УДК 631.51.01:632.51:633.853.52 EDN KYMTZF

Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Ильин Б. С.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОИ

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. Среди агротехнических приемов в технологии возделывания сои большое значение имеют способы обработки почвы. Цель исследований заключалась в оценке степени засоренности посевов и ее влиянии на формирование урожая и качества зерна в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях Курской области. Исследования проводили в 2020–2021 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» во второй ротации зернового севооборота: горох – озимая пшеница – соя – ячмень. Схема опыта включала следующие способы основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на 20–22 см, комбинированная обработка (дискование + чизелевание на 20–22 см), поверхностная обработка (дискование до 8 см), прямой посев. Выявлено, что минимальную воздушно-сухую массу сорняков наблюдали в посевах сои при вспашке, по сравнению с которой в варианте с комбинированной обработкой их масса была выше в 1,4 раза, поверхностной обработкой – в 1,9 раза, прямым посевом – в 1,3 раза. Минимизация основной обработки почвы с комбинированной и поверхностной обработки засоренность посевов на 74,3 % и 54,5 %, снижала число зерен на 289–467 шт./м², в среднем на 1 растении —на 3,1-5,5 шт., массу 1000 зерен — на 8,7-11,2 г по сравнению со вспашкой. Установлено, что наибольшая урожайность сои (2,01 т/га) и сбор протеина (608 кг/га) получены на вспашке. Прямой посев сои позволил получить урожай на уровне со вспашкой (2,00 т/га) благодаря формированию максимального числа семян на растении (33,6 шт./раст.) и единице площади (2471 шт./м^2) . При этом максимальная масличность семян (23,4%) обеспечила здесь наибольший сбор масла (402 кг/га).

Ключевые слова: соя (Glycine max), вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, засоренность, урожайность, структура урожая, качество зерна.

Для цитирования: Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Ильин Б. С.Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов, урожайность и качество зерна cou// Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 74–85. EDN: KYMTZF.

For citation: Morozov A. N., Dubovik D. V., Ilyin B. S. Influence of primary tillage methods on soybean weed infestation, yield and grain quality // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 74–85. EDN: KYMTZF.

Введение

Соя является распространенной и наиболее ценной белково-масличной культурой, возделываемой в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). Семена сои богаты протеином с благоприятным аминокислотным составом, близким по уровню кормовой ценности к кормам животного происхождения, а также жиром, витаминами. За последние 10 лет посевные площади под этой культурой в ЦЧР значительно выросли и в 2021 г. составляли 1032 тыс. га, в том числе в Курской области — 259,2 тыс. га. Ее высокие потребительские качества, создание новых раннеспелых сортов и адаптивность к условиям возделывания способствовали

широкому распространению этой культуры [1, 2]. Увеличение валовых сборов семян сои необходимо наращивать не только благодаря расширению площадей, но и повышению урожайности. Перед производителями сои стоит задача реализации ее потенциала продуктивности при повышении эффективности используемых средств производства на основе внедрения ресурсосберегающих технологий.

В технологии возделывания сои одним из ресурсо- и энергозатратных элементов является основная обработка почвы [3, 4]. Применение различных способов основной обработки почвы при возделывании сои оказывает существенное агрофизические влияние свойства почвы [5-7],режим влагообеспеченность, фитосанитарное состояние, рост и развитие посевов [8], что в целом определяет ее продуктивность [9–11]. Поэтому для получения стабильно высоких урожаев сои заданного качества необходим поиск оптимальных способов и систем обработки почвы в севооборотах с этой культурой, которые позволят не только снизить производственные затраты, но также создадут условия вегетации, в наибольшей степени соответствующие биологическим особенностям культуры, специфике ее роста и развития, формированию урожая и качества зерна.

В исследованиях по изучению эффективности применения минимизации основной обработки почвы, в том числе ее крайней степени минимизации – прямого просева в технологии возделывания сои отмечается неоднозначное действие способов обработки почвы в борьбе с сорными растениями и реализации ее потенциала урожайности [12–14]. Недостаточно изучено влияние различных способов основной обработки почвы на формирование элементов структуры урожая и качество зерна сои. Поэтому исследования влияния способов основной обработки почвы на засоренность посевов, формирование урожая и качества зерна являются актуальными.

Цель исследований — оценить степень засоренности посевов и ее влияние на формирование урожая и качества семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях Курской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки). Сою возделывали в четырехпольном зерновом севообороте с применением следующих способов основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на глубину 20–22 см, комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см), поверхностная обработка (дискование до 8 см), прямой посев (No-till). Зерновой севооборот развернут в пространстве и времени со следующим чередованием культур: горох (*Pisum sativum*) – озимая пшеница (*Triticum aestivum*) – соя (*Glycine max*) – ячмень (*Hordeum vulgare*). Делянки в опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки $6000 \text{ м}^2 (60 \times 100 \text{ м})$, повторность трехкратная.

Исследования проводили во второй ротации зернового севооборота на раннеспелом сорте сои Казачка. Семена перед посевом обрабатывали двухкомпонентным инокулянтом «Хайкоут Супер Соя» и «Хайкоут Супер Экстендер» с добавлением инсектицидно-фунгицидного протравителя «Круйзер Макс». По вспашке, комбинированной и поверхностной обработкам посев осуществляли зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, в варианте с технологией прямого посева — сеялкой Дон 114 с шириной междурядий 21 см. В 2020 г. сою посеяли 29 апреля, в 2021 г. — 18 мая. Норма высева составляла 750 тыс. всхожих семян на 1 га.

По вспашке, комбинированной и поверхностной обработкам для сохранения влаги и выравнивания зяби проводили ранневесеннее боронование, а за день до сева предпосевную культивацию на глубину 4—5 см. В технологии прямого посева после уборки предшественника и перед посевом сои делянки обрабатывали гербицидом сплошного действия («Ураган Форте» 2,0 л/га). Во всех вариантах основной обработки почвы в ранние фазы роста сорняков (2—6 листьев), начиная с фазы первого тройчатого листа сои, выполняли первую гербицидную обработку посевов баковой смесью: «Базагран», ВР в дозе 2,5—3,0 л/га и «Хармани», СТС — 0,008 кг/га, затем вторую обработку гербицидом «Пантера», КЭ в дозе 1,0 л/га. В остальном технология возделывания сои в опыте была общепринятая для региона, за исключением различий в способах основной обработки почвы.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым со средним содержанием в пахотном слое гумуса -5,4 % (ГОСТ 26213-91), высоким содержанием подвижного фосфора -19,3 мг/100 г и повышенным подвижного калия -11,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91). Реакция почвенной среды слабо кислая, р H_{KCl} –5,5 (ГОСТ 26483-85).

Климат Курской области умеренно-континентальный с относительно продолжительной умеренно-холодной зимой и теплым, временами жарким и засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха изменяется с севера на юг от 4,6 до 6,1 °C, сумма активных температур – в пределах 2400–2600 °C. Годовое количество осадков варьирует от 460 до 640 мм. С мая по август периодически выпадают осадки в виде ливней. Каждые три–четыре года повторяются засухи средней интенсивности.

Агрометеорологические условия периода вегетации сои в годы исследований характеризовались как засушливые. В 2020 г. за период от сева до наступления полной спелости семян сумма осадков, сумма активных температур и ГТК по Селянинову составляли 205,2 мм, 2220,7 °С и 0,92, а в 2021 г.— 177,3 мм, 2152,4°С и 0,82 соответственно. При этом погодные условия в период вегетации сои имели свои характерные особенности. В 2020 г. наблюдали дефицит осадков со ІІ декады июня по І декаду июля включительно на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха, которая в июне превышала климатическую норму на 3,4 °С, а в июле — на 2,1 °С. Большое количество осадков (65,2 мм) выпало только во ІІ декаде июля, и они носили ливневой характер. Сложившиеся засушливые условия вегетации в июне и июле отрицательно сказались на росте и развитии растений сои в период появление третьего тройчатого листа — цветение. Август был также достаточно засушливым. При средней температуре воздуха в этом месяце близкой к климатической норме (18,1 °С) осадков выпало в 5,4 раза меньше месячной нормы (64 мм), что неблагоприятно отразилось на наливе зерна сои.

Метеорологические условия 2021 г. складывались менее благоприятно для роста и развития сои. Прохладная и дождливая погода в апреле и до середины мая привела к более позднему ее севу. Во второй половине вегетации сои (июль—август) наблюдалась жаркая и преимущественно сухая погода, особенно в наиболее ответственной фазе — цветение. За этот период осадков выпало 74,4 мм, что меньше климатической нормы в 1,8 раза, а средняя температура воздуха в июле превышала норму на 3,6 °C, в августе — на 3,2 °C. Такие условия оказали негативное влияние на формирование урожая сои, способствовали меньшему образованию бобов и снижению числа зерен на растениях.

Определение основных показателей структуры урожая сои (густота стояния растений перед уборкой, число зерен на растениях с единицы площади и в расчете на 1 растение, масса 1000 зерен) выполняли согласно разработанной Всероссийским

научно-исследовательским институтом масличныхкультур имени В.С. Пустовойта методике [15]. Учет засоренности посевов сои выполняли в фазе первого тройчатого листа и перед уборкой урожая количественно-весовым методом [16]. Урожайность сои учитывали в фазе полной спелости зерна методом сплошного учета поделяночно с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна приводили к 12 %-ной влажности (ГОСТ 17109-88) и 100 %-ной чистоте. Содержание протеина и масла в семенах сои определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Foss Infratec 1241. Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

Одним из основных факторов формирования урожая сои является эффективная защита посевов от сорняков. Применяя оптимальный способ основной обработки почвы в зерновом севообороте, можно существенно снизить засоренность посевов. В 2020 г. наименьшую засоренность посевов сои в фазе первого тройчатого листа (312,8 шт./м²) наблюдали в варианте с системой прямого посева (таблица 1). По сравнению количество сорняков было 29,7 %. вспашкой ниже на Применение комбинированной и поверхностной обработок почвы относительно вспашки привело к увеличению общей засоренности посевов на 74,3 % и 54,5 % соответственно. В то же время минимальную воздушно-сухую массу сорняков наблюдали в посевах сои при вспашке, по сравнению с которой в варианте с комбинированной обработкой их масса была выше в 1,4 раза, поверхностной обработкой – в 1,9 раза, прямом посеве – в 1,3 раза. В посевах сои из малолетних сорных растений преобладали: редька дикая (Raphanus raphanistrum), марь белая (Chenjpodium album), гречишка вьюнковая (Fallopia convolvulus), фиалка полевая (Viola arvensis), щирица запрокинутая (Amaranthus retroflexus), полынь горькая (Artemisia absinthium), паслен черный (Solanum nigrum), просо куриное (Echinochloa crus-galli), пырей ползучий (Elytrigia repens). Из многолетников – бодяк полевой (Cirsium arvense) и выюнок полевой (Convolvulus arvensis). Несмотря на большое количество сорных растений, их воздушно-сухая масса составляла всего 25,1–48,3 г/м² и в основном состояла из малолетников в ранних фазах развития (2–4 листьев).

Таблица 1 – Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов сои

nocebob con								
Вариант обработки	Количество сорняков, шт./м ²			Воздушно-сухая масса сорняков, г/м2				
	2020 г.	2021 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее		
в фазе первого тройчатого листа								
Вспашка	444,8	166,4	305,6	25,1	9,8	17,5		
Комбинированная	775,2	400,8	588,0	36,1	12,5	24,3		
Поверхностная	687,2	410,4	548,8	48,3	12,2	30,3		
Прямой посев	312,8	584,0	448,4	32,4	11,8	22,1		
HCP ₀₅	68,9	45,8	59,9	4,3	1,7	3,2		
перед уборкой урожая								
Вспашка	107,2	20,0	63,6	24,9	11,4	18,2		
Комбинированная	190,4	28,0	109,2	72,4	18,2	45,3		
Поверхностная	168,8	33,6	101,2	66,7	21,4	44,1		
Прямой посев	67,2	25,6	46,4	14,0	68,9	41,4		
HCP ₀₅	19,0	5,4	13,7	6,4	6,7	6,1		

Обработка посевов сои гербицидами «Базарган» (2,5 л/гa) + «Хармани» (0,008 кг/гa) в фазе второго тройчатого листа и «Пантера» (1,0 л/гa) в фазе третьего тройчатого листапозволила снизить численность сорных растений к уборке в 4,1-4,6

раза по всем изучаемым способам основной обработки почвы, однако отмеченная ранее закономерность сохранялась. При комбинированной и поверхностной системах обработки почвы количество сорняков было на 57,5 % и 77,6 % выше, а при системе прямого посева — ниже на 37,3 %, чем при вспашке. В тоже время воздушно-сухая масса сорняков была минимальной при прямом посеве. По сравнению с этим вариантом на вспашке сухая масса сорняков была выше в 1,8 раза, при комбинированной обработке — в 5,2 раза, при поверхностной обработке — в 4,8 раза. Перед уборкой основной фон засоренности составляли малолетние сорняки: гречишка выонковая (Fallopia convolvulus), латук компасный (Lactuca serriola), чистец однолетний (Stachys annua), паслен черный (Solanum nigrum). Из многолетников — выонок полевой (Convolvulus arvensis) и осот полевой (Sonchus arvensis).

В условиях 2021 г. засоренность посевов сои заметно снизилась, но все еще характеризовалась как очень сильная [17]. Наименьшее количество сорных растений и их минимальную воздушно-сухую массу отмечали в варианте со вспашки. При применении комбинированной обработки почвы относительно вспашки общая численность сорняков повысилась в 2,4 раза, их сухая масса увеличилась на 27,6 %, поверхностной обработки – в 2,5 раза и на 24,4 %, прямого посева – в 3,5 раза и на 20,4 %. К уборке по всем изучаемым способам основной обработки почвы их количество в посевах сои снизилось в 8,3–22,8 раза, а их сухая масса выросла в 1,2–5,8 раза по сравнению с первоначальным уровнем. При этом при вспашке оставалось минимальное количество сорных растений с наименьшей воздушно-сухой массой. В варианте с прямым посевом сильное отрастание такого двулетнего сорного растения, как латук компасный (*Lactuca serriola*) привело к высокой воздушно-сухой массе сорняков (68,9 г/м²), однако существенного влияния на уровень урожайности она не оказала, так как налив семян у сои практически завершился.

В среднем за годы исследований наименьшую засорённость посевов сои в фазе первого тройчатого листа наблюдали на фоне вспашки. Применение комбинированной и поверхностной обработки почвы и прямого просева относительно вспашки приводило к увеличению общего количества сорняков в 1,5—1,9 раза, а их воздушно-сухой массы — на 26,3—73,1 %. Перед уборкой урожая минимальное в опыте количество сорных растений в посевах сои отмечено в варианте с прямым посевом, что на 27,0 % ниже, чем при вспашке и в 2,3 и 2,2 раза ниже, чем при комбинированной и поверхностной обработках почвы соответственно. При этом наименьшая воздушно-сухая масса сорняков сохранялась на вспашке. При переходе на комбинированную обработку почвы сухая масса сорняков увеличивалась в 2,5 раза (по сравнению с вспашкой), поверхностную — в 2,4 раза, прямой посев — в 2,3 раза.

Анализ видового состава сорных растений показал, что в годы исследований из малолетников в посевах сои преобладали просо куриное (Echinochloa crus-galli), щетинник сизый (Setaria glauca), пырей ползучий (Elytrigia repens), марь белая (Chenjpodium album), гречишка вьюнковая (Fallopia convolvulus), латук компасный (Lactuca serriola), чистец однолетний (Stachys annua), щирица запрокинутая (Amaranthus retroflexus). В меньшей степени из малолетних сорных растений встречались такие виды: редька дикая (Raphanus raphanistrum), подмаренник цепкий (Galium aparine), полынь горькая (Artemisia absinthium), паслен черный (Solanum nigrum). Основной фон многолетних сорных растений составляли бодяк полевой (Cirsium arvense), вьюнок полевой (Convolvulus arvensis) и осот полевой (Sonchus arvensis).

Основная обработка почвы является не только важным элементом эффективной борьбы с засоренностью посевов, но также влияет на весенний запас продуктивной влаги в период сева. В наших опытах изучаемые способы основной обработки почвы ко времени сева обеспечивали достаточный запас продуктивной влаги в верхнем 0–20 см (14,0–27,4 мм) и в метровом слоях почвы (102,2–134,6 мм), что в годы исследований способствовало получению полноценных всходов и в дальнейшем не оказало существенного влияния на густоту стояния растений сои $(F_{\varphi} < F_{05})$. В среднем за 2020–2021 гг. густота стояния растений сои перед уборкой урожая по вариантам опыта также существенных различий не имела и составляла в 705–735 тыс. шт./га.

Результаты исследований показали, что способы основной обработки почвы оказали существенное влияние на такие элементы структуры урожая сои, как среднее число зерен на растении, число зерен на единице площади, массу 1000 зерен (рисунок 1). Максимальное число зерен с одного растения и на единице площади отмечали при прямом посеве (33,6 шт./раст. и 2471 шт./м²), что на 16,7 % и на 20,3 % больше по сравнению со вспашкой, на 30,7 % и на 40,0 %, по сравнению с комбинированной обработкой, на 44,2 % и на 55,7 % по сравнению с поверхностной обработкой. При этом возделывание сои в системе прямого посева способствовало формированию наиболее низкой массы 1000 семян. С увеличением глубины и интенсивности основной обработки почвы наблюдалась тенденция к увеличению массы 1000 семян. Связь между запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом и элементами структуры урожая сои не установлена.

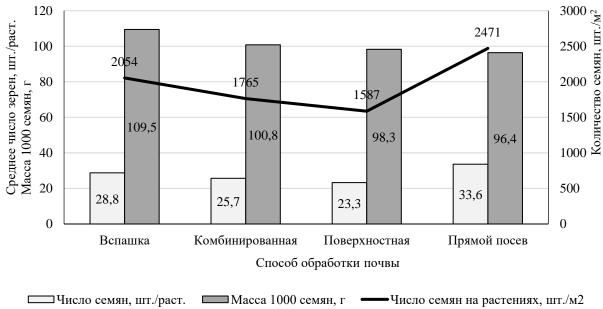


Рисунок 1 — Изменение элементов структуры урожая сои в зависимости от способа основной обработки почвы (в среднем за 2020–2021 гг.)

Примечание. HCP_{05} : число семян — 1,2 шт./раст.; масса 1000 семян — 1,6 г; число семян на растениях — 22,2 шт./м².

Анализ экспериментальных данных позволил установить влияние показателей засоренности посевов на формирование элементов структуры урожая сои. Это подтверждается заметной отрицательной связью сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа с числом зерен на 1 м^2 (r = -0.65) и средним числом зерен на растении (r = -0.65), очень высокой отрицательной связью общего

количества сорняков перед уборкой с числом семян на 1 м 2 (r=-0.93) и средним числом семян на растении (r=-0.92). Установлена заметная отрицательная корреляционная связь сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа с массой 1000 зерен (r=-0.69).

Применяемые способы основной обработки почвы оказывали влияние не только на засоренность посевов и формирование элементов структуры урожая сои, но и величину ее урожая (таблица 3). В 2020 г. максимальная урожайность сои была получена при ее возделывании по технологии прямого посева, где, по сравнению со вспашкой, получена достоверная прибавка урожая в 0,19 т/га. В варианте с комбинированной обработкой почвы урожайность сои относительно вспашки была ниже на 0,20 т/га, поверхностной обработкой — на 0,29 т/га.

Таблица 3 – Урожайность семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы

Вариант обработки	Уро	ожайность по года	Изменение благодаря	
	2020 г.	2021 г.	среднее	обработке
Вспашка	1,95	2,06	2,01	
Комбинированная	1,75	1,65	1,70	-0,31
Поверхностная	1,66	1,57	1,61	-0,40
Прямой посев	2,14	1,86	2,00	-0,01
HCP ₀₅	0,09	0,10	0,08	

В 2021 г. наибольшую урожайность сои отмечали по вспашке, что достоверно выше, чем при ее возделывании в системе комбинированной обработки на 0,41 т/га, поверхностной обработки — на 0,49 т/га, прямого посева — на 0,20 т/га. В среднем за два года исследований наиболее высокая урожайность была получена в варианте со вспашкой. Однако снижение урожайности при использовании технологии прямого посева относительно вспашки было несущественным и составляло всего 0,01 т/га. При переходе на комбинированную обработку почвы урожайность сои снижалась по сравнению со вспашкой на 0,31 т/га, поверхностную обработку — на 0,40 т/га.

Изменения урожайности сои в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы во многом были обусловлены конкуренцией в период вегетации культуры с сорными растениями за факторы жизни, что оказало влияние как на формирование основных элементов структуры урожая, так и его величину. При этом в критический для роста и развития культуры период (три—четыре недели после появления всходов) наибольшее влияние на урожайность оказывала масса сорняков в фазе первого тройчатого листа, а в предуборочный период — их количество, что подтверждается высокой отрицательной корреляционной связью (r = -0.88 для воздушно-сухой массы сорняков и r = -0.92 — для общего количества сорняков). С ростом воздушно-сухой массы сорняков на 4.1 г/m^2 в фазе первого тройчатого листа и увеличением общего количества сорных растений к уборке на 19.8 шт./m^2 урожай сои снижался на 0.13 т/га или на 6.5 %.

Влияние изучаемых в опыте способов основной обработки почвы отразилось на качестве зерна сои. Так, наиболее высокое содержание протеина в зерне сои отмечали в варианте с применением отвальной вспашки (таблица 4). При минимизации обработки почвы от комбинированной обработки до прямого посева содержание протеина в зерне снижалось, но такие изменения качества зерна были достоверны только в 2021 г. В среднем за 2020–2021 гг. вспашка обеспечивала увеличение содержание в зерне протеина по сравнению с комбинированной обработкой на 0,6 %, поверхностной обработкой – на 0,8 %, прямым посевом – на 2,3 %. Под влиянием сложившихся условий вегетации сои, вызванных прямым и

косвенным действием способов основной обработки почвы, с увеличением содержания протеина в зерне, отмечали снижение содержания масла, что подтверждено очень высокой отрицательной корреляционной связью (r=-0.92). Наиболее высокое содержание масла в зерне было при возделывании сои по технологии прямого посева. При переходе на более глубокие способы основной обработки почвы содержание масла в зерне снижалось на 0.6% по поверхностной обработке, на 0.7% — по комбинированной обработке и на 0.8% — по вспашке.

Таблица 4 – Качество зерна сои при различных способах основной обработки почвы

	Содержание в зерне сои по годам, % к абсолютно сухому веществу						
Вариант обработки	протеина			масла			
	2020 г.	2021 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее	
Вспашка	35,5	35,0	35,3	21,9	23,3	22,6	
Комбинированная	35,7	33,7	34,7	21,9	23,5	22,7	
Поверхностная	35,8	33,2	34,5	21,8	23,7	22,8	
Прямой посев	34,9	31,0	33,0	22,0	24,8	23,4	
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	1,0		$F_{\phi} < F_{05}$	0,5		

Качество выращенного зерна частично связано с формированием элементов структуры урожая сои. Так, по средним за годы исследований данным с учетом влияния применяемых способов основной обработки почвы установлено, что с ростом массы 1000 семян повышается содержание протеина в семенах (r = 0.80) и снижается его масличность (r = -0.68).

Основным интегральным показателем продуктивности сои являются сбор протеина и масла с гектара, которые определяются как уровнем урожайности, так и качеством выращенного зерна. Как видно из представленных на рисунке 2 данных, применение отвальной обработки почвы, способствующей росту урожайности зерна сои и повышению содержания в нем протеина, позволило получить максимальный сбор протеина. При минимизации основной обработки почвы сбор протеина относительно вспашки достоверно снижался на 102 кг/га при комбинированной обработке, на 129 кг/га – при поверхностной обработке и на 38 кг/га – при прямом посеве. При этом, за счет повышения масличности зерна сои при минимизации основной обработки почвы тенденция по сбору масла с гектара несколько отличалась. Благодаря максимальному содержанию масла в зерне сои и высокой урожайности наибольший его сбор с гектара был получен в варианте с технологией прямого посева. На вспашке в сравнении с прямым посевом сбор масла снижался на 12 кг/га, комбинированной обработке – на 72 кг/га, поверхностной обработке – на 87 кг/га. Однако преимущество прямого посева по сбору масла было достоверным только для вариантов с комбинированной и поверхностной обработкой почвы.

Следует отметить, что снижение показателей продуктивности сои в вариантах с комбинированной и поверхностной обработкой почвы было связано с более высокой засоренностью посевов. Так, в критический период для роста и развития сои в наибольшей степени на продуктивность этой культуры оказывала влияние сухая масса сорняков, что подтверждается отрицательной корреляционной связью сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа со сбором протеина (r = -0.95) и сбором масла (r = -0.83). Полученные экспериментальные данные также позволили выявить отрицательную связь общего количества сорняков перед уборкой с сбором протеина (r = -0.83) и с сбором масла (r = -0.95). Таким образом, с ростом воздушно-сухой массы сорняков на 4.1 г/м^2 в фазе первого тройчатого листа и

увеличением общего количества сорных растений к уборке на $26,2 \text{ шт./м}^2$ сбор протеина снижался на 43 кг/га или 7,0 %, сбор масла — на 27 кг/га или 6,8 %.

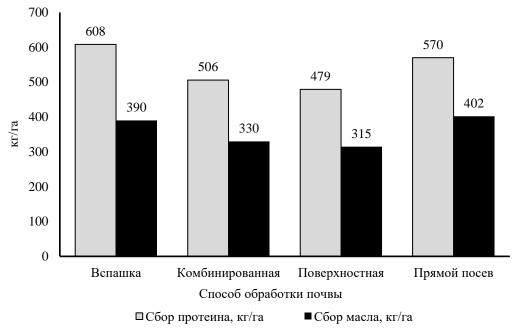


Рисунок 2 – Сбор протеина и масла в зависимости от способа основной обработки почвы (среднее за 2020–2021 гг.)

Примечание. HCP_{05} сбор протеина -19.5 кг/га, сбор масла -21.9 кг/га.

Выводы

Применение различных способов основной обработки почвы оказывает существенное влияние на засоренность посевов, формирование основных элементов структуры урожая сои, и в конечном итоге – на величину и качество выращенного урожая зерна. Возделывание сои по вспашке способствовало в критический для роста и развития культуры период снижению количества сорняков в 1,5–1,9 раза, их сухой массы – на 26,3-73,1 %; формированию наиболее высокой массы 1000 семян (109,5 г) и увеличению содержания протеина в семенах на 0,6–2,3 %, что позволило сформировать наибольшую урожайность (2,01 т/га) и сбор протеина (608 кг/га). Возделывание сои с применением технологии прямого посева способствовало получению урожая по уровню сопоставимого со вспашкой (2,00 т/га) благодаря формированию максимального числа зерен на растении (33,6 шт./раст.) и единице площади (2471 шт./м²). При этом максимальная масличность зерна (23,4 %) обеспечила наибольший сбор масла (402 кг/га), что, по сравнению со вспашкой, не имело существенной прибавки. При минимизации основной обработки почвы с применением комбинированной и поверхностной обработки относительно вспашки отмечалось увеличение засоренности посевов в критический период для роста и развития сои, снижение числа зерен на 289-467 шт./м² и в среднем на 1 растении на 3,1-5,5 шт., массы 1000 семян – на 8,7-11,2 г, что отразилось понижением урожайности зерна на 15,5-19,5 %, содержания в нем протеина на 0,6-0,8 % и в конечном итоге, сокращением сбора протеина на 102-129 кг/га, масла – на 60-75 кг/га.

Работа выполнена по теме государственного задания FGZU-2019-0002.

Литература

- 1. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4. С. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
- 2. Лукомец В. М., Кочегура А. В., Баранов В. Ф., Махонин В. Л. Соя в России действительность и возможности. Краснодар: ВНИИМК, 2013. 99 с.
- 3. Кузыченко Ю. А., Кулинцев В. В., Кобозев А. К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19–22.
- 4. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions of the northern part of the Donetsk Highland // The Scientific Journal Grain Crops. 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314–323. DOI: 10.31867/2523-4544/0042.
- 5. Fernandez R., Frasier I., Noellemeyer E., Quiroga A. Soil quality and productivity under zero tillage and grazing on Mollisols in Argentina a long-term study // Geoderma Regional. 2017. Vol. 11. P. 44–52. DOI: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002.
- 6. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.
- 7. Gao L., Wang B., Li S., Wu H., Wu X., Liang G., Gong D., Zhang X., Cai D., Degre A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China // Catena. 2019. Vol. 173. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.043.
- 8. Morrison M. J. Cober E. R., Gregorich E. G., Voldeng H. D., Ma B., Topp G. C. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada // Can. J. Plant Sci. 2018. Vol.98. No.1. P. 183–191. DOI: 10.1139/CJPS-2016-0407.
- 9. Васюков П. П., Лесовая Г. М., Чуварлеева Г. В., Мнатсаканян А. А., Быков О. Б. Оценка изменения плодородия чернозема выщелоченного Краснодарского края в зависимости от систем основной обработки почвы // Плодородие. 2018. № 3. С. 17–20.
- 10. Новиков В. М. Формирование продуктивной влаги водопотребление зернобобовыми и крупяными культурами под действием способов обработки почвы и удобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 1. С. 84–91.
- 11. Орехов Г. И., Бушнев А. С. Способы основной обработки почвы под сою в регионах России (обзор) // Масличные культуры. 2019. №.1 (177). С. 124–131. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131.
- 12. Савенков В. П., Хрюкин Н. Н., Епифанцева А. М. Урожай и качество семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. №.1 (173). С. 55–60. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-1-173-55-60.
- 13. Шабалкин А. В., Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность, качество семян сои и экономическую эффективность // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 55–59. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-55-59.
- 14. Зинченко В. Е., Гринько А. В., Кулыгин В. А., Вошедский Н. Н. Особенности возделывания сои на обыкновенных черноземах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 12. С. 12-14. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11203.
- 15. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В. М. Лукомца/ Краснодар: ВНИИМК, 2010. 327 с.
- 16. Васильев И. П., Туликов А. М., Баздырев Г. И., Захаренко А. В., Сафонов А. Ф. Практикум по земледелию. М.: Колос С, 2004. 424 с.
- 17. Ченкин А. Ф., Захаренко В. А., Белозерова Г. С. Фитосанитарная диагностика. М.: Колос, 1994. 320 с.

References

- 1. Bilyavska L. G., Belyavskiy Yu. V., Diyanova A. A. Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties // Zernobobovye i krupânye kul'tury (Legumes and Groat Crops). 2018. No. 4. P. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
- 2. Lukomets V. M., Kochegura A. V., Baranov V. F., Makhonin V. L. Soybean (*Glycine max*) in Russia reality and opportunities. Krasnodar: V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), 2013. 99 p.
- 3. Kuzychenko Yu. A., Kulintsev B. B., Kobozev A. K. Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils of the Fore-Caucasus // Zemledelie. 2017. No. 4. P. 19–22.

- 4. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions of the northern part of the Donetsk Highland // The Scientific Journal Grain Crops. 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314–323. DOI: 10.31867/2523-4544/0042.
- 5. Fernandez R., Frasier I., Noellemeyer E., Quiroga A. Soil quality and productivity under zero tillage and grazing on Mollisols in Argentina a long-term study // Geoderma Regional. 2017. Vol. 11. P. 44–52. DOI: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002.
- 6. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.
- 7. Gao L., Wang B., Li S., Wu H., Wu X., Liang G., Gong D., Zhang X., Cai D., Degre A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China // Catena. 2019. Vol. 173. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.043.
- 8. Morrison M. J. Cober E. R., Gregorich E. G., Voldeng H. D., Ma B., Topp G. C. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada // Can. J. Plant Sci. 2018. Vol.98. No.1. P. 183–191. DOI: 10.1139/CJPS-2016-0407.
- 9. Vasyukov P. P., Lesovaya G. M., Chuwarileeva G. V., Mnatsakanyan A. A., Bykov O. B., Mukhina M. T. Evaluation of leached chernozem fertility changes in Krasnodar Krai as a function of tillage system // Plodorodie. 2018. No. 3. P. 17–20.
- 10. Novikov V. M. Formation of productive moisture and water consumption by leguminous and groat crops under the influence of methods of soil cultivation and fertilizings // Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Legumes and Groat Crops). 2014. No. 1. P. 84–91.
- 11. Orekhov G. I., Bushnev A. S. Methods of soil tillage under soybean in regions of Russia (review) // Oil Crops. 2019. No.1 (177). P. 124–131. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131.
- 12. Savenkov V. P., Khryukin N. N., Epifantseva A. M. The yield and quality of soybean seeds depending on the methods of primary soil treatment // Oil Crops. 2018. No. 1 (173). P. 55–60. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-1-173-55-60.
- 13. Shabalkin A. V., Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. The effect of soil treatment in combination with fertilizer and herbicide application on yield and quality of soybean seeds and economic efficiency // Oil Crops. 2019. No.1 (177). P. 55–59. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-55-59.
- 14. Zinchenko V. E., Grinko A. V., Kulygin V. A., Vasetsky N. N. Peculiarities of soybean cultivation on ordinary chernozem in the Rostov Region // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2018. No.12. P. 12–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11203.
- 15. Methodology of agronomic field experiments with oil crops // Under general editorship of Lukomets V. M. Krasnodar: V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), 2010. 327 p.
- 16. Vasiliev I. P., Tulikov A. M., Bazdyrev G. I., Zakharenko A. V., Safonov A. F. Laboratory manual for agronomy. Moscow: Kolos S, 2004. 424 p.
- 17. Chenkin A. F., Zakharenko V. A., Belozerova G. S. Phytosanitary diagnostics. Moscow: Kolos, 1994. 320 p.

UDC 631.51.01:632.51:633.853.52

Morozov A. N., Dubovik D. V., Ilyin B. S.

INFLUENCE OF PRIMARY TILLAGE METHODS ON SOYBEAN WEED INFESTATION, YIELD AND GRAIN QUALITY

Summary. In soybean cultivation, soil tillage methods are of great importance. The purpose of the research was to assess the degree of Glycine max crops weed infestation and its impact on the yield and grain quality formation depending on the basic tillage method under conditions of the Kursk Region. The studies were carried out in 2020-2021 in the field stationary experiment located in the experimental site of the Federal Agricultural Kursk Research Center in the second cycle of the grain crop rotation: pea – winter wheat – soybean – barley. The experimental design included the following options: plowing with a turnover of soil layer to a depth of 20–22 cm; 20–22 cm deep combined tillage (disking + chiseling); surface tillage (disking up to 8 cm); direct sowing. In the course of the research, we revealed that the minimum air-dry mass of weeds was observed in soybean crops, where the basic tillage method was plowing. In the variant with combined treatment, their mass was 1.4 times higher compared to the above option;

surface treatment -1.9 times; direct sowing -1.3 times. Minimization of primary tillage with the use of combined and surface tillage methods increased the weediness by 74.3% and 54.5%, reduced the number of grains by 289–467 pcs./m² and, on average, per one plant by 3.1–5.5 pcs., the weight of 1000 grains by 8.7–11.2 g compared to plowing. The highest soybean yield (2.01 t/ha) and protein yield (608 kg/ha) were obtained in the variant "plowing". Direct sowing made it possible to obtain the yield at the level of the variant with plowing (2.00 t/ha) due to the formation of the maximum number of grains per plant (33.6 pcs./plant) and per area unit (2471 pcs./m²). At the same time, in this variant, oil content of grain was maximum (23.4%) and, accordingly, provided the highest oil yield (402 kg/ha).

Keywords: soybean (Glycine max), plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing, weed infestation, yield, yield formula, grain quality.

Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: alex.morozoff76@yandex.ru.

Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник; ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: dubovikdm@yandex.ru.

Ильин Борис Сергеевич, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: kniiapp@mail.ru.

Morozov Aleksandr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., 305021, Russia; e-mail:alex.morozoff76@yandex.ru.

Dubovik Dmitry Vyacheslavovich, Dr. Sc. (Agr.), professor RAS, chief researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: dubovikdm@yandex.ru.

Ilyin Boris Sergeevich, senior researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: kniiapp@mail.ru.

Дата поступления в редакцию — 28.02.2022. Дата принятия к печати — 25.03.2022.