

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ НА ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

В. А. Радовня¹, В. Н. Халецкий², Т. Н. Азарёнок³, О. В. Матыченкова³

*¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

²Брестская ОСХОС НАН Беларуси, г. Пружаны, Брестская область, Беларусь

³Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Соя является относительно новой культурой для Республики Беларусь, но в последние годы отмечается положительная динамика роста ее посевных площадей, которые в 2024 г. достигли отметки 9,6 тыс. га, что на 46 % выше уровня предыдущего года.

В последние годы в республике созданы раннеспелые сорта сои, созревающие при накоплении относительно небольших сумм активных температур: 1700–1800 °С [2], что позволяет размещать ее посевы в центральных и даже северных районах республики, а также возделывать эту культуру на полугидроморфных и гидроморфных почвах при поздних сроках, когда посев в оптимальные сроки технически не осуществим. Особую опасность представляют весенние заморозки и пониженные температуры, которые могут существенно ограничить продуктивность сои [5].

Соя довольно требовательна к плодородию почв и гидротермическим условиям вегетации. Различные типы и разновидности почв отличаются по своим агрофизическим, агрохимическим и микробиологическим свойствам, имеют различные влагоемкость, запас питательных веществ, кислотность, содержание органического вещества и др. При этом данные показатели оказывают влияние как на произрастание культурных растений, так и на эффективность отдельных агроприемов (минеральное удобрение, внесение удобрений и др.).

Следует отметить, что проблема оценки пригодности почв для возделывания сои в условиях республики долгое время оставалась малоизученной, существующие рекомендации возделывания сои [7] ориентированы преимущественно на автоморфные дерново-подзолистые почвы (суглинистые и супесчаные, подстилаемые мореной), в связи с этим возникает вопрос о их применении для полугидроморфных и гидроморфных почв.

Проблема оценки пригодности земель под сельскохозяйственные культуры отличается большим разнообразием подходов и методов. В. А. Рожков приводит 6 современных интегральных индексов продуктивности земель [8]. Суть индексов сводится к тому, что каждая сельскохозяйственная культура обладает определенными требованиями к почве и внешним условиям (почвенно-климатические условия) и при оценке пригодности земель для выращивания той или иной культуры определяется мера сходства между требованиями культуры и показателями, которые характеризуют данное земельное угодье.

В настоящее время в агрономических науках оценка земель, основанная на интегральных показателях, утрачивает значение [3, 6]. Получает распространение комплексная агрономическая характеристика почв, которая учитывает особенности почвенного покрова и агроклиматические особенности региона, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Основным критерием при проведении агроэкологической оценки служат биологические требования сельскохозяйственных культур к условиям произрастания и агротехнологиям. Для каждой культуры используют технологии различной степени интенсивности, соответствующие биологическому потенциалу сортов и гибридов, а также почвенно-климатическому потенциалу [4].

Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут для условий республики выделяют 15 агропроизводственных групп почв, построенных на трех принципах [9]:

- учет требований сельскохозяйственных культур к почвенным условиям;
- различия в плодородии почв, в том числе агропочвенных и агротехнологических свойствах;
- различия в оценке земель, характеризующей почвенное плодородие.

Для сельскохозяйственных культур авторами разработаны частные агропроизводственные группировки почв республики, разделенные на четыре группы (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные). Однако агропроизводственные группировки почв требуют некоторого уточнения, особенно это касается агроторфяных низинных почв и дерготорфоземов с разным содержанием органического вещества.

Недостаток экспериментальных данных о пригодности тех или иных типов почв для возделывания сои в Республике Беларусь и послужил основанием для проведения настоящей работы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2021–2023 гг. в центральной части Беларуси на 3-х почвенных разновидностях (согласно данным агроэкологической лаборатории БГСХА):

– дерново-подзолистая среднесуглинистая (далее по тексту ДПсугл) (Дзержинский район): с показателем кислотности pH_{KCl} – 5,6–6,4, содержанием гумуса 3,26–3,58 %, подвижного фосфора – 359,0–400,7 мг/кг, обменного калия – 307,4–320,2 мг/кг, оценка почвенного плодородия – 59 баллов;

– дерново-подзолистая связносупесчаная слабogleеватая (далее по тексту ДПсуп) (Червенский район): с показателем кислотности pH_{KCl} – 6,2–6,4, содержанием гумуса – 1,96–2,01 %, подвижного фосфора – 193,0–207,7 мг/кг, обменного калия – 237,7–267,5 мг/кг, оценка почвенного плодородия – 31 балл;

– торфяно-глеевая (далее по тексту ТБ) (Червенский район): с показателем кислотности pH_{KCl} 5,1, с содержанием подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 271 мг/кг и калия (K_2O) – 246 мг/кг, мощность пахотного частично минерализованного горизонта 20 см, последующего торфяного слоя 30 см, оценка почвенного плодородия – 29 баллов.

Исследования проводились на раннеспелом сорте Припять, районированном в Республике Беларусь с 2006 г. Сорту характеризуется детерминантным типом роста и дружным созреванием. Предшественником на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве были однолетние травы, на дерново-подзолистой связносупесчаной и торфяно-глеевой почвах – редька масличная на семена.

Общая площадь делянки во всех опытах составляла 12 м², учетная – 6,4 м², повторность – 3-кратная. Посев раннеспелого детерминантного сорта сои Припять проводили в оптимальные сроки (2021 г. – 7–10 мая, 2022 г. – 17–25 мая, 2023 г. – 10–14 мая) черезрядным способом (ширина междурядья 30 см) с нормой высева 0,4 млн/га.

На опытных участках применяли технологии возделывания, отличающиеся степенью интенсификации (по Кирюшину [6]): интенсивная (ИТ), нормальная (НТ), экстенсивная (ЭТ). В связи с особенностями культуры в ЭТ предусматривались некоторые элементы интенсификации – калийное удобрение K₉₀, применение почвенного гербицида Алгоритм (0,4 л/га). В НТ предусматривалось внесение минеральных удобрений в дозах N₃₀₊₁₀₊₈₀P₃₀K₉₀ (фосфорные – локально при посеве). В ИТ применялся более высокий уровень минеральных удобрений N₂₀₊₁₃₀P₆₀K₉₀ (фосфорные – сплошную перед посевом). В НТ и ИТ вносились более эффективные почвенные гербициды Гардо голд (4,0 л/га), Акрис (2,0–2,5 л/га) или по-всходовый гербицид Пульсар (0,75 л/га). В ИТ также дополнительно применялся фунгицид Пиктор Актив (0,4 л/га). Во всех вариантах опыта вносился по-всходовый противозлаковый гербицид Миура (1,0 л/га). Опыт проводился без участия клубеньковых бактерий.

Погодные условия за годы исследований значительно различались и оказывали существенное влияние на рост культурных растений, а также на эффективность действия гербицидов и засоренность посевов (табл. 1).

Наиболее теплообеспеченным был 2023 г., но и в другие годы сумма активных температур за период вегетации сои превышала требования раннеспелых сортов сои. Негативное влияние на развитие сои в 2022 г. оказали раннеосенние заморозки (9–11 сентября).

Условия влагообеспеченности в первой половине вегетации в 2021 г. можно охарактеризовать как засушливые (количество осадков за июнь–июль составило 69 мм) и благоприятные для сои во второй половине вегетации, когда за август выпало 100 мм осадков, что позволило растениям сохранить высокое количество семян в бобах и сформировать выполненные семена.

Несмотря на то, что в 2022 г. за период май–сентябрь выпало максимальное количество осадков (460 мм), данный год являлся наименее благоприятным по влагообеспеченности: большое количество осадков в мае существенно задержало сроки сева (особенно на дерново-подзолистой среднесуглинистой и торфяно-глеевой почвах), острая засуха в августе ухудшила условия формирования и налива семян. В 2023 г. при минимальном количестве осадков (293 мм) для сои сложились благоприятные условия как для формирования бобов (сумма осадков за июнь–июль 149 мм), так и для формирования семян (сумма осадков за август 85 мм), однако сентябрьская засуха ограничила налив семян.

Таким образом, 2022 г. можно охарактеризовать как неблагоприятный для возделывания сои, 2023 г. – как нормальный (равномерное распределение осадков за период вегетации сои), 2021 г. – как близкий к благоприятному (повышенное выпадение осадков во второй половине вегетации сои) (табл. 1).

**Характеристика погодных условий периода вегетации
в годы проведения исследований**

Месяц	Декада	Сумма активных температур, °С			Сумма осадков, мм			*ГТК		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Май	I	84,5	83,5	75	14	0	15	–	–	0
	II	129	110,5	126	48	35	8	–	–	1,3
	III	145	115	145	2	65	0	–	–	1,1
Июнь	I	163,5	171	143	6	5	10	1,7	0	2,0
	II	180,5	170	196	20	15	50	3,7	3,2	0,6
	III	226,5	206	206	26	30	17	0,1	5,7	0
Июль	I	221,5	198	176	5	25	26	0,4	0,3	0,7
	II	248	160	195	0	40	13	1,1	0,9	2,5
	III	224	192	208	12	24	33	1,1	1,5	0,8
Август	I	173	212	204	28	3	65	0,2	1,3	1,5
	II	182	220	198	26	5	9	0	2,5	0,7
	III	161	229	224	46	1	11	0,5	1,3	1,6
Сентябрь	I	127	122	151	14	0	0	1,6	0,1	3,2
	II	115	97	160	54	65	10	1,4	0,2	0,5
	III	77,5	97	150	45	20	0	2,9	0	0,5
Сумма		2616	2529	2782	371	460	293	1,4	1,4	1,1

*ГТК – гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Главным критерием оценки пригодности почв для возделывания той или иной культуры является ее продуктивность. В наших опытах в среднем за три года при различных уровнях интенсификации возделывания на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве получено от 21,5 до 36,5 ц/га семян сои, на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 8,8–18,4 ц/га.

В среднем за 2022–2023 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве получено 17,5–36,2 ц/га семян сои в зависимости от интенсивности технологии возделывания, на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 6,7–19,4 ц/га, на торфяно-глеевой – 15,2–27,5 ц/га (табл. 2).

Схемой опыта предусматривалось, что на урожайность семян будут оказывать влияние следующие факторы: «погодные условия» (равные для всех опытных участков), «почвенные условия» (агрохимические и агрофизические свойства почв различных типов и разновидностей) и «технология возделывания» (уровень минерального питания, защита посевов от сорняков и болезней).

Дисперсионный анализ показал, что варьирование урожаев семян средне-раннего сорта Припять объяснялось погодными условиями на 46 %, почвенными условиями – на 33% и технологиями возделывания – на 21 %.

Таблица 2

Урожайность семян сои при различных уровнях интенсификации возделывания, ц/га

Техно- логия	2021 г.		2022 г.			2023 г.		
	ДПсугл*	ДПсуп	ДПсугл	ДПсуп	ТБ	ДПсугл	ДПсуп	ТБ
ИТ*	37,3	16,5	33,0	16,8	18,9	39,3	21,9	26,0
НТ	40,0	14,2	27,3	13,5	25,6	33,2	15,6	29,3
ЭТ	29,5	13,0	14,5	5,5	16,8	20,4	7,8	13,5
НСР ₀₅	4,2	3,1	2,7	2,3	3,4	3,4	2,7	3,1

*наименования технологий и разновидностей почв опытных участков приведены в тексте.

Установлено, что фактор «почвенные условия» оказывает следующее влияние на рост и развитие растений сои сорта Припять:

– на дерново-подзолистой связносупесчаной почве продолжительность вегетации уменьшилась по сравнению с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой на 14–18 дней, главным образом по причине сокращения периода налива семян после длительных засушливых периодов в летний период;

– на торфяно-глеевой почве по сравнению с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой продолжительность вегетации в 2022 г. сократилась на 12 дней по причине ранних осенних заморозков на опытном участке, в 2023 г. – на 11 дней из-за сокращения периода налива семян в условиях засухи в сентябре;

– растения сои на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве достигали высоты 87–108 см и посевы ежегодно полегали при всех технологиях возделывания. На дерново-подзолистой связносупесчаной и торфяно-глеевой почвах высота растений к уборке составляла 37–57 см и 60–87 см соответственно, посевы были без полегания, либо частично полёгшими.

Засоренность посевов являлась важным фактором, лимитирующим урожайность сои при ЭТ. При этом, в условиях дерново-подзолистой связносупесчаной почвы при численности сорных растений в фазе цветения 33–70 шт./м² (с массой сухого вещества 24,6–90,0 г/м²) посевы сои обнаруживали острое азотное голодание, чего не было заметно в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы даже при большей засоренности (36–76 шт./м² с массой сухого вещества 84,8–140,8 г/м²).

Также в связи с недостаточной эффективностью почвенных гербицидов урожайность семян на торфяно-глеевой почве в варианте с ИТ существенно уступала варианту с НТ, несмотря на более высокий уровень минерального питания.

Наименьшее влияние погодных условий на урожайность семян за годы исследований отмечено на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, где коэффициент вариации урожаев составил 26,1 %. На дерново-подзолистой связносупесчаной почве данный показатель достиг 34,9 %. Коэффициент вариации урожайности для торфяно-глеевой почвы не рассчитывался ввиду двухлетних данных, но на этом типе почв прослеживаются довольно высокая стабильность урожаев в варианте с НТ, где эффективность борьбы с сорняками была наилучшей.

Дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы обладают высокими влагоёмкостью и запасом элементов питания, что обеспечивает не только получение высокого потенциала продуктивности в благоприятные годы, но и снижает негативное воздействие

стрессоров (засуха, сорняки). В наших опытах на данной разновидности почв масса 1000 семян сорта Припять достигала 154–177 г и была в 1,2–1,3 раза выше, чем на дерново-подзолистой связносупесчаной почве. Расчеты показали, что на данной разновидности почвы условия влагообеспеченности в августе (период формирования и начала налива семян) оказывают существенное влияние на урожайность сои. Так, в вариантах с ИТ и НТ отмечена тесная корреляция между урожайностью и количеством выпавших осадков за август ($r = 0,80 \dots 0,89$), в то время как с суммой осадков за весь вегетационный период урожайность оказалась малосвязанной ($r = -0,37$). Поэтому на данном типе почв перспективно возделывание более позднеспелых сортов, которые формируют большее количество семян на единице площади и в годы с высокой теплообеспеченностью обладают наибольшей продуктивностью.

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве в вариантах ИТ и НТ за три года исследований был получен практически равный урожай семян 13,5–15,6 ц/га за исключением варианта ИТ в 2023 г. (урожайность 21,9 ц/га). На данной разновидности почвы отмечается тесная зависимость урожайности семян от количества выпавших осадков только при ЭТ (за август $r = 0,83$, за август – II декаду сентября $r = 0,93$), тогда как при других технологиях корреляция составляла $r = 0,31 \dots 0,65$. Кроме того, ввиду низкой влагоемкости и небольшого корнеобитаемого слоя почвы у дерново-подзолистой связносупесчаной слабоглееватой почвы существенное влияние на урожайность оказывают стрессы (почвенная засуха даже при кратковременном отсутствии дождей, возможно наличие подвижного алюминия в почве).

Торфяно-глеевые почвы отличаются высокой влагоемкостью, в следствие чего в наших опытах в вариантах с НТ, где была достигнута наилучшая эффективность защиты посевов от сорняков, на данном типе почвы получена урожайность семян от 25,6 ц/га в засушливом 2022 г. до 29,3 ц/га в более благоприятном 2023 г.

Простым показателем, характеризующим уровень плодородия почвы применительно для конкретной культуры, является цена 1 балла пашни. В наших опытах на наиболее плодородной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в вариантах с ИТ, НТ и ЭТ в среднем получено 62, 57 и 36 кг семян сои на 1 балл плодородия почвы, на дерново-подзолистой связносупесчаной почве получено 59, 46 и 28 кг/балл, на торфяно-глеевых почвах – 77, 94 и 52 кг/балл (табл. 3).

Таблица 3

Цена 1 балла пашни при различных уровнях интенсификации возделывания сои, кг семян/балл

Техно-логия	2021 г.		2022 г.			2023 г.		
	ДПсугл	ДПсуп	ДПсугл	ДПсуп	ТБ	ДПсугл	ДПсуп	ТБ
ИТ	63	53	56	54	65	67	71	90
НТ	68	46	46	44	88	56	50	101
ЭТ	50	42	25	18	58	35	25	47

Обращает внимание, что как в резко засушливом 2022 г., так и в более благоприятном 2023 г. окупаемость 1 балла у минеральных дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и дерново-подзолистой связносупесчаной почвы при ИТ и НТ была практически равной. При экстенсивных технологиях наибольшая окупаемость 1 балла пашни была получена на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, особенно в засушливом 2022 г.

Максимальная окупаемость 1 балла пашни урожаем семян сои получена на торфяно-глеевых почвах. Высокая влагоемкость, позволяющая эффективно использовать выпадающие осадки, а также высокое количество минерализованного азота, доступного для растений сои во второй половине лета, позволяют получать до 100 кг семян на 1 балл пашни при уровне интенсификации соответствующем НТ.

ВЫВОДЫ

Почвенно-климатические условия центральной части Беларуси по условиям теплообеспеченности (сумма активных температур 2500–2800 °С) позволяют выращивать раннеспелые сорта сои с потенциалом продуктивности до 40 ц/га.

Дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы с уровнем кислотности $pH > 5,6$ и с индексом окультуренности выше 0,9 являются высокопригодными для возделывания сои. Потенциал продуктивности сорта Припять при ИТ и НТ составляет от 27 ц/га (засушливый год) до 33–40 ц/га (нормальный и благоприятный год). Цена 1 балла пашни составляет 46–56 кг семян в засушливый год и 68 кг семян – в благоприятный год. Урожайность семян ограничивается засоренностью при неудовлетворительной эффективности гербицидов и развитием болезней при отказе от внесения фунгицидов. При избыточном выпадении осадков в период прорастания семян и развития всходов возможно сильное фитотоксическое действие почвенных гербицидов.

Дерново-подзолистые связносупесчаные слабogleеватые почвы с уровнем кислотности $pH > 6,2$ и с индексом окультуренности выше 0,9 являются мало пригодными для возделывания сои. Потенциал продуктивности сорта Припять при ИТ и НТ составляет от 13,5 ц/га (засушливый год) до 15,6–21,9 ц/га (нормальный и благоприятный год). Цена 1 балла пашни в засушливый год составляет 44–54 кг семян и в благоприятный год – 50–71 кг семян. Урожайность семян ограничивается дефицитом влаги в период цветения – формирования бобов (июль–август).

Торфяно-глеевые почвы с уровнем кислотности $pH > 5,1$ и индексом окультуренности выше 0,5 являются пригодными для возделывания сои. Потенциал продуктивности сорта Припять при ИТ и НТ составляет от 25 ц/га (засушливый год) до 29 ц/га (нормальный год). Цена 1 балла пашни семян в засушливый год составляет 88 кг и в нормальный год – 90–101 кг семян. Урожайность семян существенно ограничивается засоренностью при неудовлетворительной эффективности гербицидов.

В климатических условиях центральной части Беларуси на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах для более полного использования ресурсов тепла и влаги перспективно возделывание более продуктивных среднеспелых сортов сои. Ввиду опасности раннеосенних заморозков на торфяно-глеевых почвах целесообразно возделывание ранних и раннеспелых сортов сои. На дерново-подзолистых связносупесчаных почвах возможно возделывание только высокоадаптивных сортов сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство ; под ред. В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. – М. : Росинформагротех, 2005. – 784 с.

2. Азарёнок, Т. Н. Территориальные особенности размещения посевов и анализ урожайности сои в Республике Беларусь / Т. Н. Азарёнок, О. В. Матыченкова, О. В. Дыдышко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2024. – № 1. – С. 7–12.
3. Богатырев, Л. Г. Оценка почвы земель (основные показатели и критерии): монография / Л. Г. Богатырёв и др. – М. : Макспресс, 2017. – 192 с.
4. Глазунов, Г. П. Структура базы данных агроэкологической оценки земель / Г. П. Глазунов, Н. В. Афонченко, А. И. Санжаров // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 8. – С. 72–76.
5. Зеленцов, С. В. Некоторые аспекты устойчивости растений к отрицательным температурам на примере сои и масличного льна / С. В. Зеленцов // Масличные культуры. – 2018. – № 2. – С. 55–70.
6. Кирюшин, В. И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель / В. И. Кирюшин // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 871–879.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур, технических и кормовых растений: сб. отрасл. регл. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 530 с.
8. Рожков, В. А. Опыт разработки национальной системы оценки пригодности земель // Бюл. почв. ин-та. – 2014. – № 76. – С. 33–51.
9. Цытрон, Г. С. Агропроизводственная группировка почв Беларуси по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур / Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2. – С. 7–18.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY INTENSIFICATION ON THE ASSESSMENT OF SOIL SUITABILITY FOR SOYBEAN CULTIVATION

V. A. Radounya, V. N. Khaletsky, T. N. Azaronak, O. V. Matychenkova

Summary

Three intensification options were used (intensive, normal and extensive technologies) for assessing the suitability of soils for soybean cultivation. The research was conducted in the climatic conditions of the central part of Belarus in 2021–2023. It was found that the most suitable for soybean cultivation are sod-podzolic medium loamy soils with a productivity potential of 27–40 c/ha under normal and intensive technologies, peat-gley soils (25–29 c/ha) are suitable, and sod-podzolic cohesive loamy soils (15,6–21,9 c/ha) are not suitable. The average price of 1 point of arable land on mineral soils with intensive and normal technologies was 46–62 kg, with extensive technology – 28–36 kg; on peat-gley soil – 77–94 kg and 52 kg respectively.

Поступила 28.10.24