

Научная статья

УДК 631.811.98:633.88:582.998.16

DOI: 10.25230/2412-608X-2021-3-187-35-42

Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) в зависимости от погодных условий

Николай Иванович Сидельников¹
Ольга Алексеевна Быкова²
Руслан Рамазанович Тхаганов²

¹ФГБНУ ВИЛАР
117216, Москва, ул. Грина, 7
Тел./факс: (495)388-15-09
E-mail: vilarnii@mail.ru

²Северо-Кавказский филиал ФГБНУ ВИЛАР
353225, Краснодарский кр., Динской р-н.,
ст. Васюринская, п. ЗОС ВНИИЛР
Тел./факс: (86162) 31125
vilar8@rambler.ru

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, (*Echinacea purpurea* L.), адаптивность, урожайность, оксикоричные кислоты, регулятор роста, микроудобрение

Для цитирования: Сидельников Н.И., Быкова О.А., Тхаганов Р.Р. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) в зависимости от погодных условий // Масличные культуры. 2021. Вып. 3 (187). С. 35–42.

Аннотация. В условиях Западного Предкавказья частые засухи приводят к снижению урожайности эхинацеи пурпурной, на основе которой созданы лекарственные препараты иммуностимулирующего действия. Смягчить действие резких колебаний метеоусловий возможно путем применения регуляторов роста и микроудобрений, экзогенное внесение которых позволяет мобилизовать потенциальные возможности растительного организма, направленные на повышение его биопродуктивности. Цель исследования заключалась в изучении влияния некорневых подкормок регулятором роста Циркон и кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант на урожайность сырья

эхинацеи в зависимости от погодных условий. Погодные условия в годы проведения исследований отличались между собой. Так, в 2011–2014 гг. среднесуточные температуры воздуха и сумма осадков с мая по июль были практически на уровне среднееголетних показателей, начиная с 2015 г. наблюдается значительное повышение температур и снижение влагообеспеченности. Некорневые подкормки эхинацеи Цирконом и Силиплантом в условиях засухи обеспечили повышение урожайности травы по сравнению с контролем на 15–20 %, при стабильных погодных условиях – на 11–18 %. При их комплексном применении повышение урожайности надземной массы составило 24–31 %, при стабильных погодных условиях – 18–24 %. Высокая эффективность препаратов проявилась и на росте корневой системы в условиях засухи, где увеличение урожайности составило 40–43 % при их совместном внесении. Повышение содержания оксикоричных кислот в сырье независимо от погодных условий составляло 4–6 %, а на варианте Силиплант + Циркон – 9–10 %. Потери урожая травы при гидротермическом стрессе составили 1–10 %, корней – 4–5 %, в контроле эти величины равнялись 15–25 % и 18 % соответственно. Наибольшая сохранность урожая отмечена в варианте Силиплант + Циркон, где наблюдается даже небольшая прибавка урожая травы – на 4–9 %, корней – на 4 %.

UDC 631.811.98:633.88:582.998.16

Effect of growth regulators and microfertilizers on yield of *Echinacea purpurea* L. depending on weather conditions.

N.I. Sidelnikov, doctor of agriculture, academician of the Russian academy of sciences

O.A. Bykova, PhD in agriculture

R.R. Thaganov, senior researcher

¹North Caucasus branch FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants Settl. VILAR, Vasyurinskaya, Dinskoy district, Krasnodar region, 353225, Russia
Phone/Fax: (86162) 31125
vilar8@rambler.ru

²FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7 Grin street, Moscow, 117216, Russia
Phone/Fax: (495) 388-15-09
vilarnii@mail.ru

Key words: *Echinacea purpurea* L., adaptability, yield, hydroxycinnamic acids, growth regulator, microfertilizer

Abstract. In the Western Ciscaucasia, frequent droughts lead to a decrease in the yield of *Echinacea purpurea* L., which is a base for immunostimulating

preparations. It is possible to mitigate the effect of sharp fluctuations in weather conditions by using growth regulators and microfertilizers, the exogenous application of which allows mobilizing the potential capabilities of the plant organism aimed at increasing its bioproductivity. The purpose of the research was to study the effect of foliar application the growth regulator Zircon and silicon-containing microfertilizer Siliplant on the yield of *Echinacea* biomass depending on the weather conditions. The weather conditions during the research years differed. Thus, in 2011–2014, the average daily air temperatures and the amount of precipitation from May to July were almost at the level of the average annual values. And starting from 2015 there has been a significant increase in temperatures and a decrease in moisture availability. Foliar treatment of *Echinacea purpurea* with Zircon and Siliplant under drought ensured an increase in the biomass yield by 15–20% compared to the control, under stable weather conditions – by 11–18%. Their combined application increased the yield of the green weight by 24–31%, under stable weather conditions – by 18–24%. The high efficiency of the preparations was manifested in the growth of the root system under drought conditions, where the increase in yield was 40–43% at their combined application. The content of hydroxycinnamic acids in the raw material increased by 4–6% regardless of weather conditions and by 9–10% in the variant Siliplant + Zircon application. Losses of biomass yield under hydrothermal stress amounted to 1–10%, of roots – 4–5%, while in the control the values were 15–25 and 18%, respectively. The biggest preservation of the yield was noted in the Siliplant + Zircon variant, where there was even a small increase in biomass yield – by 4–9%, in roots – by 4%.

Введение. Формирование урожая сельскохозяйственных и лекарственных культур на протяжении всего вегетационного периода зависит от погодных условий. В последние годы как в Российской Федерации, так и во всем мире повышенные температуры воздуха и низкая влагообеспеченность оказывают негативное влияние на урожайность и качество растениеводческой продукции [1; 2; 3; 4]. В этих условиях у растений наблюдается повышение интенсивности транспирации и дыхания, нарушение структуры хлоропластов и снижение активности фотосинтеза. Усиление интенсивности дыхания сопровождается повышением температуры растительного организма, так как об-

разующаяся энергия в этом процессе выделяется в виде тепла [5; 6].

В условиях Западного Предкавказья частые засухи также приводят к снижению урожайности лекарственных культур, в частности эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) из семейства сложноцветных (*Asteraceae*), на основе которой (надземная масса и корни) созданы препараты иммуностимулирующего действия. К ним относятся Эстифан, Эхинацея – ВИЛАР (сок), Ангиноль и Эхинор [7].

Для обеспечения выпуска данных лечебных препаратов необходимо получение стабильных урожаев высококачественного лекарственного сырья эхинацеи независимо от погодных условий. В связи с этим важной задачей лекарственного растениеводства является поиск эффективных путей повышения адаптации растений к новым климатическим условиям.

Смягчить действие резких колебаний метеоусловий на лекарственные культуры возможно путем применения регуляторов роста и микроудобрений, экзогенное внесение которых позволяет мобилизовать потенциальные возможности растительного организма, направленные на повышение его биопродуктивности [8]. Проведенные многолетние испытания регуляторов роста на мяте перечной и зюзнике европейском показали, что в условиях гидротермического стресса наиболее высокая адаптационная активность проявляется у биорегулятора Циркон [9; 10]. Ряд авторов связывают такое действие препарата с наличием в нем фенольных соединений, активизирующих процессы фотосинтеза и ингибирующих дыхание, что позволяет растениям выживать в условиях засухи [11].

В настоящее время внимание исследователей направлено на изучение кремнийсодержащих микроудобрений. Считается, что при внесении активных форм кремния растения более продуктивно используют воду и происходит снижение активности транспирации. Оптимизация

кремниевого питания растений приводит к увеличению площади листьев и создает благоприятные условия для биосинтеза фотосинтетических пигментов [12].

Проведенные некорневые подкормки кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант лопуха большого (*Arctium lappa*) и амми большой (*Ammi majus*) в условиях засухи способствовали повышению устойчивости растений к негативным погодным условиям и обеспечивали урожайность медицинского сырья, превышающую контрольный вариант при оптимальных погодных условиях [8; 14].

Целью исследований явилось изучение влияния регулятора роста Циркон и кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант на урожайность и содержание оксикоричных кислот в сырье эхинацеи пурпурной в зависимости от погодных условий.

Материалы и методы. Опыты закладывали в 2011–2019 гг. на полях Северо-Кавказского филиала ФГБНУ ВИЛАР, расположенного в центральной природно-климатической зоне Краснодарского края.

Почва филиала – чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный, отличается большой мощностью гумусового горизонта (А + В до 160 см) и сравнительно низким (3,7 %) содержанием гумуса в верхнем горизонте почвы. По результатам агрохимического обследования установлено, что содержание подвижного фосфора составляет 27 мг/кг, обменного калия – 243, подвижной серы – 6,2 мг/кг, присутствует незначительное количество подвижных форм марганца, цинка, меди и кобальта. Верхний слой почвы имеет близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, $pH_{KCl} = 5,9$.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как между собой, так и от среднесуточных показателей. В 2011 и 2013 гг. среднесуточные температуры воздуха и сумма осадков с мая по июль были практически на уровне среднесуточных данных.

Отклонения составляли 0,3–1 °С, только в августе наблюдалось небольшое снижение температуры (на 1,2–1,5 °С), осадков в течение вегетации выпало больше на 1–3 мм, исключение составляет август, когда наблюдалось снижение количества осадков на 2 мм.

Погодные условия 2012 и 2014 гг. можно определить как умеренно засушливые. Начиная с 2015 г., наблюдается значительное потепление и снижение влагообеспеченности. Самыми критичными по температуре и количеству осадков за весь период вегетации эхинацеи были 2017–2019 гг., где наблюдалось значительное повышение температуры воздуха (от 2,4 до 6,7 °С) и снижение суммы осадков в сравнении с среднесуточными показателями. Необходимо отметить, что наибольший недостаток влаги приходился на апрель, июль, август и составлял от -4,8 до -34,7 мм. Среднесуточная температура в июле и августе достигала +29 °С, а в дневные часы – 33–35 °С. Количество дождливых дней в месяц не превышало 4–5, в основном это были ливневые дожди.

В таблице 1 представлены данные погодных условий в период активной вегетации эхинацеи пурпурной (апрель – сентябрь).

Таблица 1

Среднемесячные температуры и сумма осадков в годы проведения исследований

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Температура, °С						
2011	16,3	18,0	21,4	23,6	21,0	29,1
2013	14,1	17,5	20,9	23,3	20,7	29,3
2017	12,9	18,6	24,7	26,4	27,4	23,5
2018	14,9	22,0	26,4	29,0	28,9	24,4
2019	13,1	18,9	24,8	26,6	27,3	23,1
Среднесуточная	15,3	17,2	20,3	22,6	22,2	17,8
Осадки, мм						
2011	48,6	58,2	69,3	61,8	78,2	66,8
2013	45,1	57,9	68,0	61,1	78,7	67,1
2017	30,7	77,1	77,2	53,2	46,3	56,6
2018	32,2	59,1	62,8	55,2	43,3	74,3
2019	39,4	78,5	69,8	54,1	45,6	61,8
Среднесуточная	48	57	67	60	78	68

Анализ погодных условий показал, что 2011 и 2013 гг. были стабильными по погодным условиям, а 2017–2019 гг. – засушливыми.

Опыты закладывали на плантациях эхинацеи пурпурной I–III-го годов вегетации и проводили по общепринятым методикам, разработанным для лекарственных культур [15; 16].

Размещение вариантов при проведении полевых опытов было рендомизированным, повторность 4-кратная, площадь опытной делянки 12 м², ширина между рядов 60 см.

Проводили обработки регулятором роста Циркон (0,04 л/га) и микроудобрением Силиплант (0,5 л/га): вегетирующих растений эхинацеи I-го года вегетации в фазе розетки (середина июля) первую, в фазе стеблевания (вторая декада августа) вторую; на растениях II-го и III-го годов вегетации в третьей декаде мая (при высоте растений 35–40 см) первую, после отрастания растений (3-я декада июля) вторую.

Лекарственным сырьем эхинацеи пурпурной является как надземная часть растений, так и корни. Уборка надземной части в зоне Западного Предкавказья начинается с первого года вегетации, во второй и последующие годы осуществляется двукратная уборка: в 3-й декаде июня и в 3-й декаде сентября. Начиная с третьего года, проводится уборка корней (1-я декада октября).

Определение оксикоричных кислот в траве и корнях проводили согласно ВФС 42-2371-94 и ТУ 9373-122-04868244-2008 [17].

Результаты и обсуждение. Проведенные биометрические наблюдения на эхинацее пурпурной в годы исследований показали, что метеорологические условия существенно влияют на урожайность. Высокие температуры воздуха и недостаточное количество осадков в период вегетации культуры приводят к торможению ростовых процессов и снижению урожайности лекарственного сырья. Однако ин-

тенсивность потерь урожая зависит от напряженности засушливых погодных условий. Согласно данным таблицы 1, наиболее сильная засуха наблюдалась в 2018 г., когда ежемесячные температуры воздуха превышали среднегодовые на 5–7 °С, а недостаток осадков за апрель – сентябрь составил 48,1 мм. В этом году снижение урожайности надземной части растений по сравнению со стабильными погодными условиями (2011 и 2013 гг.) на I-м году вегетации (г. в.) составило 36 %, на II-м г. в. – 19 %, на III-м г. в. – 20 %; корней – 30 %. Погодные условия 2017 и 2019 гг. также были засушливыми, но по сравнению со среднегодовыми значениями температура воздуха была выше на 1,4–5 °С, а сумма осадков снижалась на 14,9–36,8 мм. В этих условиях потери урожайности надземной части растений не превышали на I-м г. в. 16 %, на II-м г. в. – 12 %, и III-м г. в. – 10 %; корней – 25 %. Снижение урожайности лекарственного сырья эхинацеи в условиях гидротермического стресса сопровождалось повышением содержания оксикоричных кислот по сравнению со стабильными погодными условиями: в надземной массе растений на 8–11 %, корнях – на 13 %. Эта закономерность наблюдалась и на других лекарственных культурах [8; 9].

Повысить адаптационные возможности эхинацеи пурпурной к нестабильным погодным условиям возможно путем применения регуляторов роста и микроудобрений. Некорневые подкормки эхинацеи I-го и II-го годов вегетации регулятором роста Циркон в условиях засухи в 2017 и 2018 гг. обеспечили повышение урожайности лекарственного сырья (надземная часть растений) по сравнению с контролем на 16–19 %, при стабильных погодных условиях (2012–2013 гг.) – на 12–15 %, микроудобрением Силиплант – на 15–18 % и на 11–18 % соответственно. Наибольшее повышение урожайности в условиях водного дефицита и высоких температур воздуха наблю-

Таблица 3

далось при комплексном применении Силипланта и Циркона 28–31 %, при стабильных погодных условиях – 20–24 % (табл. 2). Необходимо отметить, что различия по урожайности в 2011 и 2013 гг. были незначительными (в пределах 0,02–0,16 т/га), что связано с погодными условиями, которые в оба года испытаний были практически идентичными (табл. 1).

Таблица 2

Влияние микроудобрения Силиплант, регулятора роста Циркон и их комплекса на урожайность травы эхинацеи пурпурной I–II-го годов вегетации в зависимости от погодных условий

Вариант опыта	Погодные условия года							
	стабильные				засушливые			
	2011		2013		2017		2018	
	урожайность							
т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	
Эхинацея I-го года вегетации								
Контроль (вода)	2,36	100	2,24	100	1,94	100	1,46	100
Силиплант, 0,5 л/га	2,75	117	2,65	118	2,29	118	1,71	117
Циркон, 0,04 л/га	2,64	112	2,56	114	2,26	116	1,74	119
Силиплант, 0,5 л/га + Циркон 0,04 л/га	2,83	120	2,77	124	2,49	128	1,91	131
НСР ₀₅	0,137	-	0,142	-	0,102	-	0,128	-
Эхинацея II-го года вегетации								
Контроль (вода)	5,28	100	5,12	100	4,59	100	4,21	100
Силиплант, 0,5 л/га	5,86	111	5,74	112	5,28	115	4,92	117
Циркон, 0,04 л/га	5,91	112	5,89	115	5,39	117	5,01	119
Силиплант, 0,5 л/га + Циркон 0,04 л/га	6,22	118	6,18	121	5,67	124	5,33	127
НСР ₀₅	0,269	-	0,292	-	0,116	-	0,398	-

Аналогичное действие Циркона и Силипланта проявилось и на III-м году вегетации культуры, где также отмечается наиболее высокая прибавка урожая надземной части растений на варианте с бинарной смесью Силипланта и Циркона. Так, при стабильных погодных условиях повышение урожайности сырья по сравнению с контролем составило 22–23 %, при засушливых – 26 % (табл. 3).

Влияние микроудобрения Силиплант, регулятора роста Циркон и их комплекса на урожайность надземной массы и корней эхинацеи пурпурной III-го года вегетации в зависимости от погодных условий

Вариант опыта	Погодные условия года							
	стабильные				засушливые			
	2011		2013		2017		2018	
	урожайность							
т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	т/га	прибавка, % к контролю	
Надземная масса растений								
Контроль	5,48	100	5,32	100	4,34	100	4,86	100
Силиплант, 0,5 л/га	6,14	112	5,86	110	5,08	117	5,72	118
Циркон, 0,04 л/га	6,31	115	6,09	114	5,18	119	5,82	120
Силиплант, 0,5 л/га + Циркон, 0,04 л/га	6,68	122	6,52	123	5,46	126	6,14	126
НСР ₀₅	0,318	-	0,206	-	0,412	-	0,321	-
Корни								
Контроль	1,12	100	1,08	100	0,77	100	0,83	100
Силиплант, 0,5 л/га	1,31	117	1,25	116	1,01	131	1,05	127
Циркон, 0,04 л/га	1,34	120	1,26	117	1,03	134	1,09	131
Силиплант, 0,5 л/га + Циркон 0,04 л/га	1,46	130	1,38	128	1,10	143	1,16	140
НСР ₀₅	0,082	-	0,074	-	0,109	-	0,103	-

Высокая эффективность изучаемых препаратов повлияла и на рост корневой системы, особенно при засушливых погодных условиях, где увеличение урожайности по сравнению с контролем составило в вариантах Силиплант – 27–31 %, Циркон – 31–34 %, Силиплант + Циркон – 40–43 % (табл. 3).

Такое действие данных препаратов на рост корневой системы эхинацеи, по видимому, связано с их положительным влиянием на ауксиновый обмен. Под влиянием активных форм кремния увеличивается содержание ауксинов, а Циркон обеспечивает защиту ИУК (индолилуксусная кислота или гетероауксин) через механизм ингибирования фермента ауксиноксидазы [18; 19].

Повышение урожайности эхинацеи пурпурной при комплексной обработке Сили-

плантом и Цирконом в зависимости от погодных условий наблюдалось не только по сравнению с контролем, но и с каждым компонентом в отдельности (табл. 2, 3).

Проведенный анализ содержания оксикоричных кислот в сырье эхинацеи пурпурной I-го и III-го годов вегетации показал незначительное повышение данных показателей (надземная часть растений и корни) в опытных вариантах независимо от погодных условий (4–6 %), за исключением варианта Силиплант + Циркон, где увеличение их содержания в корнях составило 9–11 % (табл. 4).

Таблица 4

Влияние микроудобрения Силиплант, регулятора роста Циркон и их комплекса на содержание оксикоричных кислот в сырье эхинацеи пурпурной в зависимости от погодных условий

Вариант опыта	Содержание оксикоричных кислот, %							
	стабильные погодные условия				засушливые погодные условия			
	надземная часть растений			корни	надземная часть растений			корни
	I г.в.	II г.в.	III г.в.		I г.в.	II г.в.	III г.в.	
Контроль	2,89	3,40	3,89	2,81	3,21	3,72	4,21	3,17
Силиплант, 0,5 л/га	2,94	3,51	3,92	2,87	3,34	3,87	4,36	3,30
Циркон, 0,04 л/га	3,02	3,58	4,02	2,91	3,38	3,94	4,40	3,39
Силиплант, 0,5 л/га + Циркон, 0,04 л/га	3,06	3,62	4,10	3,05	3,40	3,96	4,48	3,51

Полученные данные позволяют высказать предположение о том, что применение регулятора роста Циркон и микроудобрения Силиплант в засушливые погодные условия обеспечивает повышение адаптации растений к абиотическому стрессу. При анализе диаграмм (рис. 1) видно, что при некорневых подкормках регулятором роста Циркон и микроудобрением Силиплант потери урожая травы составили 1–10 %, корней – 4–5 %, в контроле эти величины были 15–25 % и 18 % соответственно. При комплексных обработках Силипланта с Цирконом наблюдается даже небольшая

прибавка урожая травы на II-м и III-м годах вегетации в пределах 4–9 %, корней – 4 %.



Рисунок – Потери урожая травы и корней при засушливых погодных условиях в связи с применением микроудобрения Силиплант и регулятора роста Циркон (средние данные за 2 года исследований)

Таким образом, применение бинарной смеси кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант и регулятора роста Циркон в условиях высоких температур и недостаточного водоснабжения способствовало сохранности урожая лекарственного сырья (трава и корни).

Выводы. Обработка бинарной смесью Силиплант + Циркон обеспечила снижение потерь урожая лекарственного сырья эхинацеи пурпурной в условиях гидротермического стресса. Потери урожая составили: на I-м году вегетации 2 %, на II-м и III-м годах вегетации наблюдалась небольшая прибавка урожая травы – на 4–9 %, и корней – на 4 %.

Содержание оксикоричных кислот в траве эхинацеи пурпурной в варианте Силиплант + Циркон превышало контроль независимо от погодных условий на 4–6 %, корней – на 9–11 %.

Комплексное применение регулятора роста Циркон и микроудобрения Силиплант снижает степень отрицательного воздействия высоких температур и низкой влагообеспеченности на рост и развитие эхинацеи пурпурной, позволяет с меньшими потерями урожая лекарственного сырья (трава и корни) преодолеть негативные погодные условия.

Список литературы

1. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Можарова И.П. Как повысить устойчивость растений к засухе // Защита и карантин растений. – 2011. – № 3. – С. 61–62.

2. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Сидельников Н.И. Адаптация лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – № 7. – С. 14–18.

3. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production // Nature. – 2016. – V. 529. – P. 84–87.

4. Friele K., Schauburger B., Arneith A. Understanding the weather signal in national crop-yield variability // Earth's Future. – 2017. – V. 5. – I. 6. – P. 605–616.

5. Жолкевич В.Н. Энергетика дыхания высших растений в условиях водного дефицита. – М.: Наука, 1968. – 230 с.

6. Gusta L.V., Trischuk R., Weiser C.J. Plant Cold Acclimation: The role of abscisic acid // J. Plant Growth Regul. – 2005. – V. 24. – P. 308–318.

7. Вичканова С.А., Колхир В.К., Сокольская Т.А. Лекарственные средства из растений. – М.: АДРИС, 2009. – 432 с.

8. Сидельников Н.И. Экзогенная биорегуляция продуктивности лекарственных растений. – М., 2016. – 212 с.

9. Морозов А.И. Влияние регулятора роста Циркон на адаптивность сортов мяты перечной к нестабильным погодным условиям Нечерноземной зоны России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. XXVIII. – Ч. 2. – С. 83–89.

10. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Ковалев Н.И. Экзогенное регулирование адаптивности зюзника европейского (*Lycoris europaeus*) к засушливым погодным условиям // Мат-лы XII Междунар. симпозиума: «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – М.: РУДН, 2017. – С. 239–241.

11. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрехимия. – 2005. – № 11. – С. 76–86.

12. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системы

почва – растение: автореф. дис. ... д-ра наук / Владимир Викторович Матыченков. – Пушкино, 2008. – 35 с.

13. Пушкина Г.П., Сидельников Н.И. Роль кремния в повышении биопродуктивности и адаптации лекарственных растений к засушливым погодным условиям // Мат-лы XII Междунар. симпозиума: «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – М., 2016. – С. 249–263.

14. Сидельников Н.И., Хазиева Ф.М., Ковалев Н.И. Роль регуляторов роста и микроудобрений при введении лекарственных растений в культуру // Вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 62–66.

15. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами. – М.: ВИЛАР, 1981. – 45 с.

16. Требования к оформлению полевых опытов во ВНИИ лекарственных и ароматических растений. – М.: ВИЛАР, 2006. – 25 с.

17. Государственная фармакопея XIV выпуска. Т. IV / Под ред. Емшановой С.В., Потаниной О.Г. – М.: Изд-во «Медицина». – 2018. – С. 6982–6985.

18. Малеванная Н.Н. Циркон – иммуномодулятор нового типа. Активное начало препарата – росторегулирующий комплекс гидроксикоричных кислот и их производных // Сборник научных трудов: Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. – М.: Из-во «НЭСТ М», 2010. – С. 3–8.

19. Сластия И.В., Ложникова В.Н. Влияние кремния на рост растений и баланс эндогенных фитогормонов ярового ячменя // Агрехимия. – 2010. – № 3. – С. 34–39.

References

1. Shapoval O.A., Vakulenko V.V., Mozharova I.P. Kak povysit' ustoychivost' rasteniy k zasukhe // Zashchita i karantin rasteniy. – 2011. – № 3. – S. 61–62.

2. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Sidel'nikov N.I. Adaptatsiya lekarstvennykh kul'tur k abioticheskim i bioticheskim stressam // Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii. – 2012. – № 7. – S. 14–18.

3. Lesk C., Rowhani R., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global

crop production // Nature. – 2016. – V. 529. – P. 84–87.

4. Friele K., Schauburger V., Arneth A. Understanding the weather signal in national crop-yield variability // Earth's Future. – 2017. – V. 5. – I. 6. – P. 605–616.

5. Zholkevich V.N. Energetika dykhaniya vysshikh rasteniy v usloviyakh vodnogo defitsita. – M.: Nauka, 1968. – 230 s.

6. Gusta L.V., Trischuk R., Weiser C.J. Plant Cold Acclimation: The role of abscisic acid // J. Plant Growth Regul. – 2005. – V. 24. – P. 308–318.

7. Vichkanova S.A., Kolkhir V.K., Sokol'skaya T.A. Lekarstvennye sredstva iz rasteniy. – M.: ADRIS, 2009. – 432 s.

8. Sidel'nikov N.I. Ekzogennaya bioregulyatsiya produktivnosti lekarstvennykh rasteniy. – M., 2016. – 212 s.

9. Morozov A.I. Vliyanie regul'yatora rosta Tsirkon na adaptivnost' sortov myaty perechnoy k nestabil'nym pogodnym usloviyam Nechernozemnoy zony Rossii // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2011. – T. XXVIII. – Ch. 2. – S. 83–89.

10. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Kovalev N.I. Ekzogennoe regulirovanie adaptivnosti zyuznika evropeyskogo (*Lycopus europaeus*) k zasushlivym pogodnym usloviyam // Mat-ly XII Mezhdunar. simpoziuma: «Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya». – M.: RUDN, 2017. – S. 239–241.

11. Prusakova L.D., Malevannaya N.N., Belopukhov S.L., Vakulenko V.V. Regul'yatory rosta rasteniy s antistressovymi i immunoprotekturnymi svoystvami // Agrokhimiya. – 2005. – № 11. – S. 76–86.

12. Matychenkov V.V. Rol' podvizhnykh soedineniy kremniya v rasteniyakh i sistemy pochva – rastenie: avtoref. dis. ... d-ra nauk / Vladimir Viktorovich Matychenkov. – Pushchino, 2008. – 35 s.

13. Pushkina G.P., Sidel'nikov N.I. Rol' kremniya v povyshenii bioproduktivnosti i adaptatsii lekarstvennykh rasteniy k zasushlivym pogodnym usloviyam // Mat-ly XII Mezhdunar. simpoziuma: «Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya». – M., 2016. – S. 249–263.

14. Sidel'nikov N.I., Khazieva F.M., Kovalev N.I. Rol' regul'yatorov rosta i mikroudobreniy pri vvedenii lekarstvennykh rasteniy v kul'turu // Vestnik

sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2018. – № 3. – S. 62–66.

15. Provedenie polevykh opytov s lekarstvennymi kul'turami. – M.: VILAR, 1981. – 45 s.

16. Trebovaniya k oformleniyu polevykh opytov vo VNII lekarstvennykh i aromatischeskikh rasteniy. – M.: VILAR, 2006. – 25 s.

17. Gosudarstvennaya farmakopeya XIV vypuska. T. IV / Pod red. Emshanovoy S.V., Potaninoy O.G. – M.: Izd-vo «Meditsina». – 2018. – С. 6982–6985.

18. Malevannaya N.N. Tsirkon – immunomodulyator novogo tipa. Aktivnoe nachalo preparata – rostoreguliruyushchiy kompleks gidroksikorichnykh kislot i ikh proizvodnykh // Sbornik nauchnykh trudov: Tsirkon – prirodnyy regul'yator rosta. Primenenie v sel'skom khozyaystve. – M.: Izvo «NEST M», 2010. – S. 3–8.

19. Slastya I.V., Lozhnikova V.N. Vliyanie kremniya na rost rasteniy i balans endogennykh fitogormonov yarovogo yachmenya // Agrokhimiya. – 2010. – № 3. – S. 34–39.

Сведения об авторах

Н.И. Сидельников¹, д-р с.-х. наук, акад. РАН, директор ФГБНУ ВИЛАР.

О.А. Быкова², канд. с.-х. наук, директор Северо-Кавказского филиала ФГБНУ ВИЛАР.

Р.Р. Тхаганов², стар. науч. сотр.

Получено/Received

10.03.2021

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

05.04.2021

Получено после доработки/Manuscript revised

07.07.2021

Принято/Accepted

15.10.2021

Manuscript on-line