ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

УДК 631. 51: 631. 582

doi: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.62-69

Влияние обработки почвы и удобрений на изменения ее агрофизических свойств и урожайность сои в звене зернового севооборота

Ю.А. Богомодова, А.П. Саков, А.В. Ивенин

Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудникова», п. Селекционной станции, Нижегородская область, Российская Федерация

Исследования проводили в Нижегородской области в 2015-2016 гг. на светло-серой лесной почве в звене севооборота «озимая пшеница-соя». Схема полевого опыта включала 5 систем обработки почвы: 1. Традиционная отвальная обработка на основе зяблевой вспашки ПН-3-35 на 20-22 см (контроль). 2. Безотвальная «глубокая» обработка – зяблевая вспашка ПН-3-35 (без отвалов) на 20-22 см. 3. Безотвальная «мелкая» обработка стерневым культиватором Rotinger на глубину 14-16 см. 4. Минимальная обработка дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD на глубину 10-12 см. 5. Нулевая обработка (No-till) сеялкой Sunflower 9421-20. По каждой системе обработки почвы изучали эффективность действия минеральных удобрений (N60P60K60) и соломы в комплексе с биопрепаратом Стиликс®Нива (2 л/га) и минеральным азотом (10 кг д.в. на 1 т соломы). К моменту посева сои только механические обработки создали благоприятные условия для прорастания семян в слое почвы 0-10 см (объемный вес почвы 1,25-1,30 г/см³). Технология прямого посева привела к повышенному уплотнению почвы уже в начальный период вегетации (1,43 г/см³). На влажность почвы варианты систем обработки не оказали существенного влияния. К сеvu сои содержание влаги в слое 0-20 см составило 14,7-15,5%, 0-50 см – 15,5-17,0%. По изучаемым системам обработки почвы наибольшую урожайность зерна сои Светлая получили на фоне внесения минеральных удобрений (N60P60K60) и соломы, в том числе в вариантах с использованием биопрепарата Стиликс®Нива или минерального азота для разложения растительных остатков. Возделывание сои по системам механических обработок обеспечило урожайность зерна 1,64-1,76 т/га, а технология no-till снижала ее до 0,61 т/га.

Ключевые слова: севооборот, система обработки почвы, биопрепарат, минеральные удобрения, плодородие серой лесной почвы, полевой опыт, плотность сложения, влажность почвы

В настоящее время, когда Россия находится под «санкциями Запада», необходимо совершенствовать отечественное сельскохозяйственное производство для получения более дешевой, но качественной продукции растениеводства. Для этого необходимо оптимизировать производственные затраты на единицу продукции. Одним из вариантов оптимизации производства является внедрение минимальных систем обработки почвы, привязанных к конкретным почвенно-климатическим условиям региона и непосредственного места возделывания сельскохозяйственных культур, с применением экономически обоснованной системы органических и минеральных удобрений, разработанных конкретно для каждого хозяйства и севооборота [1, 2, 3, 4, 5, 6]. При этом важная роль отводится обработке почвы именно в системе севооборота [7, 8]. В этой связи теоретический и практический интерес представляет изучение влияния на плодородие почвы и урожайность культур зернового севооборота различных по интенсивности воздействия на почву систем обработки в комплексе с применением экономически обоснованных доз удобрений. Кроме того, в течение длительного времени повышение пло-

дородия почвы возможно за счет использования органических удобрений, в том числе и более широкого использования соломы. Дальнейший рост производства сельскохозяйственной продукции на современном этапе возможен лишь при комплексном воздействии на все его составные части. В связи с этим изучение вопросов совместного применения в севообороте систем обработки почвы, в том числе ресурсосберегающих, с использованием комплекса современной сельскохозяйственной техники как отечественного, так и зарубежного производства, а также различных видов удобрений и биоресурсов имеет актуальное значение.

Цель исследований – изучить влияние различных ресурсосберегающих систем обработки и удобрений на свойства серой лесной почвы и урожайность сои в звене зернового севооборота.

Материал и методы. Полевой опыт по изучению ресурсосберегающих систем обработки почвы под посевы сельскохозяйственных культур заложен в 2014 году на поле отдела земледелия и кормопроизводства ФГБНУ «Нижегородский НИИСХ». Почва опытного участка серая лесная, среднесуглинистая по

гранулометрическому составу, pH_{KCl} 5,6 единиц, очень низкое содержание гумуса (1,5%), высокое содержание подвижного фосфора (253 мг/кг) и повышенная обеспеченность обменным калием (140 мг/кг). Гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований составляли – 2,8 и 11,5 мг-экв/100 г почвы соответственно. Повторность полевого опыта четырехкратная, учетная площадь делянки – 132 м². Расположение вариантов систематическое.

Исследования проводили в полевом севообороте: 1. Горчица на зерно. 2. Озимая пшеница. 3. Соя на зерно. 4. Яровая пшеница. 5. Горох на зерно. 6. Овёс. В настоящей статье приведены результаты исследований в звене севооборота «озимая пшеница – соя». Сорт озимой пшеницы Московская-39, сорт сои – Светлая.

Схема опыта включала 5 систем обработки серой лесной почвы (*фактор А*): I. Традиционная отвальная обработка (контроль): 1. Зяблевая вспашка ПН-3-35 на 20-22 см. 2. Ранневесеннее боронование сцепом борон БЗСС-1. 3. Культивация КМБ-4,2 НУС на глубину 10-12 см. 4. Предпосевная обработка КМБ-4,2 НУС на глубину заделки семян. 5. Сев. II. Безотвальная «глубокая» обработка: 1. Зяблевая вспашка ПН-3-35 (без отвалов) на 20-22 см. 2. Ранневесеннее боронование. 3. Культивация на глубину 10-12 см. 4. Предпосевная обработка на глубину заделки семян. 5. Сев. III. Безотвальная «мелкая» обработка: 1. Обработка стерневым культиватором Pottinger на глубину 14-16 см. 2. Ранневесеннее боронование. 3. Культивация на глубину 10-12 см. 4. Предпосевная обработка на глубину заделки семян. 5. Сев. IV. Минимальная обработка: 1. Послеуборочная обработка почвы дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD на глубину 10-12 см. 2. Ранневесеннее боронование. 3. Предпосевная обработка на глубину заделки семян. 4. Сев. V. Нулевая обработка (No-till): 1. Сев с прикатыванием односекционной сеялкой Sunflower 9421-20.

По каждой системе обработки почвы изучается влияние минеральных удобрений и биопрепарата на разложение растительных остатков (*фактор В*) по следующей схеме: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N 10 кг д.в. на 1 т соломы (N10). 3. Солома + биопрепарат Стимикс®Нива (БП). 4. Солома + N60P60K60 (фон). 5. Солома + фон + N 10 кг д.в. на 1 т соломы (фон + N10). 6. Солома + фон + биопрепарат Стимикс®Нива (фон + БП).

Микробиологический препарат серии Стимикс®Нива содержит в своем составе высокоактивные штаммы молочнокислых, азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих, фотосинтезирующих и целлюлозолитических и лигнолитических микробов, антагонисты патогенных грибов и бактерий в оптимальных соотношениях, что способствует обогащению почвы агрономически ценными микроорганизмами. Обработка этим препаратом пожнивных остатков сельскохозяйственных культур является элементом интегрированной защиты растений от бактериальных и грибных заболеваний¹. Поэтому необходимо изучить применение препарата и его эффективность как в рамках традиционной системы земледелия, подразумевающей пахоту, так и в рамках ресурсосберегающих технологий.

Все растительные остатки после уборки сельскохозяйственных культур оставляли в поле. Минеральные удобрения вносили общим фоном под предпосевную культивацию в дозе N60P60K60 кг/га д.в. Уборку проводили сплошным способом комбайном с измельчителем соломы Сампо-1500, внесение аммиачной селитры (10 кг д.в. на 1 т соломы) и биопрепарата (2 л/га) – поверхностно сразу после уборки возделываемых культур.

Методики проводимых исследований: определение полевой влажности почвы весовым методом в слое 0-50; определение плотности почвы в образцах с ненарушенным сложением в слое 0-10 и 10-20 см [9]; учет урожая сои – сплошной, поделаноchnый с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность; математическая обработка результатов исследований и расчет влияния вклада факторов – по Б.А. Доспехову [10] с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist.

Результаты и их обсуждение. Одной из самых важных агрофизических характеристик почвы является ее плотность сложения. Она играет главную роль в определении водного, воздушного и теплового режимов почвы, влияет на направленность и интенсивность физико-химических и микробиологических процессов [11]. С плотностью сложения почвы непосредственно связаны эффективность и качество механической обработки, затраты на тяговые усилия.

В результате проведенных исследований в звене севооборота «озимая пшеница – соя» в 2016 году установлено, что плотность пахотного слоя различается в зависимости от способов

¹[Stimix.ru/produktciy/132-stimiksniva.html] (дата обращения 23.05.2018)

обработки (табл. 1). В осенний период 2015 г., после уборки озимой пшеницы и проведения механических обработок характеризуется следу-

ющими показателями плотности: в слое 0-10 см её значения варьировали от 1,20 до 1,40 г/см³, в слое 10-20 см – от 1,34 до 1,49 г/см³.

Таблица 1

Изменение плотности почвы в звене севооборота озимая пшеница-соя в зависимости от систем обработки почвы, г/см³ (в 2015-2016 гг.)

Система обработки	Слой почвы, см	Осень 2015 г.	Весна 2016 г.	Осень 2016 г.
1. Традиционная (контроль)	0-10	1,20	1,26	1,41
	10-20	1,34	1,54	1,54
	0-20	1,27	1,40	1,48
2. Безотвальная «глубокая»	0-10	1,22	1,28	1,39
	10-20	1,35	1,52	1,51
	0-20	1,29	1,40	1,45
3. Безотвальная «мелкая»	0-10	1,22	1,25	1,36
	10-20	1,45	1,53	1,55
	0-20	1,34	1,39	1,46
4. Минимальная	0-10	1,24	1,30	1,38
	10-20	1,48	1,55	1,56
	0-20	1,36	1,43	1,47
5. Нулевая	0-10	1,40	1,43	1,46
	10-20	1,49	1,53	1,53
	0-20	1,45	1,48	1,50
НСР ₀₅	0-10	0,01	0,01	0,02
	10-20	0,01	0,01	0,02

Наименьшую величину объемной массы почвы как в слое 0-10 см, так и в слое 10-20 см обеспечивает традиционная вспашка плугом ПН-3-35 на глубину 20-22 см (1,20 и 1,34 г/см³ соответственно). Проведение безотвальной «глубокой» обработки достоверно увеличивает (НСР₀₅ = 0,01) данный показатель в обоих изучаемых слоях, в результате чего плотность пахотного слоя составляет 1,29 г/см³, что на 0,02 г/см³ выше по сравнению с контролем. Безотвальная обработка стерневым культиватором Pottinger на глубину 14-16 см обеспечивает режим плотности верхнего слоя на уровне глубокой безотвальной вспашки (1,22 г/см³), однако в слое 10-20 см его значения резко увеличиваются (на 0,23 г/см³) и составляют 1,45 г/см³. Аналогичная закономерность наблюдалась как осенью 2014 года, после уборки горчицы на зерно, так и в 2015 году после уборки озимой пшеницы. Математически доказано, что минимальная обработка почвы дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD на глубину 10-12 см увеличивает плотность сложения пахотного слоя почвы (1,36 г/см³) по сравнению со всеми изучаемыми механическими обработками. Следует отметить, что её значения (1,48 г/см³) в слое 10-20 см соответствуют варианту 5, где обработка пахотного слоя не проводилась. Здесь

в обоих исследуемых слоях плотность почвы приравнивается к равновесной (1,40-1,49 г/см³). Определение плотности почвы в весенний период 2016 года после проведения предпосевной культивации и посева сои показало, что по мере естественного оседания почвы, воздействия снеготаяния, дождей и других факторов почва постепенно уплотнялась и в слое 0-10 см по всем механическим обработкам (варианты 1-4) её значения оставались близкими к оптимальным для прорастания семян сои (1,25-1,30 г/см³). При этом наименьшей объемной массой верхнего слоя почвы характеризовались варианты с безотвальной «мелкой» и традиционной обработками (1,25-1,26 г/см³), тогда как проведение безотвальной вспашки и дискования достоверно увеличивали данные показатели на 0,02-0,05 г/см³. Плотность почвы по нулевой технологии в слое 0-10 см увеличилась по сравнению с осенними данными на 0,03 г/см³ (что значительно меньше, чем по механическим обработкам) и составила 1,43 г/см³. При таком значении плотности прорастание растений сои затянулось на 2 недели относительно других изучаемых вариантов опыта. Таким образом, как показали исследования, под сою предпочтительно проводить в качестве приема основной обработки отвальную вспашку, вместе с тем,

целесообразно в отдельных случаях заменять её на менее ресурсозатратные безотвальные обработки, так как плотность серой лесной почвы не выходила за пределы оптимального значения ($1,10\text{--}1,29\text{ г/см}^3$) хотя бы в первой половине вегетации сои, когда растения наиболее уязвимы. Применение прямого посева приводило к увеличению плотности почвы до критических значений уже в начале вегетации, что ухудшало рост и развитие растений сои и отрицательно сказывалось на их продуктивности.

К осеннему периоду 2016 года пахотный слой почвы значительно уплотнился по всем изучаемым технологиям – $1,45\text{--}1,50\text{ г/см}^3$ (табл. 1), что значительно выше оптимальных значений для всех сельскохозяйственных культур изучаемого севооборота. Следует отметить, что безотвальная «мелкая» и минимальная обработки к осеннему периоду обеспечивали наименьшую плотность сложения слоя 0-10 см ($1,36$ и $1,38\text{ г/см}^3$ соответственно), тогда как вспашки достоверно увеличивали данный показатель на $0,03\text{--}0,06\text{ г/см}^3$ ($\text{НСР}_{05} = 0,02\text{ г/см}^3$). Более низкие показатели плотности почвы при мелких обработках обусловлены сосредоточением максимального количества полуразложившегося органического вещества в верхнем слое почвы, плотность которого меньше, чем минеральной части. При этом плотность почвы в слое 10-20 см была выше в вариантах с поверхностными обработками.

Ведущий фактор формирования урожайности сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи – это обеспеченность посевов влагой. Исследования по изучению влияния приемов основной обработки серой-лесной почвы на её влажность в посевах сои показали, что лучший влагонакопительный эффект в осенний период 2015 года (после проведения зяблевых обработок почвы из под озимой пшеницы) обеспечивал вариант с применением нулевой технологии как в пахотном слое, так и в слое почвы 0-50 см ($19,4$ и $19,0\%$ соответственно) (табл. 2). Сравнивая варианты с механическими обработками, следует отметить, что достоверное повышение влажности отмечается по безотвальной вспашке на глубину 20-22 см и составляет $18,7\%$, тогда как по другим технологиям эти значения в слое 0-20 см ниже на $0,6\text{--}1,6\%$, в слое 0-50 см – на $1,1\text{--}1,8\%$. Это объясняется отсутствием оборота пласта по всей глубине пахотного слоя, наличием на поверхности растительных остатков и, в связи с этим, меньшей потерей влаги через испарение. Обращает на себя внимание тот факт, что про-

ведение минимальной обработки почвы дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD на глубину 10-12 см не способствует накоплению влаги в пахотном и подпахотном слоях почвы. Возможно, это связано с более сильным уплотнением почвы по сравнению с другими механическими обработками, что ведет к увеличению поверхностного стока и уменьшению фильтрации в нижележащих горизонтах.

Определение влажности в весенний период 2016 года после окончания сева (12 мая) показало, что количество влаги в слое 0-20 см было недостаточным ($14,7\text{--}15,5\%$) для появления быстрых и дружных всходов растений сои, в результате чего продолжительность периода всходов растянулась на 3 недели в вариантах с обработками (варианты 1, 2, 3, 4), а по технологии no-till (вариант 5) еще дольше.

Различий по содержанию влаги в серой лесной почве в слое 0-20 см весной 2016 года по изучаемым вариантам опыта не обнаружено. Среднее содержание влаги в слое 0-20 см по безотвальной «глубокой» обработке и дискованию составило $15,5\%$, по традиционной вспашке – $15,0\%$, а по безотвальной «мелкой» обработке и по технологии «прямого» посева – $14,8\text{--}14,7\%$ соответственно (при $\text{НСР}_{05} = 0,9$).

Вегетационный период 2016 года складывался благоприятно в плане влагообеспеченности посевов сои. Особенно часто атмосферные осадки выпадали в период ее созревания. Поэтому к моменту уборки урожая отмечали увеличение влажности почвы в слое 0-50 см по всем изучаемым системам обработки (на $4,1\text{--}5,3\%$). Наибольшее накопление влаги в полуметровом слое почвы наблюдалось в вариантах с применением минимальной и нулевой технологий возделывания ($21,3\text{--}21,7\%$), тогда как по отвальной вспашке и безотвальным обработкам её количество было примерно на одном уровне – $20,6\text{--}20,8\%$ (табл. 2), что можно объяснить отсутствием механических обработок почвы, достаточно высокой плотностью сложения пахотного слоя, наличием на поверхности растительных остатков и, как следствие, меньшей потерей влаги через испарение.

Регулируя плотность сложения и влажность почвы, мы создаем оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев в ротации севооборота. Объективную оценку изучаемым факторам можно получить при сопоставлении фактических урожаев сои по вариантам опыта (табл. 3). Результаты наших исследований показали, что урожайность сои зависела как от способа основной

обработки почвы ($r = 0,91$), так и от системы удобрения ($r = 0,83$). При этом доля участия изучаемых факторов в изменчивости урожайности сои неодинакова: если вклад обработки почвы составляет 72,25%, то удобрений – всего лишь 17,70%. Наибольшая урожайность в вариантах без применения удобрений получена по глубоким системам обработки почвы (варианты 1 и 2) – 1,39-1,41 т/га. Неглубокие и поверхностные об-

работки почвы с применением стерневого культиватора Pottinger и дисковой бороны ХМ 44660 NOTHAD привели к существенному снижению выхода зерна с 1 га пашни (на 0,24-0,29 т/га). Отказ от механических обработок (no-till) значительно ухудшил условия произрастания сои, в результате чего ее урожайность в контрольном варианте снизилось до уровня 0,40 т/га, в 3,5 раза в сравнении с культурной вспашкой.

Таблица 2

Изменение влажности в слое почвы 0-50 см в звене севооборота озимая пшеница-соя в зависимости от систем обработки почвы, % (2015-2016 гг.)

Система обработки	Период наблюдений	Слой почвы, см					Среднее в слое, см	
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-20	0-50
1. Традиционная	Осень 2015 г.	17,1	18,0	17,3	16,8	16,5	17,6	17,1
	Весна 2016 г.	15,8	14,2	16,2	18,0	17,7	15,0	16,4
	Осень 2016 г.	23,0	21,4	19,9	19,9	19,4	22,2	20,7
2. Безотвальная «глубокая»	Осень 2015 г.	18,6	18,7	18,4	17,9	17,6	18,7	18,2
	Весна 2016 г.	15,5	15,4	17,2	17,0	17,3	15,5	16,5
	Осень 2016 г.	23,2	21,7	20,3	19,4	18,1	22,5	20,6
3. Безотвальная «мелкая»	Осень 2015 г.	18,1	18,1	17,1	16,6	16,7	18,1	17,1
	Весна 2016 г.	15,1	14,4	16,0	15,6	16,4	14,8	15,5
	Осень 2016 г.	23,6	21,1	20,4	19,9	18,4	22,8	20,8
4. Минимальная	Осень 2015 г.	16,7	17,5	16,6	15,8	15,3	17,1	16,4
	Весна 2016 г.	15,7	15,2	17,1	18,4	18,5	15,5	17,0
	Осень 2016 г.	24,2	22,1	20,2	20,1	20,2	23,1	21,3
5. Нулевая	Осень 2015 г.	19,2	19,5	18,8	18,8	18,8	19,4	19,0
	Весна 2016 г.	13,9	15,6	16,1	18,0	18,7	14,7	16,4
	Осень 2016 г.	24,2	22,0	20,6	20,9	20,7	23,1	21,7
НСР ₀₅	Осень 2015 г.	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
	Весна 2016 г.	1,0	1,2	0,7	0,7	0,7	0,9	0,6
	Осень 2016 г.	0,8	0,4	0,6	0,7	0,9	0,5	0,4

Применение минеральных удобрений и микробиологического препарата способствовало достоверному увеличению урожайности сои относительно не удобренных вариантов при всех способах обработки почвы. При этом наибольшую прибавку урожая обеспечивали фоновые удобрения и их сочетания с N₁₀ и биопрепаратом. Лучшая отзывчивость сои на улучшение питательного режима почвы проявилась по безотвальной «мелкой» и минимальной системам обработки почвы: здесь прибавка урожая к контролю составила 0,69-1,05 т/га. Применение аммиачной селитры и биопрепарата в чистом виде также оказывали положительное влияние на выход зерна с единицы площади, в результате чего уро-

жайность увеличилась на 13-54%. Обращает на себя внимание тот факт, что возделывание сои по глубоким системам обработки почвы дает большую урожайность в вариантах N10, тогда как со снижением глубины обработки изучаемая культура лучше реагирует на внесение биопрепарата в дозе 2 л/га. Внесение минеральных удобрений и биопрепарата по системе «прямого» посева увеличивало урожайность сои на 0,08-0,45 т/га. Тем не менее, использование различных доз удобрений не позволило по данной технологии достичь уровня урожайности, полученного в контрольном варианте по отвальной вспашке: в 2016 году убыль составила 0,56-0,93 т/га зерна сои (табл. 3).

Таблица 3

Влияние систем обработки и удобрений на урожайность сои в 2016 г., т/га

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность	$\pm K$	
			абс. контролю	контролю
1. Традиционная	Контроль	1,41	-	-
	N10	1,60	+0,19	+0,19
	N60P60K60 - фон	1,86	+0,45	+0,45
	Фон + N10	1,84	+0,43	+0,43
	Фон + БП	1,75	+0,34	+0,34
	БП	1,63	+0,22	+0,22
2. Безотвальная «глубокая»	Контроль	1,39	-0,02	-
	N10	1,83	+0,42	+0,44
	Фон	1,87	+0,46	+0,48
	Фон + N10	2,04	+0,63	+0,65
	Фон + БП	1,82	+0,41	+0,43
	БП	1,63	+0,22	+0,24
3. Безотвальная «мелкая»	Контроль	1,12	-0,29	-
	N10	1,37	-0,04	+0,25
	Фон	1,81	+0,40	+0,69
	Фон + N10	1,96	+0,55	+0,84
	Фон + БП	1,83	+0,42	+0,71
	БП	1,71	+0,30	+0,59
4. Минимальная	Контроль	1,15	-0,26	-
	N10	1,47	+0,06	+0,32
	Фон	1,60	+0,19	+0,45
	Фон + N10	2,17	+0,76	+1,02
	Фон + БП	2,20	+0,79	+1,05
	БП	1,77	+0,36	+0,62
5. Нулевая	Контроль	0,40	-1,01	-
	N10	0,49	-0,92	+0,09
	Фон	0,48	-0,93	+0,08
	Фон + N10	0,85	-0,56	+0,45
	Фон + БП	0,70	-0,71	+0,30
	БП	0,74	-0,67	+0,34
HCP_{05}	Фактор А		0,07	
	Фактор В		0,07	

Выводы. Под посевы сои в качестве приема основной обработки желательно проводить отвальную вспашку. С целью экономии средств целесообразно в отдельных случаях заменить отвальную вспашку на менее ресурсозатратные безотвальные обработки, которые также обеспечивают плотность пахотного слоя серой лесной почвы, наиболее близкую к оптимальному значению для сои в звене севооборота. Применение технологии no-till привело к значительному увеличению плотности почвы, что ухудшило рост и развитие растений сои и негативно сказалось на ее урожайности. С момента закладки полевого опыта в 2014 году происходит постепенное уплотнение пахотного слоя по

всем изучаемым вариантам обработки почвы.

Наибольшее накопление продуктивной влаги в посевах сои обеспечила обработка почвы по технологии no-till. По всем изучаемым системам обработки почвы наибольшую урожайность зерна сои в звене севооборота получили на фоне внесения минеральных удобрений (N60P60K60) и соломы, в том числе в вариантах с добавлением биопрепарата Стимикс®-Нива или минерального азота для разложения растительных остатков. Возделывание сои по системам механических обработок (вариант 1-4) обеспечило урожайность зерна сои на уровне 1,64-1,76 т/га, система нулевой обработки (no-till) снижала данный показатель до 0,61 т/га.

Список литературы

1. Абашев В.Д., Светлакова Е.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зернотравяного севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 2 (45). С. 37-43.
2. Жуйков В.И., Шипунова М.В. Оптимизация производства озимой пшеницы в Удмуртской Республике // Разработка и внедрение почвозащитных энергосберегающих технологий – основной путь повышения рентабельности и экологической безопасности растениеводства на современном этапе: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 7-8 июля 2016 г. ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. С. 45-54.
3. Ивенин В.В., Михалев Е.В., Кривенков В.А. Эффективность возделывания пшеницы яровой на фоне полного минерального удобрения при внедрении ресурсосберегающей технологии No-till в зернотравяном севообороте на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Аграрная наука. 2017. № 11-12. С. 22-25.
4. Кираев Р.С., Сираев М.Г. Система обработки почвы в Башкортостане // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. М.: РГАУ-МСХА, 2010. С. 252-261.
5. Сайфиева Г.С., Миникаев Р.В., Салихов А.С., Хасамова Г., Сахапов И. Изучение ресурсосберегающих технологий возделывания яровой пшеницы с минимальной обработкой почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан на вариантах ТТ, ТТ+ДД, Мо+ДД // Достижение научно-исследовательской работы студентов в области агропромышленного комплекса: материалы 66-й научной конференции агрономического факультета. Казань, 2008. С. 185-189.
6. Скипин Л.Н., Перфильев Н.В., Захарова Е.В., Гаева Е.В. Состояние почвы и урожайность культур при разных системах основной обработки // Плодородие. 2014. № 4 (79). С. 24-26.
7. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Обработка почвы в севообороте // Земледелие. 2013. № 2. С. 20-22.
8. Заикин В. П. Севооборот – основа земледелия в современных условиях // Ресурсы и технологии рационального производства сельскохозяйственной продукции: материалы конференции. Н. Новгород: Нижегородский региональный институт управления и экономики АПК, 2000. С. 25-30.
9. Сафонов А.Ф., Стратонович М.В. Практикум по земледелию с почвоведением: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1990. 207 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Косолапова А.И. Влияние обработки почвы на агрофизические показатели оподзоленного чернозема и продуктивность культур полевого севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. № 5 (45). С. 32-37.

Сведения об авторах:

Богомоллова Юлия Александровна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник,
 Саков Александр Петрович, кандидат с.-х. наук, директор,
 Ивенин Алексей Валентинович, кандидат с.-х. наук, доцент, старший научный сотрудник,
 e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 64, no. 3, pp. 62-69.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.62-69

Effect of soil treatment and fertilizers on changes in agrophysical properties of soil and soybean yield in the link of cereal crop rotation

Yu. A. Bogomolova, A. P. Sakov, A. V. Ivenin

Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture - branch of the Federal Agrarian Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, the settlement of Breeding station, Nizhny Novgorod region, Russian Federation

The research was conducted in the Nizhny Novgorod region in 2015-2016 on light gray forest soil in the link of crop rotation "winter wheat-soybean". The scheme of field experiment included 5 soil treatment systems: 1. Traditional moldboard tilling based on autumn plowing with PN-3-35 at 20-22 cm (control); 2. Nonmoldboard "deep" cultivation - autumn plowing with PN-3-35 (without moldboard) at 20-22 cm; 3. Nonmoldboard "shallow" tilling with the stubble cultivator Pottinger at a depth of 14-16 cm; 4. The minimum machining with the disc harrow XM 44660 NOTHAD at a depth of 10-12 cm; 5. Zero tilling (No-till) with the Sunflower 9421-20 drill. For each soil treatment system, the effectiveness of the action of mineral fertilizers (N60P60K60) and straw in combination with the bio-preparation Stimix®Niva (2 l/ha) and mineral nitrogen (10 kg a.i. per 1 ton of straw) was studied. By the time of soybean sowing, only mechanical treatment provided favorable conditions for germination of seeds in the 0-10 cm soil layer (volumetric soil weight 1.25-1.30 g / cm³). The technology of direct seeding led to an increased compaction of the soil already in the initial period of vegetation (1.43 g / cm³). The variants of treatment systems didn't have a

significant effect on the soil moisture. By the time of soybean sowing the moisture content in 0-20 cm soil layer was 14.7-15.5%, and in 0-50 cm layer -16.4-17%. According to the soil treatment systems studied, the highest yield of soybean Svetlaya was obtained on the background of mineral fertilizers (N60P60K60) and straw as well as in variants with bio-preparation Stimix®Niva or mineral nitrogen for plant matter decay. Soybean cultivation by mechanical treatment systems provided grain yields of 1.64-1.76 t/ha, and no-till technology reduced it to 0.61 t/ha.

Keywords: crop rotation, soil treatment system, biological preparation, mineral fertilizers, fertility of gray forest soil, field experiment, bulk density, soil moisture

References

1. Abashev V.D., Svetlakova E.V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' kul'tur zernotravyanogo sevooborota*. [Influence of mineral fertilizers on the productivity of crops of grain-grass crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015. no. 2 (45). pp. 37-43.
2. Zhuykov V.I., Shipunova M.V. *Optimizatsiya proizvodstva ozimoy pshenitsy v Udmurtskoy Respublike*. [Optimization of winter wheat production in the Udmurt Republic]. *Razrabotka i vnedrenie pochvozashchitnykh energosberegayushchikh tekhnologiy - osnovnoy put' povyshenie rentabel'nosti i ekologicheskoy bezopasnosti rasteniyevodstva na sovremennom etape: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem 7-8 iyulya 2016 g. FGBNU Udmurtskiy NIISKh*. [Development and introduction of soil-protective energy-saving technologies is the main way to increase the profitability and ecological safety of crop production at the present stage: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation July 7-8, 2016. FGBNU Udmurt NIISH]. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2016. pp. 45-54.
3. Ivenin V.V., Mikhalev E.V., Krivenkov V.A. *Effektivnost' vozdeystviya pshenitsy yarovoy na fone polnogo mineral'nogo udobreniya pri vnedrenii resursosberegayushchey tekhnologii No-till v zernotravyanom sevooborote na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoy oblasti*. [Efficiency of spring wheat cultivation against the background of full mineral fertilizer with the introduction of resource-saving No-till technology in grain-crop rotation on light gray forest soils of the Nizhny Novgorod region]. *Agrarnaya nauka*. 2017. no. 11-12. pp. 22-25.
4. Kiraev R.S., Siraev M.G. *Sistema obrabotki pochvy v Bashkortostane*. [Soil cultivation system in Bashkortostan]. *Resursosberegayushchie tekhnologii obrabotki pochvy v adaptivnom zemledelii: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf*. [Resource-saving technologies of soil cultivation in adaptive agriculture: materials of the All-Russian scientific and practical Conference.]. Moscow: RGAU-MSKhA, 2010. pp. 252-261.
5. Sayfiyeva G.S., Minikaev R.V., Salikhov A.S., Khasamova G., Sakha-pov I. *Izuchenie resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdeystviya yarovoy pshenitsy s minimal'noy obrabotkoy pochvy v usloviyakh Predkam'ya Respubliki Tatarstan na variantakh TT, TT+DD, Mo+DD*. [Study of resource-saving technologies of spring wheat cultivation with minimal soil cultivation in the conditions of the Prekamye of the Republic of Tatarstan on TT, TT + DD, Mo + DD variants]. *Dostizhenie nauchno-issledovatel'skoy raboty studentov v oblasti agropromyshlennogo kompleksa: materialy 66-y nauchnoy konferentsii agromicheskogo fakul'teta*. [Achievement of research work of students in the field of agro-industrial complex: materials of the 66th scientific conference of agronomy faculty]. Kazan', 2008. pp. 185-189.
6. Skipin L.N., Perfil'ev N.V., Zakharova E.V., Gaevaya E.V. *Sostoyanie pochvy i urozhaynost' kul'tur pri raznykh sistemakh osnovnoy obrabotki*. [Soil condition and crop yield under different primary cultivation systems]. *Plodorodie*. 2014. no. 4 (79). pp. 24-26.
7. Borin A.A., Korovina O.A., Loshchinina A.E. *Obrabotka pochvy v sevooborote*. [Soil cultivation in crop rotation]. *Zemledelie*. 2013. no. 2. pp. 20-22.
8. Zaikin V.P. *Sevooborot – osnova zemledeliya v sovremennykh usloviyakh*. [Crop rotation is the basis of agriculture in current conditions]. *Resursy i tekhnologii ratsional'nogo proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy konferentsii*. [Resources and technologies of rational production of agricultural products: conference materials]. N. Novgorod: Nizhego-rodskiy regional'nyy institut upravleniya i ekonomiki APK, 2000. pp. 25-30.
9. Safonov A.F., Stratonovich M.V. *Praktikum po zemledeliyu s pochvovedeniem: uchebnoe posobie*. [Manual on agriculture with soil science: a textbook]. Moscow: Agropromizdat, 1990. 207 p.
10. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
11. Kosolapova A.I. *Vliyanie obrabotki pochvy na agrofizicheskie pokazateli opodzolennogo chernoze-ma i produktivnost' kul'tur polevogo sevooborota*. [Influence of soil cultivation on agrophysical indicators of podzolized chernozem and productivity of crops of field rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2013. no. 5 (45). pp. 32-37.

Information about the authors:

Y.A. Bogomolova, PhD in Agriculture, senior researcher,
A.P. Sakov, PhD in Agriculture, Director of Nizhny Novgorod Research Institute,
A.V. Ivenin, PhD in Agriculture, associate professor, senior researcher, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture - branch of the Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, the settlement of Breeding station, 38, Kstovo district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru