

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ГИДРОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ РАСТЕНИЯМИ *ESCHINACEA PURPUREA* В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ

Изучалось влияние орошения на накопление гидроксикоричных кислот (ГОКК) в процессе роста и развития растений *E. purpurea*. Показано, что орошение *E. purpurea* (200 м³/га) способствует повышению продуктивности растения. Максимальное количество ГОКК накапливается в листьях *E. purpurea* в фазу розетки на втором и третьем годах вегетации. Рекомендуется использование орошения как эффективного агроприема для получения качественного лекарственного сырья в больших объемах (двойной укос) из растений *E. purpurea*, интродуцированных в условиях Южного Урала.

Материалом для многих препаратов отечественного и зарубежного фармацевтического производства являются биологически активные вещества растения *Echinacea purpurea* L. (Moench) [5], в частности производные гидроксикоричных кислот (ГОКК), основной компонент которых цикориевая (2,3-дикофеилвинная) кислота, определяющая иммуностимулирующую активность препаратов из *E. purpurea*. По содержанию ГОКК в листьях, корневищах и корнях *E. purpurea* осуществляется стандартизация сырья для фармакологической промышленности [3].

Образование и накопление ГОКК существенно зависит от экологических условий выращивания *E. purpurea* (типа почв, влагообеспеченности, уровня и доступности элементов питания, погодных условий), а также фазы вегетации и возраста растения [2]. Учитывая трудность выращивания многих лекарственных культур без орошения и возможность получения нескольких дополнительных полноценных укосов при обильном их поливе, было изучено влияние уровня почвенной влаги и орошения на накопление ГОКК в растениях *E. purpurea* в процессе их роста и развития в условиях Южного Урала.

Материалы и методы исследования

Территория проведения опытов располагалась в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины. Район находится в теплом, незначительно засушливом агроклиматическом регионе. Почва – тяжелосуглинистый типичный карбонатный чернозем с содержанием гумуса 10,0%, где показатель рН солевой вытяжки пахотного горизонта составляет 5,04, гидролитическая кислотность – 7,92, сум-

ма поглощенных оснований – 56,0 мг экв. на 100 г почвы.

Были проведены лабораторные эксперименты по определению энергии прорастания и всхожести семян *E. purpurea* по ГОСТу Р 51096-97 «Семена лекарственных и ароматических культур» (1997).

Семена *E. purpurea* местной репродукции имели лабораторную всхожесть 78% и энергию прорастания 54%.

В полевых опытах посев проводили с нормой высева 10 кг/га при ширине междурядий 45 см механизированной сеялкой «СО-4,2» в мае месяце сухими семенами на глубину 2-3 см. Семена в достаточно влажной почве начинали прорастать при температуре 10°C, однако оптимальной температурой для прорастания была температура 22 – 25°C. *E. purpurea* на начальных этапах онтогенеза развивалась медленно, всходы появлялись на 12-15 день, их прорастание растягивалось на 20-35 дней.

Полевая всхожесть *E. purpurea* составляла 56%. Всходы более поздних сроков прорастания, при недостатке почвенной влаги, приостанавливали рост, что приводило к их гибели.

Были заложены вручную стационарные опыты для сравнительного изучения режима влажности почвы при естественном увлажнении и орошении. В учетной площади делянок размером 3 м x 3 м варианты опыта размещали систематическим методом при четырехкратной повторности по схеме: контроль – естественное атмосферное увлажнение; опыт – орошение нормой 100 м³/га, 200 м³/га, 400 м³/га. Поливы производились вручную при помощи садовых леек с мелким распылителем при снижении влажности расчетного слоя почвы не ниже 65% от наименьшей влагоемкости (НВ). При контроле влагообеспеченность растений

становилась ниже влажности разрыва капиллярных (ВРК) связей почвы. Орошение растений от фазы розетки до фазы цветения создавало благоприятные условия для влагообеспечения, т. е. влажность почвы находилась между НВ и ВРК.

Уборка на учетных делянках осуществлялась вручную, с последующим перерасчетом на 14% влажности. Анализ структуры урожая производился по методике государственного сортоиспытания. Полевые и стационарные опыты проводились на мелиорируемых землях водно-балансовой станции (ВБС) УММЗ РБ в 2002–2004 гг.

Изучение биометрических показателей осуществлялось согласно «Методике исследований при интродукции лекарственных растений» (1985). Содержание суммы ГОКК определялось в пересчете на цикориевую кислоту (%) по Временной фармакопейной статье 42-2371-94 (1994).

Результаты опытов обрабатывались методом математической статистики по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и обсуждение

Было показано положительное влияние орошения (200 м³/га) на продуктивность растений *E. purpurea* (табл. 1), которая увеличилась на 36% в первый год вегетации. Растения *E. purpurea* особенно нуждались во влаге в первой половине вегетационного периода, когда происходил наиболее интенсивный рост вегетативных органов.

Важным элементом надземной части растений *E. purpurea*, определяющим их лекарственные свойства, являются листья [4]. Выращенная в условиях Республики Башкортостан *E. purpurea* характеризуется хорошей облиственностью, но в процессе атмосферной засухи происходит изменение листовой пластинки [1].

У *E. purpurea*, произрастающей в условиях атмосферной засухи, площадь листовой поверхности снижается. Полученные нами данные свидетельствуют о положительном влиянии орошения (200 м³/га) на увеличение площади листовой поверхности растений *E. purpurea* в условиях атмосферной засухи. Площадь листовой поверх-

ности изменялась по фазам развития и достигала максимального значения в фазу цветения (табл. 2) [7].

Наибольшее изменение ростовой активности листьев отмечалось накануне цветения растений за счет увеличения площади и массы их листовых пластинок, что определяло продуктивность фотосинтеза и в целом продуктивность растения.

Площадь листовой поверхности изменялась не только по фазам развития, но и с возрастом растения, достигая своего максимума на втором и третьем годах вегетации (таблица 2).

Согласно ВФС 42-2371-94, в качестве сырья для фармацевтической промышленности используется цельное растение с высоким содержанием ГОКК. Исходя из этого, была изучена динамика накопления ГОКК в надземной и подземной частях растения *E. purpurea* в фазе розетки, бутонизации, цветения по годам вегетации (табл. 3).

Проведенные эксперименты показали, что содержание ГОКК меняется в зависимости от года вегетации и фазы развития растения. Наибольшее содержание ГОКК отмечено у *E. purpurea* второго и третьего годов вегетации, а максимум его приходится на листья в фазе розетки (табл. 3).

Наблюдается снижение количества ГОКК в листьях *E. purpurea* с переходом к генеративной фазе развития во все годы вегетации. Уменьшение содержания ГОКК в листьях в фазу цветения может объясняться ростом в растениях *E. purpurea* доли органов с низким содержанием ГОКК – стеблей и корней [6], а также увеличением количества соцветий в общей массе растения.

Значительные изменения в накоплении содержания ГОКК при переходе растений *E. purpurea* в генеративное состояние связаны с активным перераспределением. Главным органом аккумуляции ГОКК в нецветущих растениях является лист. Как только растение переходит в генеративный период развития, из розеточных листьев через черешки осуществляется передвижение ГОКК в соцветия, которые в последующем становятся основным местом их локализации.

Закономерности изменения содержания ГОКК наблюдались и в подземных органах.

Максимальное количество ГОКК в корневищах с корнями отмечалось в фазе цветения, причем к концу вегетации происходит перераспределение ГОКК между надземной частью и корневой системой. Максимальное содержание ГОКК в подземных органах также приходилось на растения второго и третьего года вегетации.

Отмеченные выше закономерности в накоплении ГОКК в различных органах *E. purpurea* наблюдались как в стационарных, так и в полевых опытах.

Хотя ВФС-42-2371-94 регламентирует, что фармакопейной является порезанная и высушенная трава *E. purpurea*, собранная в фазе цветения, проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что содержание ГОКК в растениях, собранных в фазе розетки, также соответствует стандартам (сумма производных гидроксикоричных кислот в

пересчете на цикориевую кислоту должна быть не менее 2,1%) [7] (табл. 4).

Заготовка растений на данной фазе вегетации позволяет производить двойной укос за один вегетационный период. При этом растения способны восстанавливать розеточные листья, давать стеблевые побеги с листьями и полноценные бутоны.

Проведенные нами эксперименты показали, что у растений, выросших после укоса, содержание ГОКК в листьях составляло $3,0 \pm 0,39\% \div 3,40 \pm 1,15\%$. Максимальное количество ГОКК накапливалось в корнях ($4,27 \pm 0,32\% \div 4,91 \pm 0,13\%$) вследствие мобилизации растений *E. purpurea* для процессов регенерации.

Сравнение выживаемости растений после перезимовки свидетельствует о том, что второй укос не оказывает существенного влияния на зимостойкость растений.

Таблица 1. Продуктивность растений *E. purpurea* в первый год вегетации в зависимости от содержания влаги в почве

Слой почвы (см)	Запасы влаги (м ³ /га) в фазе		Атмосферные осадки (м ³ /га)	Полив (м ³ /га)	Суммарный		Продуктивность растений (ц/га)	Коэффициент водопотребления (м ³ /ц)
	розетки	бутонизации			приход (м ³)	расход (м ³)		
Контроль								
0-30	137,2	97,6		-	366,2	268,6		2,6
0-50	234,1	164,6	229	-	463,1	298,5	105,1	2,8
Орошение (200 м ³ /га)								
0-30	137,2	104,1		-	406,2	302,1		2,1
0-50	234,1	178,2	229	200	663,1	324,9	140,9	2,3

Таблица 2. Динамика изменения площади листовой поверхности *E. purpurea* при орошении (200 м³/га)

Вариант опыта	Участок Показатель	Год вегетации								
		2002			2003			2004		
		Фаза развития*								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	Площадь листовой поверхности 1растения (см ² /м ²)	227,42 ±32	527,18 ±28	1448,92 ±24	582,84 ±25	891,93 ±31	2692,30 ±36	1484,42 ±29	2562,24 ±23	4672,98 ±33
Орошение (200м ³ /га)	Площадь листовой поверхности 1растения, (см ² /м ²)	245,69 ±31	578,76 ±27	1915,49 ±29	624,31 ±27	1959,02 ±28	3067,09 ±30	1710,83 ±24	2838,56 ±26	4953,23 ±32

*Примечание: 1 – фаза розетки, 2 - фаза бутонизации, 3 - фаза цветения.

Таблица 3. Содержание ГОКК (%) в *E. purpurea* по фазам развития

Фазы вегетации	Варианты опыта	Органы растений	Годы вегетации			Среднее значение	Δ	
			2002	2003	2004			
Розетка	Контроль	Листья					5,34±0,42	0,47
		5,01±0,51	5,20±0,48	5,81±0,49				
	Орошение (200 м³/га)	Листья					4,87±0,47	-
		4,43±0,45	5,08±0,46	5,10±0,44				
Контроль	Корни					3,28±0,69	0,68	
	3,04±0,64	3,40±0,57	3,41±0,73					
Орошение (200 м³/га)	Корни					3,96±0,68		
	3,46±0,71	4,21±0,69	4,23±0,68					
Бутонизация	Контроль	Листья					4,60±0,42	0,34
		4,12±0,30	4,57±0,36	5,10±0,29				
	Орошение (200 м³/га)	Листья					4,26±0,26	-
		3,92±0,44	4,30±0,31	4,57±0,31				
	Контроль	Бутоны					4,03±0,09	0,14
		3,34±0,17	4,15±0,18	4,63±0,14				
Орошение (200 м³/га)	Бутоны					3,89±0,18	-	
	3,19±0,16	4,17±0,14	4,31±0,17					
Контроль	Корни					3,36±0,67	0,71	
	3,21±0,70	3,41±0,73	3,48±0,69					
Орошение (200 м³/га)	Корни					4,07±0,74	-	
	3,73±0,74	4,24±0,77	4,26±0,67					
Цветение	Контроль	Листья					3,99±0,54	0,55
		3,41±0,56	3,92±0,55	4,66±0,73				
	Орошение (200 м³/га)	Листья					3,44±0,47	-
		3,04±0,49	3,10±0,31	4,17±0,56				
	Контроль	Соцветия					4,22±0,28	0,33
		3,64±0,25	4,37±0,33	4,66±0,27				
Орошение (200 м³/га)	Соцветия					3,89±0,23	-	
	3,22±0,28	4,17±0,19	4,30±0,27					
Контроль	Корни					3,63±0,46	0,50	
	3,31±0,46	3,60±0,51	3,99±0,49					
Орошение (200 м³/га)	Корни					4,13±0,48	-	
	3,85±0,54	4,26±0,59	4,30±0,60					

Таблица 4. Сравнение содержания ГОКК (%) в *E. purpurea* до и после укуса

Фаза вегетации	Годы вегетации	Варианты опыта	Содержание ГОКК в органах растения				Δ
			листья	бутоны	корни	среднее значение	
Бутонизация	2002	без укуса	4,12±0,33	3,34±0,21	3,73±0,41	3,73	0,38
		после укуса	3,0±0,39	2,79±0,38	4,27±0,32	3,35	
	2003	без укуса	4,57±0,56	4,15±0,74	4,24±0,70	4,32	0,72
		после укуса	3,42±0,69	2,53±0,72	4,85±0,74	3,60	
	2004	без укуса	5,10±1,13	4,63±1,16	4,26±1,18	4,66	1,14
		после укуса	3,40±1,15	2,27±0,13	4,91±1,13	3,52	
Ср. без укуса			4,59	4,04	4,27		
Ср. после укуса			3,27	2,53	4,67		
Δ			1,32	1,51	0,40		

Выводы

Таким образом, орошение почвы (200 м³/га) в условиях атмосферной засухи способствует увеличению продуктивности растений *E. purpurea*. Абсолютные показатели содержания ГОКК в надземных и подземных органах *E. purpurea* увеличиваются с возрастом растения, в связи с чем сбор *E. purpurea* целесообразно начинать со второго года вегетации. Наиболее ценным по содержанию ГОКК является сырье из расте-

ний *E. purpurea*, собранных в фазу розетки. При заготовке растений *E. purpurea* в фазе розетки, соответствующей существующим фармакопейным стандартам содержания ГОКК, получение высоких объемов лекарственного сырья можно осуществить путем применения орошения и, как следствие, двойного укоса с возможностью увеличения продуктивности растений *E. purpurea* за один вегетационный период и экономией посевного и посадочного материала.

Список использованной литературы:

1. Баширова Р.М., Шайдуллина Г.Г., Никитина Т.И. Сравнительные морфологические и биохимические характеристики растений *Echinacea purpurea* L. (Moench) Башкирской и Краснодарской репродукции // Итоги биологических исследований. Вып. 6, Уфа, 2000. - С. 36-38.
2. Порада А.А. Эхинацея пурпурная в условиях лесостепи Украины (биологические особенности, способы возделывания, перспективы использования) / Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Киев, 1993. - 27 с.
3. Поспелов С.В., Самородов В.Н., Мищенко О.В. Накопление гидроксикоричных кислот в разных органах эхинацеи пурпурной первого года вегетации // Вісник Полтавськ. держ. аграрної академії. - 2003. №3-4. – С. 23-26.
4. Самородов В.Н., Поспелов С.В. Виды рода эхинацея (*Echinacea Moench*) в агрофитоценозах лесостепи Украины: десятилетние итоги интродукции, изучения биологии и возделывания // Вісник Полтавськ. держ. с.-г. ін-ту. – 2001. №4. – С. 48-58.
5. Самородов В.Н., Поспелов С.В. Эхинацея на рубеже XXI века: проблемы, тенденции, перспективы (по материалам конференции в Канзас-Сити, США) // Вісник Полтавськ. держ. с.-г. ін-ту. – 2000. №3. - С. 90-97.
6. Хасанова З.М., Хасанова Л.А., Наумов Л.Г., Заманова Н.А. Биологические особенности эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) при интродукции в условиях Южного Урала (Республика Башкортостан) // Медицинский вестник Башкортостана. Научно-практический журнал. Спец выпуск №1, том 1. -Уфа, 2006. - С. 125-126.
7. Хасанова З.М., Хасанова Л.А., Наумов Л.Г., Заманова Н.А., Маркелія Л.Ю. Особенности адаптации и продукционного процесса *E. purpurea* в условиях Южного Урала // Сборник тезисов Международной научной конференции «Биологические ресурсы и устойчивое развитие». – Пушино, 2001. - 452 с.

Статья рекомендована к публикации 29.01.07