

Научная статья
УДК 633.88 +581.132
doi: 10.28983/asj.y2022i2pp18-24

Фотосинтетическая деятельность старовозрастных посевов эхинацеи пурпурной в лесостепи Среднего Поволжья

Вера Александровна Гущина¹, Елена Олеговна Никольская², Нина Васильевна Кочемазова¹

¹Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия

²ФБУ Рослесозащита – ЦЗЛ Пензенской области, г. Пенза, Россия

e-mail: guschina.v.a@pgau.ru

Аннотация. Питание растений является эффективным, если создаются оптимальные условия для деятельности фотосинтетического аппарата. Формируя агроценозы, с помощью элементов технологии и энергии солнца, обеспечивается их высокая продуктивность, создаваемая фотосинтезом. Поэтому целью исследований является определение показателей фотосинтетической деятельности эхинацеи пурпурной четвертого года жизни на различных фонах минерального питания в зависимости от некорневых подкормок регулятором роста Циркон. Для увеличения продолжительности срока использования эхинацеи пурпурной в 2018–2020 гг. на лугово-черноземной почве опытного участка ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ на старовозрастных посевах проведен двухфакторный полевой опыт. В среднем за три года в фазу стеблевания наиболее благоприятные условия для растений эхинацеи складывались на минеральном фоне от двух некорневых подкормок Цирконом, проведенных в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию, где площадь листьев составила 25,62 тыс.м²/га и индекс покрытия был в 1,15 раза выше, чем в посевах по естественному фону. Прирост фотосинтезирующего аппарата к фазе бутонизации по отношению к стеблеванию составил 1,47 тыс.м²/га, а в период цветения площадь листьев увеличилась до 28,31 тыс.м²/га. В среднем за вегетацию фотосинтетический потенциал на минеральном фоне увеличился в 1,16 раза. Здесь же, в период бутонизация – цветение, отмечена наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза – 1,84 г/м².дн.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная; ассимиляционная поверхность; фотосинтетический потенциал; Циркон; чистая продуктивность фотосинтеза.

Для цитирования: Гущина В. А., Никольская Е. О., Кочемазова Н. В. Фотосинтетическая деятельность старовозрастных посевов эхинацеи пурпурной в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 18–24. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp18-24>.

AGRONOMY

Original article

Photosynthetic activity of old-aged crops of *Echinacea purpurea* in the forest-steppe of the Middle Volga region

Vera A. Gushchina¹, Elena O. Nikolskaya², Nina V. Kochemazova¹

¹Penza State Agrarian University, Penza, Russia

²Russian Centre of Forest Health – Centre of Forest Health of the Penza Region, Penza, Russia

e-mail: guschina.v.a@pgau.ru

Abstract. Plant nutrition is effective if optimal conditions are created for the activity of the photosynthetic apparatus. Forming agrocenoses, with the help of elements of technology and the energy of the sun, their high productivity created by photosynthesis is ensured. Therefore, the purpose of the research is to determine the indicators of photosynthetic activity of *Echinacea purpurea* of the fourth year of life on various backgrounds of mineral nutrition, depending on foliar top dressing with the Zircon growth regulator. To increase the duration of the use of *Echinacea purpurea* in 2018–2020, a two-factor field experiment was carried out on old-growth crops on the meadow-chernozem soil of the experimental plot of the Penza State Agrarian University. On average, over three years, in the stemming phase, the most favorable conditions for *Echinacea* plants developed on a mineral background from two foliar top dressings with Zircon, carried out in the rosette phase of leaves followed by budding, where the leaf area was 25.62 thousand m²/ha and the coverage index was 1.15 times higher than in crops on a natural



background. The increase in the photosynthetic apparatus to the budding phase in relation to stalking was 1.47 thousand m²/ha, and during the flowering period, the leaf area increased to 28.31 thousand m²/ha. On average, during the growing season, the photosynthetic potential against the mineral background increased by 1.16 times. Here, during the period of budding - flowering, the highest net productivity of photosynthesis was noted - 1.84 g/m²-day.

Keywords: Echinacea purpurea; assimilation surface; photosynthetic potential; Zircon; net productivity of photosynthesis.

For citation: Gushchina V. A., Nikolskaya E. O., Kochemazova N. V. Photosynthetic activity of old-aged crops of Echinacea purpurea in the forest-steppe of the Middle Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2023;(2):18–24. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp18-24>.

Введение. В настоящее время проявляется большой интерес к лекарственному растениеводству. Особое внимание уделяется перспективному многолетнему растению из семейства астровых (*Asteraceae*) эхинацея пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), которая имеет множество полезных свойств как лекарственное и эфиромасличное растение, а так же как декоративная, медоносная и кормовая культура [8]. На ее основе в медицине известно более 70 препаратов, обладающих противовоспалительными, антибактериальными и иммуномодулирующими свойствами [7]. С целью создания стабильной сырьевой базы для фармацевтической промышленности необходимы расширение посевных площадей эхинацеи пурпурной и разработка элементов технологии ее выращивания, обеспечивающих стабильное получение урожаев независимо от погодных условий.

Для реализации максимальной продуктивности культуры, регулирования ростовых и адаптационных процессов, а также для повышения устойчивости агроценозов к нестабильным условиям произрастания необходимо использование экзогенных компонентов воздействия, к которым относятся регуляторы роста, активно используемые на территории РФ [4]. Таким биорегулятором является препарат Циркон, созданный фирмой «НЭСТ М» в 2001 г., не имеющий аналогов в мире [9]. Он получен из растительного сырья эхинацеи пурпурной, его действующим веществом является смесь гидроксикоричных кислот (ГКК), которые относятся к обширному классу фенольных соединений повсеместно распространенных в растениях. Они участвуют в важнейших для них ростовых и дыхательных процессах, защищают клетки от ультрафиолетового излучения, обладают антистрессовым и иммуномодулирующим действием, нормализуют обмен веществ [11]. Главным преимуществом данного препарата перед химическими средствами защиты растений является экологическая безопасность и содержание в нем природных фиторегуляторов, применяемых в низкой концентрации [1].

Одним из основных процессов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, является фотосинтез, в результате которого образуется 90–95 % сухого вещества [6], причем к основной части растений, участвующей в процессе фотосинтеза, относятся листья. Поэтому цель исследований заключалась в определении показателей фотосинтетической деятельности эхинацеи пурпурной четвертого года жизни на различных фонах минерального питания в зависимости от некорневых подкормок регулятором роста Циркон. Его действие на динамику накопления сухого вещества и реализацию биологического потенциала растений в условиях неустойчивого увлажнения Среднего Поволжья не рассматривалось.

Методика исследований. Для увеличения продолжительности срока использования эхинацеи пурпурной на опытном участке ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ на посевах четвертого года жизни в 2018–2020 гг. проведен двухфакторный полевой опыт по изучению влияния ранневесенней подкормки минеральными удобрениями и фолиарной обработки регулятором роста Циркон на ее фотосинтетическую деятельность.

Фактор А – минеральные удобрения: 1 – контроль (без подкормки минеральными удобрениями), 2 – ранневесенняя подкормка минеральными удобрениями N₃₀P₃₀. Фактор В – некорневая подкормка растений регулятором роста Циркон (30 мл/га) по фазам развития: 1 – контроль (без подкормки); 2 – подкормка в фазу розетки листьев; 3 – подкормка в фазу бутонизации; 4 – подкормка в фазу розетка листьев + бутонизация. Расход рабочей жидкости – 250 л/га. Повторность опыта шестикратная, размещение делянок – рендомизированное. Площадь делянок первого порядка составила 20 м², второго – 5 м². Объемом исследований являлась эхинацея пурпурная четвертого года жизни сорта Полесская красавица.

Рано весной, в начале отрастания эхинацеи, проводили подкормку легкорастворимыми формами минеральных удобрений: мочевиной (NH₂)₂CO₃ и двойным суперфосфатом Ca(H₂PO₄)₂·H₂O [12]. В соответствии с годами исследований удобрения были внесены 2 мая, 13 и 24 апреля.



Сопутствующие наблюдения и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова (1985) [5]. Площадь ассимиляционной поверхности определяли в фазы стеблевания, бутонизации и цветения методом высечек по методике А.А. Ничипоровича (1973) [10], чистую продуктивность фотосинтеза – по формуле, рекомендованной L. Bridds, F. Kidd, C. West [2].

Эксперимент заложен на лугово-черноземной почве, которая характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,6...3,8 %, щелочгидролизуемого азота – 77,7...80,9 мг/кг почвы, подвижных форм фосфора – 36,2...37,3 и обменного калия – 78,6...80,4 мг/кг почвы, pH – 5,2...5,4.

Результаты исследований. Нарастание листовой поверхности растений происходит в процессе преобразования элементов структуры организма под воздействием жизнеобеспечивающих факторов, как внешних, так и внутренних, в том числе экзогенных регуляторов роста и минеральных удобрений [3].

В силу биологических особенностей многолетние лекарственные растения предъявляют определенные требования к минеральным удобрениям и их формам, так как это обусловлено слабым развитием корневой системы в начальный период их роста в год посева. Ранневесенние подкормки, отрастающих после перезимовки многолетних растений, являются обязательным элементом технологии выращивания любых сельскохозяйственных культур [12].

Большинство авторов рекомендуют умеренные нормы внесения удобрений под эхинацею пурпурную. В условиях Пензенской области ее отзывчивость на подкормку минеральными удобрениями была заметна во все годы исследований. Наилучшим развитием отличались растения в 2020 г. Площадь листьев в фазу стеблевания по минеральному фону превышала ассимиляционную поверхность растений, произрастающих на естественном фоне, на 2,73 тыс.м²/га и составила 25,17 тыс. м²/га (см. таблицу). От подкормки Цирконом фотосинтезирующая поверхность возросла на 4...18 %. Действие однократной подкормки в фазу розетки листьев было эффективнее, чем в фазу бутонизации на 1,63 тыс.м²/га. Двукратная фолиарная обработка увеличила ассимиляционную поверхность до 25,91 тыс.м²/га, что превышало контроль в 1,2 раза.

Двукратная листовая подкормка биорегулятором по естественному фону повысила площадь листьев до 24,29 тыс.м²/га против 20,67 тыс.м²/га в контроле. Однако по минеральному фону она возросла на 13 % и составила 27,53 тыс. и 23,33 тыс.м²/га соответственно, поскольку Циркон, обладая широким спектром биологического действия, способствует усвоению всех видов удобрений.

К фазе бутонизации, по отношению к стеблеванию, площадь листьев возросла лишь на 3 %, несмотря на благоприятные условия увлажнения. Это связано с тем, что в процессе фотосинтеза участвуют преимущественно розеточные листья, стеблевые – еще полностью не сформировались.

Наибольшую листовую поверхность, 25,82 тыс. м²/га, в среднем по опыту сформировала эхинацея в фазу цветения. По минеральному фону она составила 27,13 тыс.м²/га и превысила площадь листьев на естественном фоне на 2,61 тыс. м²/га. Самые оптимальные условия для формирования ассимиляционной поверхности складывались от фолиарной обработки растений в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию, где она достигла 30,93 тыс. м²/га, против 26,09 тыс. м²/га на фоне без удобрений.

Эхинацея пурпурная в 2018 г. по степени развития уступала растениям 2020 г., но превосходила их состояние в 2019 г., хотя закономерность их формирования была одинаковой. Самая большая фотосинтезирующая поверхность 23,52 тыс. м²/га в среднем за год была в фазу цветения, однако ее показатели уступали 2020 г. на 2,30 тыс. м²/га.

Засушливыми условиями до фазы бутонизации характеризовался 2019 г., когда рабочая площадь листьев была самой низкой за все годы исследований.

В среднем за год в фазу стеблевания она не превышала 19,90 тыс. м²/га, в бутонизацию – 21,34, в цветение – 21,99 тыс. м²/га.

Самые лучшие условия для развития фотосинтезирующей поверхности сложились в фазу стеблевания, поскольку эхинацея использовала осенне-зимние запасы влаги, и ранняя подкормка минеральными удобрениями увеличила площадь листьев до 20,89 тыс. м²/га, против 18,91 тыс. м²/га – без подкормки. От листовой обработки эхинацеи пурпурной биорегулятором в фазу розетки листьев она увеличилась на 1,81 тыс. м²/га. Эффект от подкормки растений Цирконом в фазу бутонизации по сравнению с розеткой был ниже на 1,76 тыс. м²/га по минеральному фону, на 0,93 тыс.м²/га по естественному. Двукратная фолиарная обработка в сочетании с минеральными удобрениями повысила площадь ассимиляционного аппарата до 22,77 тыс. м²/га.



Площадь ассимиляционной поверхности посевов эхинацеи пурпурной четвертого года жизни, тыс. м²/га

Удобрения	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее		
	Стеблевание	Бутонизация	Цветение	Стеблевание	Бутонизация	Цветение	Стеблевание	Бутонизация	Цветение	Стеблевание	Бутонизация	Цветение
N ₀ P ₀	Контроль (без подкормки)	19,93	20,33	20,79	17,22	17,69	18,98	20,67	21,21	22,85	19,74	20,87
	Розетка листьев	21,29	22,01	23,17	19,28	20,37	21,13	23,19	24,05	25,32	22,14	23,21
	Бутонизация	20,31	20,59	21,21	18,35	18,81	19,30	21,60	22,28	23,79	20,09	21,43
	Розетка листьев + бутонизация	22,35	22,87	24,04	20,77	21,80	22,25	24,29	24,85	26,09	22,47	24,13
Среднее по фону без удобрений	20,97	21,45	22,30	18,91	19,67	20,41	22,44	23,10	24,52	20,77	21,40	22,41
N ₃₀ P ₃₀	Контроль (без подкормки)	21,50	21,79	22,01	19,65	20,78	21,41	23,33	23,28	24,50	21,49	22,64
	Розетка листьев	23,77	25,69	26,04	21,46	23,54	24,55	25,75	27,48	27,49	23,66	26,02
	Бутонизация	21,55	22,77	22,96	19,70	22,32	22,29	24,09	24,55	25,61	21,78	23,62
	Розетка листьев + бутонизация	26,56	27,65	28,00	22,77	25,37	25,99	27,53	28,25	30,93	25,62	28,31
Среднее по минеральному фону	23,35	24,48	24,75	20,89	23,00	23,56	25,17	25,89	27,13	23,14	24,45	25,15
Среднее по некорневой подкормке Цирконом	Контроль (без подкормки)	20,71	21,06	21,40	18,44	19,23	20,19	22,00	22,25	23,68	20,38	21,76
	Розетка листьев	22,53	23,85	24,60	20,37	21,95	22,84	24,47	25,76	26,41	22,46	24,62
	Бутонизация	20,93	21,68	22,08	19,03	20,57	20,80	22,84	23,42	24,70	20,93	22,53
	Розетка листьев + бутонизация	24,46	25,26	26,02	21,77	23,58	24,12	25,91	26,55	28,51	24,05	26,22
НСР ₀₅ , А	0,31	0,26	0,25	0,33	0,25	0,25	0,32	0,36	0,36			
НСР ₀₅ , В, АВ	0,44	0,37	0,36	0,46	0,36	0,36	0,45	0,51	0,51			
НСР ₀₅ , Частные различия	0,63	0,53	0,50	0,65	0,51	0,50	0,64	0,71	0,72			





Осадки, выпавшие в конце бутонизации, в большей степени повлияли на формирование генеративных органов, поэтому площадь листьев в фазу цветения была в среднем ниже на 3,84 тыс. м²/га по отношению к 2020 г.

В течение трех лет в фазу стеблевания наиболее оптимальные условия для растений эхинацеи складывались на минеральном фоне от двух некорневых подкормок Цирконом, где площадь листьев достигала 25,62 тыс. м²/га и индекс покрытия был в 1,15 раза выше, чем в посевах по естественному фону. Прирост фотосинтезирующего аппарата к фазе бутонизации по отношению к стеблеванию составил 1,47 тыс. м²/га, а в период цветения площадь листьев увеличилась до 28,31 тыс. м²/га.

За годы исследований ассимиляционная поверхность эхинацеи пурпурной четвертого года жизни снизилась в 1,5 раза относительно растений второго года, изучение которых проведено Н.Ю. Лобановой в тех же гидротермических и почвенных условиях (2022) [8].

Процесс фотосинтеза зависит не только от площади листьев, но и от времени их работы за вегетационный период. Показателем, характеризующим продолжительность функционирования ассимиляционной поверхности, является фотосинтетический потенциал (ФП), представляющий суммарную площадь листьев за каждые сутки периода, выраженное в м²·дней/га [3].

Агроценоз эхинацеи пурпурной в более благоприятном 2020 г., за период весеннее отрастание – цветение, продолжавшийся 80 дней, формировал величину фотосинтетического потенциала 1423,87...1904,11 тыс.·м²·дн./га, или в среднем за год 1664,00 тыс.·м²·дн./га. В предыдущие два года, т.е. в 2018 и 2019 гг. исследований, он был ниже в 1,3 раза, поскольку данный период был короче на 13 и 10 дней соответственно (см. рисунок).

Благодаря лучшему развитию ассимиляционной поверхности в 2020 г. в фазу стеблевания по минеральному фону ФП составил в среднем 339,84 тыс.·м²·дн./га. Превышение по отношению к естественному фону составило 36,96 тыс.·м²·дн./га.

Однократная фолиарная обработка растений Цирконом на 11,44...33,38 тыс.·м²·дн./га превышала контроль, причем наибольший эффект получен от некорневой подкормки в фазу розетки листьев. При сочетании двух обработок растений ФП возрос до 349,75 тыс.·м²·дн./га, что на 19,41 тыс.·м²·дн./га выше, чем при проведении первой подкормки, и на 41,35 – при второй. Наибольший ФП 371,64 тыс.·м²·дн./га сформирован на минеральном фоне в сочетании с листовыми подкормками Цирконом, проведенными дважды. На естественном фоне он снизился на 43,79 тыс.·м²·дн./га.

За период стеблевания – бутонизация, который продолжался 21 день, в среднем за год ФП составил 507,13 тыс.·м²·дн./га. Максимум 585,63 тыс.·м²·дн./га он достигал от подкормки Цирконом в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию по минеральным удобрениям. На естественном фоне он снизился до 515,94 тыс.·м²·дн./га. Аналогичная закономерность наблюдалась в период бутонизация – цветение, когда за 32 дня ФП увеличился в 1,6 раза по отношению к предыдущему периоду.

В связи со сложившимися гидротермическими условиями два предыдущих года характеризовались как засушливые. По величине ФП, в соответствии с фазами развития, значительных различий не наблюдалось. В среднем за период весеннее отрастание – стеблевание в 2018 г. ФП составил 265,90 тыс.·м²·дн./га, стеблевание – бутонизация – 451,20, бутонизация – цветение – 534,60 тыс.·м²·дн./га; в 2019 – 248,76, 412,34 и 541,51 тыс.·м²·дн./га соответственно.

Снижение темпов прироста ФП по отношению к 2020 г. отмечено и от проведения двух листовых подкормок по минеральному фону. Однако их суммарный показатель в эти годы исследований был наибольшим и составил в 2018 г. 1500,78 тыс.·м²·дн./га, в 2019 – 1408,11 тыс.·м²·дн./га.

На основании результатов исследований, проведенных в течение трех лет, установлено, что динамика формирования ФП от весеннего отрастания до цветения зависела не только от изучаемых приемов, но и от погодных условий. Однако формирование ФП происходило в соответствии с нарастанием площади листьев и времени их функционирования, превышающим его интенсивность на минеральном фоне в 1,13 раза, чем на фоне без удобрений, то есть 1443,62 тыс. против 1281,61 тыс.·м²·дн./га. Причем, наибольшее преимущество имела подкормка эхинацеи в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию, 1604,35 тыс. против 1384,86 тыс.·м²·дн./га.

Чистая продуктивность фотосинтеза является главным показателем фотосинтетической деятельности растений, который объединяет нарастание листовой поверхности и накопление воздушно – сухого вещества [6].

Изменение ЧПФ эхинацеи пурпурной в 2020 г. происходило по аналогии с изменением площади листьев и фотосинтетического потенциала. Данный показатель был наибольшим во все фазы раз-



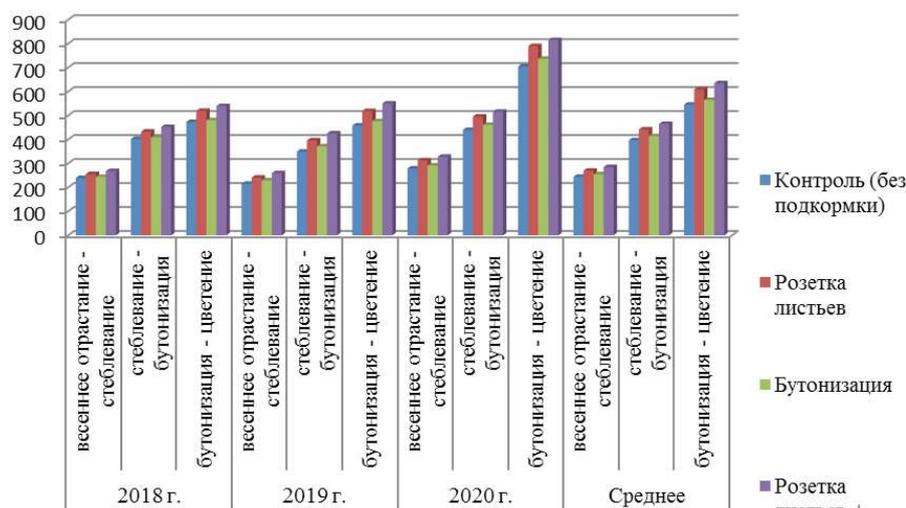
вития растений, так как этот год отличается более благоприятными условиями увлажнения. Но в течение вегетационного периода продуктивность фотосинтеза не остается постоянной величиной, и в период отрастание – стеблевание в среднем по опыту она составила 1,44 г/м²·дн., стеблевание – бутонизация 1,06 г/м²·дн. Наибольшую величину 1,87 г/м²·дн. она имела в период бутонизация – цветение, то есть когда происходил более интенсивный прирост сухой массы растений. В процессе фотосинтеза при подкормке эхинацеи минеральными удобрениями она может формировать за сутки в период бутонизация – цветение до 1,91 г/м²·дн. сухой биомассы на 1 м² листовой поверхности или на 0,10 г/м²·дн. больше, чем на фоне без удобрений.

Среднесуточная продуктивность при фоллиарной обработке растений в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию снизилась до 1,77 г/м²·дн. против 1,96 г/м²·дн. в контроле. По минеральному фону при двукратной некорневой подкормке ЧПФ достигла 1,81 г/м²·дн. В контроле она выше и составила 2,01 г/м²·дн., так как розеточные листья были меньше затенены стеблевыми.

Минеральное питание активизировало фотосинтез и в засушливые годы. Хорошо освещенные листья верхних и средних ярусов поддерживали жизнедеятельность листьев нижних ярусов. Но интенсивность накопления сухого вещества была ниже во все периоды на 2...44 % по отношению к 2020 г. При этом наименьшие значения ЧПФ фиксировались на вариантах с большей листовой поверхностью, и на эффективность ее работы большое влияние оказали гидротермические условия.

В среднем за три года ЧПФ в период стеблевание – бутонизация была наименьшей. В первое определение она выше в 1,7 раза, в третье – более чем в 2 раза. Наибольшую среднесуточную чистую продуктивность фотосинтеза 1,97 г/м²·дн. наблюдали на минеральном фоне в период бутонизация – цветение в варианте без листовых подкормок Цирконом. При фоллиарных обработках этот показатель снижался от 1,91 до 1,67 г/м²·дн. По неудобренному фону ЧПФ была меньше и составила 1,58...1,77 г/м²·дн.

Заключение. Таким образом, более интенсивный рост ассимиляционной поверхности в фазу цветения, обусловленный минеральным питанием и двукратной фоллиарной обработкой эхинацеи пурпурной, способствовал активизации фотосинтеза, повышая листовую поверхность растений в среднем на 4,18 тыс. м²/га по сравнению с фоном без удобрений, где подкормка растений прово-



	2018 г.		2019 г.		2020 г.				
HCP ₀₅ , А	2,47	2,28	2,35	2,68	2,88	3,03	2,62	3,15	2,76
HCP ₀₅ , В, АВ	3,50	3,23	3,32	3,78	4,06	4,29	3,70	4,45	3,91
HCP ₀₅ Частные различия	4,95	4,56	4,70	5,35	5,74	6,06	5,23	6,29	5,52

Фотосинтетический потенциал растений эхинацеи пурпурной четвертого года жизни, тыс. м²·дн./га



дилась в фазу розетки листьев с последующей в бутонизацию. В среднем за вегетацию фотосинтетический потенциал увеличился в 1,16 раза. Наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза 1,84 г/м²-дн. отмечена на минеральном фоне в период бутонизация – цветение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байрамбеков Ш.Б., Мохамед С.М., Абакумова А.С. Влияние обработки регулятором роста Циркон на урожайность различных культур // *Естественные науки*. 2009. № 4 (29). С. 43–48.
2. Громов А.А., Шукин В.Б. Методические указания по определению основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах. Оренбург, 2001. 16 с.
3. Гущина В.А., Никольская Е.О. Фотосинтетическая деятельность агроценоза эхинацеи пурпурной // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013. № 1(21). С. 10–13.
4. Изменение стрессовой ситуации растений яровой пшеницы при внескорневой подкормке удобрениями и биопрепаратами / Е. П. Денисов [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2018. № 4. С. 9–12.
5. Доспехов Б.А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов). М., 1985. 351 с.
6. Карпова Г.А., Теплицкая Д.Г. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза растений яровой мягкой пшеницы Экада 113 при использовании регуляторов роста // *Тенденция развития науки и образования*. 2019. № 52-4. С. 93–95.
7. Костылев Д.А., Заманова Н.А., Хасанова З.М. Продуктивность эхинацеи пурпурной в условиях Южного Урала // *Достижения науки и техники АПК*. 2009. № 8. С. 19–21.
8. Лобанова Н.Ю. Формирование продуктивности эхинацеи пурпурной в зависимости от сроков посева и защиты растений от сорняков в лесостепи Поволжья: специальность 60.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Лобанова Наталья Юрьевна; Пензенский государственный аграрный университет. Пенза, 2022. 23 с.
9. Малеванная Н.Н. Циркон – иммуномодулятор нового типа. Активное начало препарата – росторегулирующий комплекс гидроксицирлических кислот и их производных // *Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве: сб. науч. трудов*. М., 2010. 384 с.
10. Ничипорович А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений // *Современные проблемы фотосинтеза: сб. М., 1973*. С. 17–43.
11. Чмелева С.И., Рыболова И.А. Изучение динамики роста и накопление сухого вещества *Pisum Satium L.* под действием препарата Циркон // *Ученые записки федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2017. Т. 3 (69). № 1. С. 65–72.
12. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Агрохимические основы применения удобрений. Майкоп, 2013. 571 с.

REFERENCES

1. Bayrambekov Sh.B., Mohamed S.M., Abakumova A.S. Influence of treatment with Zircon growth regulator on the productivity of various crops. *Natural Sciences*. 2009; 4 (29): 43–48. (In Russ.).
2. Gromov A.A., Shchukin V.B. Guidelines for determining the main indicators of photosynthetic activity of plants in crops. Orenburg, 2001. 16 p. (In Russ.).
3. Gushchina V.A., Nikolskaya E.O. Photosynthetic activity of agrocenosis of *Echinacea purpurea*. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2013; 1(21): 10–13. (In Russ.).
4. Changes in the stress situation of spring wheat plants during foliar fertilization with fertilizers and biological products / E. P. Denisov et al. *The agrarian scientific journal*. 2018; 4: 9–12. (In Russ.).
5. Dospikhov B.A. Experimental technique (with the basics of statistical processing of results). Moscow, 1985. 351 p. (In Russ.).
6. Karpova G.A., Teplitskaya D.G. Photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis of Ekada 113 spring soft wheat plants using growth regulators. *The development trend of science and education*. 2019; 52-4: 93–95. (In Russ.).
7. Kostylev, D.A., Zamanova N.A., Khasanova Z.M. Productivity of *echinacea purpurea* in the conditions of the Southern Urals. *Achievements of science and technology of the APK*. 2009; 8: 19–21. (In Russ.).
8. Lobanova, N.Yu. Formation of the productivity of *echinacea purpurea* depending on the timing of sowing and plant protection from weeds in the forest-steppe of the Volga region: specialty 60.01.01 “General agriculture, crop production”: abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Lobanova Natalya Yurievna; Penza State Agrarian University. Penza, 2022. 23 p. (In Russ.).
9. Malevannaya N.N. Zircon is a new type of immunomodulator. The active principle of the drug is a growth-regulating complex of hydroxycinnamic acids and their derivatives. *Zircon is a natural growth regulator. Application in agriculture: scientific works*. Moscow, 2010. 384 p. (In Russ.).
10. Nichiporovich, A.A. Fundamentals of photosynthetic productivity of plants. *Modern problems of photosynthesis*. Moscow, 1973: 17–43. (In Russ.).
11. Chmeleva S.I., Rybalova I.A. Study of growth dynamics and accumulation of dry matter of *Pisum Satium L.* under the influence of Zircon. *Scientific notes of the Federal University named after V.I. Vernadsky. Biology. Chemistry*. 2017; 3 (69); 1: 65–72. (In Russ.).
12. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Kizinek S.V. Agrochemical bases for the use of fertilizers. Майкоп, 2013. 571 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 29.10.2022; одобрена после рецензирования 12.11.2022; принята к публикации 28.11.2022. The article was submitted 29.10.2022; approved after reviewing 12.11.2022; accepted for publication 28.11.2022.