

Abstract: *The purpose of this work is to study the effect of the growth stimulant Biostim Start in combination with a fungicide Scarlet, ME and preparation Emistim на посевные качества и урожайность гороха сорта Sofya. Experiments with treated pea seeds were carried out in laboratory and field conditions in 2015...2017. For treatment of 1 ton of pea seeds two weeks prior to sowing, we took – 1,2 l of preparation Biostim Start, fungicide Scarlet, ME – 0,4 l, preparation Emistim – 1 ml and dissolved in 10 liters of water. After mixing, the resulting solution is ready for use on seeds. The germination energy and the laboratory germination of the treated and control seeds were estimated, the size of their seedlings (rootlets and sprouts) according to GOST 12038 - 84.*

It has been established that application of Biostim Start (alone) to pea seeds of Sofya variety, and together with the fungicide Scarlet, ME and Emistim increases growth and development of seedlings of treated seeds by 6,9...16,0% compared to control sprouts. In the treated seeds, the green mass of pea plants exceeded the control ones by 13,6...32,9%, decrease in the degree of development of root rot of pea plants to control by 16,2% was noted. Treatment of pea seeds with one preparation Biostim Start improves field germination by 5%, improves yield by 0,16 t/ha (5,2%). Field germination rate from combined application of the preparations (Biostim Start -1,2 l/t + fungicide Scarlet, ME -0,4 l/t + Emistim -1 ml/t) exceeded the control by 6%, and yield of pea – by 0,29 t/ha or 9,5%. An increase in the number of beans, grains and the mass of pea grains from one plant was noted by 5,7...8,7%. The weight of 1000 grains exceeded the control by 3,6%.

Keywords: Biostim Start, Scarlet, ME, Emistim, seeds, treatment, germination, yield.

УДК 633.31/37

ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ЛИСТЬЕВ У СОРТОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РОСТА И ЯРУСНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук

Е.И. ЧЕКАЛИН, В.В. ЗАЙКИН, В.И. МАЗАЛОВ*, кандидаты сельскохозяйственных наук

Н.Б. САЛЬНИКОВА, аспирант

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

*ФГБНУ «ШАТИЛОВСКАЯ СХОС ВНИИЗБК»

В статье представлены результаты полевых и вегетационных опытов по изучению генотипических особенностей протекания реакций темновой фазы фотосинтеза у растений сои. Установлено, что фотоактивность листьев у сортов культуры резко возрастает при переходе растений к генеративному периоду развития, достигая максимального значения к фазе массового образования плодов, когда спрос на ассимилянты основных аттрагирующих центров (бобов) начинает существенно увеличиваться. Интенсивность фотосинтеза в данный период развития растений достигала 17,21 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$., что было в среднем на 32,1% больше по сравнению с фазами роста «5-6 настоящих листьев» и «бутонизация». Наиболее высокой фотосинтетической активностью отличались, прежде всего, верхние листья, а самую маленькую ее величину имели нижние. На 5 ярусе снизу интенсивность фотосинтеза была в 3,5 раза меньше, по сравнению с листьями, расположенными на 3-4 узле сверху растений.

Интервал генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза в 2015 году находился в пределах от 1,65 до 14,18 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, в 2016 году он составлял 2,96-16,75 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, а в 2017 году – 7,89-11,34 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$.

Среди опытных сортообразцов высокой и стабильной интенсивностью фотосинтеза во время вегетационного развития отличался сорт Самер 5, что дает основание его рассматривать как перспективным для селекции.

Ключевые слова: соя, селекция, физиология, генофонд, коллекционный образец, интенсивность фотосинтеза.

Фотосинтез является глобальным природным источником восполняемой энергии на земле, обеспечивающим полноценное функционирование всех наиболее жизненно важных органов зеленого растения. В силу этого он выступает основным фактором продукционного процесса сельскохозяйственных растений, за счет которого образуется до 95% органического вещества урожая [1]. Это дает основание рассматривать использование фотосинтеза в селекции, как одним из самых приоритетных ее направлений, где скрыты огромные, но пока слабо используемые резервы. Известно, что современные посевы сельскохозяйственных культур реализуют фотосинтетическую активную радиацию в урожае с КПД всего лишь 0,5-0,9%, в лучших случаях – 1-2%. В тоже время, эту величину можно фактически довести у С3 растений до 4-5%, а С4-6%, и если удастся это сделать, то урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур приблизится к максимально возможному [1, 2, 3].

Учитывая это, нами были проведены исследования по изучению особенностей протекания интенсивности фотосинтеза у растений сои в зависимости от генотипа, фазы роста и места расположения листьев на растениях.

Материалы и методика исследований

Исследования проводились в рамках тематического плана ЦКП Орловского ГАУ им. Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с Шатиловской СХОС и Тульским НИИСХ.

Объектами основных физиологических исследований в годы проведения опытов были сорта сои: Ланцетная, Зуша, Свапа (ВНИИЗБК); Магева, Окская (Рязанский НИИСХ); Белгородская 48, Виктория, Белгородская 7, Белгородская 8 (Белгородский ГАУ), Воронежская 31 (Воронежский ГАУ им. Императора Петра 1); Припять и Ясельда (ООО Соя-Север КО», г. Минск), Славяночка, Казачка (Донской ЗНИИСХ); Самер 4, Самер 5 (Самарский НИИСХ)).

Опытный материал в 2009-2011 выращивался в полевом опыте селекционного севооборота лаборатории селекции зернобобовых культур ВНИИЗБК, в 2017 году – в экологическом сортоиспытании на Шатиловской СХОС. Площадь делянок 10 м² в 4-х кратной повторности. Размещение делянок – рендомизированное.

В вегетационных опытах методом почвенной культуры с использованием полимерных сосудов емкостью 5 кг сухой почвы испытывались сорта сои Свапа и Припять. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от полной полевой влагоемкости.

Интенсивность фотосинтеза и устьичная проводимость листьев опытных образцов оценивались по оригинальной методике немецкой фирмы Heinz Walz GmbH с помощью переносного газоанализатора марки GFS-3000 FL. Учет проводили в полевых условиях на интактных растениях в разные фазы роста в режиме реального времени.

Математическую и статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерных программ [4].

Результаты исследований

Исследования подтвердили, что у культуры сои интенсивность фотосинтеза листьев имеет высокую наследственную обусловленность [5]. Интервал генотипического варьирования показателя в 2015 году находился в пределах от 1,65 до 14,18 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, в 2016 году он составлял 2,96-16,75 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, а в 2017 году – 7,89-11,34 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$.

В онтогенезе растений наиболее существенные сортовые различия отмечаются в период генеративного развития, когда резко возрастает спрос на фотоассимиляты. По данным вегетационных опытов, интенсивность фотосинтеза листьев у сортов сои достигает наибольшей величины во время массового образования плодов, а затем происходит ее выраженное падение.

В фазу плоского боба значение этого показателя у опытных сортов было в среднем на 32,1% больше по сравнению с фазами роста «5-6 настоящих листьев» и «бутонизация». При этом сорт Свапа по фотоактивности листьев достоверно превосходил Припять на 22,9% (рис. 1).

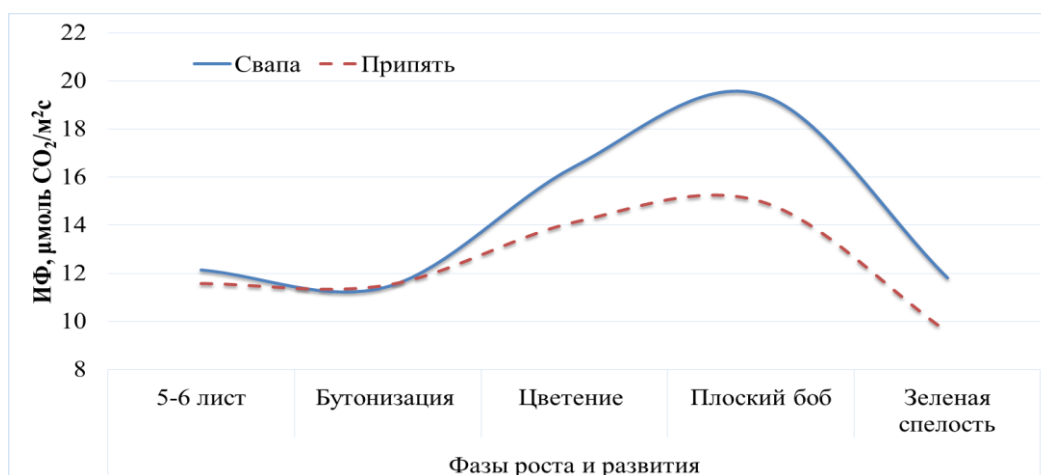


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза листьев у сортов сои в разные фазы роста растений. Вегетационный опыт, 2015-2016 гг.

У сортов с высокой и низкой интенсивностью фотосинтеза существенных различий в ходе роста и развития не наблюдалось. В каждой группе присутствовали сорта как со стабильным проявлением фотоактивности листьев, так и не устойчивым.

В погодных условиях вегетации 2017 года, среди изученных сортов наиболее высокой и стабильной интенсивностью фотосинтеза в среднем за вегетационный период отличался сорт Самер 5, что дает основание его рассматривать как перспективный для селекции. А самой низкой и нестабильной фотоактивностью характеризовались листья сортов Белгородская 48 и Свапа. Однако, в фазу плоского боба лидером среди них являлся сорт Белгородская 7 (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность фотосинтеза у различных сортов сои по фазам развития, 2017 г.

Сорт	ИФ по фазам роста, μmole CO ₂ /m ² ·c					Среднее за вегетацию
	ветвление	бутонизация	цветение	плоский боб	зеленая спелость	
с высокой ИФ						
Самер 5	13,55	10,99	11,30	10,86	10,02	11,34
Зуша	10,83	13,51	12,74	11,30	7,16	11,11
Славяночка	11,09	12,48	10,60	9,80	7,62	10,32
Самер 4	11,62	9,85	10,14	10,95	8,42	10,20
Белгородская 7	11,21	10,91	7,08	15,88	5,29	10,07
Казачка	11,46	12,02	7,91	12,11	5,80	9,86
Среднее	11,63	11,63	9,96	11,82	7,39	10,48
с низкой ИФ						
Белгородская 8	9,01	10,14	10,60	10,14	5,50	9,08
Виктория	9,87	9,44	7,40	8,69	9,41	8,96
Свапа	8,85	10,80	6,64	13,33	1,71	8,27
Белгородская 48	9,44	12,53	9,57	3,63	4,30	7,89
Среднее	9,29	10,73	8,55	8,95	5,23	8,55
НСР ₀₅	0,73			0,57	0,69	

Во многом схожие результаты были получены Амелиным А.В. с сотрудниками (2013) при разработке морфофизиологической модели перспективного сорта сои северного экотипа для Центрально-Черноземного региона России. В известной степени они согласуются и с экспериментальными данными по другим сельскохозяйственным культурам [5, 6], и диким видам растений [7].

Согласно результатов собственных исследований и литературных данных выявленные сортовые различия по интенсивности фотосинтеза в онтогенезе растений обусловлены, прежде всего, характером донорно-акцепторных отношений между фотоассимилирующими и запасными центрами, которые в период генеративного развития смещаются в пользу полезно-хозяйственных органов, из-за чего резко возрастает на листья плодовая нагрузка и как ответная реакция – их фотосинтетическая активность [8].

Известно, что на ассимиляцию CO_2 листьев весьма существенное влияние может оказывать и их устьичная проводимость [9, 10]. В полевых опытах между этими показателями в онтогенезе растений выявлена существенная положительная корреляция, которая варьировала по фазам роста от 0,48 до 0,62.

Но, наиболее значимое влияние на интенсивность фотосинтеза и устьичную проводимость листьев оказывало их расположение на растении. В частности, подтверждено, что у сортов сои, как и других сельскохозяйственных культур [6], наибольшей интенсивностью фотосинтеза и устьичной проводимостью обладают листья, прежде всего, расположенные в верхнем ярусе растений, как наиболее освещенные и имеющие повышенную плодовую нагрузку. В 2009-2011 годы исследований интенсивность фотосинтеза листьев, расположенных на 3-4 узле сверху составляла $12,25 \mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, средних – $13,22 \mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, нижних – $3,97 \mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, а их устьичная проводимость соответственно была равна 0,24; 0,27 и 0,07 ммоль $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Весьма близкие данные были получены и в 2017 году, когда величина интенсивности фотосинтеза и устьичной проводимости углекислого газа верхних листьев отмечалась в 3,5 и 3 раза соответственно выше, по сравнению с ниже расположенными – 5-й узел снизу (рис. 2).

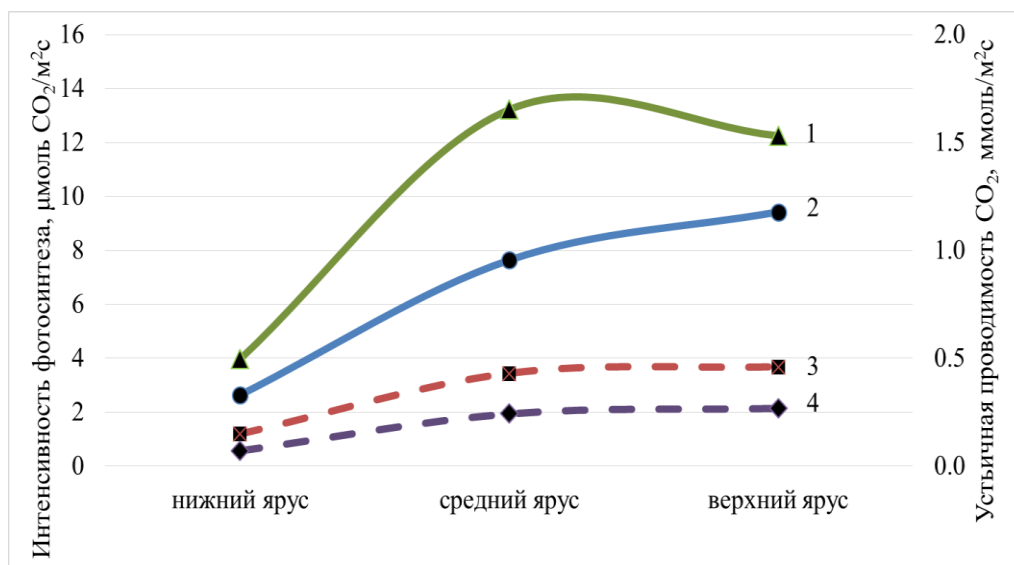


Рис. 2. Ярусная изменчивость интенсивности фотосинтеза и устьичной проводимости листьев у сортов сои в фазу плоского боба, в среднем за 2009-2011, 2017 годы (1 – интенсивность фотосинтеза 2009-2011 гг., 2 – интенсивность фотосинтеза 2017 г., 3 – устьичная проводимость CO_2 2017 г.; 4 – устьичная проводимость CO_2 2009-2011 гг.)

Такую ярусную изменчивость очевидно можно объяснить еще и тем, что нижние листья более старые по возрасту и в период налива семян в них начинают активно осуществляться деструктивные процессы, приводящие к выраженному снижению физиологических процессов, в том числе устьичной проводимости молекул CO_2 . Коэффициент корреляции между интенсивностью фотосинтеза и устьичной проводимостью листьев разных ярусов растений был достаточно высоким и составлял 0,98.

Генотипические тенденции ярусной изменчивости показателей фотосинтетической деятельности листьев устойчиво проявляются независимо от года исследований (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность фотосинтеза и устьичная проводимость в зависимости от яруса листьев растений у сортов сои в фазу плоского боба

Сорт	Ярусы растения					
	нижний ярус		средний ярус		верхний ярус	
	ИФ	УП по CO ₂	ИФ	УП по CO ₂	ИФ	УП по CO ₂
2009-2011 годы						
Магева	4,11	0,05	14,41	0,22	13,12	0,27
Окская	3,00	0,04	13,85	0,20	12,87	0,32
Ланцетная	5,53	0,11	11,99	0,24	10,39	0,21
Припять	3,22	0,09	12,63	0,30	12,61	0,28
Среднее	3,96	0,07	13,22	0,24	12,25	0,27
2017 год						
Свапа	1,61	0,08	10,24	0,41	13,33	0,22
Славяночка	5,11	0,26	7,85	0,43	9,80	0,78
Белгородская 48	2,11	0,12	2,85	0,21	3,63	0,44
Самер 4	1,71	0,13	9,63	0,67	10,95	0,48
Среднее	2,64	0,15	7,64	0,43	9,43	0,46
НСР ₀₅	0,31	0,05	0,95	0,06	0,87	0,07

Таким образом, активность темновых реакций фотосинтеза листьев сои существенным образом зависит от генотипических особенностей сорта, фазы роста, места расположения листьев на растении и их устьичной проводимости углекислого газа, что необходимо учитывать при оценке и отборе перспективных генотипов по показателям фотосинтетической деятельности.

Литература

1. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений / Пушино: НЦ БИ АН СССР, 1979. – 37 с.
2. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза – М.: Наука, – 1981. – 169 с.
3. Ort D.R., Merchant S.S., Alric J., Barkan A. et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. // PNAS. – 2015. – V. 112. – №. 28. – P. 8529–8536. – doi: 10.1073/pnas.1424031112.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) - М.: Агропромиздат. Изд. 5-е, доп. и перераб. 1985. – 131 с.
5. Чиков В.И. Лозовая В.В., Тарчевский И.А. Дневная динамика фотосинтеза целого растения пшеницы. // Физиология растений. – 1977. – Т.24. – №4. – С.691-698.
6. Amelin A.V., Fesenko, A.N., Chekalin E.I. Zaikin V.V. Variability of photosynthesis intensity in cultivated common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. depending on ontogenetic phase and environment conditions // The 13th International Symposium on Buckwheat (ISB), 9-11.09.2016, Chungbuk National University, Korean. – 2016. – P. 773-778.
7. Зеленский М.И. Фотосинтетические характеристики важнейших сельскохозяйственных культур и перспективы их селекционного использования// Физиологические основы селекции растений / Под ред. Удовенко Г.В., Шевелухи В.С. Санкт-Петербург: ВИР. – 1995. – Т.II. – Ч.II. – С.466-554.
8. Чиков В.И. Эволюция представлений о связи фотосинтеза с продуктивностью растений // Физиология растений. – № 1. – Т. 55. - 2008. – С. 140-154.
9. Atkinson C.J., Policarpo M., Webster A.D., Kingswell G. Drought tolerance of clonal *Malus* determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential. // Tree Physiology. – 2000. – 20. – P. 557-563.
10. Li F. Cohen S., Naor A., Shaozong K., Erez A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. // Agricultural Water Management. - 2002. – 55. – P. 1-14.

RATE OF THE PHOTOSYNTHESIS OF LEAVES OF VARIETIES SOYBEAN DEPENDING ON THE GROWTH PHASE AND TIERS OF LEAVES

A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin, V.I. Mazalov*, N.B. Salnikova

FGBOU HE OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN

*FGBNU «SHATILOVSKY AGRUCULTURAL EXPERIMENTAL STATION OF THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: The article presents the results of field and vegetation experiments on the study of the genotypic features of a reaction of dark phase of photosynthesis in soybean plants. It is established that photoactivated leaves of varieties of culture increases sharply in the transition of plants to the generative period of development, reaching maximum values to the phase of mass fruit formation, when the demand for assimilate main intragenomic centers (beans) begins to significantly increase. The intensity of photosynthesis in the period of development of the plant reached 17, and 21 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. The highest photosynthetic activity differed, first of all, the top leaves and the smallest its value was lower. On the 5th layer from the bottom, the intensity of photosynthesis was 3.5 times less in comparison with the leaves, arranged in 3-4 node from the top of the plants.

The interval of genotypic variation of photosynthesis intensity in 2015 ranged from 1,65 to 14,18 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ in 2016, he was 2,96 – of 16,75 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$, and in 2017 – 7,89 -11,34 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$.

Among the genotypes experienced high and stable intensity of photosynthesis during the development of the vegetation differed in the Samer grade 5, which gives grounds to consider it as promising for breeding.

Keywords: soybean, breeding, physiology, gene pool, collection sample, rate of photosynthesis.

УДК 633.34:631.461.52:632.954

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ГЕРБИЦИДОВ НА СИМБИОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.В. БЕРЕГОВАЯ, И.Л. ТЫЧИНСКАЯ*, Н.И. БОТУЗ,

кандидаты сельскохозяйственных наук,

Н.Н. ЛЫСЕНКО, С.Н. ПЕТРОВА, доктора сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

*E-mail: pridotko1990@mail.ru

В данной работе продемонстрированы результаты двухлетних научных исследований по изучению влияния двух различных систем гербицидов: ДуалГолд + Базагран + Фюзилад Форте (Комплекс 1) и Фронтьер Оптима + Базагран + Арамо 45 (Комплекс 2) на симбиотическую активность раннеспелых сортов сои Свапа и Танаис в условиях Орловской области. В опытах использовали фоновую инокуляцию семян изучаемых сортов препаратом клубеньковых бактерий на основе штамма *Bradyrhizobium japonicum* 634б. В результате выявлено, что в целом гербициды оказывали ингибирующее действие на бобово-ризобийный симбиоз растений сои, выражающееся в снижении нодуляции корней и функциональной активности клубеньков по сравнению с контролем. При этом реакция симбиотических систем на использование химических средств защиты была сортоспецифичной. Установлено, что из двух систем гербицидов Комплекс 1 позволил наиболее полно реализовать симбиотический потенциал изучаемых сортов сои за счет наименьшего негативного влияния на их клубенькообразующую способность и азотфиксирующую активность, в результате чего агроценозы усваивали до 38...55 кг/га азота воздуха. Комплекс 1 также был более эффективным и в хозяйственном плане, обеспечив максимальную прибавку урожайности, которая в среднем по сортам составила 7 ц/га.

Ключевые слова: соя, сорт, симбиотическая активность, гербициды, урожайность.

Биологизированные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают максимальное использование биологических факторов при сокращении применения средств химизации для улучшения экологической ситуации и повышения