам в пахотном слое почвы варьировала в пределах от 3,16 до 3,88 мг·экв/100 г почвы.

Заметное влияние на величину кислотности оказали виды севооборотов и удобрения, в меньшей степени способы обработки почвы.

Зернотравяной севооборот способствовал снижению кислотности. В то же время минеральные удобрения в этом севообороте замедлили процесс снижения кислотности. Так, без удобрений гидролитическая кислотность за 15 лет снизилась на 20-25 %, а при внесении минеральных удобрений всего лишь на 9-12 %. Органические удобрения в наибольшей степени способствовали снижению кислотности почвы, под влиянием которых она уменьшилась на 25 – 30 %. В органо-минеральной системе удобрения потенциальная кислотность уменьшилась на 0,49-1,03 мг·экв. Наибольшие показатели отмечены при минимальной обработке в слое почвы 0-10 см.

В пропашных севооборотах, особенно в зернопаропропашном, наблюдается увеличение гидролитической кислотности на 0,51-0,73 мг·экв. без удобрений и на 0,90-1,51 мг·экв./100 г почвы или 25-40 % с внесением минеральных удобрений. Внесение навоза в дозе 8 т/га севооборотной площади стабилизирует кислотность почвы, а при дозе 16 т/га заметно снижает её на 0,81-1,01 мг·экв. Кислотность также снижается при совместном внесении минеральных и органических удобрений, возделывании многолетних трав. Рост интенсификации земледелия, а в частности применение физиологически кислых минеральных удобрений, а также другие природно-антропогенные факторы приводят к подкислению

почвенного раствора чернозёмов, нейтральных по природе. Но даже там, где не вносятся минеральные удобрения, или вносятся, но в малых дозах, также происходит подкисление почв.

В данном случае проявляется скрытое действие усиливающегося процесса минерализации (разложения) органического вещества почвы. Высвобождающиеся при этом органические кислоты, в частности фульвокислоты, имеют явно выраженную повышенную величину кислотности (Добровольский, 1984; Ахтырцев, 1963, 1979 и др.).

Работы Б.П. Ахтырцева, В.Д. Соловиченко (1984), В.В. Медведева (1988), В.А. Королёва (2004), С.В. Лукина с соавторами (2006) подтвердили ведущее значение *структуры и плотности сложения почв*, как основы благоприятных агрофизических свойств для формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Доказано, что длительное сельскохозяйственное использование чернозёмов часто ведет к разрушению агрономически ценной комковато-зернистой структуры, образованию пыли и глыб, слитизации, уплотнению пахотного слоя, ухудшению водно-физических свойств и снижению устойчивости к эрозии. В настоящее время для большинства сельскохозяйственных культур установлены оптимальные значения плотности почвы, которые располагаются в пределах 1,10-1,20 г/см³ и коэффициента структурности, равного 4,5-5,5 ед.

Нами установлены изменения величины коэффициента структурности чернозема типичного после третьей ротации севооборотов в посевах озимой пшеницы. За *коэффициент структурности* мы принимали отношение содержания почвенных агрегатов размером от 10 до 0,25 мм (комковато-зернистая структура) к сумме пылеватых (меньше 0,25 мм) и глыбистых (более 10 мм) агрегатов. Чем больше величина коэффициента структурности почвы, тем больше в структурно-агрегатном составе её

преобладают агрономически ценные комковато-зернистые структурные агрегаты, и тем меньше содержится пылевой и глыбистой фракций.

Исследования показали, что коэффициент структурности в зернотравяном севообороте в верхнем слое почвы (0-10 см) заметно выше, чем в пропашных севооборотах. Снижение коэффициента структурности в пропашных севооборотах свидетельствует о распыленности и глыбистости верхнего слоя почвы. В подпахотном слое почвы, на глубине 30-40 см величина коэффициента структурности увеличивалась независимо от вида севооборота.

Следует также отметить, что минимальная обработка почвы на глубину около 10 см по сравнению с безотвальной обработкой и вспашкой улучшила её структурный состав. Наибольшие величины коэффициента отмечены по органо-минеральной системе удобрения. В верхнем слое почвы (0-10 см) они достигли 3,6-4,9 ед. Лучшие показатели отмечены в зернотравяном севообороте и при минимальной обработке почвы. В подпахотном слое почвы (30-40 см), где не было воздействия обработок, содержится больше агрегатов комковато-зернистой структуры, о чем и свидетельствует величина коэффициента, равная 5,6-5,9 ед.

Наблюдения за изменением *плотности* в течение 15 лет в севооборотах при разных способах обработки почв и удобрений выявили варианты, позволяющие регулировать эту величину.

Исходные величины плотности сложения по слоям чернозема типичного составляли: на глубине 0-10 см – 1,19-1,25 г/см³; 10-20 см – 1,20-1,26; 20-30 см – 1,23-1,30 и 30-40 см – 1,16-1,20 г/см³.

Спустя 15 лет проведения опытов на вариантах без удобрений произошло уплотнение пахотного горизонта почвы на 0,11 г/см³. Оно особенно заметно в зернотравяном севообороте при минимальной обработке почвы, причём не в обрабатываемом слое, а на глубине 20-30

см. Величина плотности здесь достигла $1,36 \text{ г/см}^3$. В пропашных севооборотах плотность почвы увеличилась меньше.

При внесении удобрений, особенно органических и органоминеральных, происходит разуплотнение пахотного горизонта на $0,02-0,19 \text{ г/см}^3$. Безотвальная обработка также снижает плотность, но только на фоне навоза 16 т/га . В слое почвы $0-10 \text{ см}$ она составила $1,04 \text{ г/см}^3$ в зернотравяном севообороте и $1,09 \text{ г/см}^3$ в зернопропашном.

Из вышеизложенного можно заключить, что расширенному воспроизводству плодородия чернозёма типичного способствует оптимальная плотность ($1,15-1,20 \text{ г/см}^3$) и агрономически ценная структура с коэффициентом около 5 ед. Эти показатели плодородия почвы достигаются в зернотравяном севообороте.

Биологическая активность почвы играет основополагающую роль в процессе почвообразования, понимания эволюционного развития и изучении физико-химических свойств. Много и плодотворно в этом направлении работали учёные - микробиологи (Адерихин, 1964, Акулов, 1992 и др.).

Исследования в полевом опыте свидетельствуют, что на контроле (без удобрений) наибольшей биологической активностью обладает почва зернотравяного севооборота. Разложение льняного полотна в верхнем слое здесь составило $9,6-11,3 \%$.

Биологическая активность снижена до $8,7-10,5 \%$ в пропашных севооборотах. Наибольшая активность почвенной биоты зафиксирована в слое почвы $10-20 \text{ см}$. Также отмечено, что почвенные микроорганизмы проявляют большую активность при минимальной обработке, чем при безотвальной обработке и вспашке. Минеральные удобрения увеличивают скорость разложения льняного полотна, а, следовательно, и биологическую активность почвы. В слое почвы $10-20 \text{ см}$ зернотравяного севооборота при минимальной обработке она составила $14,8 \%$. Внесение навоза

активизирует деятельность микроорганизмов и способствует большей биологической активности почвы.

Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов возрастает до 13,7 % на фоне удобрений в пропашных севооборотах. Отвальная обработка почвы способствует аэрации нижнего слоя пахотного горизонта, что создаёт условия для активизации целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

Заметное увеличение разложения льняного полотна в почве зафиксировано при внесении минеральных удобрений ($N_{84-124}P_{124}K_{124}$) на фоне 16 т/га навоза: в слое 0-20 см на 4-6 % и на глубине 20-30 см – 2–4 %.

Максимальный показатель общей биологической активности почвы зафиксирован при совместном внесении органических и минеральных удобрений и составил в зернотравяном севообороте в слое 0-10 см – 15,0-5,4 %, 10-20 см – 15,8-16,1 % и 20-30 см – 11,3-13,9 %, в зернопропашном соответственно 13,7-14,9; 14,5-15,8 и 10,1-12,1, а в зернопаропропашном – 13,0-14,2 %; 14,1-14,7 и 9,9-11,7 %.

Таким образом, на величину общей биологической активности почвы положительное влияние оказывают многолетние бобовые травы, внесение удобрений, особенно органических на фоне минимальной обработки почвы.

Литература

1. Адерихин П. Г. Изменение черноземных почв ЦЧО при использовании их в сельском хозяйстве. // В кн. Черноземы ЦЧО и их плодородие.- М., 1964.- С. 61—89.
2. Азаров В.Б. Баланс элементов питания в почве в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственных культур в ЦЧЗ / В.Б. Азаров// Политематический электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс].- Краснодар: КубГАУ, 2012.- №03(77).- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/94.pdf>. с. 1115-1124.

3. Азаров В.Б. Технологические качества свеклосахарного сырья в зависимости от условий возделывания в ЦЧЗ /В.Б. Азаров, Н.И. Клостер, В.Д. Соловиченко// Сахарная свекла.-2012.- № 4.- с. 15-17.
4. Акулов П. Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов.- М.: Колос, 1992.- 223 с.
5. Ахтырцев Б. П. Серые лесные почвы центральной России.- Воронеж, 1979.- 232 с.
6. Ахтырцев Б. П. Эволюция лесных почв при сельскохозяйственном использовании. // Науч. зап. Воронежск. отд. Геогр. о-ва СССР.- Воронеж, 1963.- С. 44-53.
7. Ахтырцев Б. П., Соловиченко В. Д. Изменение запаса гумуса в лесостепных и степных почвах под влиянием сельскохозяйственного использования и водной эрозии.// Почвоведение, 1984, № 3.
8. Ахтырцев Б. П., Щетинина А. С. Изменение серых лесных почв Среднерусской лесостепи в процессе сельскохозяйственного освоения.- Саранск, 1969.- 164 с.
9. Добровольский Г. В. Нужна Красная книга почв // Химия и жизнь, 1984. №5.- С.56-57.
10. Докучаев В. В. Русский чернозем.- М., 1952.- 635 с.
11. Здоровцов И.П. Агроэкологические основы комплекса противоэрозионных мероприятий в районах интенсивного земледелия Русской равнины. //Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1993. – 68 с.
12. Королев В.А. Физические свойства антропогенно-преобразованных черноземов центра Русской равнины. // В кн.: Черноземы Центральной России: генезис, география, эволюция. / Материалы конф. посвященной 100-летию Адерихина П.Г. – Воронеж, 2004. – С. 59-78.
13. Лукин С. В. Экологические проблемы и пути их решения в земледелии Белгородской области. – Белгород, 2004. – 162 с.
14. Лукин С. В., Уваров Г. И., Акулов П. Г., Соловиченко В. Д. Экологические основы земледелия. – Белгород, 2006 – 286 с.
15. Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов.- М.: Агропромиздат, 1988.- 159 с.
16. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: Изд-во «Отчий край», 2013. – 371 с.

17. Щербаков А. П., Васенев И. И. Агроэкологическое состояние почв ЦЧО. - Курск, 1996.- 326 с.

References

1. Aderihin P. G. Izmenenie chernozemnyh pochv CChO pri ispol'zovanii ih v sel'skom hozjajstve. // V kn. Chernozemy CChO i ih plo-dorodie.- M., 1964.- S. 61—89.
2. Azarov V.B. Balans jelementov pitaniya v pochve v zavisimosti ot tehnologii vzdelyvaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur v CChZ / V.B. Azarov// Politematicheskij jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs].- Krasnodar: KubGAU, 2012.- №03(77).- Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/94.pdf>. s. 1115-1124.
3. Azarov V.B. Tehnologicheskie kachestva sveklosaharnogo syr'ja v zavisimosti ot uslovij vzdelyvaniya v CChZ /V.B. Azarov, N.I. Kloster, V.D. Solovichenko// Saharnaja svekla.-2012.- № 4.- s. 15-17.
4. Akulov P. G. Vosproizvodstvo plodorodija i produktivnost' chernozemov.- M.: Kolos, 1992.- 223 s.
5. Ahtyrcev B. P. Serye lesnye pochvy central'noj Rossii.- Voro-nezh, 1979.- 232 s.
6. Ahtyrcev B. P. Jevoljucija lesnyh pochv pri sel'skohozjajstvennom ispol'zovanii. // Nauch. zap. Voronezhsk. otd. Geogr. o-va SSSR.- Voronezh, 1963.- S. 44-53.
7. Ahtyrcev B. P., Solovichenko V. D. Izmenenie zapasa gumusa v lesostepnyh i stepnyh pochvah pod vlijaniem zemledel'cheskogo ispol'zovanija i vodnoj jerozii.// Pochvovedenie, 1984, № 3.
8. Ahtyrcev B. P., Shhetinina A. S. Izmenenie seryh lesnyh pochv Srednerusskoj lesostepi v processe sel'skohozjajstvennogo osvoe-nija.- Saransk, 1969.- 164 s.
9. Dobrovolskij G. V. Nuzhna Krasnaja kniga pochv // Himija i zhizn', 1984. №5.-S.56-57.
10. Dokuchaev V. V. Russkij chernozem.- M., 1952.- 635 s.
11. Zdorovcov I.P. Agrojekologicheskie osnovy kompleksa protivojerozionnyh meroprijatij v rajonah intensivnogo zemledelija Russkoj ravniny. //Avtoref. dis. ... dokt. s.-h. nauk. – Kursk: VNIIZiZPJe, 1993. – 68 s.
12. Korolev V.A. Fizicheskie svojstva antropogenno-preobrazovannyh chernozemov centra Russkoj ravniny. // V kn.: Chernozemy Central'noj Rossii: genesis, geografija,

jevoljucija. / Materialy konf. posvjashhennoj 100-letiju Aderihina P.G. – Voronezh, 2004. – S. 59-78.

13. Lukin S. V. Jekologicheskie problemy i puti ih reshenija v zemledelii Belgorodskoj oblasti. – Belgorod, 2004. – 162 s.

14. Lukin S. V., Uvarov G. I., Akulov P. G., Solovichenko V. D. Jekologicheskie osnovy zemledelija. – Belgorod, 2006 – 286 s.

15. Medvedev V. V. Optimizacija agrofizicheskikh svojstv chernozemov.- M.: Agropromizdat, 1988.- 159 s.

16. Solovichenko V.D., Tjutjunov S.I. Pochvennyj pokrov Belgorodskoj oblasti i ego racional'noe ispol'zovanie. – Belgorod: Izd-vo «Otchij kraj», 2013. – 371 s.

17. Shherbakov A. P., Vasenev I. I. Agrojekologicheskoe sostojanie pochv CChO. - Kursk, 1996.- 326 s.