

Влияние почвенно-климатических условий и технологий возделывания на фотосинтетическую деятельность сои

В. А. Радовня, Д. А. Романьков, кандидаты с.-х. наук,
В. А. Саркан, магистрант

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 14.05.2024)

Аннотация. Представлены результаты исследований по влиянию почвенно-климатических условий произрастания на чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) раннеспелого детерминантного сорта сои Припять в центральной части Беларуси. Наибольшее влияние на величину ЧПФ в период бутонизации – цветения оказывают осадки, в период цветения – начала налива семян – естественное почвенное плодородие и сумма активных температур. Площадь листьев в фазу бутонизации и цветения в слабой и средней степени коррелирует с величиной ЧПФ. В вариантах с экстенсивными технологиями ЧПФ в период бутонизации – цветения не уступает и превышает другие варианты, в период цветения – начала налива семян ЧПФ снижается в 1,5 раза.

The paper presents the results of the research on the influence of soil and climatic growing conditions on net photosynthetic productivity (NPP) of the early maturing determinate soybean variety Pripyat in the central part of Belarus. During the period of budding-flowering the NPP value is greatly affected by precipitation, during the period of flowering-the beginning of seed filling – by natural soil fertility and the sum of active temperatures. The leaf area at the budding and flowering stage correlates weakly and moderately with the NPP value. In variants with extensive technologies the NPP is not inferior to and exceeds other variants during the period of budding-flowering; during the period of flowering-the beginning of seed filling the NPP is reduced by 1.5 times.

Введение

При проведении исследований по совершенствованию технологий возделывания сои большое внимание уделялось формированию листовой поверхности [1, 2, 5, 6, 8]. Обычно с увеличением площади листьев повышается продуктивность фотосинтеза, но одновременно повышается транспирация и непродуктивный расход влаги [7], поэтому для получения высокой урожайности сои необходимо формирование в посеве оптимальной площади листьев.

А. Б. Дьяков [4] указывает, что причинно-следственные связи между площадью листьев и урожаем семян сои очень сложны и неоднозначны, а различия в экологических условиях произрастания (уровень минерального питания и влагообеспеченность) могут приводить к изменению площади листовой поверхности в 2–4 раза. Зависимость площади листьев от доступности влаги настолько велика, что ее предлагают использовать в качестве индикатора степени дефицита влаги для посевов сои [9].

Для повышения информативности площадь листьев дополнительно оценивается в составе комплексного показателя «чистая продуктивность фотосинтеза» (ЧПФ), который описывает скорость формирования биомассы посевов на единицу поверхности листьев в сутки. Анализ литературы свидетельствует о том, что на ЧПФ сои значительное влияние оказывают скороспелость и другие сортовые особенности этой культуры [6, 8], нормы высева семян и густота стояния растения [6], применение гербицидов и регуляторов роста [2, 5].

Целью работы является определение влияния технологий возделывания сои различной степени интенсивности и почвенно-климатических условий центральной части Беларуси на чистую продуктивность фотосинтеза.

Условия и методика проведения исследований

Исследования проведены в 2021–2023 гг. на двух разновидностях дерново-подзолистой почвы: I – среднесуглинистая (Минская область, Дзержинский район, содержание гумуса – 3,26–3,58 %, подвижного фосфора – 359,0–400,7 мг/кг, обменного калия – 307,4–320,2 мг/кг, pH 5,6–6,4); II – супесчаная слабоблееватая (Минская область, Червенский район, содержание гумуса – 1,96–2,01 %, подвижного фосфора – 193,0–207,7 мг/кг, обменного калия – 237,7–267,5 мг/кг, pH 6,18–6,42).

Общая площадь делянки – 12 м², учетная – 6,4 м², повторность трехкратная. Объектом исследований являлся раннеспелый детерминантный сорт сои Припять.

На опытных участках применяли технологии возделывания, отличающиеся степенью интенсификации: интенсивная, нормальная, экстенсивная (по Кирюшину). При экстенсивной технологии предусматривалось внесение калийного удобрения K₉₀ и применение гербицида почвенного действия Алгоритм, КЭ (0,4 л/га). При нормальной технологии минеральные удобрения использовали в дозе N₃₀₊₁₀₊₈₀P₃₀K₉₀ (фосфорные – локально при посеве), гербицид Акрис, СЭ применяли до всходов в норме 2,5 л/га на среднесуглинистой почве и 2,0 л/га – на супесчаной. При интенсивной технологии вносили более высокие дозы минеральных удобрений – N₂₀₊₁₃₀P₆₀K₉₀ (фосфорные – всплошную перед посевом), гербициды Гардо голд, СЭ (4,0 л/га) на среднесуглинистой и Пульсар, ВР (0,75 л/га) – на супесчаной почве, а также дополнительно применяли фунгицид Пиктор Актив, КС (0,4 л/га). Во всех технологиях по всходам применялся противозлаковый гербицид Миура, КЭ (1,0 л/га). Исследования проводили без использования клубеньковых бактерий.

Посев проводили в средние сроки (2021 г. – 7–10 мая, 2022 г. – 17–25 мая, 2023 г. – 10–14 мая) черзрядным способом (ширина междурядья – 30 см) с нормой высева семян 0,4 млн/га. По основным фазам развития для учета динамики роста отбирали растительные образцы с двух несмежных повторений, площадь листьев рассчитывали методом «высечек».

Погодные условия за годы проведения исследований являлись контрастными. Вегетационный период 2021 г. был засушливым в первой половине лета и достаточно влажным во второй половине, когда за август выпало 101 мм осадков. Весной 2022 г. обильные осадки существенно задержали посев сои на суглинистой почве, затем в течение июня-июля засушливые периоды чередовались с ливневыми осадками, в августе – начале сентября наблюдалась засуха. Чрезвычайно засушливым весной был 2023 г., когда сумма осадков за май составила всего 23 мм. В дальнейшем в течение июня-июля осадки выпадали относительно равномерно в количестве, близком к норме, в первой декаде августа выпало 65 мм осадков, после чего наступила сухая погода.

Результаты исследований и их обсуждение

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) относится к динамическим показателям и отражает интен-

сивность создания в процессе фотосинтеза сухой биомассы за сутки 1 м² листьев. Следовательно, данный показатель учитывает начальный и конечный размеры листовой поверхности и интенсивность продукционных процессов.

Т. С. Кошкарлова [6] в своих исследованиях выявила, что при достаточной тепло- и влагообеспеченности ЧПФ раннеспелого сорта сои ВНИИОЗ 86 в период ветвления – цветения составляет в среднем 3 г/м²·сут, а в период цветения – формирования – налива семян достигает максимальных показателей 7,6–8,8 г/м²·сут. Другие исследователи ограничиваются оценкой ЧПФ в периоды бутонизации – цветения и цветения – формирования семян [3, 5]. Мы также придерживаемся мнения целесообразности расчета ЧПФ только в данные периоды роста. У сои в период налива семян начинаются активные процессы накопления жира и белка, которые по сравнению с углеводами являются более энергетически затратными соединениями, поэтому сравнение продуктивности посевов в различные периоды роста по накоплению сухого вещества без учета содержания в нем энергии является некорректным.

В таблице 1 приведены результаты расчетов ЧПФ раннеспелого сорта Припять при различных технологиях возделывания на среднесуглинистой и супесчаной почвах.

Таблица 1 – Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои Припять при различных технологиях возделывания, г/м² · сут

Технология	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее	
	Б.-Цв.*	Цв.-нНс.	Б.-Цв.	Цв.-нНс.	Б.-Цв.	Цв.-нНс.	Б.-Цв.	Цв.-нНс.
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва								
Интенсивная	2,6	4,5	8,8	3,5	8,4	3,1	6,6	3,7
Нормальная	3,4	4,7	9,2	3,7	8,1	2,9	6,9	3,8
Экстенсивная	3,5	3,8	11,7	1,5	6,0	2,1	7,0	2,4
Дерново-подзолистая супесчаная почва								
Интенсивная	2,8	2,9	5,0	0,7	7,0	2,8	4,9	2,1
Нормальная	2,6	2,2	3,1	0,6	6,7	1,4	4,1	1,4
Экстенсивная	3,4	3,6	4,7	0,4	6,0	1,9	4,7	2,0

Примечание – Б.-Цв. – период от бутонизации до начала цветения, Цв.-нНс. – период от начала цветения до начала налива семян.

В вариантах с интенсивной и нормальной технологиями в 2022–2023 гг. при достаточном влагообеспечении в первой половине вегетации наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза отмечалась в период бутонизации – цветения. В последующем на суглинистой почве она снижалась в 2,5–2,7 раза, на супесчаной почве – в 2,3–7,0 раз. В 2021 г. с крайне засушливой первой половиной лета ЧПФ на суглинистой почве в период цветения – начала налива семян увеличилась с 2,6 до 4,5 г/м²·сут, на супесчаной почве практически не изменялась и находилась в пределах 2,2–2,9 г/м²·сут.

В опытах О. С. Душко [2] максимальная ЧПФ наблюдалась в контрольном варианте и превышала варианты с применением до- и повсходовых гербицидов в 1,2–1,5 раза. В наших исследованиях в вариантах с экстенсивной технологией на обеих разновидностях почв ЧПФ в период бутонизации – цветения также практически не уступала и даже превышала другие варианты. Затем в период цветения – начала налива

семян этот показатель снизился в 1,5 раза. Исключением стал 2021 г., когда при экстенсивной технологии посево сои сформировали небольшую листовую поверхность, а биомасса посевов увеличивалась преимущественно за счет образования бобов.

Следует отметить, что в вариантах с экстенсивной технологией как при высоком уровне засорения на плодородной суглинистой почве, так и при низком уровне засорения на менее плодородной супесчаной почве, ЧПФ в период цветения – начала налива семян в 2021 г. и 2023 г. практически не различалась, что свидетельствует о равной интенсивности продукционных процессов на единицу ассимиляционной поверхности при благоприятных погодных условиях. Если считать, что агрофизические показатели в условиях оптимального выпадения осадков не имеют существенного значения, то агрохимические показатели плодородия почвы, вероятно, также в июле – августе оказывают незначительное влияние на ЧПФ сои.



Листовая поверхность сои в условиях дерново-подзолистых почв в фазе бутонизации при интенсивной (слева) и экстенсивной (справа) технологиях возделывания

Установлено, что в 2022 г. на супесчаной почве в период цветения – начала налива семян посевы сои оказались в состоянии стресса и снизили ростовые процессы, в результате чего ЧПФ уменьшилась в 5,0–7,1 раза. При этом различия между технология-

ми возделывания составили всего 0,1–0,3 г/м² · сут. На суглинистой почве ЧПФ в вариантах с интенсивной и нормальной технологиями уменьшилась в 2,5 раза и превышала ЧПФ в варианте с экстенсивной технологией на 2,0–2,2 г/м² · сут.



Листовая поверхность сои в фазе молочно-восковой спелости семян на дерново-подзолистой среднесуглинистой (слева) и супесчаной (справа) почвах

Для определения уровня влияния погодных условий и других факторов на ЧПФ в основные фазы развития нами проведен корреляционный анализ (табли-

ца 2). При этом анализ проводился как по двум опыт-ным участкам (общее), так и по каждому участку, расположенному на суглинистой и супесчаной почве.

Таблица 2 – Корреляции чистой продуктивности фотосинтеза посевов сои Припять с экологическими условиями, биометрическими показателями и продуктивностью (r)

Показатель	Бутонизация – цветение*			Цветение – начало налива семян*		
	общее	суглинистая	супесь	общее	суглинистая	супесь
Площадь листьев в фазу бутонизации	–0,08	–0,43	0,52	–	–	–
Площадь листьев в фазу цветения	–	–	–	0,61	–0,41	0,25
Продолжительность периода	–0,29	–0,44	–0,73	0,68	–0,91	0,55
Сумма активных температур	–0,10	–0,78	0,44	0,67	–0,84	0,68
Осадки	0,72	0,80	0,76	–0,27	0,42	–0,36
Гумус	0,63	–	–	0,78	–	–
Доза минерального азота	–0,03	0,46	–0,01	0,22	–0,05	–0,04
Густота стояния растений	0,08	0,72	0,11	0,32	0,37	0,74
Засоренность посевов	0,38	–0,07	–0,15	–0,13	–0,27	–0,15
Урожайность сухого вещества	0,18	0,01	0,29	0,79	–0,52	0,42
Урожайность семян	0,14	–0,01	0,16	0,77	–0,52	0,38

* *Общее* – расчет проведен по двум опытными участкам; *суглинистая* – расчет проведен по опытному участку, расположенному на среднесуглинистых почвах; *супесь* – расчет проведен по опытному участку, расположенному на супесчаных почвах.

В расчетах показатель «гумус» использовался с фиксированными средними значениями 3,34 % для суглинистой почвы и 1,99 % – для супесчаной почвы. Это обусловлено тем, что содержание гумуса на опытных участках, расположенных на супесчаной почве, варьировало в узких пределах (1,96–2,01 %), а на участках, расположенных на суглинистой почве, в более широких пределах (3,26–3,58 %). Учитывая, что размер варьирования данного показателя на суглинистой почве составил 16 % от общего содержания гумуса на супесчаной почве, использование данных содержания гумуса по каждому участку могло оказать существенное влияние на результаты расчетов. Следовательно, в представленных корреляционных расчетах показатель «гумус» следует рассматривать не столько как содержание органического вещества в почве, сколько как количественный показатель комплексного плодородия почвы (агрофизические + агрохимические + биологические свойства).

Чистая продуктивность фотосинтеза прямо пропорциональна количеству образованной биомассы и обратно пропорциональна площади листовой поверхности и продолжительности периода. В наших опытах на плодородной среднесуглинистой почве в связи с формированием большой площади листьев получены отрицательные корреляции между площадью листьев и ЧПФ. На менее плодородной супесчаной почве данные зависимости имели прямой характер, хотя были выражены в слабой степени. Эти различия объясняются тем, что на супесчаной почве площадь листьев формируется значительно медленнее, чем на суглинистой, накопление общей биомассы в период бутонизации и цветения происходит в том числе за счет появления новых листьев.

В опытах, проведенных на супесчаной почве, только в отдельные периоды, благоприятные для вегетационного развития, площадь листьев сои в фазе цветения и начала налива семян соответствовала среднесуглинистой почве на 88–105 % (к абсолютным значениям соответствующих вариантов), в другие периоды составляла не более 33–80 %. Следовательно, площадь листьев сои, выращиваемой на супесчаной почве, является сильно варьруемым показателем и значительно зависит от погодных условий, в то время как на среднесуглинистой почве площадь листьев

варьирует в относительно небольшом диапазоне, а величина ЧПФ в значительной мере определяется интенсивностью фотосинтеза.

Корреляционный расчет, проведенный по обоим участкам (общее), показал, что при использовании абсолютных значений площадь листьев в период цветения – начала налива семян в средней мере ($r = 0,61$) определяет величину ЧПФ.

В период бутонизации сои на обоих опытных участках положительное влияние на ЧПФ оказали осадки ($r = 0,72$), в дальнейшем ЧПФ слабо коррелировала с данным показателем.

В целом за годы исследований ЧПФ отрицательно коррелировала с продолжительностью периодов развития сои, за исключением супесчаной почвы, на которой в период цветения – начала налива семян направление связей изменилось на противоположное ($r = 0,55$), а влияние суммы активных температур на ЧПФ стало более сильным ($r = 0,68$). Это связано с тем, что в условиях супесчаной почвы при высоких среднесуточных температурах в период цветения соя задерживает ростовые процессы, площадь листьев снижается. На суглинистой почве высокие суммы активных температур, связанные с повышенными среднесуточными температурами, лишь снижают интенсивность фотосинтеза, но мало влияют на площадь листьев, в результате чего ЧПФ отрицательно коррелирует с данным показателем.

Коэффициент корреляции ЧПФ с показателем почвенного плодородия «гумус» от фазы бутонизации к началу налива семян увеличился с $r = 0,63$ до $r = 0,78$, т. е. во второй половине вегетации постепенно повышается влияние почвенного плодородия на величину ЧПФ сои. Кроме того, следует отметить сильную зависимость ЧПФ от густоты стояния растений ($r = 0,72$ для суглинистой почвы в период бутонизации и $r = 0,74$ для супесчаной почвы в период цветения) и слабое влияние на этот показатель доз внесения азотных удобрений.

В целом, абсолютные значения ЧПФ за период цветения – начала налива семян оказывали сильное влияние на урожайность сухого вещества и семян ($r = 0,77$ – $0,79$), хотя в расчетах, проведенных по каждой разновидности почвы, данная зависимость не была обнаружена.

Выводы

1. Чистая продуктивность фотосинтеза раннеспелого детерминантного сорта сои Припять при выращивании в центральной части Беларуси на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в периоды бутонизации – цветения варьирует в пределах 2,6–11,7 г/м²·сут, в период цветения – начала налива семян – в пределах 1,5–4,7 г/м²·сут. При выращивании сои на супесчаной почве ЧПФ в указанные периоды составляет 2,6–7,0 г/м²·сут и 0,4–3,6 г/м²·сут соответственно.

2. В вариантах с экстенсивной технологией независимо от типа почв ЧПФ посевов сои в период бутонизации – цветения не уступает и превышает варианты с нормальной и интенсивной технологиями. В дальнейшем ЧПФ снижается в 1,5 раза.

3. На изучаемых почвах наибольшее влияние на величину ЧПФ в период бутонизации – цветения оказывают осадки, в период цветения – начала налива семян – естественное почвенное плодородие и сумма активных температур. Площадь листьев в фазу бутонизации и цветения коррелирует с величиной ЧПФ только в слабой и средней степени.

4. На величину ЧПФ оказывает комплексное влияние ряд факторов (почвенные и погодные условия, биометрические характеристики растений, агротехнические приемы), в связи с чем данный показатель целесообразно использовать для оценки степени пригодности почв или уровня перенесенного стресса в отдельные периоды роста и развития.

Литература

1. Бельшикина, М. Е. Динамические параметры формирования урожая раннеспелых сортов сои в условиях Центрального Нечерноземья / М. Е. Бельшикина // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2018. – № 4. – С. 77–84.
2. Душко, О. С. Фотосинтетическая активность сои при использовании различных гербицидов и их экономическая эффективность / О. С. Душко, А. А. Малашонок // Земледелие. – 2017. – №3. – С. 12–13.
3. Головина, Е. В. Фотосинтетическая деятельность сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР / Е. В. Головина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3 (39). – С. 41–49.
4. Дьяков, А. Б. Взаимосвязи признаков продуктивности и адаптивности сортов сои при разных типах погоды юга России / А. Б. Дьяков, Т. А. Васильева // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 140. – С. 68–79.
5. Записоцкий, Д. Н. Фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от применения в технологии возделывания регуляторов роста / Д. Н. Записоцкий, А. Я. Барчукова // Плодородие. – 2018. – № 6 (105). – С. 26–28.
6. Кошкарлова, Т. С. Продуктивность адаптированных сортов сои различных групп спелости на каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т. С. Кошкарлова. – Саратов, 2019. – 24 с.
7. Розенцвейг, В. Е. Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах / В. Е. Розенцвейг, Д. В. Голоенко // Масличные культуры. – 2021. – № 2 (186). – С. 24–30.
8. Толмачев, М. В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои сорта Лидия в зависимости от технологии возделывания / М. В. Толмачев // Земледелие. – 2015. – № 3. – С. 31–33.
9. Sivacumar, M. V. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans / M. V. Sivacumar, R. H. Shaw // Agronomy Journal. – 1978. – Vol. 70. – № 4. – P. 619–623.

УДК 633.16:631.559

Зависимость урожайности голозерного и пленчатого ячменя от сроков уборки

А. А. Ярота, научный сотрудник,
А. А. Зубкович, кандидат с.-х. наук,
Л. А. Булавин, доктор с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в редакцию 25.04.2024)

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по влиянию сроков уборки на урожайность голозерного ячменя. Установлено, что у сорта Адамант при проведении уборки через 7 дней после наступления фазы полной спелости зерна потери урожайности составили в среднем 6,3 %, через 14 дней – 14,2 %, через 21 день – 21,3 %. У сорта Дева эти показатели были несколько выше и составили соответственно 6,9 %, 17,1 %, 23,5 %. Сорт пленчатого ячменя Добры в меньшей степени реагировал на нарушение сроков уборки по сравнению с изучаемыми сортами голозерного ячменя.

The paper presents the results of the research on the influence of harvesting time on the yield of hulless barley. It was established that for the Adamant variety, when harvested 7 days after the beginning of the full ripeness stage, the yield loss amounted on average 6.3 %, after 14 days – 14.2 %, after 21 days – 21.3 %. For the Deva variety, those figures were slightly higher and amounted to 6.9 %, 17.1 %, 23.5 %, respectively. The husked barley variety Dobra responded to a lesser extent to non-observance of harvesting time in comparison with the studied varieties of hulless barley.

Введение

Важным элементом технологии возделывания зерновых культур, в том числе ячменя, является уборка урожая. Установлено, что проведение ее в ранние

сроки при повышенной влажности зерна приводит к травмированию зерен. При этом ухудшается качество зерна и требуются дополнительные затраты на сушку. При уборке в поздние сроки наблюдается значительное снижение урожайности. Необходимо отметить, что