УДК 581.4; 581. 52;582.824; 581.192:58.009

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *HYPERICUM PERFORATUM* L. В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

© 2016 С.А. Дубровная, Л.З. Хуснетдинова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Статья поступила в редакцию 25.05.2016

Были изучены ценопопуляции (ЦП) зверобоя продырявленного в трех районах лесостепной зоны Республики Татарстан (РТ). В пределах каждого района исследовались ЦП на лугах, опушках широколиственных лесов, в сосновых лесах или посадках. Исследования показали, что особенности естественно-исторических районов РТ оказывали значимое влияние на реализацию биологического потенциала особей и содержание в них вторичных метаболитов. Максимальные показатели вегетативной и генеративной сферы, содержание флавоноидов были отмечены в районе западной Предволжской лесостепи. В данном районе оптимальным условием для роста и развития зверобоя продырявленного является рудеральное сообщество – зарастающая пашня. Минимальные значения по всем показателям имели место в районе юго-восточной Закамской лесостепи. Район характеризуется меньшим количеством осадков в сезоне, более холодными зимними температурами. В ходе исследования была выявлена зависимость между эколого-ценотическими условиями и показателями жизненного состояния особей ЦП. Во всех районах было выявлено ухудшение жизненного состояния особей в ряду луг – широколиственный лес – сосновый лес, исключение составили сосновые посадки на серых лесных почвах, где жизненное состояние особей и содержание флавоноидов оставались высокими. Была выявлена достоверная зависимость между некоторыми показателями жизненного состояния особей ЦП и содержанием флавоноидов.

Ключевые слова: зверобой продырявленный, популяционная изменчивость, флавоноиды

Зверобой продырявленный является широко распространенным растением, который используется как в народной, так и официальной медицине. По данным Европейского научного объединения фитотерапии Hypericum perforatum L. является одним из самых популярных лекарственных растений в мире и входит в фармакопеи многих стран [1]. Зверобой, имея широкий ареал, редко образует крупные заросли, чаще растет узкими полосами или небольшими куртинами вдоль опушек леса, лугах, на вырубках. Как сорняк встречается около дорог, среди посевов, по окраинам полей, на заброшенных пашнях [2]. Потребность в лекарственном сырье удовлетворяется во многих случаях за счет сбора растений в естественных условиях, как например в Башкирии. Согласно подсчетам запасы сырья позволяют заготавливать до 5000 кг в год [3]. В Саратовской области H. perforatum не имеет достаточной сырьевой базы и может заготавливаться только для нужд местного населения в ограниченном объеме [4]. Возрастающая потребность в растительном сырье реализуется за счет создания специализированных посадок. В настоящий момент существуют высокопродуктивные посадки H. perforatum в Коми [5] в Южной Сибири, где созданы сорта с высоким содержанием биологически активных веществ [6].

Основным показателем качества растительного сырья является содержание биологически активных веществ (БАВ), которое для одного и того же вида различается в пределах географических зон, что определяется климатическими условиями. В пределах

Дубровная Светлана Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: sdubrovnaya@inbox.ru

Хуснетдинова Ландыш Завдетовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: husnetdinova.l@mail.ru

природных зон химический состав растительного сырья может зависеть от вида почвы, ее физических свойств и химического состава, от ландшафта, экологоценотических условий, сезонных колебаний температуры и осадков [7, 8]. Так, при изучении накопления БАВ в некоторых растениях Южного Урала была выявлена значительная внутрипопуляционная пластичность накопления флавоноидов, что было связано с высокой мозаичностью в почвах отдельных химических элементов, в первую очередь двухвалентных катионов [9]. Основными определяющими факторами синтеза фенольных веществ является сбалансированное, оптимальное для данного вида растения сочетание уровня теплообеспеченности, освещенности и количества осадков. В экстремальных экологических и погодных условиях (при остром водном дефиците) фенольные соединения тратятся на выполнение защитных функций, что приводит к снижению их общего уровня. В благоприятных условиях увлажнения, продолжающегося и во время цветения растений, активный синтез фенольных веществ, преобладает над расходом, и поэтому их содержание остается стабильно высоким.

Другим комплексом факторов, определяющим содержание БАВ, является состояние растений (этап онтогенеза, стадия вегетации). Показано, что для зверобоя максимальная концентрация БАВ в посадках отмечена на 2-3 годы, наибольшее содержание действующих веществ имеет место в случае образцов травы зверобоя, собранных в фазу начала цветения. В то же время продуктивность сырьевой биомассы не всегда соответствует высокой концентрации БАВ в растительном сырье [5, 10, 11]. Выявление ЦП зверобоя в пределах РТ, характеризующихся максимальным количеством флавоноидов, является необходимым этапом для создания высокопродуктивных посадок. Другим направлением исследования было выявление

местообитаний, где совокупность факторов способствует формированию ценопопуляций с высоким содержанием БАВ.

Цель работы: выявить изменчивость накопления флавоноидов в надземных побегах зверобоя продырявленного в условиях лесостепной зоны РТ. Учитывая, что морфологическое развитие особей есть прямое отражение физиологических процессов, важным аспектом работы было исследование зависимости между жизненным состоянием особей ЦП и накоплением в них БАВ.

Методика исследования. В ходе работы были выбраны районы лесостепной зоны РТ, которые характеризовались различным ландшафтом, почвенными характеристиками, климатическими особенностями. Краткая характеристика районов исследования представлена в табл. 1. В пределах каждого административного района исследовались ЦП на лугах, на опушках широколиственного леса, опушке соснового леса или искусственных посадок сосны.

Дрожжановский район: 1. Зарастающая пашня (рудеральное сообщество). Почва – выщелоченные черноземы; 2. Пойменный злаково-разнотравный луг; 3. Дубрава вязово-липовая в пойме; 4. Молодые посадки сосны обыкновенной на участке вырубленного

соснового леса. Возраст сосен в посадах не превышал 14 лет. Почвы супесчаные.

Тукаевский район: 5. Суходольный, узколистно-мятликовый разнотравный луг; 6. Липово-дубняк снытевый; 7. Сосновые посадки (возраст сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) составил более 30 лет) вдоль дороги на серых лесных почвах.

Бавлинский район: 8. Остепненный луг. Типчаковый степно-разнотравный луг на карбонатных почвах на крутом склоне; 9. Липово-дубняк звезчатковый; 10. Сосняк березовый разнотравный на супесчаных почвах.

Растения в естественных сообществах собирали в период массового цветения в июле 2014 г. Было исследовано 200 особей средневозрастного генеративного онтогенетического состояния. При анализе подсчитывали число цветков, высоту растения, площадь листовой пластинки, число надземных побегов. Наличие фенольных соединений в надземных побегах *Н. регfогаtum* определяли с помощью стандартных качественных реакций по методике ГФ XI [12]. Количественный анализ содержания суммы флавоноидов осуществляли с помощью спектрофотометрического метода в соответствии с методиками [10]. Статистическую обработку данных проводили путем использования программы Statistica 5.1.

Показатели	Районы исследования					
административные рай- оны РТ	Дрожжановский	Тукаевский	Бавлинский			
высота над уровнем моря, м	240	140	380			
естественно- исторические районы РТ	район западной Предволжской лесостепи. Район выщелоченных черноземов на элювиях нижнемеловых и юрских пород (преимущественно глин)	восточной Закамской лесостепи – район черноземных почв на элювии пермских пород. Характер почвы крайне разнообразен, от черноземов до слабоподзолистых песчаных.	Юго-восточной Закамской лесо- степи – район с сильным развити- ем черноземных почв на пермской плите			
средняя температура воздуха в январе	территория располо- жена между изотер- мами – 10-12°C	территория расположена межу изотермы – 12- 14°C				
средняя температура июля	территории расположены между изотермами 18-20°C					
годовое количество осад- ков. мм	600-800	600-800	500-600			

Таблица 1. Краткая характеристика районов исследования

При отсутствии нормального распределения выборки оценивали медиану (Ме), для проверки гипотезы о равенстве генеральных средних двух независимых выборок был использован непараметрический критерий Уилконсона-Манна-Уитни с оценкой (plevel). Для выявления корреляционной зависимости между содержанием флавоноидов и изменчивостью морфометрических показателей (Ме) был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследования.

Зависимость морфо-физиологических показателей особей зверобоя от географического положения района исследования. В изученных районах РТ максимальная реализация биологического потенциала особей наблюдалась в районе западной Предволжской лесостепи (табл. 2). В пределах данного района оптимальные условия для существования зверобоя отмечались на пойменном лугу (2) и зарастающей пашне (1) и уменьшались в ряду луг – дубрава – сосняк. В луговых сообществах при оптимальных условиях отмечалась максимальная реализация генеративной и вегетативной сферы. Содержание БАВ также было максимальным на лугах, которое при ухудшении условий (либо снижение освещенности, либо увеличение сухости и бедности почвы) существенно сокращалось. В сосновых посадках, сформированных на месте сведенного соснового леса, особи H. perforatum отличались минимальными показателями биологического потенциала. В большей степени на ухудшение экологоценотических условий реагировала генеративная сфера. В условиях сухих сосняков число цветков на побеге уменьшалось более чем вдвое, по сравнению с растениями, произрастающими в оптимальных местообитаниях. Содержание биологически активных веществ здесь также было низким.

Минимальные значения по всем показателям были выявлены в ЦП Бавлинского района. Здесь отмечалась более низкая температура зимой и меньшее количество осадков в сезоне. Сохранялась тенденция уменьшения содержания флавоноидов в ряду луг – дубрава – сосняк. Ухудшение показателей вегетативной сферы в большей степени определялось бедными и сухими почвами. Вероятно, эти же факторы определяли меньшее содержание флавоноидов в сосновых лесах, что наблюдалось как в Дрожжановском так и Бавлинском районах. Как отмечалось [13, 14] содержание флавоноидов в надземных органах положительно коррелирует с уровнем ультрафиолетового излучения. В то

же время, меньшее содержание БАВ на опушках светлых сосновых лесов по сравнению с опушками широколиственных лесов может говорить о том, что бедность почвы является достаточно сильным фактором, который ведет к уменьшению содержания флавоноидов. Как исключение, в сосняках, образованных на серых лесных почвах (7), отмечали высокое содержание БАВ. Имела место тенденция большего содержания флавоноидов при хорошо выраженной генеративной сферы (p-level=0,08). Статистически достоверная зависимость была получена между показателем «Площадь листовой пластинки» и содержанием флавоноидов (p-level=0,04).

Таблица 2. Показатели жизненного состояния особей *H. perforatum* в различных ценопопуляциях (Ме)

Показатели	Число цветков,		Высота расте-		Площадь листовой		Флаво-	
	ШТ		н	ий, см	плас	гики, см ²	ноиды	
	Me	Lower -	Me	Lower -	Me	Lower -		
Место		Upper		Upper		Upper		
обитания		Quartile		Quartile		Quartile		
Дрожжановский район								
1. пашня	105	86-148	58	53-62	2,75	2,3-2,7	4,95	
2. пойма	165,	105-206,5		50,5-				
	5		55	61,5	2,41	1,3-3,2	4,46	
3. дубрава	54	44-93	53,5	48-57	1,39	1,3-2,3	3,03	
4. сосновые посадки	46	34-69	45	42-49	1,4	1,3-1,8	1,19	
p-level	1-4=	=0,000034;	1-4=	0,00132;	1-3=0,0009;			
	1-3=0,01;		3-4	1=0,025	1-4=0,000063			
	2-4=0,00049;							
	2-3=0,0076							
			евский р					
5. суходольный луг	44,5	28-59	48,5	44-51	1,43	1,2-2	4,08	
6. дубрава	23	19-33	62	55-68	1,76	1,5-2,1	2,33	
7. сосновые посадки	42	25-56	47	42-51	2	1,4-2,4	3,08	
p-level	5-	-6=0,02;	5-6	5=0,0003;	5-7=0,05			
	6	-7=0,02	6-7=	=0,000006				
Бавлинский район								
8. луг на склоне	43	34-59	49	46-53	1,52	1,2-2	3,614	
9. дубрава	30,5	13,5-43	51,5	44,5-56	1,57	1,4-1,8	2,083	
10. сосновый лес	36,5	28-49	41	38-45	1,02	0,8-1,4	1,825	
p-level	8-9=0,014		8-10=0,001;		8-10=0,000281;			
		9-10=0,002		0=0,002	9-10=			

Примечание: 1-2 попарные сравнения, показаны статистически достоверные различия

Влияние эколого-ценотических условий на жизненное состояние особей ЦП и содержание флавоноидов. Максимальная реализация генеративной сферы отмечалась у растений *Н. регforatum* в условиях пройменного луга (2) и на зарастающей пашне (1). В данных местообитаниях растения между собой не

различались по показателю «Число цветков», но существенно различались от растений, произрастающих на лугах, образованных на серых лесных почвах (5) и на черноземных почвах на склоне (8), которые по данному показателю не различались межу собой (табл. 3).

Таблица 3. Показатели жизненного состояния особей *H. perforatum* в ЦП на лугах различных районов РТ(Ме)

Показатели	Число цветков, шт		Выс	ота расте-	Плоц	цадь лис-	Флаво-
			H	ий, см	товой пла- стинки, см ²		ноиды
Место	Me	Lower -	Me	Lower -	Me	Lower -	
обитания		Upper		Upper		Upper	
		Quartile		Quartile		Quartile	
1. пашня	105	86-148	58	53-62	2,75	2,3-2,7	4,95
2. пойма	165,5	105-206,5	55	50,5-61,5	2,41	1,3-3,2	4,46
5. суходольный луг	44,5	28-59	48,5	44-51	1,43	1,19-2	4,08
8. луг на склоне	43	34-59	49	46-53	1,52	1,4-1,8	3,614
p-level	2-8=0,000233;		1-5	=0,00027;	1-5	=0,0016;	
_	2-5=0,00184;		1-8	=0,000919	1-8=0,000026		
	1-5=0,00058;						
	1-8=0,000074						

Степень реализации вегетативной сферы у луговых растений была менее чувствительной к экологоценотическим условиям. Исключения составили растения зверобоя на зарастающей пашне. По таким показателям как высота растений, площадь пластинки ассимиляционного листа, растения данного местообитания существенно отличались от растений на суходольном лугу Закамья (5) и растений, произрастающих на склоне (8). Не была выявлена достоверная разница по показателю «Высота растений» между выборками на пойменном лугу (2) и луг на склоне (8). Площадь листовой пластинки у растений во всех луговых сообществ не различалась, за исключением растений на пашне. Можно предположить, что условия на зарастающей пашне, являются оптимальные для произрастания

зверобоя, что отражается в максимальной реализации, как вегетативной, так и генеративной сферы, а также высоком содержании у растений флавоноидов.

В широколиственных лесах сохранялась тенденция большего содержания флавоноидов у растений, произрастающих в западном Предволжье, и уменьшении содержания в ряду западной Предволжской лесостепи – вого-восточной Закамской лесостепи – юго-восточной Закамской лесостепи. Для показателей жизненного состояния особей ЦП столь четкой зависимости выделено не было (табл. 4). Несколько отличные данные были получены при анализе растений в сосновых лесах или сосновых посадках, что может быть связано с формированием их на различных почвах в пределах изученных районов.

Таблица 4. Показатели жизненного состояния особей <i>H. perforatum</i> в ЦП на опушках лесов
различных районов РТ (Ме)

Местообитания	Широколиственные леса		Сосновые посадки, сосновый лес				
Показатели	3	6	9	4	7	10	
число цветков, шт	54	23	30,5	46	42	36,5	
	3-6=0,00039; 3-9=0,0067						
высота растений, см	53,5	62	51,5	45	47	41	
	3-6=0,01; 6-9=0,002				7-10=0,05		
площадь листовой пла-	1,39	1,76	1,57	1,4	2	1,02	
стинки, см 2				4-7=0,02	; 4-10=0,	004; 7-10=0,000008	
флавоноиды	3,03	2,33	2,083	1,19	3,08	1,825	

Выводы: содержание флавоноидов в растениях и жизненное состояние особей ЦП определялось географическим положением и климатическими особенностями естественно-исторических районов РТ. Максимальное содержание флавоноидов отмечалось у растений, произрастающих в районе западной Предволжской лесостепи, минимальное - в районе юговосточной Закамской лесостепи. В пределах районов исследования синтез и накопление флавоноидов определялся эколого-ценотическими условиями. В естественных сообществах Дрожжановского и Бавлинского районах уменьшение содержание флавоноидов отмечалось в ряду луг – дубрава – сосновый лес. Можно предположить, что эдафический фактор оказывает большее влияние на жизнеспособность особей и содержание флавоноидов.

Практические рекомендации. Район западной Предволжской лесостепи РТ можно рассматривать в качестве перспективной территории для создания высокопродуктивных посадок лекарственных растений для получения сырья с высоким содержанием БАВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Paeoniaceae, Thymelaeceae.* JI.: Наука, 1986. 336 с.
- 2. *Маевский, П.Ф.* Флора средней полосы европейской части СССР. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 600 с.
- Федоров, Н.И. Методологические основы оптимизации ресурсного использования лекарственной флоры Южного Урала / Н.И. Федоров, С.Н. Жигунова, О.И. Михайленко. Ин-т биологии УфимНЦ РАН. – М.: Наука, 2013. 212 с.
- Забалуев, А.П. Ресурсы лекарственных растений Саратовской области. Саратов: Изд-во Сарат. гос. аграр. унта, 2000. 144 с.

- Эчишвили, Э.Э. Биология зверобоя продырявленного (Hypericum perforatum L.) в культуре на Севере: автореф. дис... к.б.н. – Сыктывкар, 2010. 18 с.
- Тюрина, Е.В. Популяционная изменчивость и ее значение в интродукционных исследованиях // Бюл. ГБС АН СССР. 1985. № 137. С. 32-37.
- Ломаченко, Н.В. Накопление фенольных соединений растениями Hypericum perforatum L. в экологоценотических градиентах: автореф. дис... к.б.н. - Уфа, 1999. 23 с.
- Струпан, Е.А. Изменчивость химического состава дикорастущего растительного лекарственного сырья / Е.А. Струпан, О.А. Струпан // Вестник КрасГАУ. 2007. №6. С. 93-97
- Щербаков, А.В. Внутрипопуляционная изменчивость биосинтеза флавоноидов в лекарственных растениях Южного Урала / А.В. Щербаков, И.Ю. Усманов, Я.Т. Суюндуков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Том 16, № 1(1). С. 274-279.
- Правдивцева, О.Е. Сравнительное исследование химического состава наземной части некоторых видов рода Нурегісить. / О.Е. Правдивцева, В.А. Куркин // Химия растительного сырья. 2009. №1. С. 79-82.
- Баландина, И.А. Совершенствование принципов и методов фармакопейного анализа в системе стандартизации лекарственного растительного сырья и лекарственных средств на его основе: автореф. дис...д.фарм.н. – М., 2004. 40 с.
- Государственная фармакопея СССР. Вып. 2, 11-е изд. М.: Медицина, 1990. 400 с.
- Lavola, A. Accumulation of flavonoids and related compounds in birch induced by UV-B irradiance / A. Lavola // Tree Physiology. 1998. Vol. 18. P.53-58.
- 14. Захожий, И.Г. Сезонная динамика накопления веществ фенольной природы в листьях Rubuschamaemorus L. / И.Г. Захожий, Г.Н. Табаленкова, О.В. Дымова // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: мат-лы докладов VIII Междун. симп. – М.: ИФР РАН; РУДН, 2012. С. 278-281.

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL VARIABILITY OF HYPERICUM PERFORATUM L. NATURAL POPULATIONS IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE ZONE IN TATARSTAN REPUBLIC

© 2016 S.A. Dubrovnaya, L.Z. Husnetdinova

Kazan (Volga) Federal University

The coenopopulyation (CP) of *Hypericum perforatum* L. in three regions of forest-steppe zone in Tatarstan Republic (TR) have been studied. Within each area CP on meadows, edges of the broad-leaved forests, in the pine forests or landings were investigated. Researches have shown that features of natural-historical regions of TR exerted significant impact on realization of biological potential of individuals and contents in them secondary metabolites. The maximum indicators of the vegetative and generative sphere, the maintenance of flavonoids have been noted near the western Prevolga forest-steppe. In this area an optimum condition for growth and development of *Hypericum perforatum* L. is the ruderal community – the growing arable land. The minimum values on all indicators took place near the southeast of Zakamsky forest-steppe. The area is characterized by a smaller amount of precipitation in a season, colder winter temperatures. During research dependence between ecological-coenotical conditions and indicators of vital condition of individuals of the CP has been revealed. In all areas deterioration in a vital condition of individuals among a meadow – the broad-leaved forest – the pine forest has been revealed, the exception was made by pine landings on gray forest soils where the vital condition of individuals and the maintenance of flavonoids remained high. Reliable dependence between some indicators of a vital condition of individuals of the CP and the maintenance of flavonoids has been revealed.

Key words: Hypericum perforatum L., population variability, flavonoids