

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE DYNAMICS OF SUGAR BEET YIELD AND QUALITY FORMATION

M. I. Gulyaka, I. V. Chechiotkina, E. A. Shkraba, E. M. Kashevich, V. V. Chizhevsky, A. V. Lipnitsky, T. V. Shulzhik, E. V. Abramovich

The research results on the dynamics of sugar beet growth in the Central part of the Republic of Belarus for the period 2014-2023 are summarized in the article. The influence of weather conditions on the growth and development of sugar beet plants in separate periods of vegetation was studied. Long-term studies established that the strongest dependence of yield on the amount of precipitation and air temperature was in July, August and September. Sugar content of root crops depended mostly on the amount of precipitation in September and the amount of temperature in August and September.

УДК 633.34:581.45:631.44:551.5:631.5

ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

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

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки
(Дата поступления статьи в редакцию 02.05.2024)

Рецензент: Булавина Т.М., доктор с.-х. наук

Аннотация. *Представлены результаты исследований по изучению динамики формирования листовой поверхности посевов сои раннеспелого детерминантного сорта Припять в условиях двух разновидностей дерново-подзолистых почв (среднесуглинистой и супесчаной слабogleеватой) при выращивании на фоне трех технологий различной интенсивности (интенсивная, нормальная, экстенсивная). Установлено, что максимальная площадь листьев сои формировалась в 2022–2023 гг. в фазу начала налива семян: на среднесуглинистой почве – $3,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$. На супесчаной почве только в 2021 г. площадь листьев сои в фазу цветения практически соответствовала этому показателю на среднесуглинистой почве ($2,2\text{--}2,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$), а в 2022–2023 гг. была ниже в 1,4–2,0 раза. Наибольшие различия по показателю площади листьев между интенсивной и экстенсивной технологиями отмечались на супесчаной почве. Площадь листьев является показателем, в значительной степени зависящим от почвенно-климатических условий и технологии возделывания и его предлагается использовать для оценки стрессов в различных условиях произрастания.*

Введение

Среди продукционных процессов, протекающих в растениях, важнейшее значение имеет фотосинтетическая деятельность, в результате которой образуется органическое вещество, используемое для формирования репродуктивных

органов. У большинства растений основным фотосинтезирующим органом является лист. По данным А. К. Andrews [5], у сои основное участие в фотосинтезе также имеют листья, даже на завершающих этапах вегетации в пересчете на сырую массу листья фотосинтезируют в 6,3–7,4 раза активнее, чем бобы.

Индекс площади листьев широко используется в моделях сельскохозяйственных культур [6], в том числе не только для описания продукционных процессов, но и для прогнозирования развития болезней листового аппарата [3]. Площадь листьев является важным селекционным признаком, оптимальные параметры которого варьируют в зависимости от региона выращивания и степени увлажнения [2, 4].

В многочисленных исследованиях установлено, что между площадью листьев и урожайностью существуют тесные связи, поэтому приемы, приводящие к улучшению развития и увеличению площади листьев, являются главным средством формирования высокой урожайности [1]. Динамику и уровень развития листовой поверхности (площадь, темпы развития, продолжительность функционирования) можно рассматривать в качестве показателя, характеризующего уровень стрессового воздействия на растения. Следовательно, площадь листьев является важным показателем, с помощью которого можно выявить факторы, лимитирующие продуктивность посевов. Определение абсолютных значений данного показателя в различных экологических условиях является актуальным для создания (калибровки) моделей растений и разработки агротехнологий.

Условия и методика проведения исследований

В исследованиях, проведенных в 2021–2023 гг. в условиях центральной части Беларуси, были изучены две группы экологических факторов, оказывающих стрессовое воздействие на растения сои: почвенно-климатические (сою возделывали в Минской области в Дзержинском районе на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (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) и в Червенском районе на дерново-подзолистой супесчаной слабogleевой (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); агротехнологические (интенсивная, нормальная и экстенсивная технологии возделывания (по Кирюшину)).

Общая площадь делянки 12 м², учетная – 6,4 м², повторность трехкратная. Посев раннеспелого детерминантного сорта сои *Притянь* проводили в оптимальные сроки (2021 г. – 7–10 мая, 2022 г. – 17–25 мая, 2023 г. – 10–14 мая) чересрядным способом (ширина междурядья 30 см) с нормой высева 0,4 млн/га. Для учета динамики роста по основным фазам развития с двух несмежных повторений отбирали растительные образцы (по 10–20 шт. в зависимости от фазы развития). Площадь листьев рассчитывали методом «высечек».

На опытных участках применяли технологии возделывания, отличающиеся степенью интенсификации: интенсивная (ИТ), нормальная (НТ), экстенсивная

(ЭТ). В связи с биологическими особенностями сои при экстенсивной технологии предусматривали некоторые элементы интенсификации: калийное удобрение K_{90} , применение гербицидов почвенного действия Алгоритм (0,4 л/га) и повсходового противозлакового Миура (1,0 л/га). При нормальной технологии предусматривалось внесение минеральных удобрений $N_{30+10+80}P_{30}K_{90}$ (фосфорные – локально при посеве) и гербицида Акрис на среднесуглинистой почве в норме 2,5 л/га, на супесчаной – 2,0 л/га. При интенсивной технологии применяли более высокие дозы минеральных удобрений $N_{20+130}P_{60}K_{90}$ (фосфорные – всплошную перед посевом), гербицид Гардо голд (4,0 л/га) на среднесуглинистой и Пульсар (0,75 л/га) на супесчаной почве, а также дополнительно применяли фунгицид Пиктор Актив (0,4 л/га). При нормальной и интенсивной технологиях также применялся противозлаковый гербицид Миура (1,0 л/га). Исследования проводили без использования клубеньковых бактерий.

В годы исследований отмечались отдельные довольно продолжительные засушливые периоды (таблица 1), что в различных почвенно-климатических условиях в той или иной мере отразилось на росте и развитии растений сои. Учитывая, что соя наиболее требовательна к условиям увлажнения во второй половине вегетации, наиболее благоприятным для этой культуры следует считать 2021 г., в другие годы весенняя и раннелетняя засуха сочетались с позднелетней.

Таблица 1. Тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода за годы проведения исследований

Месяц	Декада	Сумма активных температур, °С			Сумма осадков, мм		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Май	I	84,5	83,5	75,5	14	0	15
	II	129	110,5	125,5	48	35	8
	III	145	114,5	144,75	2	65	0
Июнь	I	163,5	171	143	6	5	10
	II	180,5	170	196,5	20	15	50
	III	226,5	206	206,5	26	30	17
Июль	I	221,5	198	176	5	25	26
	II	248	160,5	195	0	40	13
	III	224,5	192	208,5	12	24	33
Август	I	173,5	211,5	203,5	28	3	65
	II	181,5	220,5	198	26	5	9
	III	161	229	224,5	46	1	11
Сентябрь	I	127	121,5	150,5	14	0	0
	II	115	97,5	160,5	54	65	10
	III	77,5	97	150	45	20	0

Результаты исследований и их обсуждение

На формирование площади листьев, как и других биометрических показателей растений, большое влияние оказывают всевозможные экологические факторы. Максимальные величины достигаются в благоприятных почвенно-климатических условиях при высоком уровне агротехники, что снижает отри-

цательное влияние сорняков, вредителей и болезней, а также недостатка элементов питания. Различные стрессы (засуха или повышенная влажность, которые обычно также связаны с развитием сорняков и болезней) уменьшают площадь листьев – молодые верхние листья останавливаются в росте, нижние листья желтеют, частично опадают. В связи с этим особенности формирования площади листьев следует рассматривать во взаимосвязи с другими параметрами продукционного процесса растений. Анализ средних показателей при этом является малоинформативным, так как может скрывать влияние стрессовых эффектов, размер которых существенно различается по годам.

В таблицах 2 и 3 приведены особенности формирования площади листьев в относительно благоприятном по погодным условиям 2021 г. на двух почвах – дерново-подзолистой среднесуглинистой и дерново-подзолистой супесчаной.

Таблица 2. Основные параметры роста и развития сои на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при благоприятных погодных условиях в 2021 г.

Дата	День вегетации	Сумма активных температур, °С	Фаза развития	Густота стояния растений, шт/м ²	Диаметр стебля, мм	Высота растений, см	Площадь листьев, м ² /м ²
19.05	1	-	Всходы				
01.06	11	173,5	II лист	21	3	7	0,01
16.06	26	424,5	VI лист	21	8	21	0,56
21.06	31	531	Бутонизация	19	10	76	2,7
10.07	51	1098	Цветение	19	11	102	2,3
18.08	91	1891	Начало налива	19	11	94	1,2
05.09	104	2003	Молочная спелость	19	11	92	0,84
15.10	144	2334	Полная спелость	19	10	92	0
Урожайность сухого вещества надземной массы (без учета листьев) – 86,6 ц/га аб.сух.в-ва							
Урожайность семян – 37,3 ц/га							

В 2021 г. на среднесуглинистой почве посевы сои отличались мощным вегетативным развитием и, несмотря на небольшую густоту стояния растений, сформировали максимальные площадь листьев в фазу бутонизации – 2,7 м²/м², которая, однако, после июльской засухи снизилась до 2,3 м²/м². Начиная от фазы начала налива семян плотность посева увеличивалась за счет формирования боковых ветвей и развития бобов, посевы полегли. Это привело к уменьшению площади листьев до 1,2 м²/м² и увеличению вклада бобов в ассимиляционную поверхность посевов.

На супесчаной почве раннелетняя засуха сдержала развитие листьев, посевы сои в фазу бутонизации сформировали всего 0,9 м²/м² площади листьев. Выпавшие затем осадки обеспечили формирование полноценного ассимиляционного аппарата, и в фазу цветения площадь листьев достигла 2,2 м²/м², в фазу начала налива семян – 1,1 м²/м².

Таблица 3. Основные параметры роста и развития сои на дерново-подзолистой супесчаной почве при благоприятных погодных условиях 2021 г.

Дата	День вегетации	Сумма активных температур, °С	Фаза развития	Густота стояния растений, шт/м ²	Диаметр стебля, мм	Высота растений, см	Площадь листьев, м ² /м ²
8.05	1		Всходы				
1.06	13	184,5	II лист	33	3	8	0,01
6.06	27	435,5	VI лист	32,5	4	26	0,47
2.06	36	567	Бутонизация	32,5	6	39	0,9
2.07	56	1017	Цветение	32,5	8	44	2,2
5.08	90	1705	Начало налива	32,5	9	56	1,1
5.09	111	2014	Молочная спелость	32,5	9	50	0,63
8.09	134	2261	Полная спелость	32,5	8	50	0
Урожайность сухого вещества надземной массы (без учёта листьев) – 32,2 ц/га аб.сух.в-ва							
Урожайность семян – 16,5 ц/га							

Из вышеизложенного следует, что площадь листьев в благоприятном 2021 г. в период цветение – налив семян – молочная спелость как на среднесуглинистой, так и на супесчаной почве имела практически одинаковый уровень. После достижения молочной спелости семян на супесчаной почве посевы сои стали быстрее созревать и достигли фазы полной спелости на 17 дней раньше, чем на среднесуглинистой. Снижение площади листьев в фазу молочной спелости семян до 0,63 м²/м² за счет отмирания нижних листьев свидетельствует о том, что на супесчаной почве в конце вегетации, вероятно, наблюдается больший дефицит азота, необходимого для налива семян, чем на среднесуглинистой.

Следует отметить, что на среднесуглинистой почве растения сои отличались значительно большими линейными размерами, что при равной площади листьев предполагает более оптимальный вертикальный профиль потока фотосинтетически активной радиации (ФАР). Напротив, полегание посевов в фазу молочной спелости могло привести к снижению коэффициента использования ФАР, ухудшало микроклимат и способствовало развитию болезней.

Раннелетняя засуха оказала заметное влияние на формирование листового аппарата и в последующие годы. Минимальная площадь листьев отмечена в 2022 г., когда посев сои задерживался из-за интенсивного выпадения осадков, но к фазе цветения – начала налива семян данный показатель достигал максимальных значений (таблица 4).

Таблица 4. Формирование листового аппарата в посевах сои при различных технологиях возделывания, м²/м²

Технология	2021 г.			2022 г.			2023 г.		
	Б.*	Цв.	нНз	Б.*	Цв.	нНз	Б.*	Цв.	нНз
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва (Дзержинский р-н)									
Интенсивная	2,7	2,3	1,2	1,1	2,3	3,0	2,2	1,8	3,0
Нормальная	2,1	2,3	1,1	1,2	2,1	2,9	2,3	1,6	3,0
Экстенсивная	2,1	2,0	0,7	0,7	1,6	2,5	2,0	1,3	1,2
Дерново-подзолистая супесчаная слабоглееватая почва (Червенский р-н)									
Интенсивная	0,9	2,2	1,1	0,8	1,6	1,8	1,4	0,9	1,6
Нормальная	1,2	2,6	1,2	0,8	1,3	2,0	1,4	1,0	1,5
Экстенсивная	0,9	1,3	0,7	0,5	0,9	0,4	1,0	0,8	1,0

Примечание: Б. – фаза полной бутонизации, Цв. – фаза полного цветения, нНз – фаза начала налива семян

Влияние технологий возделывания на формирование площади листьев было довольно заметным на супесчаной почве. На среднесуглинистой почве оно проявлялось лишь к началу налива семян, когда запасы почвенного азота истощаются, и азот начинает перемещаться из листьев в формирующиеся семена.

Кроме того, гербицид почвенного действия Алгоритм, внесенный в норме 0,4 л/га в варианте с экстенсивной технологией, имел непродолжительное действие на двудольные сорняки. Интенсивное развитие при этом отмечалось у единичных растений мари белой, видов горцев, сохранившихся после химической прополки, что обуславливало в период налива семян не только дефицит азота, но и света.

В наших исследованиях засоренность посевов сои в фазу начала цветения (ориентировочно 50-й день после внесения гербицида почвенного действия и 30-й день после применения повсходового гербицида) при экстенсивной технологии составляла на среднесуглинистой почве 36–76 шт/м² с массой сухого вещества 84,8–140,8 г/м²; на супесчаной почве 33–70 шт/м² с массой сухого вещества 24,6–90 г/м².

В вариантах с интенсивной и нормальной технологиями засоренность была существенно ниже: на среднесуглинистой почве 12–76 шт/м² с массой сухого вещества 2–57,2 г/м²; на супесчаной почве 0–36 шт/м² с массой сухого вещества 0–62,2 г/м².

При анализе площади листьев следует иметь в виду, что у многих двудольных растений после завершения роста листовой поверхности еще длительное время происходит растяжение палисадных клеток, поэтому продолжается рост листовой пластинки в толщину. Соответственно, концентрация хлорофилла на единицу поверхности увеличивается, и изменяется интенсивность фотосинтеза.

На рост листьев в толщину оказывает влияние и технология возделывания. Так, в опытах R.Paradiso [7] дополнительное азотное питание сои за счет ино-

куляции корней комплексом бактерией и грибов достоверно увеличивала толщину листовой пластинки с 85,8 мкм до 95,0 мкм.

Применяемый при проведении исследований метод высечек, учитывающий плотность листовой пластинки, также позволяет приблизительно оценить влияние технологии (уровень азотного питания + защита посевов от сорняков и болезней) на ее толщину.

Анализ полученных результатов позволил выявить следующие закономерности: в фазу бутонизации толщина листовой пластинки сои достигает максимальных значений и мало зависит от технологии возделывания. В зависимости от погодных условий она составляет на среднесуглинистой почве 14,7–19,7 мг/см², на супесчаной несколько ниже – 11,3–14,7 мг/см². В фазу начала налива семян этот показатель снижается до 13,7–14,7 и 12,3–14,7 мг/см² соответственно. Причиной является не столько истончение листовой пластинки, сколько гибель нижних, самых крупных листьев. При интенсивной технологии это происходит ввиду повышения плотности стеблестоя, при экстенсивной – из-за дефицита азота. При этом следует учитывать, что на плотность листовых пластинок оказывает влияние толщина жилок листа (проводящих пучков). В свою очередь, толщина жилок и соответственно диаметр проводящих пучков в определенной мере характеризует интенсивность фотосинтеза. Следовательно, при совершенствовании методики метод высечек позволяет получать дополнительные параметры по ассимиляционной деятельности посевов.

Содержание хлорофилла является еще одним показателем, характеризующим степень развития листовой поверхности сои. В наших исследованиях концентрация хлорофилла в листьях сои не изучалась, но визуальные наблюдения показали, что при интенсивной технологии посевы сои сохраняли интенсивную темно-зеленую окраску листьев вплоть до наступления полной спелости семян как на среднесуглинистой, так и на супесчаной почве. Посевы сои при нормальной технологии имели зеленую окраску, тогда как при экстенсивной уже в фазу молочной спелости листья имели бледно-зеленую окраску.

Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в центральной части Беларуси раннеспелый детерминантный сорт сои *Припять* в разреженных посевах (21 растение/м²) в фазу бутонизации способен сформировать 2,7 м²/м² листовой поверхности, а в фазу цветения – начала налива – 2,3–3,0 м²/м². С началом налива семян площадь листьев постепенно уменьшается.

2. Почвенно-климатические условия и технология возделывания оказывают существенное влияние на формирование площади листовой поверхности сои. Только в благоприятные по погодным условиям годы и при густоте стояния не менее 32 растений/м² площадь листьев в посевах сои, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве, достигает величины на уровне более плодородной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, уступая в менее благоприятных условиях. Таким образом, площадь листьев является показателем, в значительной степени зависящим от погодных условий, что позволяет

использовать его для количественной оценки стрессов в различных условиях произрастания.

3. Площадь листьев сои следует рассматривать во взаимосвязи с другими биометрическими показателями и засоренностью посевов. Помимо площади листьев определенное влияние на фотосинтетическую деятельность растений оказывают толщина листовой пластинки и содержание хлорофилла. Интенсивные технологии возделывания, предусматривающие высокие дозы внесения азота и высокоэффективную защиту от сорняков, позволяют достигать максимальных значений данных показателей. Наибольшие различия по площади листьев между интенсивной и экстенсивной технологиями наблюдаются на дерново-подзолистой супесчаной почве, которая характеризуется невысоким естественным плодородием.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. Николаев, С.В. Системный подход к моделированию развития листостебельных грибных инфекций пшеницы / С.В.Николаев [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – С.100-109.
4. 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.
5. Andrews, A. K. Photosynthetic activity of soybean pods at different growth stages compared to leaves // Can. J. Plant Sci., 1975. – № 55. – P. 501-505.
6. Brisson, N. An overview of the crop model STICS / N.Brisson et.al. // European Journal of Agronomy. – 2003. – №18. – P. 309–332.
7. Paradiso, R. Changes in Leaf Anatomical Traits Enhanced Photosynthetic Activity of Soybean Grown in Hydroponics with Plant Growth-Promoting Microorganisms // Frontiers in Plant Science, May 2017. – P. 320-329.

LEAF AREA OF SOYBEAN DEPENDING ON SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS AND CULTIVATION TECHNOLOGY

V.A. Radovnya, D.A. Romankov, V.A. Sarkan

The results of research on studying the dynamics of leaf area formation of soybean early-ripening determinant variety Pripyat under conditions of two varieties of sod-podzolic soils (medium loamy and sandy loam slightly gleyic) cultivated against the background of three technologies of different intensity (intensive, normal, extensive) are presented. It was found that the maximum leaf area of soybean was formed in 2022-2023 in the phase of the beginning of seed filling on medium loamy soil and equaled to 3.0 m²/m². On sandy loam soil only in 2021 the leaf area of soybean in the flowering phase almost corresponded to that indicator on medium loamy soil (2.2-2.3 m²/m²), and in 2022-2023 was lower by 1.4-2.0 times. The

greatest differences in leaf area index between intensive and extensive technologies were observed on sandy loam soil. Leaf area is an indicator largely dependent on soil and climatic conditions and cultivation technology and it is suggested to be used for stress assessment under different growing conditions.

УДК 633.112.9«324»:631.559:632.952

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ

В.В. Кот, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в редакцию 21.02.2024)

Рецензент: Холодинский В. В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований по формированию урожайности озимого тритикале сорта Ковчег в зависимости от вариантов фунгицидной защиты растений в условиях центральной части Беларуси. Установлено, что наибольшая урожайность зерна озимого тритикале в среднем за годы исследований была получена в варианте, который предусматривал защиту флагового листа фунгицидом Элатус РИА, КЭ и защиту колоса препаратом Магнелло, КЭ – 84,3 ц/га. Прибавка к контрольному варианту составила 12,4 ц/га за счет формирования числа зерен в колосе и массы тысячи зерен. Данный агроприем позволил сформировать максимальное значение числа зерен в колосе – 40,8 шт. и массу тысячи зерен 38,2 г.*

Введение

Одна из важнейших задач, которая стоит перед агропромышленным комплексом Беларуси, заключается в повышении урожайности и качества зерна [1]. Специфические свойства белкового и углеводно-амилазного комплексов в совокупности с высоким потенциалом продуктивности позволяют говорить о тритикале как о перспективном сырье для продовольственного сектора [2]. Новые сорта требуют изучения отзывчивости их на уровни интенсификации и усовершенствования агротехнологических приемов возделывания [3].

Одной из причин недобора урожая зерновых культур могут являться болезни листьев и колоса. Болезни не только угнетают растения, снижая крупность зерновки и урожай с единицы площади, но и ухудшают его качество из-за накопления продуктов жизнедеятельности патогенов.

Фитопатогенные микроорганизмы широко распространены в природе и в условиях, благоприятных для их развития, наносят существенный вред формирующемуся урожаю. Они могут распространяться разными путями: ветром, водой, пылью, семенами, растительными остатками и т.д. [4, 5]. Признаки болезней на злаковом растении могут проявляться уже в первой половине вегетации, а к концу вегетации могут развиваться настолько, что преждевременно прекращается ассимиляционный процесс [6].