

УДК 581.192+582.962

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ *PLANTAGO MEDIA* В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

© 2013 Т.М. Гребенкина, В.Н. Нестеров, Е.С. Богданова, О.А. Розенцвет

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 22.09.2013

Проведено сравнительное исследование морфометрических характеристик, содержания пигментов, суммарных липидов, соотношения липидных групп, жирных кислот, полисахаридов в надземных и подземных органах растений *Plantago media* L., собранных на территории национального парка «Самарская Лука» в условиях двух ценопопуляций и в городской зоне г. Тольятти в июне 2011 г. Влияние городских условий проявилось в более низком содержании пигментов, суммарных липидов, полисахаридов в листьях растений, произрастающих в городской черте, низким содержанием полярных липидов в корневой системе. Другие характеристики, такие как соотношение ненасыщенных ЖК, полярных липидов в листьях оставались постоянными независимо от места произрастания, *Ключевые слова:* *Plantago media*, морфометрические характеристики, гликолипиды, фосфолипиды, пигменты, полисахариды

Grebenkina T.M., Nesterov V.N., Bogdanova E.S., Rozentsvet O.A. STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATUS OF PLANTS *PLANTAGO MEDIA* IN THE URBAN ENVIRONMENT. – A comparative study of morphometric characteristics of pigment content, total lipids, lipid ratios of groups of fatty acids, polysaccharides in aboveground and underground parts of plants *Plantago media* L., collected in the National Park «Samara Luka» in the context of two of populations in urban areas, the Togliatti in June 2011. The influence of the urban environment manifested in a lower content of pigments, total lipids, polysaccharides in the leaves of plants growing in urban areas, low-polar lipids in the root system. Other characteristics such as the ratio of unsaturated fatty acids, the polar lipids in leaves remained constant regardless of the locus.

Key words: *Plantago media*, morphometric characteristics, glycolipids, phospholipids, pigments, polysaccharides

Растения сем. Plantaginaceae Juss, (подорожниковые) являются ценным источником соединений, которые используются в официальной и народной медицине, что дает основание для отнесения многих представителей семейства к группе лекарственных растений (Лекарственные растения, 1991). Лекарственные свойства подорожниковых были известны еще древним грекам и римлянам, с успехом применялись персидскими и арабскими врачами для лечения

Розенцвет Ольга Анатольевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, olgarozen@pochta.ru; Гребенкина Татьяна Михайловна, аспирант, matane4ka@yandex.ru; Нестеров Виктор Николаевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник: nesvik1@mail.ru; Богданова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, cornales@mail.ru

многих недугов. Подорожник большой (*Plantago major* L.) признан официальной медициной лекарственным растением и внесен в Государственную Фармакопею. Лекарственные средства из подорожника большого обладают противовоспалительным, рано- и язвозаживляющим эффектом, который обеспечивается сочетанием таких химических соединений как полисахариды, ферменты и витамины (Оленников др., 2007).

Лекарственные свойства подорожника среднего (*P. media* L.) изучены недостаточно, хотя ареал обитания этого вида охватывает Европу, Сибирь, Переднюю и Среднюю Азию (Биологическая флора..., 1983). Этот вид растений характеризуется умеренной требовательностью к почвенно-климатическим условиям, обладает высокой степенью лабильности – встречается на пойменных лугах, в разреженных лесах, на пастбищах, вдоль дорог, бывает пионером на отменях и обнажениях известняка (Шишкин, 1958). В то же время его используют в народной медицине, зачастую собирая это растение в антропогенно нарушенных и загрязненных местах обитания – вблизи автомагистралей, заводских территорий и т. д. (Соснина, 2009).

Цель работы состояла в изучении влияния городских условий на структурные и функциональные характеристики, имеющие фармакологическое значение.

С этой целью образцы растений подорожника среднего отбирали на территории национального парка Самарская Лука и на территории г. Тольятти (в районе Портпоселка) в первой половине дня в первой декаде июня 2011 г. На территории Самарской Луки растения отбирали в двух популяциях: растения ЦП-1 произрастали на ровной хорошо освещаемой площадке, а растения ЦП-2 – на пологом склоне юго-западной экспозиции, и, следовательно, отличались по световому и температурному режимам. Растения, собранные в городских условиях обозначены как ЦП-3.

Структурные характеристики оценивали по составу липидов, а функциональные – по содержанию фотосинтетических пигментов, характеризующих фотосинтез, и морфометрическим показателям, характеризующим ростовые процессы (Любименко, 1963; Мокроносов, 1981; Мокронов, 2006). Все используемые методики подробно описаны в работе (Гребенкина и др., 2012; 2013).

По результатам проведенных исследований показано, что листья подорожника ЦП-3 отличались по морфометрическим показателям от растений ЦП-1 и ЦП-2 (табл. 1). Листья растений, произрастающих на территории города, были более длинными и широкими, имели большую площадь поверхности, отличались большей удельной плотностью поверхности листа (УППЛ). Коэффициент роста листа был больше, чем у растений, получающих больше света (ЦП-1), но меньше, чем у растений, произрастающих в тени (ЦП-2). Длина генеративного побега у растений ЦП-3 была намного больше, чем у растений, произрастающих в условиях национального парка. Что касается корневой системы, то ее длина была сравнима с длиной корневой системы растений, произрастающих в условиях ЦП-2. Аналогичные данные были связаны с содержанием

сухого вещества, а именно – листья растений ЦП-3 и ЦП-2 имели равные значения.

Таблица 1

Морфометрические характеристики *P. media* L.
в зависимости от условий произрастания

Характеристики	Ценопопуляция		
	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3
Длина листа, мм	101,0±5,6	96,3±5,0	126,6±11,2
Ширина листа, мм	25,1±1,1	34±1,3	36,5±3,2
Длина генеративного побега, мм	44,5±4,5	177,3±18,0	299,3±28,7
Длина корня, мм	118,5±17,1	159,1±17,1	151,6±15,2
Площадь листа, см ²	18,6±1,7	22,7±1,6	31,1±2,3
УППЛ, мг/см ²	47,0±4,2	41,4±0,4	59,5±3,2
К _{роста листа} , мг/мм	5,9±0,5	9,5±0,5	7,9±0,7
Количество сухого вещества листа, %	23,7	17,4	18,5

Различия в размерах надземных и подземных органов подорожника среднего и соотношение биомассы свидетельствуют о том, что растения приспособились к условиям обитания. Это отразилось на функциональных свойствах растений. Так, листья растений национального парка содержали в 1,5 раза больше пигментов, чем растения города.

Таблица 2

Содержание пигментов в листьях *P. media* L. в зависимости от условий произрастания

Пигменты	Концентрация, мг/г сырой массы		
	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-4
Хл <i>a</i>	0,7±0,1	0,8±0,2	0,6±0,1
Хл <i>b</i>	0,4±0,1	0,5±0,1	0,4±0,1
Каротиноиды	0,3±0,1	0,2±0	0,2±0,1
Сумма пигментов	1,5±0,1	1,5±0,1	1,2±0,2
Хл <i>a</i> / хл <i>b</i>	1,6±0,8	1,6±0,9	1,4±0,2
Хл/Каротиноиды	3,4±0,9	5,5±1,0	3,9±0,2

Анализ структуры биомассы показал, что масса надземных органов преобладала над массой подземных, причем у растений, произрастающих городской черте прослеживалось большее содержание надземной массы по отношению к подземной (рис. 1).

Таким образом, растения ЦП-3 формировали большую площадь листовой пластинки при большем показателе УППЛ, имели более длинные генеративные побеги и корневища и, как следствие, большую биомассу. Следовательно, на уровне целого растения очевидна адаптация к условиям обитания, которая проявлялась в изменении морфометрических показателей и структуры биомассы.

Содержание суммарных липидов (СЛ) в листьях растений ЦП-1 и ЦП-2 было в два раза выше, чем в растениях ЦП-3 (табл. 2). Различия в содержании СЛ в генеративных побегах больше связаны не с антропогенной нагрузкой, ха-

рактерной для промышленно развитых городов, каким является г. Тольятти, а с естественными условиями обитания. Так количество СЛ у растений ЦП-3 и ЦП-1 составляло 7,8 и 7,2 мг/г сырой массы, соответственно, в то время как у растений ЦП-2 эта величина равнялась 10,9 мг/г. Аналогичный характер различий отмечен для содержания СЛ в корневой системе.

Показательным является анализ соотношения групп СЛ, таких как гликолипиды (ГЛ), фосфолипиды (ФЛ), характеризующих разный тип клеточных мембран (тилакоидные мембраны и непластидные) и нейтральных липидов (НЛ).

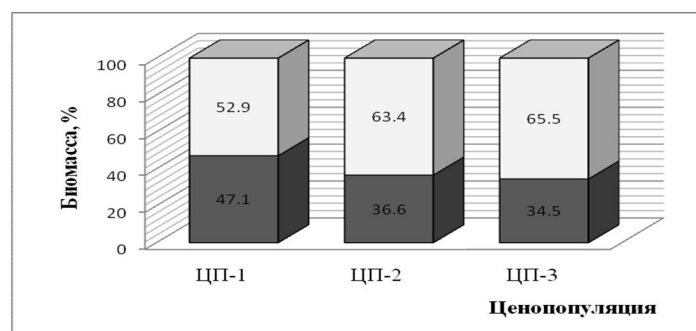


Рис. 1. Структура биомассы надземной и подземной частей *P. media* в зависимости от условий произрастания

Листья растений накапливали большей частью полярные липиды, то есть ГЛ и ФЛ. Содержание полярных липидов в листьях растений ЦП-1 и ЦП-2 составляло 88 и 85%, а у растений ЦП-3 – 75% от суммы липидов. Однако, несмотря на разный вклад полярных липидов в пул СЛ, соотношение между ГЛ и ФЛ для растений всех популяций оставалось постоянным (2:1), что говорит о стабильном соотношении пластидных и непластидных мембран. Генеративные побеги по сравнению с липидами листьев отличались более высоким содержанием ФЛ (около 50% от суммы полярных липидов), их доля также была постоянной. Клетки корневой системы были более обогащены НЛ, причем больше всего их содержалось в растениях ЦП-3.

Таблица 3

Содержание липидов в листьях, генеративных побегах и корневой системе *P. media* L. в зависимости от условий произрастания

Цено-популяция	Части растений	Концентрация, мг/г сырой массы			
		ГЛ	ФЛ	НЛ	СЛ
ЦП-1	Листья	5,2±0,1	2,6±0,1	1,3±0,1	8,9±0,3
	Генеративные побеги	2,7±0,3	2,4±0,2	2,1±0,3	7,2±0,1
	Корневая часть	2,2±0,1	1,1±0,1	1,5±0,2	4,8±0,1
ЦП-2	Листья	4,2±0,4	2,0±0,1	1,5±0,9	7,3±0,7
	Генеративные побеги	4,4±0,1	3,6±0,4	1,6±0	10,9±2,3
	Корневая часть	2,1±0,1	2,0±0,1	3,9±0,3	9,1±1,2
ЦП-3	Листья	2,3±0,2	1,0±0,1	1,0±0,1	4,4±0,4
	Генеративные побеги	3,0±0,3	2,7±0,2	2,2±0,2	7,8±0,8
	Корневая часть	1,2±0,1	0,5±0	4,9±0,4	6,2±0,5

В составе жирных кислот (ЖК) липидов в клетках разных органов растений было обнаружено более 12 кислот (табл. 4), однако преобладали С16:0

(пальмитиновая), С18:2 (линолевая) и С18:3 (линоленовая) ЖК. Содержание этих кислот в каждой части растения составляло около 90 %. В листьях и генеративных побегах растений среди ненасыщенных ЖК, как правило, преобладало содержание С 18:3, а в клетках корневой системы – С 18:2.

Таблица 4

Содержание жирных кислот в листьях, генеративных побегах и корневой системе *P. media* L, в зависимости от условий произрастания

Ценопопуляция	Части растения	Содержание, % от суммы ЖК									
		C<16	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	C>20	X
ЦП 1	Листья	2,6± 0,6	23,3± 2,9	1,9± 0,2	3,0± 0,2	7,4± 1,6	15,8± 0,8	43,2± 3,7	0,7± 0,2	0,8± 0,2	0,5± 0,1
	Генеративный побег	0,9± 0,3	16,2± 0,1	2,0± 0,2	2,4± 0,2	2,8± 0,2	18,1± 1	52,1± 5,3	5,0± 0,3	0,1± 0,1	0,4± 0,3
	Корневая часть	0,9± 0,4	33,5± 1,2	1,8± 0,1	2,2± 0,1	2,6± 0,2	33,8± 2,1	20,4± 2,5	3,5±0, 3	0,4± 0,1	0,9± 0,2
ЦП 2	Листья	2,3± 0,1	24,2± 1,2	2,0± 0,1	2,9± 0,2	5,3± 0,1	15,8± 0,7	45,4± 0,9	0,5± 0,3	0,7± 0,1	0,6± 0,1
	Генеративный побег	1,9± 0,1	35,4± 2,9	1,8± 0,3	3,0± 1,0	5,7± 1,2	16,2± 2,6	28,8± 1,8	1,2± 0,1	2,5± 0,3	3,1± 0,6
	Корневая часть	2,3± 0,3	31,7± 1,5	2,9±1, 1	5,4± 0,9	7,8± 1,4	32,1± 3,5	6,1± 0,3	3,3± 0,3	6,3± 1,2	2,2± 0,4
ЦП 3	Листья	1,4± 0,1	16,3± 0,1	2,1± 0,2	2,4± 0,2	2,4± 0,2	15,6± 0,9	55,0± 4,5	1,3± 0,1	3,3± 0,3	0,2± 0,1
	Генеративный побег	2,1± 0,2	36,2± 3,2	1,6± 0,1	4,3± 0,4	7,6± 0,6	14,7± 1,2	28,6± 2,8	2,1± 0,2	1,9± 0,1	0,5± 0,1
	Корневая часть	1,9± 0,2	26,5± 2,1	8,2± 0,5	3,7± 0,3	6,6± 0,5	33,5± 3,2	7,5± 0,3	3,6± 0,2	8,5± 0,5	сл

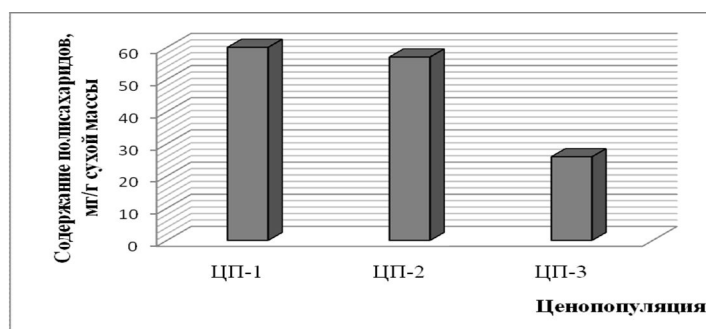


Рис. 2. Содержание водорастворимых полисахаридов в листьях *P. media* в зависимости от условий произрастания

Следует отметить, что в листьях растений вклад ЖК, таких как, С 16:0, С 18:2 и С 18:3, был практически идентичен для всех трех популяций. В генеративных побегах наблюдали различия в составе ЖК. Так, содержание С18:3 у

растений ЦП-1 было в 1,5 – 2 раза выше, чем у растений ЦП-2 и ЦП-3 на фоне более низкого содержания С 16:0. Низкое содержание кислоты С 18:3 в корневой части растений также сопровождалось более высоким содержанием С16:0. Однако влияния городских условий на состав ЖК растений выявлено не было.

Кроме названных характеристик в листьях растений было проанализировано содержание водорастворимых полисахаридов. Это один из классов биологически активных соединений, наличие которого, позволяет отнести подорожник большой к фармакопейному виду. Содержание этого типа соединений у подорожника среднего варьировало от 26 до 60 мг/г сухой массы (рис. 2), причем меньшее количество было обнаружено в листьях растений, произрастающих в городской зоне.

Таким образом, проведен сравнительный анализ структурных и функциональных характеристик подорожника среднего, собранного в разных ценопопуляциях, не испытывающих антропогенного пресса, и в городской зоне. Полученные данные дают основание заключить, что отличия сводятся не только к внешним морфометрическим признакам, но затрагивают некоторые внутренние биохимические параметры. Это отражается на фармакологических свойствах и биологической ценности сырья, полученного из данных растений. Влияние городских условий проявилось в более низком содержании пигментов, суммарных липидов, полисахаридов в листьях растений, произрастающих в городской черте, низким содержанием полярных липидов в корневой системе. Другие характеристики, такие как соотношение ненасыщенных ЖК в листьях, соотношение полярных липидов оставались постоянным независимо от места произрастания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Биологическая флора Московской области: Сб. М: Изд-во Моск. ун-та, 1983. Вып.7. С. 197-202.

Гребенкина Т.М., Нестеров В.Н., Рознцвет О.А., Богданова Е.С. Изменение состава липидов и пигментов *Plantago media* (Plantaginaceae) в течение светлого времени суток // Раст. Ресурсы. 2012. № 4. С 565-578. – **Гребенкина Т.М., Нестеров В.Н., Богданова Е.С., Саксонов С.В., Розенцвет О.А.** Сезонная динамика морфометрических параметров и мембранных глицеролипидов *Plantago media* (Plantaginaceae) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2013, Т. 22 №1. С. 24-38.

Лекарственные растения: Справочное пособие. М.: Высшая школа, 1991. 398 с. – **Любименко В.Н.** Избранные труды (в 2-х томах). Работы по фотосинтезу и приспособлению растений к свету. Киев: Изд-во АН УССР, 1963. 683с.

Мокронос А.Т. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: Academia, 2006. 448 с. – **Мокронос А.Т.** Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.

Оленников Д.Н., Самуелсен А.Б., Танхаева Л.М. Подорожник большой (*Plantago major* L.). Химический состав и применение // Химия раст. сырья. 2007. № 2. С. 37-50.

Соснина С.А. Сравнительное фармакогностическое изучение, стандартизация сырья и фитопрепаратов видов рода *Plantago* L: Автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2009. 20 с.

Шишкин Б.К. Род 1381. Подорожник - *Plantago* L. Флора СССР. Т. XXIII. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958.