

УДК 635.655:631.445.12

Агроэкономическая эффективность возделывания сои на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Белорусского Полесья

Л.Н. Лученок, О.В. Пташец, С.Г. Червань, кандидаты с.-х. наук,
А.В. Максимчук, стажер младшего научного сотрудника
Институт мелиорации

(Дата поступления статьи в редакцию 25.02.2016 г.)

В статье представлены данные по урожайности сои на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья. Установлено, что она может формировать до 40 ц/га зерна и сухого вещества до 113 ц/га. Уровень урожайности определяется сортовыми особенностями, степенью сработки торфяных почв и комплексом агротехнологических приемов. Биологически активные вещества (БАВ) могут применяться для предпосевной обработки семян и по своей эффективности не уступают биологическим препаратам на основе симбиотических бактерий. В среднем по вариантам обработки семян БАВ урожай зерна получен выше по сравнению с вариантами предпосевной инокуляции семян биопрепаратами на основе симбиотических микроорганизмов. При предпосевной обработке семян БАВ на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений получен урожай зерна, сопоставимый с вариантами внесения азотных удобрений: 21,6 ц/га ($P_{40}K_{75}$) и 25,2 ц/га ($P_{80}K_{150}$) против 21,5 ц/га ($N_{30+10}P_{40}K_{75}$) и 24,1 ц/га ($N_{30+10}P_{80}K_{150}$), соответственно. Высокую эффективность показало водорастворимое гранулированное комплексное удобрение АДОБ Профит, применяемое в качестве некорневых подкормок. Урожай зерна в этих вариантах как при предпосевной инокуляции семян биопрепаратами, так и БАВ, был на уровне 23,0–27,9 ц/га. Использование БАВ для предпосевной обработки семян или некорневых подкормок, а также АДОБ Профит позволяет сократить применение азотных удобрений и минимизировать минерализацию органического вещества торфяных почв.

Агроэкономическая оценка эффективности возделывания сои показала, что за счет комплекса агротехнологических приемов можно обеспечить выход 35–45 ц/га к. ед. при себестоимости 161–200 \$/т зерна и прибыль 475–667 \$/га. Экономические расчеты показали, что возделывание сои на зерно экономически целесообразно при урожайности не менее 11 ц/га зерна.

Введение

В регионе Белорусского Полесья основным условием развития животноводства является создание прочной кормовой базы. Для решения этой проблемы большое значение имеет увеличение доли бобовых культур в структуре посевных площадей. Вместе с тем при создании многолетних травостоев с бобовыми особое внимание следует уделять однолетним зернобобовым культурам, особый интерес среди которых вызывает соя. Эта культура содержит наибольшее количество белка среди бобовых (36–44 %), обладает сбалансированностью по незаменимым аминокислотам в зерне, усвояемостью, является ценным источником растительного жира (19–22 %) [1]. Соя широко культивируют в Украине и России, где она успешно выращивается даже в Псковской области [2–5].

В настоящее время разработана технология возделывания сои [6], рекомендованная для минеральных почв Республики Беларусь. Торфяные почвы различных стадий трансформации считаются непригодными для ее эффективного выращивания. Однако такие почвенные разновидности в процессе длительного сельскохозяйственного использования приобрели ряд пригодных для выращивания этой культуры свойств (уплотнились, снизилось со-

The article presents data on soybean yield in anthropogenically transformed peat soils of Polesye region. It is determined that it can generate up to 40 cwt grain ha^{-1} and 113 cwt dry matter ha^{-1} . Yield level is determined by the varietal characteristics, the degree of peat soil drawdown and the complex agricultural technology. Biologically active substances (BAS) can be used for presowing treatment of seeds and its effectiveness is not inferior to biological preparations based on symbiotic bacteria. On the average, in the variants of BAS seed treatment against a background of phosphorus and potassium fertilizers application the grain yield obtained was higher in comparison with the variants of presowing inoculation of seeds by biological products on the basis of symbiotic microorganisms. By BAS seed treatment against a background of phosphorus-potassium fertilizers application the grain yield obtained was comparable with variants of nitrogen fertilization: 21.6 cwt ha^{-1} ($P_{40}K_{75}$) and 25.2 cwt ha^{-1} ($P_{80}K_{150}$) versus 21.5 cwt ha^{-1} ($N_{30+10}P_{40}K_{75}$) and 24.1 cwt ha^{-1} ($N_{30+10}P_{80}K_{150}$), respectively. High efficiency was shown by water-soluble granular complex fertilizer ADOBE Profit, applied as foliar sprays. Grain yield in these variants available both at presowing inoculation of seeds by biopreparations and biologically active compounds, was at the level 23.0–27.9 cwt ha^{-1} . The use of BAS for presowing seed treatment or foliar application, and ADOBE Profit allows to reduce the use of nitrogen fertilizers and minimize mineralization of organic matter of peat soils.

Agroeconomic assessment of efficiency of cultivation of soybean has shown that due to the complex agrobiotechnologies techniques it is possible to ensure the yield of 35–45 cwt fodder units ha^{-1} at the cost 161–200 \$ per ton grain and 475–667 profit \$ ha^{-1} . The economic calculations have shown that soybean cultivation for grain grain is economically expedient at the grain yield not less than 11 cwt ha^{-1} .

держание органического вещества (ОВ), нет переизбытка почвенного азота, влаги и др.). Кроме того, в настоящее время в регионе Полесья складываются благоприятные климатические условия для возделывания этой ценной в кормовом отношении культуры. За последнее десятилетие отмечено повышение суммы активных температур на 100–250 °С, что гарантированно позволяет возделывать ранне- и среднеспелые сорта сои. Таким образом, имеются все предпосылки для расширения площадей под этой культурой, которая может занять лидирующее положение среди культивируемых в этом регионе зернобобовых растений.

Целью настоящих исследований являлось установление возможности возделывать сою на антропогенно-преобразованных почвах Полесья, определение диапазона ее возможной урожайности и продуктивности в данных условиях, а также установление комплекса наиболее эффективных агротехнологических приемов.

Методика и условия проведения исследований

Для разработки агротехнологических приемов возделывания сои, позволяющих эффективно адаптировать технологию к антропогенно-преобразованным торфяным

почвам, были заложены полевые опыты на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗил, Лунинецкий район Брестской области) на почвах с содержанием ОВ – 5 % (минеральные пост- и остаточо-торфяные) и ОВ – 25 % (торфяно-минеральные), с глубины 25–30 и 35–45 см, соответственно, подстилаемых песком.

Агрохимические показатели:

- участок I с ОВ – 5 %: $pH_{KCl} - 5,8$; содержание подвижных форм (в 0,2 М НСl) $P_2O_5 - 200$ мг/кг почвы, $K_2O - 290$ мг/кг почвы, $CuO - 1,2$ и $ZnO - 4,6$ мг/кг почвы;
- участок II с ОВ – 25 %: $pH_{KCl} - 5,6$; подвижные формы $P_2O_5 - 300$ и $K_2O - 400$, $CuO - 5,6$ и $ZnO - 8,1$ мг/кг почвы.

В ходе исследований была проведена оценка соответствия имеющихся почвенно-гидрологических условий биологическим особенностям сои.

Для разработки эффективной и востребованной технологии возделывания сои были изучены способы предпосевной обработки семян, включающие биопрепараты и биологически активные вещества, применение различных баковых смесей для некорневой подкормки. В опытах в качестве базовой технологии использовали рекомендованную для возделывания сои на минеральных автоморфных почвах. Предпосевную обработку семян в 2010–2011 гг. проводили биопрепаратом СояРиз, полученным на основе бактерий *Bradyrhizobium japonicum* (разработчик ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»), в 2014–2015 гг. – коммерческим препаратом Ноктин-А (штамм *Bradyrhizobium japonicum* E109). В качестве биологически активного вещества использовали препарат Экосил, включающий комплекс тритерпеновых кислот.

Проведен лабораторно-вегетационный эксперимент по оценке влияния обработки семян препаратами Ноктин-А и Экосил и фона минерального питания на развитие растений сои на ранних этапах онтогенеза. Варианты опыта: $N_0P_0K_0$, $P_{40}K_{75}$, $P_{40}K_{75} + БАВ$ в фазе 1 листа, $N_{30}P_{40}K_{75}$, $P_{40}K_{75} + (N_{20} + БАВ)$ в фазе 1 листа. В опыте оценивали влияние различных способов предпосевной обработки семян, доз удобрений и некорневой обработки растений на морфологические параметры растений сои: высота растений, длина и масса корней.

В полевых экспериментах оценивали влияние аналогичных агробиотехнологических приемов на урожай зерна и зеленой массы сои.

В 2011–2012 гг. на участке I возделывали сою сорта Ясельда: среднеспелая, $\Sigma_{акт. t} = 2250$ °С, высота растений 60–80 см, доля бобов, располагающихся на высоте до 15 см – 4 %, норма высева – 0,8 млн шт./га всхожих семян; посев рядовой.

Варианты опыта:

- базовая технология: инокуляция семян бактериальным препаратом СояРиз + $Mo_{(150 \text{ г/га норму семян})}$, дозы удобрений – $N_0P_0K_0$, N_{30+20} (бутонизация) $P_{60}K_{80}$, N_{30+20} (бутонизация) $P_{60}K_{80}$ (последействие навоза). В фазе 1–3 листа – химпрополка гербицидом Пивот, 10 % в.к. – 0,9 л/га;
- разрабатываемая технология 1: инокуляция семян бактериальным препаратом СояРиз + $Mo_{(150 \text{ г/га норму семян})}$, дозы удобрений – $N_0P_0K_0$, $N_{30+10+10}P_{60}K_{80}$, $N_{30+10+10}P_{60}K_{80}$ (последействие навоза). В фазе 1–3 листа применяли некорневые подкормки баковыми смесями ($N_{10} + MЭ_{Mo 0,02} + БАВ + Пульсар, ВР - 0,5$ л/га + Пивот, 10 % в.к. – 0,4 л/га), в фазе бутонизация-начало цветения – $N_{10} + MЭ_{В 0,05 \text{ г/га} + Cu 0,035 \text{ г/га} + Zn 0,04 \text{ г/га} + БАВ$;
- разрабатываемая технология 2: инокуляция семян БАВ + $Mo_{(150 \text{ г/га норму семян})}$, дозы удобрений – $N_0P_0K_0$, $N_{30+10+10}P_{60}K_{80}$, $N_{30+10+10}P_{60}K_{80}$ (последействие навоза). В фазе 1–3 листа применяли некорневые

подкормки баковыми смесями ($N_{10} + MЭ_{Mo 0,02} + БАВ + Пульсар, ВР - 0,5$ л/га + Пивот, 10 % в.к. – 0,4 л/га), в фазе бутонизация-начало цветения – $N_{10} + MЭ_{В 0,05 \text{ г/га} + Cu 0,035 \text{ г/га} + Zn 0,04 \text{ г/га} + БАВ$.

В 2014–2015 гг. на участке II возделывали сою сорта Оресса: раннеспелая, $\Sigma_{акт. t} = 2100$ °С, высота растений – 80–105 см, доля бобов, располагающихся на высоте до 15 см – 3 %, норма высева – 0,65 млн шт./га всхожих семян; посев рядовой.

Варианты опыта: $N_0P_0K_0$, $P_{40}K_{75}$, $P_{80}K_{150}$, $P_{40}K_{75} + БАВ_{1-3 \text{ листа}}$ + ($MЭ + БАВ$)_{бутон.}, $P_{80}K_{150} + БАВ_{1-3 \text{ листа}}$ + ($MЭ + БАВ$)_{бутон.}, $N_{30}P_{40}K_{75} + N_{10}$ (бутон) (базовая технология), $N_{30}P_{80}K_{150} + N_{10}$ (бутон), $P_{40}K_{75} + (N_{20} + БАВ)_{1-3 \text{ листа}}$ + ($N_{20} + MЭ + БАВ$)_{бутон.}, $P_{80}K_{150} + (N_{20} + БАВ)_{1-3 \text{ листа}}$ + ($N_{20} + MЭ + БАВ$)_{бутон.}, $P_{40}K_{67} + (N_{20} + БАВ)_{1-3 \text{ листа}}$ + АДОб Профит(бутон), $K_{134} + АДОб Профит_{(1-3 \text{ листа})} + АДОб Профит_{(бутон)}$.

Семена перед севом обрабатывали коммерческим биопрепаратом Ноктин-А + $Mo_{150 \text{ г/га норму семян}}$ или раствором БАВ + $Mo_{150 \text{ г/га норму семян}}$.

Защита растений проведена общим фоном: до всходов – Пивот, 10 % в.к. – 1,0 л/га, в фазе 1–3 листьев – Пульсар, ВР – 0,8 л/га + Базагран, 480 г/л в.р. – 2,0 л/га или в составе баковой смеси с БАВ и азотом. АДОб Профит – водорастворимое гранулированное удобрение N : P : K (10 : 40 : 8) + комплекс MЭ.

Погодные условия в период проведения различались по годам. В 2011 г. водный режим на участке I был неблагоприятным. Отсутствие дождей (20 мм осадков в мае месяце) привело к тому, что в слое 0–40 см влажность почвы находилась на уровне влажности устойчивого завядания растений. Даже при июльских и августовских осадках УГВ оставались на глубине 140–170 см.

Весенний период 2012 г. складывался благоприятно по водному и температурному режиму. Так в апреле выпало более 2 норм осадков, что компенсировало их дефицит в предыдущие месяцы. В мае выпало 51,4 мм (на 3,1 мм ниже нормы). Температурный режим в этот период был более теплым по сравнению со средними многолетними данными, что способствовало росту и развитию растений сои. И даже заморозки до –7 – –10 °С со 2 на 3 июня не вызвали повреждений посевов. Однако засушливый период с 28.06.2012 г. до 18.07.2012 г. привел к резкому ухудшению водного режима. Низкие показатели УГВ (146–176 см) на фоне сравнительно высоких среднесуточных температур июля (выше средней многолетней на 3 °С) оказали влияние на формировании урожая зерна.

Погодные условия вегетационных периодов 2014–2015 гг. в целом характеризовались более высокими по сравнению со средними многолетними значениями среднемесячными температурами воздуха. Однако весной 2014 и 2015 гг. отмечены резкие перепады ночных и дневных температур. Весь апрель и май 2015 г. в регионе Полесья отмечались ночные заморозки до –6 °С в апреле и до –7 °С в первой декаде мая. Так, средняя минимальная температура на высоте 2 см в эти месяцы была –1,8 и 3,4 °С, а дневная – 14,3 и 19,8 °С, соответственно. Ночные температуры июня были на уровне 5,8 °С, июля – 9,2 °С, августа – 7,4 °С при дневных – 24,1 °С, 25,5 °С и 29,1 °С, соответственно. В 2015 г. показатели УГВ были на отметке около 100 см во второй декаде апреля и снизились до 140–150 см в июле–августе. В 2014 г. УГВ только в самый засушливый период опустились до 125–130 см, а в среднем по сезону были в пределах 100–115 см. Таким образом, погодные условия 2014–2015 гг. были неблагоприятны для роста и развития такой теплолюбивой культуры, как соя, а 2015 г. следует отметить как более засушливый.

Для расчета экономической эффективности возделывания сои были составлены технологические карты, в ко-

торых учитывали затраты на все виды работ, стоимость удобрений, семян и средств химизации в 2010–2011 гг. и 2014–2015 гг. Таблицы включали следующие работы: основная и предпосевная обработка почвы, сев, уход за посевами, уборка урожая, транспортировка. При этом внимание уделяли объему работ, составу агрегата и его выработке, затратам труда, расходу горючего, материалоёмкости, а также эксплуатационным затратам. Для оценки экономической эффективности возделывания культуры был принят показатель условной (расчетной) прибыли, как финансовый результат условного факта хозяйственной деятельности, который может изменяться (абстрактный гектар без учета характеристик почвы, без учета НДС и др. налогов и т. д.) [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Задача опыта, проводимого в 2011–2012 гг., заключалась в оценке возможности возделывания сои на сильно-минерализованных торфяных почвах, которые по своим агрохимическим характеристикам и свойствам не уступают автоморфным песчаным и супесчаным, подстилаемым песками, широко распространенным в регионе Полесья. Кроме того, рассматривалась возможность поиска альтернативы биопрепаратам на основе культуры живых микроорганизмов, используемым для предпосевной инокуляции семян (имеющих определенные условия хранения и обработки), более доступных и в то же время эффективных биологически активных веществ. Использование предлагаемого приема позволит упростить и сделать более доступной для производителей технологию возделывания сои. В связи с тем, что все торфяные почвы обеднены микроэлементами, в опыте также оценивали эффективность применения некорневых подкормок сои микроэлементами.

На участке I с минеральными пост- и остаточнo-торфяными почвами (~ 5 %) урожайность сои в среднем была невысокая – 5,0–13,3 ц/га зерна и зависела от погодных условий вегетационного периода и агробиотехнологического приема (таблица 1).

Погодные условия вегетационных периодов позволили сорту реализовать свой потенциал только на 23–26 % (сорт Ясельда более требователен к влаге). Это связано главным образом с тем, что фазы цветения, завязывания и налива бобов (наиболее чувствительные к количеству влаги) выпадали на самые засушливые в регионе периоды – вторая половина июля – август.

В ходе эксперимента было установлено, что в 2011 г. (с сухой весной) биопрепарат СояРиз был более эффективен по сравнению с БАВ. Урожайность на сопоставимых вариантах, с применением некорневых подкормок МЭ, различалась в 1,4–1,5 раза. Наиболее эффективной в этот год была базовая технология, которая обеспечивала урожай зерна сои в вариантах внесения удобрений 7,1–9,4 ц/га. В вариантах последействия навоза урожай зерна был ниже (на уровне контроля) по сравнению с вариантами применения в севообороте минеральной системы удобрения (таблица 1).

В 2012 г., когда засушливый период выпал на июль–август, урожайность сои была выше по сравнению с 2011 г. В вариантах с базовой технологией она достигла уровня 6,8–7,7 ц/га, с технологией 1 – 7,3–7,9 ц/га, а с предпосевной обработкой семян БАВ (технология 2) урожайность возросла до 10,8–13,3 ц/га (таблица 1). Таким образом, можно сделать предварительный вывод, что предпосевная обработка семян БАВ при благоприятных погодных условиях уже на первых этапах онтогенеза стимулирует рост и развитие растений, что повышает их инвариантность к неблагоприятным воздействиям, например, засухе, наблюдаемой в летние месяцы.

Отмечен высокий уровень урожайности сои в вариантах без внесения удобрений. Это связано с тем, что даже сильно минерализованные торфяные почвы имеют ранней весной сравнительно высокие запасы минерального азота – до 50 кг/га [8] и при имеющемся уровне подвижных форм фосфора и калия способны формировать до 9,0–9,2 ц/га зерна. Внесение минеральных удобрений только в отдельных случаях давало достоверную прибавку урожая. Таким образом, проведенные первые эксперименты

Таблица 1 – Урожайность и продуктивность сои в зависимости от агробиотехнологических приемов (участок I с ОВ – 5 %)

| Вариант | Урожайность, ц/га зерна | | | Продуктивность**, ц/га к. ед. | | |
|---|-------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | 2011 г. | 2012 г. | среднее | 2011 г. | 2012 г. | среднее |
| <i>Базовая технология (инокуляция семян СояРиз + Mo₅₀₋₁₅₀ г/га норму семян)</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 5,8 | 9,0 | 7,4 | 8,7 | 13,9 | 11,3 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ + N ₂₀ | 9,4 | 6,8 | 8,1 | 13,9 | 10,3 | 12,1 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ * + N ₂₀ | 7,1 | 7,7 | 7,3 | 10,8 | 11,6 | 11,2 |
| <i>Исследуемая технология 1 (инокуляция семян СояРиз + Mo₅₀₋₁₅₀ г/га норму семян)</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 7,7 | 8,5 | 8,1 | 11,7 | 13,0 | 12,4 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) | 8,1 | 7,9 | 8,0 | 12,4 | 12,3 | 12,4 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ * + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) | 5,0 | 7,3 | 6,2 | 7,6 | 11,2 | 9,4 |
| <i>Исследуемая технология 2 (инокуляция семян БАВ + Mo₅₀₋₁₅₀ г/га норму семян)</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 5,2 | 9,2 | 7,2 | 7,9 | 14,1 | 11,0 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) | 5,9 | 10,8 | 8,4 | 9,0 | 16,4 | 12,7 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₈₀ * + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) + (N ₁₀ + МЭ + БАВ) | 5,9 | 13,3 | 9,6 | 8,8 | 20,6 | 14,7 |
| HCP ₀₅ | 0,6 | 1,4 | | 1,1 | 2,5 | |

Примечание – * Варианты последействия навоза КРС, вносимого под кукурузу;

** продуктивность рассчитана для каждого варианта, исходя из биохимических показателей.

показали, что для возделывания сои необходим подбор благоприятных почвенно-гидрологических условий.

С этой целью в 2014–2015 г. был заложен ряд опытов на другой почвенной разновидности с более высоким содержанием ОВ (25 %) и среднесезонным УГВ – 100–115 см, до 150 см в засушливый период.

Для установления влияния биопрепаратов и БАВ на рост и развитие растений сои был проведен лабораторно-вегетационный опыт на разных фонах минерального питания, в ходе которого установлено, что за счет приема предпосевной обработки семян уже с ранних этапов онтогенеза можно управлять ростом и развитием растений. Так, в фазе 1 настоящего тройчатого листа отмечено, что растения, у которых семена обработаны БАВ, развивались лучше. Масса корней и высота растений была выше по сравнению с растениями, семена которых были обработаны биопрепаратами. В дальнейшем, к фазе 4 настоящих листьев, этот эффект усиливался. Следует отметить, что применение БАВ для инокуляции семян способствовало развитию корневой системы. Было отмечено, что на ранних стадиях роста растений наиболее эффективным вариантом внесения минеральных удобрений был вариант с предпосевным внесением N₃₀ на фоне P₄₀K₇₅ (таблица 2).

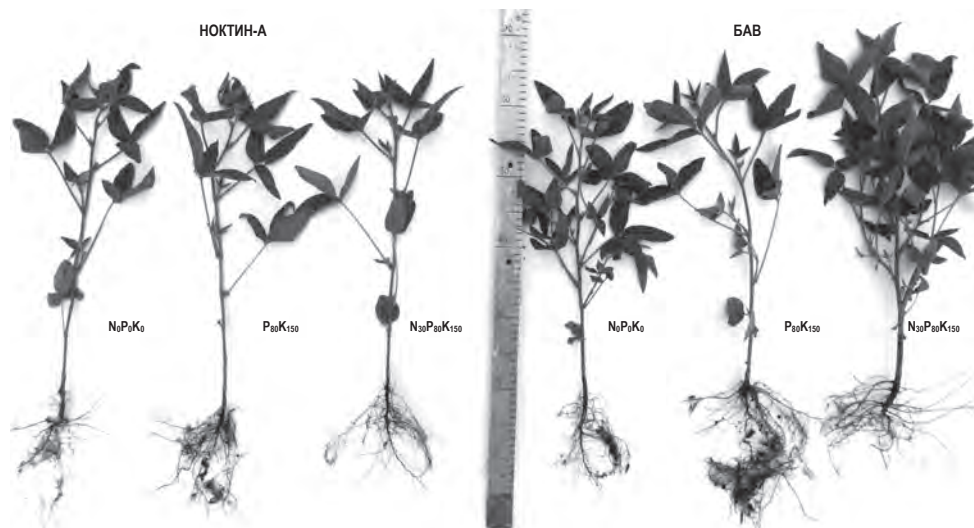
Полученные в лабораторных условиях зависимости подтвердились и в полевых опытах. Предпосевная обработка семян БАВ увеличивала надземную и корневую массу. Обследование растений сои в лабораторных и полевых опытах выявило, что на корневой системе от ранних стадий онтогенеза до фазы бутонизации не отмечено формирования клубеньков (кроме растений в контроле, имеющих по 1–2 клубенька) (рисунок). Эти особенности необходимо учитывать при подборе оптимальных агробиотехнологических приемов [9].

Сою возделывают не только на зерно, но и на зеленую массу. В этом случае культуру возможно использовать как страховую, высевая в июне или несколько раз в год. В ходе полевых экспериментов установлено, что урожай сухого вещества может достигать 80–110 ц/га в зависимости от погодных условий и агробиотехнологических приемов (таблица 3).

В 2015 г. погодные условия способствовали накоплению растениями надземной массы, но отрицательно сказались на урожае зерна, что связано с засушливым периодом во время цветения и налива бобов. В среднем урожаем зеленой массы по варианту предпосевной обработки семян биопрепаратом в 2015 г. был выше на 36,9 ц/га по

Таблица 2 – Влияние способов предпосевной обработки семян и доз удобрений на развитие растений сои на ранних стадиях онтогенеза

| Вариант | Фаза развития растений сои | | | | | |
|---|----------------------------|-------|--------------------------------|-------------------|------|--------------------------------|
| | 1 настоящий лист | | | 4 настоящих листа | | |
| | Ноктин-А | БАВ | преимущество БАВ / Ноктин-А, % | Ноктин-А | БАВ | преимущество БАВ / Ноктин-А, % |
| <i>Высота растений, см</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 14,0 | 14,0 | 0 | 42,5 | 67,0 | 57,6 |
| P ₄₀ K ₇₅ | 13,3 | 17,0 | 27,5 | 39,5 | 45,0 | 13,9 |
| P ₄₀ K ₇₅ + БАВ ₁ лист | – | – | – | 51,0 | 55,0 | 7,8 |
| N ₃₀ P ₄₀ K ₇₅ | 16,0 | 15,0 | –6,3 | 34,0 | 78,0 | 129,4 |
| P ₄₀ K ₇₅ + (N ₂₀ + БАВ) ₁ лист | – | – | – | 43,0 | 48,0 | 11,6 |
| K ₁₃₄ + АДОБ Профит ₁ лист | 11,0 | 15,0 | 36,4 | 45,0 | 46,0 | 2,2 |
| НСР ₀₅ | 0,9 | 0,6 | | 1,9 | 2,7 | |
| <i>Длина корней, см</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 16,7 | 11,0 | –34,1 | 24,3 | 22,5 | –7,2 |
| P ₄₀ K ₇₅ | 18,4 | 18,6 | 1,1 | 21,8 | 23,3 | 6,9 |
| P ₄₀ K ₇₅ + БАВ ₁ лист | – | – | – | 22,5 | 21,8 | –3,3 |
| N ₃₀ P ₄₀ K ₇₅ | 20,0 | 24,0 | 20,0 | 21,3 | 40,4 | 90,1 |
| P ₄₀ K ₇₅ + (N ₂₀ + БАВ) ₁ лист | – | – | – | 26,5 | 18,0 | –32,1 |
| K ₁₃₄ + АДОБ Профит ₁ лист | 23 | 20 | –3,0 | 26,0 | 22,5 | –13,5 |
| НСР ₀₅ | 0,9 | 0,8 | | 1,1 | 1,2 | |
| <i>Масса корней, г/растение</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 0,09 | 0,13 | 44,4 | 0,16 | 0,20 | 25,0 |
| P ₄₀ K ₇₅ | 0,09 | 0,14 | 51,9 | 0,16 | 0,23 | 43,8 |
| P ₄₀ K ₇₅ + БАВ ₁ лист | – | – | – | 0,14 | 0,22 | 57,1 |
| N ₃₀ P ₄₀ K ₇₅ | 0,13 | 0,14 | 7,7 | 0,11 | 0,35 | 218,2 |
| P ₄₀ K ₇₅ + (N ₂₀ + БАВ) ₁ лист | – | – | – | 0,19 | 0,18 | –5,3 |
| K ₁₃₄ + АДОБ Профит ₁ лист | 0,22 | 0,24 | 9,1 | 0,24 | 0,25 | 4,2 |
| НСР ₀₅ | 0,005 | 0,005 | | 0,008 | 0,01 | |



Влияние предпосевной обработки семян и доз удобрений на развитие растений сои в полевых условиях (фаза бутонизации)

Таблица 3 – Урожайность сои в зависимости от применяемых агробиотехнологических приемов (ОВ ~ 25 %)

| Вариант | Урожайность, ц/га | | | | | |
|--|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | сухая масса | | | зерно | | |
| | 2014 г. | 2015 г. | среднее | 2014 г. | 2015 г. | среднее |
| <i>Предпосевная обработка семян препаратом Ноктин-А</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 28,5 | 73,1 | 50,8 | 13,5 | 19,1 | 16,3 |
| P ₄₀ K ₇₅ | 41,0 | 100,3 | 70,7 | 14,3 | 14,7 | 14,5 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ | 85,4 | 95,4 | 90,4 | 19,9 | 16,8 | 18,3 |
| P ₄₀ K ₇₅ + БАВ ₁₋₃ листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 51,2 | 101,9 | 76,6 | 20,6 | 17,8 | 19,2 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ + БАВ ₁₋₃ листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 50,1 | 112,7 | 81,4 | 20,1 | 17,8 | 18,9 |
| N ₃₀ P ₄₀ K ₇₅ + N ₁₀ (бутон.) (базовая технология) | 88,8 | 98,5 | 93,7 | 29,6 | 21,4 | 25,5 |
| N ₃₀ P ₈₀ K ₁₅₀ + N ₁₀ (бутон.) | 71,7 | 102,3 | 87,0 | 30,9 | 14,9 | 22,9 |
| P ₄₀ K ₇₅ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + (N ₂₀ + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 69,5 | 97,8 | 83,6 | 32,1 | 15,7 | 23,9 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + (N ₂₀ + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 61,5 | 100,6 | 81,0 | 24,6 | 15,8 | 20,2 |
| P ₄₀ K ₆₇ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 63,8 | 100,6 | 82,2 | 22,9 | 23,7 | 23,3 |
| K ₁₃₄ + АДОБ Профит ₁₋₃ листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 74,0 | 108,0 | 91,0 | 23,4 | 22,5 | 23,0 |
| Среднее по варианту | 62,3 | 99,2 | 80,8 | 22,9 | 18,2 | 20,6 |
| НСР ₀₅ | 5,8 | 9,4 | | 1,5 | 1,0 | |
| <i>Предпосевная обработка семян БАВ</i> | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ | 62,4 | 65,7 | 64,0 | 28,4 | 11,2 | 19,8 |
| P ₄₀ K ₇₅ | 100,2 | 77,8 | 89,0 | 26,6 | 16,6 | 21,6 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ | 103,6 | 83,0 | 93,3 | 30,7 | 19,7 | 25,2 |
| P ₄₀ K ₇₅ + БАВ ₁₋₃ листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 56,8 | 78,8 | 67,8 | 25,2 | 15,7 | 20,5 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ + БАВ ₁₋₃ листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 61,3 | 86,4 | 73,8 | 27,6 | 20,0 | 23,8 |
| N ₃₀ P ₄₀ K ₇₅ + N ₁₀ (бутон.) | 83,5 | 84,6 | 84,1 | 28,6 | 14,3 | 21,5 |
| N ₃₀ P ₈₀ K ₁₅₀ + N ₁₀ (бутон.) | 78,0 | 84,9 | 81,4 | 31,4 | 16,7 | 24,1 |
| P ₄₀ K ₇₅ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + (N ₂₀ + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 72,4 | 84,7 | 78,6 | 31,1 | 12,6 | 21,9 |
| P ₈₀ K ₁₅₀ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + (N ₂₀ + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 55,7 | 78,9 | 67,3 | 26,8 | 13,5 | 20,1 |
| P ₄₀ K ₆₇ + (N ₂₀ + БАВ) ₁₋₃ листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 62,4 | 81,0 | 71,7 | 32,8 | 14,2 | 23,5 |
| K ₁₃₄ + АДОБ Профит ₁₋₃ листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 73,5 | 81,0 | 77,3 | 43,8 | 12,0 | 27,9 |
| Среднее по варианту | 73,6 | 80,6 | 77,1 | 30,3 | 15,1 | 22,7 |
| НСР ₀₅ | 6,9 | 6,7 | | 2,1 | 0,7 | |

сравнению с 2014 г. Лучшим в исследуемые годы был базовый вариант внесения $N_{30}P_{40}K_{75}+N_{10}(\text{бутон.})$, в котором урожайность составила 88,8; 98,5 и 93,7 ц/га сухой массы в 2014 г., 2015 г. и в среднем за 2 года, соответственно. Также следует отметить варианты внесения $P_{80}K_{150}$ (дозы рассчитаны с учетом выноса), K_{134} + АДОБ Профит в 2 фазы, в которых урожайность в 2014 г. составила 85,4 и 74,0 ц/га, в 2015 г. – 95,4 и 108,0 ц/га, а в среднем за 2 года – 90,4 и 91,0 ц/га. Во всех остальных вариантах урожайность хотя и различалась по годам в 1,4–2,4 раза в зависимости от приема, но в среднем за 2 года составила в пределах 77–87 ц/га сухого вещества.

В варианте предпосевной обработки семян БАВ урожай сухого вещества по годам и по вариантам более стабилен, чем при инокуляции семян биопрепаратом. В 2015 г. он только в 1,1–1,4 раза был выше по сравнению с 2014 г. Исключение составили варианты внесения $P_{40}K_{75}$ и $P_{80}K_{150}$, в которых в 2015 г. урожайность снизилась в 1,2–1,3 раза. В среднем за 2 года лучшими вариантами были $P_{40}K_{75}$, $P_{80}K_{150}$ и $N_{30}P_{40}K_{75}+N_{10}(\text{бутон.})$, в

которых урожай сухого вещества составил 84,1–93,3 ц/га (таблица 3).

Эксперименты показали, что на антропогенно-преобразованных торфяных почвах с содержанием ОВ ~ 25 % соя может формировать урожай зерна в пределах 12,0–43,8 ц/га в зависимости от агробиотехнологического приема и погодных условий, за счет почвенного плодородия – на уровне 11,2–28,4 ц/га. Урожай зерна в 2014 г. был выше и достигал в среднем 22,9–30,3 ц/га, а в 2015 г. – ниже (15,1–18,2 ц/га).

В среднем за 2 года исследований по всем вариантам урожайность при предпосевной обработке семян БАВ была на 2,1 ц/га выше по сравнению с приемом инокуляции семян биопрепаратом (таблица 3). Однако по годам она формировалась по-разному. Так, в 2014 г. урожайность на 7,4 ц/га была выше, а в 2015 г. – на 3,1 ц/га ниже в вариантах с обработкой семян БАВ по сравнению с инокуляцией их биопрепаратом. Лучшими вариантами при предпосевной обработке семян БАВ были: $P_{80}K_{150}$; $P_{80}K_{150}$ + (БАВ + МЭ); $N_{30+10}P_{80}K_{150}$;

Таблица 4 – Агроэкономическая характеристика возделывания сои

| Вариант | Продуктивность, ц/га к. ед. | Себестоимость, \$/т | Прибыль, \$/га | |
|---|-----------------------------|---------------------|----------------|--------------|
| | | | хозяйственная* | скрытая** |
| Предпосевная обработка семян препаратом Ноктин-А | | | | |
| $N_0P_0K_0$ | 26,3 | 194,2 | 335,5 | 685,2 |
| $P_{40}K_{75}$ | 23,4 | 269,4 | 189,4 | 500,5 |
| $P_{80}K_{150}$ | 29,4 | 250,6 | 273,5 | 666,1 |
| $P_{40}K_{75}$ + БАВ _{1–3} листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 30,7 | 211,5 | 361,8 | 773,8 |
| $P_{80}K_{150}$ + БАВ _{1–3} листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 30,4 | 250,8 | 281,9 | 687,4 |
| $N_{30}P_{40}K_{75}$ + N_{10} (бутон.) | 41,1 | 170,0 | 586,6 | 1133,7 |
| $N_{30}P_{80}K_{150}$ + N_{10} (бутон.) | 36,5 | 218,9 | 414,6 | 905,9 |
| $P_{40}K_{75}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + (N_{20} + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 38,7 | 184,6 | 514,9 | 1027,7 |
| $P_{80}K_{150}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + (N_{20} + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 32,5 | 252,0 | 299,0 | 732,3 |
| $P_{40}K_{67}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 37,3 | 193,0 | 482,4 | 982,3 |
| K_{134} + АДОБ Профит _{(1–3} листа) + АДОБ Профит _(бутон.) | 37,2 | 199,3 | 461,7 | 955,1 |
| Среднее по варианту | 33,1 | 217,7 | 381,9 | 822,7 |
| Предпосевная обработка семян БАВ | | | | |
| $N_0P_0K_0$ | 31,6 | 156,6 | 481,9 | 906,7 |
| $P_{40}K_{75}$ | 34,7 | 179,8 | 475,7 | 939,1 |
| $P_{80}K_{150}$ | 40,2 | 181,1 | 551,7 | 1092,4 |
| $P_{40}K_{75}$ + БАВ _{1–3} листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 33,0 | 195,4 | 419,4 | 859,2 |
| $P_{80}K_{150}$ + БАВ _{1–3} листа + (МЭ + БАВ) _{бутон.} | 38,3 | 196,9 | 483,5 | 994,1 |
| $N_{30}P_{40}K_{75}$ + N_{10} (бутон.) | 34,8 | 196,8 | 436,9 | 898,2 |
| $N_{30}P_{80}K_{150}$ + N_{10} (бутон.) | 38,9 | 203,7 | 473,0 | 990,1 |
| $P_{40}K_{75}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + (N_{20} + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 35,3 | 196,3 | 446,0 | 915,9 |
| $P_{80}K_{150}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + (N_{20} + МЭ + БАВ) _{бутон.} | 32,5 | 247,7 | 306,1 | 737,3 |
| $P_{40}K_{67}$ + (N_{20} + БАВ) _{1–3} листа + АДОБ Профит _(бутон.) | 37,9 | 186,8 | 500,9 | 1005,1 |
| K_{134} + АДОБ Профит _{(1–3} листа) + АДОБ Профит _(бутон.) | 44,8 | 160,9 | 667,0 | 1265,6 |
| Среднее по варианту | 36,6 | 191,1 | 481,9 | 906,7 |

Примечание – *Прибыль рассчитана по закупочной цене зерна сои на маслозаводах с учетом содержания жира, 2015 г.; **прибыль, получаемая государством за счет сокращения импорта соевого шрота и масла.

$P_{40}K_{67} + (N_{20} + \text{БАВ}) + \text{АДОБ Профит}$; $K_{134} + \text{АДОБ Профит}$ (в 2 фазы). Соответственно в среднем за годы исследований было сформировано 25,2 ц/га; 23,8; 24,1; 23,5; 27,9 ц/га.

При предпосевной инокуляции семян биопрепаратом наиболее эффективными были варианты: $N_{30+10}P_{40}K_{75}$; $N_{30+10}P_{80}K_{150}$; $P_{40}K_{75} + (N_{40} + \text{БАВ} + \text{МЭ})$; $P_{40}K_{67} + (N_{20} + \text{БАВ}) + \text{АДОБ Профит}$; $K_{134} + \text{АДОБ Профит}$ (в 2 фазы). Соответственно средняя за 2 года урожайность составила 25,5 ц/га; 22,9; 23,9; 23,3; 23,0 ц/га (таблица 3).

В принятии хозяйственного решения о целесообразности возделывания сои и применения того или иного комплекса агротехнологических приемов важную роль играет экономическая составляющая. Так, на примере возделывания сои на антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексах с содержанием ОВ около 25 % провели агроэкономическую оценку получения зерна этой культуры. Выход кормовых единиц в среднем составляет от 23,4 до 44,8 ц/га к. ед. в зависимости от комплекса агротехнологических приемов (таблица 4).

Средняя продуктивность в вариантах с предпосевной инокуляцией семян биопрепаратом была на 3,5 ц/га к. ед. ниже по сравнению с вариантами, где применяли обработку семян БАВ. В этих же вариантах отмечена более низкая себестоимость т зерна. Вследствие этого и хозяйственная прибыль в них была выше – в среднем на 100 \$.

Наиболее экономически эффективным за годы исследований приемом в варианте с предпосевной инокуляцией семян биопрепаратом Ноктин-А было внесение $N_{30}P_{40}K_{75} + N_{10}$ (бутон.), в котором достигнута продуктивность на уровне 41,1 ц/га к. ед., себестоимость т зерна составила 170,0 \$ и прибыль – 586,6 \$/га. Некорневые подкормки вегетирующих растений минеральным азотом совместно с БАВ и МЭ на фоне внесения $P_{40}K_{75}$ позволили получить до 38,7 ц/га к. ед. с себестоимостью т зерна 184,6 \$ и прибылью 514,9 \$/га. Эффективными были приемы некорневых подкормок водорастворимым гранулированным комплексным удобрением АДОБ Профит, при которых получено 37,2–37,3 ц/га к. ед. с себестоимостью зерна 193,0–199,3 \$/т и прибылью 461,7–482,4 \$/га.

В вариантах с предпосевной обработкой семян БАВ большее количество приемов можно использовать сельхозпроизводителями при возделывании сои. Например, за счет применения БАВ возможно сокращение применения азотных удобрений на антропогенно-преобразованных торфяных почвах. Так, даже в варианте предпосевного внесения фосфорно-калийных удобрений получено 34,7–40,2 ц/га к. ед. с себестоимостью т зерна 179,8–181,1 \$ и прибылью 475,7–551,7 \$/га. С несколько более высокой себестоимостью зерна (195,4–196,9 \$/т) отмечены варианты с некорневыми подкормками растений минеральным азотом совместно с БАВ и МЭ на фоне внесения $P_{40}K_{75}$

и $P_{80}K_{150}$, в которых получено 33,0–38,3 ц/га к. ед. и прибыль 419,4–483,5 \$/га. Эффективно внесение $N_{30}P_{40}K_{75} + N_{10}$ (бутон.), обеспечивающее получение 34,8 ц/га к. ед., себестоимость 196,8 \$/т и прибыль 436,9 \$/га.

Также экономически целесообразны варианты внесения растворимого комплексного удобрения АДОБ Профит, при которых получено 37,9–44,8 ц/га к. ед. с себестоимостью зерна 160,9–186,8 \$/т и прибылью 500,9–667,0 \$/га.

Заключение

Таким образом, в результате исследований по возделыванию сои на антропогенно-преобразованных торфяных почвах установлена возможность эффективного ее выращивания с уровнем урожайности до 40 ц/га зерна и до 113 ц/га сухого вещества. Этот уровень определяется сортовыми особенностями, степенью сработки торфяных почв и комплексом агротехнологических приемов.

Установлено, что биологически активные вещества, в частности Экосил, могут применяться для предпосевной обработки семян и по своей эффективности не уступают биологическим препаратам на основе симбиотических бактерий. В среднем по вариантам с обработкой семян БАВ урожай зерна получен выше по сравнению с вариантами предпосевной инокуляции семян биопрепаратами (СояРиз, Ноктин-А).

Использование БАВ для предпосевной обработки семян или некорневой подкормки позволяет сократить применение азотных удобрений или применять их по вегетирующим растениям, что минимизирует минерализацию органического вещества торфяных почв. Так, при предпосевной обработке семян БАВ на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений получен урожай зерна, сопоставимый с вариантами внесения азотных удобрений: 21,6 ц/га ($P_{40}K_{75}$) и 25,2 ц/га ($P_{80}K_{150}$) против 21,5 ц/га ($N_{30+10}P_{40}K_{75}$) и 24,1 ц/га ($N_{30+10}P_{80}K_{150}$), соответственно. При некорневых подкормках БАВ с МЭ также получены сопоставимые показатели урожая зерна.

Высокую эффективность показало водорастворимое гранулированное комплексное удобрение АДОБ Профит, применяемое в качестве некорневых подкормок. Урожай зерна в этих вариантах как при предпосевной инокуляции семян биопрепаратами, так и БАВ был на уровне 23,0–27,9 ц/га.

Сою на антропогенно-преобразованных торфяных почвах можно возделывать и на зеленую массу с уровнем урожайности до 112,7 ц/га сухого вещества.

Агроэкономическая оценка эффективности возделывания сои показала, что за счет комплекса агротехнологических приемов можно обеспечить выход 35–45 ц/га к. ед. при себестоимости 161–200 \$/т зерна и прибылью 475–667 \$/га. Экономические расчеты показали, что возделывание сои на зерно экономически целесообразно при урожайности не менее 11 ц/га зерна.

Литература

1. Барсуков, С.С. Соя как важнейший источник белка / С.С. Барсуков, А.С. Барсуков // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 23–24.
2. Мордашев, А.И. Соя в Нечерноземной зоне / А.И. Мордашев, Н.К. Иванцов. – Вел. Луки, 2005. – С. 114.
3. Посыпанов, Г.С. Биологические параметры сорта сои для Центрального района Нечерноземной зоны европейской части РСФСР / Г.С. Посыпанов // Известия ТСХА. – 1984. – № 4. – С. 17–22.
4. Дугин, Н.Н. Соя в Курской области / Н.Н. Дугин // Земледелие. – 1999. – № 1. – С. 16–17.
5. Иванцов, Н.К. Гербициды на посевах сои в Псковской области / Н.К. Иванцов, И.С. Никитин // Защита и карантин растений. – 2002. – № 2. – С. 34–38.
6. Гомончук, И.И. Возделывание подсолнечника масличного и сои в условиях Беларуси / И.И. Гомончук, О.Г. Давыденко; Брестская ОСХОС НАН Беларуси. – Пружаны: Пружанская государственная типография, 2008. – 43 с.
7. Новиков, С.С. Мнимые и условные прибыли: отражение в учете и налогообложении // Аудитор. – 2002. – №4. – С. 17–19.
8. Лученок, Л.Н. Зональные особенности азотного режима торфяных почв Беларуси / Л.Н. Лученок, С.Г. Баран // Материалы межд. научно-практ. конф. «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», Тверь (Россия) 27–28 июня 2013 г.; ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии. – Тверь, 2013. – С. 164–167.
9. Подкормка сои азотными удобрениями при азотном голодании растений / Д. Менгель [и др.] // Питание растений. – 2013. – № 1. – С. 9–11.