

УДК 633.853.52:532.954:581.13

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.21

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЛИСТОВОГО АППАРАТА СОИ

Валентина Тимофеевна Синеговская¹, Оксана Сергеевна Душко¹,
Екатерина Васильевна Журавлева²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сои
675027, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19
E-mail: amursoja@gmail.com

²Министерство науки и высшего образования РФ
125009, г. Москва, ул. Тверская, д. 11
E-mail: zhuravla@yandex.ru

Изучена степень влияния гербицидов на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность сои в условиях Амурской области, определена устойчивость культурных растений к ним по активности пероксидазы. Снижение численности сорняков за счет использования гербицидов создавало благоприятные условия для формирования листовой поверхности сои, улучшало работу фотосинтетического аппарата. В целом за вегетацию фотосинтетический потенциал (ФП) был выше у сои в вариантах с применением по вегетации гербицидов Базагран (на фоне почвенного гербицида Фронтъера) и Пивот. Показатели площади листьев и продолжительность их работы в посевах контрольного варианта были самыми низкими. Фотосинтетический потенциал наибольшей величины достигал в период налива семян во всех вариантах опыта. Максимальным он был в варианте с применением гербицида Пивот, превышая контрольный вариант на 46,8%. Выявлено стрессовое воздействие гербицида Пивот на культурные растения сои, что подтверждается высокой удельной активностью пероксидазы. Установлено, что повышение активности пероксидазы и максимальное количество множественных форм этого фермента свидетельствуют о высоком адаптивном потенциале сои и устойчивости к гербициду Пивот, при его непосредственном воздействии на семена.

Ключевые слова: соя; гербициды; площадь листьев; фотосинтетический потенциал; продуктивность фотосинтетического потенциала; фермент пероксидаза

Введение

Одним из факторов, обеспечивающих повышение эффективности производства сои, является использование инновационных разработок, направленных на увеличение продуктивности растений за счет максимального оттока органического вещества из листьев в репродуктивные органы [16, 15]. Внедрению системы инноваций должно предшествовать комплексное изучение всех составляющих этого процесса. В то же время главным фактором, который необходимо учитывать при выборе отдельной инновации, является её соответствие применяемой технологии по ряду качественных характеристик. Так, сое необходимы оптимальные условия для протекания активного фотосинтеза и симбиоза с клубеньковыми бактериями [14, 1]. От степени освещенности зависит продуктивность фотосинтетического потенциала, что регулируется распределением растений по площади питания и наличием сорной растительности, которая конкурирует с культурными растениями в борьбе за минеральное питание и солнечный свет [8, 4]. Соя слабо конкурирует с сорняками, особенно на ранних стадиях ее развития, поэтому в борьбе с ними используют гербициды, которые не только уничтожают сорную растительность, но и могут оказывать отрицательное воздействие на культурные растения [3, 6, 2]. Степень воздействия гербицидов на сою определяется не только химическим препаратом, но и сортовыми особенностями растений, способных противостоять стрессовым воздействиям. Определить устойчивость растений к воздействию гербицидов возможно с помощью изучения биохимического

состава клеток в листьях сои на содержание и изменчивость в них ферментов [7, 11]. Например, фермент пероксидаза входит в состав антиоксидантной системы, активность которой определяет уровень устойчивости растений к различным факторам и широко используется для изучения стрессоустойчивости сои к неблагоприятным воздействиям среды. А в условиях техногенной нагрузки и сложной экологической ситуации важное место занимают сведения об агроэкологическом состоянии посевов сои и специфики сорта формировать и накапливать продукты фотосинтеза в репродуктивных органах. В этой связи целью наших исследований было изучение фотосинтетической деятельности листового аппарата конкретного сорта сои при использовании гербицидов и определение устойчивости растений к ним по активности ферментов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служил сорт сои Гармония и гербициды, используемые в почву и по вегетирующим растениям. Опыты проводили в 2015-2016 гг. на луговой черноземовидной почве в с. Садовое Тамбовского района Амурской области. В почву вносили гербицид Фронтьер за 2 дня до посева сои, по вегетации применяли гербициды Базагран, Пульсар, Пивот и Фабиан в фазу 2-3-го тройчатого листа у сои. Повторность опыта 4-кратная, расположение делянок рендомизированное [5]. Количество и массу сорняков определяли по методике ВИЗР [10], показатели работы фотосинтетического аппарата сои – по методике А.А. Ничипоровича [12], продуктивность фотосинтетического потенциала (ПФП) – по методу В.Т. Синеговской [13]. Для анализа на определение удельной активности и множественных форм пероксидаз листья сои отбирали в фазу начала образования бобов. Удельную активность пероксидаз определяли колориметрическим методом по Бояркину в модификации Мокроносорова [9]. Множественные формы пероксидаз выявляли методом электрофореза в 7,5%-ном полиакриламидном геле в щелочной буферной системе (рН 8,9) [17].

Результаты и обсуждение

Применение гербицидов способствовало эффективному снижению количества и массы сорных растений (табл. 1). Наиболее эффективно по количеству сорняков было применение Базаграна по вегетации на фоне почвенного гербицида Фронтьер. На снижение массы сорняков более эффективное воздействие оказали гербициды Пивот, Пульсар и Фабиан, при использовании по вегетирующим растениям, что уменьшило затенение культурных растений сорняками и способствовало формированию листовой поверхности у сорта сои Гармония.

Таблица 1
Эффективность действия гербицидов на количество и массу сорных растений

Вариант	Количество сорняков		Масса	
	Всего, шт/м ²	Снижение к контролю, %	Всего, г/м ²	Снижение к контролю, %
1. Контроль (без обработки гербицидами)	344	-	689	-
2. Фронтьер 1,2 л/га	135	60	488	29
3. Фронтьер 1,2 л/га + Базагран 2,0 л/га	125	64	473	31
4. Пивот 0,7 л/га	200	42	387	44
5. Пульсар 0,8 л/га	209	39	366	47
6. Фабиан 100 г/га	276	18	382	45

Максимальная площадь листьев сформировалась к периоду образования бобов – налива семян и была наибольшей в посевах, где для борьбы с сорняками использовали

гербицид Пивот (табл.2). У растений контрольного варианта площадь листьев была значительно ниже по сравнению с вариантами опыта, где применяли гербициды. Это объясняется большим наличием сорняков, которые затеняли культурные растения и не обеспечивали их в полном объеме солнечной энергией для формирования листовой поверхности сои. Следовательно, использование гербицидов способствует увеличению листовой поверхности сои за счет снижения численности сорняков, что создает более благоприятные условия по освещенности и позволяет сформировать максимальную листовую поверхность.

Таблица 2

Динамика формирования площади листьев по фазам развития сорта сои Гармония в зависимости от используемых гербицидов

Вариант	Площадь листьев сои по фазам роста и развития, тыс. м ² /га				
	3-й тр. лист	цветение	образование бобов	налив семян	полный налив
1. Контроль (без обработки гербицидами)	6,2	9,7	10,3	11,4	7,6
2. Фронтьер 1,2 л/га	8,0	11,3	12,4	15,4	9,7
3. Фронтьер 1,2 л/га + Базагран 2,0 л/га	9,4	21,4	18,7	21,3	11,4
4. Пивот 0,7 л/га	8,3	14,1	26,0	23,3	12,5
5. Пульсар 0,8 л/га	8,0	14,0	14,8	15,6	10,1
6. Фабиан 100 г/га	8,2	16,1	13,6	15,7	10,3

Фотосинтетический потенциал наибольшей величины достигал в период налива семян во всех вариантах опыта (табл.3). Максимальным он был в варианте с применением гербицида Пивот, превышая контрольный вариант на 46,8%. В целом за вегетацию ФП был выше у сои в вариантах с применением по вегетации гербицидов Базагран, на фоне Фронтьера, и Пивот. Показатели площади листьев и продолжительность их работы в посевах контрольного варианта были самыми низкими. Следовательно, более благоприятные условия для работы фотосинтетического аппарата сои создаются в посевах с применением гербицидов.

Таблица 3

Влияние гербицидов на фотосинтетический потенциал сорта сои Гармония за вегетацию

Вариант	ФП в период вегетации, тыс. м ² х дн./га						
	всходы – 3-й тройчатый лист	3-й тройчатый лист – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – полный налив семян	полный налив семян – физиологическая спелость	всего за вегетацию
1. Контроль (без обработки гербицидами)	52,6	73,3	91,2	121,2	207,0	23,7	569,0
2. Фронтьер 1,2 л/га	73,6	110,7	128,3	158,7	240,0	33,0	744,3
3. Фронтьер 1,2 л/га + Базагран 2,0 л/га	78,7	141,2	189,3	249,3	270,5	39,0	968,2
4. Пивот 0,7 л/га	75,1	143,3	158,8	240,8	304,1	38,9	961,0
5. Пульсар 0,8 л/га	67,1	117,2	138,9	182,3	258,8	34,9	799,2
6. Фабиан 100 г/га	74,6	107,7	146,9	174,6	253,6	33,6	791,0

Вклад работы фотосинтетического потенциала в накопление массы семян был самым высоким в варианте с применением Пульсара, так как доля семян в общей массе

сухого вещества составляла 65,6 % (табл. 4). Возможно, на активный отток питательных веществ в семена в этом случае оказало положительное влияние остаточное количество действующего вещества Пульсара – имазамокс, выполнившего роль стимулятора обменных процессов. Наибольшая биологическая урожайность семян получена в варианте с применением Базагран, на фоне почвенного гербицида Фронтьер. Вместе с тем, доля семян в общей массе абсолютно сухого вещества составляла только 58,5 %, следовательно, отток веществ в репродуктивные органы проходил у этих растений менее активно и продукты фотосинтеза остались в вегетативной массе. В контрольном варианте процесс фотосинтеза также был направлен преимущественно на накопление сухого вещества всего растения, а не на формирование семян. Доля семян в общем накоплении сухого вещества составляла всего 48,6 %. Следовательно, сорные растения оказывали отрицательное влияние на работу фотосинтетического аппарата.

Таблица 4

**Влияние гербицидов на продуктивность фотосинтетического потенциала
и биологическую урожайность сои сорта Гармония**

Вариант	ПФП, кг сухого вещества на 1 тыс. ед. ФП	ПФП за вегетацию, кг семян на 1 тыс.ед. ФП	Доля семян от максим.массы сухого вещества, %	Биологическая урожайность семян, т/га
1. Контроль (без обработки гербицидами)	6,9	3,4	48,6	1,91
2. Фронтьер 1,2 л/га	5,0	3,6	77,2	2,70
3. Фронтьер 1,2 л/га + Базагран 2,0 л/га	5,3	3,1	58,5	2,98
4. Пивот 0,7 л/га	5,8	3,0	48,5	2,85
5. Пульсар 0,8 л/га	5,4	3,6	65,6	2,85
6. Фабиан 100 г/га	5,8	3,6	60,9	2,81

Удельная активность пероксидаз в листьях сои под влиянием опрыскивания растений гербицидами Базагран на фоне Фронтьера, Пульсара и Фабиана была ниже контроля, при наименьшем значении в варианте с использованием Пульсара (рис. 1).

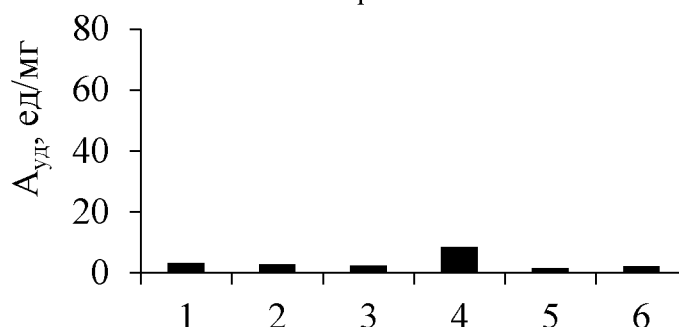


Рис. 1 Удельная активность пероксидазы листьев сои в зависимости от использования гербицидов: 1 – контроль, 2 – Фронтьер, 3 – Фронтьер + Базагран, 4 – Пивот, 5 – Пульсар, 6 – Фабиан

Активность фермента была максимальной в листьях сои, обработанных гербицидом Пивот, превышая контроль в три раза. Следовательно, из всех изучаемых нами гербицидов большее стрессовое воздействие на культурные растения оказывает Пивот, что подтверждается высокой удельной активностью пероксидазы.

Изучение влияния последствий гербицидов на посевные качества семян сои представляют практический интерес. В 3-дневных проростках семян, полученных при

возделывании сои с использованием гербицида Пивот, удельная активность пероксидазы была очень низкой, как в семенах урожая 2015 г., так и урожая 2016 г. (рис.2). Следовательно, использование Пивота в посевах сои не оказывает отрицательного влияния на формирование семян. Однако в семенах, обработанных гербицидом Пивот перед их проращиванием, удельная активность пероксидазы была высокой, а количество множественных форм фермента – максимальным.

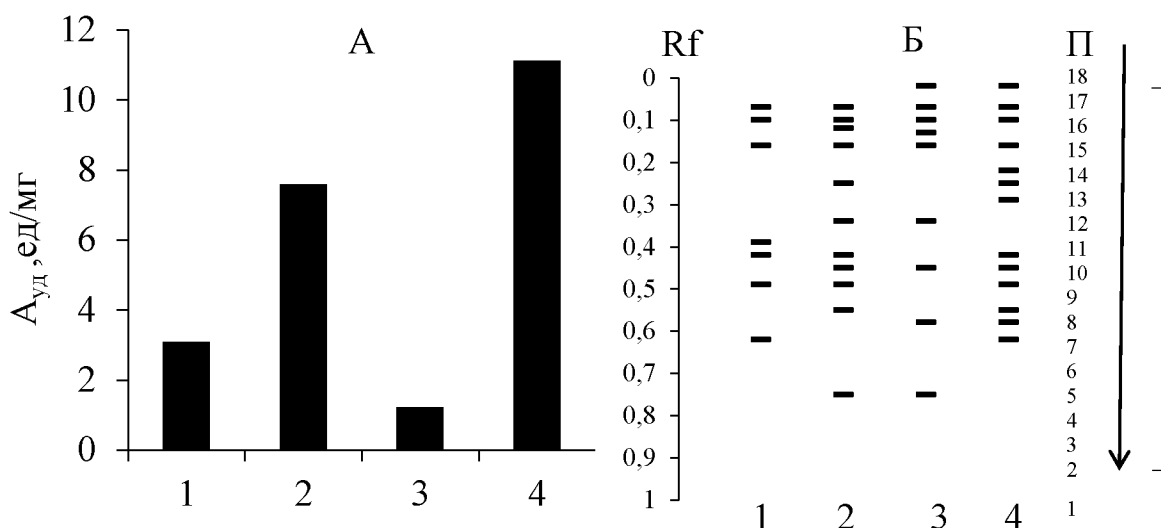


Рис. 2 Удельная активность пероксидазы (А) и схемы электрограмм пероксидаз (Б) в 3-дневных проростках сои сорта Гармония: 1 – контроль, 2 – Пивот (семена урожая 2015 г.); 3 – контроль, 4 – Пивот (семена урожая 2016 г.)

Таким образом, повышение активности пероксидазы и максимальное количество множественных форм этого фермента свидетельствуют о высоком адаптивном потенциале сои и устойчивости к гербициду Пивот, при его непосредственном воздействии на семена.

Выводы

Использование гербицидов создает более благоприятные условия по освещенности сои за счет снижения численности сорняков, что способствует увеличению листовой поверхности. Максимальная площадь листьев была наибольшей в посевах, где для борьбы с сорняками использовали гербицид Пивот. В контрольном варианте площадь листьев была минимальной. Следовательно, применение гербицидов создает более благоприятные условия для работы фотосинтетического аппарата. Наибольший фотосинтетический потенциал в целом за вегетацию сформировался у сои в вариантах с применением гербицидов Базагран (на фоне Фронтъера) и Пивот. Вклад работы фотосинтетического потенциала в накопление массы семян был самым высоким в варианте с применением Пульсара, так как доля семян в общей массе сухого вещества составляла 65,6 %, а в варианте с применением Фронтъера и Базагрana, несмотря на самую высокую биологическую урожайность семян, их доля в общей биомассе составляла только 58,5 %. Следовательно, сорные растения оказывали отрицательное влияние на работу фотосинтетического аппарата и биологическую урожайность сои.

Повышения активности пероксидазы и максимальное количество множественных форм этого фермента свидетельствуют о высоком адаптивном потенциале сои и устойчивости к гербициду Пивот, при его непосредственном воздействии на семена. Показатели удельной активности пероксидазы и наличие ее

множественных форм подтверждают высокую адаптационную устойчивость сои к гербицидам.

Список литературы

1. *Береговая Ю.В., Тычинская И.Л., Ботуз Н.И., Лысенко Н.Н., Петрова С.Н.* Влияние различных систем гербицидов на симбиотическую активность сортов сои в условиях Орловской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2017. – № 4 (24). – С. 58–63.
2. *Василенко А.И., Девяткин А.М.* Сорная растительность и вредители в посевах сои Центральной зоны Краснодарского края // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко (26-30 ноября 2016 г.)*. – Краснодар, 2017. – С. 322–323.
3. *Ваулин А.Ю.* Эффективность гербицидов по подавлению многолетних двудольных сорняков в посевах сои на зерно в условиях лесостепи Челябинской области // *Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции Института агроэкологии (5-7 февраля 2018 г.)*. – Троицк, 2018. – С. 20–29.
4. *Вереникина Н.А.* Защита сои от сорных растений // *Сетевой научный журнал ОрелГАУ*. – 2016. – № 1 (6). – С. 16–19.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. *Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Абрамов А.А., Бабак Ю.В.* Продуктивность сои // *APK NEWS*. – 2018. – № 10. – С. 23–25.
7. *Иваченко Л.Е.* Ферменты как маркеры адаптации сои к условиям выращивания. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2011. – 192 с.
8. *Лысенко Н.Н.* Гербициды в посевах сои // *Вестник Аграрной науки*. – Орел, 2018. – № 2 (71) – С. 19–28.
9. *Малый практикум по физиологии растений / Под ред. А.Т. Мокроносова*. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994 – 184 с.
10. *Методические указания по испытанию гербицидов в растениеводстве / ВИЗР*. – М.: Колос, 1969. – 61 с.
11. *Михайлова М.П., Кузнецова В.А., Иваченко Л.Е., Синеговская Л.Е.* Пероксидазная активность листьев сои на разных стадиях вегетации при воздействии гербицида Тайфун // *Химия и химическое образование: материалы III Международной научно-практической конференции (12-13 ноября 2015 г.)*. – Благовещенск, 2015. – С. 95–98.
12. *Ничипорович А.А.* Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая). – М., 1961. – 135 с.
13. Пат. 2539634. Российская Федерация, МПК A01G7/00, A01N1/04. Способ определения продуктивности фотосинтетического потенциала сортов сои / Синеговская В.Т., Толмачев М.В. ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИ сои. – № 2013129655/13 ; заявл. 27.06.13 ; опубл. 20.01.12, Бюл. № 1. – 1 с.
14. *Салюкова Н.Н., Дементьев Д.А.* Симбиоз – основа высокой продуктивности сои // *Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: материалы Международной научно-практической конференции (20-21 октября 2015 г.)*. – Чебоксары, 2015. – С. 183–186.
15. *Трунова М.В.* Показатели роста растений сои и их связь с семенной продуктивностью // *Интенсификация и оптимизация производственного процесса*

сельскохозяйственных растений: материалы Международной научно-практической конференции (06-08 октября 2009 г.). – Орел: Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, 2009. – С. 162–167.

16. Шабалда О.Г., Агафонов О.М., Голубь А.С., Власова О.И., Донец И.А. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои в зависимости от активности симбиоза // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – № 1 (34). – С. 7–11.

17. Davis B.J. Disc electrophoresis – II Method and application to human serum proteins // Ann. N. Y. Acad. Sci. – 1964. – V. 121. – P. 404–427.

Статья поступила в редакцию 01.07.2019 г.

Sinegovskaya V.T., Dushko O.S., Zshuravleva E.V. Influence of herbicides on photosynthetic and fermentation activity of soybean leaf apparatus // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 132. – P. 149-156.

The degree of influence of herbicides on photosynthetic activity of crops and soybean yield under the conditions of the Amur region was studied, the resistance of cultivated plants to them according to the activity of peroxidase enzyme was determined. The decrease in the number of weeds through the use of herbicides contributed to creating favorable conditions for formation of soybean leaf surface and improving the work of a photosynthetic apparatus. In general, during a vegetation period, the photosynthetic potential was higher in soybean in the variants with the use of herbicides Bazagran (against the background of soil Frontier) and Pivot by vegetation. The indicators of a leaf area and duration of their work in crops of the control variant were the lowest ones. The photosynthetic potential (PhP) reached the highest value in the period of a seed filling in all the variants of the experience. It reached its maximum value in the variant with the use of Pivot herbicide, exceeding the control variant by 46.8%. The stress effect of Pivot herbicide on the cultivated plants of soybean was revealed, which is confirmed by the high specific activity of peroxidase. It was established that the increase in a peroxidase activity and the maximum number of multiple forms of this enzyme indicated a high adaptive potential of soybean and resistance to Pivot herbicide, with its direct effect on the seeds.

Key words: soybean; herbicides; leaf area; photosynthetic potential; productivity of photosynthetic potential; peroxidase enzyme