

УДК 615.322:582.4: 547.94.014.4.074

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ АЛКАЛОИДОВ *CHELIDONIUM MAJUS* L.

Н.В. Машурчак, А.С. Капин, В.Э. Анфалов

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов

В настоящее время в медицинской практике всё большую популярность приобретают лекарственные средства растительного происхождения. Одним из широко применяемых и перспективных источников таких средств являются растения чистотела большого (*Chelidonium majus* L.) сем. *Papaveraceae*. Лекарственное сырьё данного вида обладает многосторонней фармакологической активностью и широко применяется в мировой практике научной и народной медицины для лечения туберкулеза (Атлас..., 1983), кожных, онкологических (Растительные..., 1984) и других заболеваний.

Растения *Ch. majus* широко распространены в Саратовской области (Забалуев, 2000). При этом природно-климатические условия, в которых обитают они в пределах области, существенно различаются. К тому же вид является эвритопным, рудеральным и синантропным, т.е. строго не приурочен к определённым местам обитания.

Фармакологическое значение растений данного вида, прежде всего, определяют биологически активные вещества из группы алкалоидов. Содержание их в растении может достигать 2% от сухого веса (Булатов и др., 1990). К настоящему времени у *Ch. majus* обнаружено более 20 веществ этой группы, которые можно отнести к трём основным подгруппам изохинолиновых производных: протобербериновым производным (коптизин, берберин), протопиновым алкалоидам (протопин, аллокриптон) и бензофенантридиновым алкалоидам (хелидонин, хелеритрин, сангвинарин) (Булатов и др., 1990; Первушкин и др., 1998). Доминирующими алкалоидами в вегетативных органах растений являются коптизин и хелидонин (Ивахно и др., 1995).

Показано, что содержание алкалоидов в органах растений существенно зависит от условий произрастания и времени вегетации (Булатов и др., 1990), массы и размеров содержащих их вегетативных органов растений. Метаболизм алкалоидов в существенной степени зависит и от элементов минерального питания растений, таких как K, Cu, Co, Al (Buzuk et al., 2003). Даже в течение суток содержание основных алкалоидов, за исключением берберина, существенно варьирует, вероятно, в зависимости от света и температуры (Tomè, Colombo, 1995). С другой стороны показано на примере целого ряда видов растений, включая *Ch. majus*, что содержание алкалоидов у видов характеризуется малой дисперсией и высокими коэффициентами корреляции между ними. На основании чего авторы пришли к выводу, что элементарный состав алкалоидов у видов обладает определённой специфичностью и находится в корреляционной зависимости от типа присутствующих в них

специфических природных соединений данного класса (Ловкова и др., 1999). Однако глубоких исследований закономерностей экологической изменчивости содержания алкалоидов до настоящего времени не проводилось ни в географических, ни в экотопических аспектах. В данной статье предпринята попытка выявления таких закономерностей на примере популяций *Ch. majus* из различных районов Саратовской области.

Материал и методика

Исследования проводились в вегетационный период 2003 г. в четырёх естественных популяциях *Ch. majus*, обитающих в достаточно контрастных природно-климатических условиях. Популяции относительно равноудалены (в среднем на 100 км) от г. Саратова в северо-восточном (Б.-Карабулакский р-н), юго-восточном (Краснокутский р-н), юго-западном (Красноармейский р-н) и северо-западном (Аткарский р-н) направлениях (рис. 1). Сравнительная характеристика основных природно-климатических условий районов обитания популяций (Эколого-ресурсный..., 1998; Энциклопедия..., 2002) приведены в табл. 1. Из неё видно, что наиболее аридные условия существования растений складываются в Краснокутском районе, несколько менее аридные – в Красноармейском и, наконец, наименее аридные условия – в Б.-Карабулакском и Аткарском районах, которые в этом отношении фактически одинаковы. Однако они сильно отличаются почвами и характером биотопа, в котором обитают популяции. Если в Б.-Карабулакском районе это – сосновый бор на обеднённой гумусом дерновой лесной почве на песке, то в Аткарском районе – широколиственный лес на щебнистом чернозёме. Значительно различаются типом почв и характером биотопа и популяции в двух других районах исследования. Если в Краснокутском районе популяция обитает по опушкам широколиственного леса в пойме р. Еруслан на дерновой лесной почве на песках, то в Красноармейском районе – в байрачном широколиственном лесу на щебнистых чернозёмах.

Для проведения исследований изъятие растений осуществлялось в три срока: весной (10 - 25 мая), ранним летом (1 - 28 июня) и поздним летом (1 - 28 июля). В каждый из сроков сбора из популяций случайным образом изымалось по тридцать растений второго года жизни. Собранные растения высушивались при температуре 20-30⁰ С.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика природно-климатических условий в районах произрастания исследованных популяций

Районы	Географическое положение и местообитание популяции	Тип климата	Среднегод. температура воздуха, °C	Средне год. кол-во осадков, мм	Почва
Аткарский	Центральная часть Правобережья на Приволжской возвышенности. Широколиственный лес в окрестностях с. Николаевка	Умеренно-континентальный	4,5	500-575	Чернозем обыкновенный
Б.-Карабулакский	Северная часть Правобережья на Приволжской возвышенности. Сосновый бор в окрестностях с. Алексеевка	Умеренно-континентальный	4,2	500-550	Дерновая лесная на песке
Красноармейский	Юго-Восточная часть Правобережья на Приволжской возвышенности. Байрачный широколиственный лес в окрестностях с. Россони	Континентальный	6,0	400-525	Чернозём щебнистый
Краснокутский	Южная часть Саратовского Заволжья в юго-западной части Сыртовой равнины. Пойменный широколиственный лес в окрестностях с. Дьяковка	Континентальный	5,4	274	Дерновая лесная на песке

Растения каждой популяции разделялись на три фракции: корни, стебли, листья, - и перемалывались с помощью мельницы. Для экстракции алкалоидов использовалась система растворителей диэтиловый эфир – хлороформ – насыщенный раствор аммиака в соотношении 7 : 2.5 : 0.5. С каждой фракции анализировалась навеска в 1 г, для экстракции 1 г сухого вещества использовалось 10 мл экстрагирующей смеси. Полученные растворы оставлялись на сутки в плотно закрытых колбах. Через сутки отфильтровывали надосадочную жидкость и повторно заливали осадок 10 мл экстрагирующей жидкости.

Полученный раствор оставляли настаиваться ещё на 3 часа, после чего отфильтровывали и объединяли надосадочные жидкости с двух повторностей. Полученный экстракт переносили в делительную воронку и добавляли 5 мл 1% соляной кислоты при интенсивном встряхивании. После расслоения солянокислый раствор отбирали в отдельную колбу. К оставшемуся экстракту добавляли 2 мл 1% соляной кислоты. Переносили в делительную воронку при встряхивании, после расслоения солянокислый раствор снова отбирали. Все солянокислые растворы объединяли (Ермаков, Ярош, 1987). Подщелачивали 10% раствором гидроксида натрия до $\text{pH}=12$ и экстрагировали дважды двумя мл хлороформа. Полученную смесь упаривали до объёма 1 мл и использовали для определения качественного состава алкалоидов методом тонкослойной хроматографии (ТСХ).

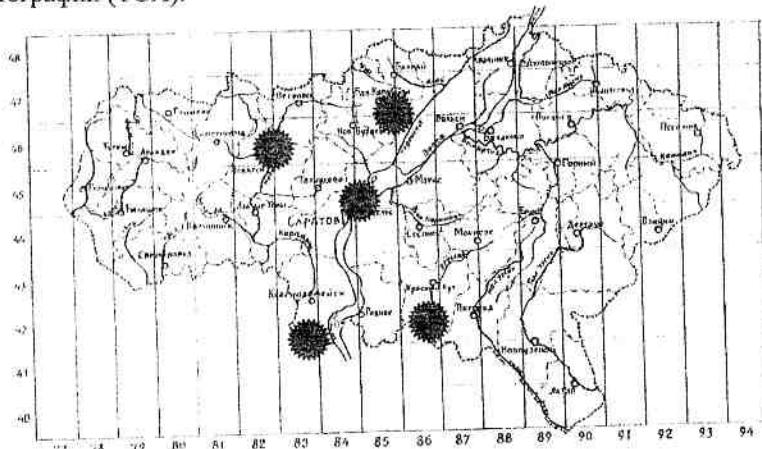


Рис. 1. Местонахождение исследованных популяций *C. majus*: 1 – Б.-Карабулакский (БКар); 2 – Аткарский (Атк); 3 – Красноармейский (КрА); 4 – Краснокутский (КрК) районы Саратовской области

ТСХ проводилась на алюминиевых пластинах «Sorbifol». В качестве элюента использовалась система растворителей толуол – метанол – 25%-ный аммиак в соотношении 20 : 5 : 0.2.) (Бузук и др., 2003). Для предотвращения «эффекта дуги» камеру насыщали парами элюента (Кирхнер, 1981). Обнаружение алкалоидов проводили в УФ-свете, а также с помощью реактива Драгендорфа (Ермаков, Ярош, 1987).

Результаты и обсуждение

Исследовано 36 экстрактов алкалоидов из растений *C. majus* 4 популяций. Условные номера экстрактов по срокам изъятия растений, фракциям, району и биотопу приведены в табл. 2. Значения *Rf* алкалоидов приведены в табл. 3, в которой значения *Rf* идентичных веществ разных экстрактов сведены в один столбец. При этом в столбце 1 приведены *Rf* пятен берберина, в столбце 20 – *Rf* пятен сангвинарина. Содержание алкалоидов определяли визуально по интенсивности свечения их пятен в ультрафиолетовом свете. На рис. 2 интенсивность окраски пятна того или иного алкалоида, соответствующая его содержанию, передана различным типом штриховки по 5 уровням градации концентрации: 1) очень низкая; 2) низкая; 3) средняя; 4) высокая; 5) очень высокая.

Состав алкалоидов у *C. majus* из различных районов Саратовской области

Из табл. 3 и рис. 2 видно, что качественных различий между растениями, обитающими в различных районах области, фактически не было. В то время как количественные различия были довольно существенными, по крайней мере, по ряду алкалоидов (алкалоида 19 и сангвинарина, например).

Растения во всех популяциях характеризовались высоким содержанием алкалоидов 16 и 19, в чуть меньшей мере были представлены сангвинарин (20) и алкалоид 13. При этом различий по содержанию алкалоида 16 между растениями популяций фактически не было. Но содержание алкалоида 19 в течение лета падало в растениях Краснокутского района, в то время как в остальных районах оставалось высоким. Содержание сангвинарина весной было более высоким у растений из Аткарского района, хотя в течение лета это различие почти нивелировалось. По содержанию алкалоида 13 картина несколько противоречива. Если весной этого алкалоида меньше всего было в растениях из популяции Аткарского района, то ранним летом – у растений из Краснокутского, а поздним летом – из Красноармейского и Б.-Карабулакского районов.

Таблица 2.

Ключ по экстрактам алкалоидов из растений *Ch. majus*

Сроки изъятия	Район и биотоп	Фракция	Номер экстракта
Весна	БКар, остепнённый сосновый бор	листья	1
		стебли	2
		корни	3
	КрА, широколиственный пойменный лес	листья	4
		стебли	5
		корни	6
	КрК, широколиственный равнинный лес	листья	7
		стебли	8
		корни	9
	Атк, широколиственный равнинный лес	листья	10
		стебли	11
		корни	12
Раннее лето	БКар, остепнённый сосновый бор	листья	13
		стебли	14
		корни	15
	КрА, широколиственный пойменный лес	листья	16
		стебли	17
		корни	18
	КрК, широколиственный равнинный лес	листья	19
		стебли	20
		корни	21
	Атк, широколиственный равнинный лес	листья	22
		стебли	23
		корни	24
Позднее лето	БКар, остепнённый сосновый бор	листья	25
		стебли	26
		корни	27
	КрА, широколиственный пойменный лес	листья	28
		стебли	29
		корни	30
	КрК, широколиственный равнинный лес	листья	31
		стебли	32
		корни	33
	Атк, широколиственный равнинный лес	листья	34
		стебли	35
		корни	36

Из алкалоидов, представленных в растениях в следовых количествах, только алкалоид 22 был отмечен у растений в популяциях Аткарского и Красноармейского районов и полностью отсутствовал в растениях, произрастающих в остальных районах. Остальные – присутствовали во всех популяциях.

Содержание алкалоидов в растениях Ch. majus в зависимости от времени вегетации

По результатам исследования более богатый качественный состав алкалоидов в растениях *C. majus* независимо от района произрастания, отмечен ранним летом, правда, в основном за счёт алкалоидов, представленных в растениях в следовых количествах. В этот период в растениях обнаруживалось от 14 до 21 алкалоида, в то время как весной и поздним летом – от 9 до 15. Однако только поздним летом в ряде популяций отмечено присутствие алкалоида 22 при его полном отсутствии в более ранний период вегетации.

Содержание сангвинарина в растениях *Ch. majus* было максимально поздним летом и минимально весной. К концу вегетации в растениях возрастало и количество берберина, хотя в отличие от предыдущего алкалоида, содержание которого в растениях было значительным, берберин в них присутствовал весной и ранним летом в следовых количествах. И только поздним летом его содержание в растениях возрастало до среднего уровня.

Из основных в количественном отношении алкалоидов *Ch. majus*, - кроме сангвинарина это алкалоиды 16, 19, и в меньшей мере 13, - содержание последнего в растениях популяций из всех районов возрастало лишь к раннему лету и к позднему лету опять падало. Содержание алкалоида 16 при этом было более стабильным, несколько возрастая лишь к позднему лету. А содержание алкалоида 19 в трёх из четырёх популяций оставалось стабильным на протяжении всего времени наблюдений, в то время как в растениях популяции из Краснокутского района от максимального весеннего уровня падало к раннему лету и до позднего лета уже не восстанавливалось.

Таблица 3.

Значения R_f фракционов исследованных экстрактов С. *magnus*

№ экстракта	Величины R_f пятен отдельных дикарбоновых														21 22			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1	0,04		0,17	0,21	0,24				0,30	0,33	0,37	0,44	0,51	0,56	0,69	0,73		
2	0,04		0,23	0,25	0,30	0,34			0,38	0,45	0,5	0,56	0,59	0,69	0,72	0,76		
3	0,05		0,16	0,22	0,25	0,27			0,39	0,45	0,52	0,57	0,61	0,67	0,70	0,73		
4	0,04		0,20	0,23	0,26	0,31	0,34		0,38	0,46	0,56	0,57	0,61	0,66	0,70	0,76		
5	0,04		0,22	0,26	0,31	0,35			0,38	0,45	0,52	0,57	0,61	0,67	0,70	0,73		
6	0,05		0,14	0,22	0,23	0,26	0,30	0,35		0,39	0,47	0,53	0,58	0,64	0,67	0,70	0,73	
7			0,21	0,25	0,29	0,33			0,37	0,46	0,58			0,71	0,73	0,76		
8			0,21	0,25	0,29	0,34			0,38	0,46	0,53	0,58	0,62		0,68	0,86		
9	0,05		0,21	0,23	0,26	0,30	0,34		0,36	0,47	0,53	0,56	0,63	0,66	0,69	0,74		
10	0,02	0,09	0,17	0,21	0,23	0,26	0,30	0,33		0,36	0,47	0,54	0,58	0,63	0,67	0,69	0,73	
11	0,06		0,23	0,25	0,32	0,35			0,38	0,47	0,53	0,59	0,62		0,70	0,86		
12	0,04		0,15	0,22	0,24	0,27	0,35		0,38	0,48	0,53	0,58	0,61	0,66	0,70	0,74		
13	0,06		0,17	0,21	0,26	0,30	0,33	0,37	0,41	0,47	0,51	0,54	0,61		0,73	0,79		
14			0,18		0,22	0,26	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,50	0,55	0,62		0,72	0,76	
15	0,02	0,05	0,09	0,14	0,17	0,21	0,23	0,26	0,30	0,36	0,41	0,45	0,49	0,53	0,59		0,74	0,8
16	0,02		0,18		0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,41	0,45	0,49	0,53	0,60		0,70	0,75
17	0,04	0,09	0,15	0,18	0,21	0,23	0,27	0,31	0,35	0,40	0,45	0,43	0,48	0,54	0,60		0,69	0,74
18	0,04	0,08	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,29	0,32	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54		0,68	0,74
19			0,14		0,17	0,21	0,26	0,3	0,34	0,42	0,48	0,53	0,60	0,64		0,71	0,75	0,79
20	0,04		0,19		0,21	0,24	0,27	0,3	0,34	0,37	0,43	0,48	0,52	0,58		0,71	0,76	0,79
21			0,13	0,15	0,17	0,2	0,24	0,29	0,33	0,38	0,42	0,47	0,52	0,58		0,69	0,73	
22	0,01	0,05		0,17	0,20	0,24	0,30	0,35	0,39	0,42	0,47	0,51	0,57			0,70	0,77	
23	0,02	0,07		0,17	0,21	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,53	0,57		0,68	0,72	0,79
24	0,02	0,07	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,39	0,43	0,47	0,53	0,59	0,61	0,64	0,69	0,73
25	0,05			0,18				0,28			0,33	0,42	0,48	0,54		0,66	0,71	0,78
26	0,04			0,18	0,21			0,28			0,33	0,42	0,44	0,53		0,65	0,68	0,72
27	0,03			0,15	0,19	0,21	0,24	0,30			0,34	0,42	0,45	0,56		0,66	0,69	0,74
28	0,03			0,18	0,21			0,29			0,33	0,43	0,49	0,59		0,64	0,7	0,8
29	0,03			0,18	0,21			0,30			0,34	0,43	0,51	0,56		0,67	0,74	0,81
30	0,03			0,15	0,19	0,21		0,30			0,34	0,44	0,51	0,56		0,68	0,71	0,87
31	0,03				0,25							0,45				0,69	0,74	0,79
32	0,03			0,14	0,18	0,22		0,30			0,34	0,44	0,5	0,56		0,69	0,72	0,75
33	0,02			0,15	0,19	0,21	0,24	0,30			0,34	0,44	0,49	0,56		0,68	0,70	0,74
34	0,03			0,15	0,18	0,19		0,28			0,33	0,43	0,5	0,55		0,70	0,74	0,80
35	0,04			0,14	0,17	0,20		0,29			0,33	0,43	0,51	0,55		0,67	0,70	0,75
36	0,03			0,15	0,17	0,20	0,22	0,29			0,34	0,44	0,52	0,55		0,66	0,70	0,84

Весной и поздним летом в растениях популяций полностью отсутствовали целый ряд алкалоидов, таких как 2, 3, 8, 11, 12. В то же время их наличие, пусть и в следовых количествах, характеризовало растения большинства популяций вида ранним летом.

*Содержание алкалоидов в различных органах растений *C. majus**

В весеннем сборе *Ch. majus* число обнаруженных алкалоидов в листьях в различных районах области варьировало от 9 (в популяции Краснокутского района) до 16 (в популяции Аткарского района). В популяциях из остальных двух районов оно было промежуточным и равнялось 12. В стеблях *Ch. majus* весеннего сбора количество алкалоидов равнялось 10 (в популяции из Красноармейского района), 11 (в популяциях из Краснокутского и Аткарского районов) и 12 (в популяции из Б.-Карабулакского района). В корнях *Ch. majus* весеннего сбора количество алкалоидов равнялось 14 (в популяции из Краснокутского района), 15 (в популяции из Аткарского района) или 16 (в остальных двух популяциях).

Таким образом, качественный состав алкалоидов в растениях весеннего сбора во всех исследованных популяциях, независимо от условий произрастания, был стабильно высоким в экстрактах из корней и стабильно низким – в экстрактах из стеблей. Лишь в экстрактах из листьев он широко варьировал в зависимости от условий обитания. Изменчивость качественного состава алкалоидов в экстрактах из листьев касалась в основном алкалоидов, присутствующих в растениях в следовых количествах. Однако, и некоторые из тех основных алкалоидов, содержание которых в растениях было в целом значительным, тоже характеризовались определённой качественной изменчивостью в этот период вегетации в зависимости от условий обитания. Так сангвинарин в растениях популяции из Аткарского района весной в листьях обнаружен, в то время как в других районах в листьях отсутствовал. Алкалоид 19 в растениях популяции из Красноармейского района в стебле отсутствовал, а в остальных районах обнаруживался.

В весеннем сборе из алкалоидов, содержащихся в следовых количествах, алкалоиды 2, 3, 8, 11 и 12 полностью отсутствовали в растениях всех исследованных популяций. Алкалоиды 5, 9, 10, 14 обнаружены во всех популяциях во всех органах растений. Алкалоиды 1 и 6 в популяциях из Б.-Карабулакского и Красноармейского районов обнаружены во всех исследованных органах, в популяции из Краснокутского района присутствовали только в корнях, а в популяции из Аткарского района – только в корнях и стебле. Алкалоид 4 в популяции из Краснокутского района весной отсутствовал в растениях, в то время как в остальных популяциях обнаружен в листьях и корнях. Алкалоид 7 весной обнаружен во всех органах растений популяций из Краснокутского и Аткарского районов, а в остальных двух районах присутствовал только в корнях. Алкалоид 15 обнаружен в этот период вегетации в растениях популяций из Б.-Карабулакского и Краснокутского районов, а в остальных двух районах содержался только в стеблях и корнях.

Алкалоид 17 во всех органах обнаружен в растениях из популяции Аткарского района, только в стеблях и корнях – в растениях популяций из Б.-Карабулакского и Краснокутского районов, только в корнях – в растениях популяции из Красноармейского района. Алкалоид 18 в растениях популяций из Б.-Карабулакского и Краснокутского районов обнаружен только в корнях, в остальных популяциях – только в листьях и корнях. Алкалоид 21 обнаружен только в листьях в популяциях из Краснокутского и Аткарского районов, в листьях и корнях – в остальных двух популяциях.

В раннелетний период вегетации растения *Ch. majus* характеризовались большей стабильностью качественного состава алкалоидов в листьях в различных условиях вегетации, различаясь не более чем на один. Число их было 13 – в популяции Краснокутского района, 14 – в остальных районах. В стеблях раннелетнего сбора количество алкалоидов было большим, чем в весеннем сборе. Равнялось 14 (в популяции из Б.-Карабулакского района), 16 (в популяциях из Краснокутского и Красноармейского районов) и 18 (в популяции из Аткарского района). В корнях раннелетнего сбора количество алкалоидов по отношению к весеннему сбору оставалось без изменений. Равнялось 14 (в популяции из Краснокутского района), 15 (в популяции из Аткарского района) или 16 (в остальных двух популяциях).

В раннелетнем сборе сантвинарин отсутствовал в листьях растений популяций из Б.-Карабулакского и Аткарского районов, в то время как в остальных районах обнаруживался во всех органах. Алкалоиды 13 и 16 в заметных количествах присутствовали во всех органах, в то время как алкалоид 19 отсутствовал в корнях в растениях популяции из Б.-Карабулакского района.

Из алкалоидов, содержащихся в следовых количествах, во всех органах в раннелетнем сборе обнаруживались алкалоиды 5, 7, 10, 11, 14, 15. При этом алкалоиды 2, 3, 8, 11 и 12 не были отмечены в весенних сборах, но обнаружены в раннелетних. Берберин во всех органах обнаружен в Аткарском районе, но отсутствовал в стеблях в популяциях Б.-Карабулакского и Красноармейского районов, в листьях и корнях – в Краснокутском районе. Алкалоид 2 также присутствовал во всех органах в растениях популяции из Аткарского района, полностью отсутствовал в растениях из Краснокутского района, отсутствовал в листьях в растениях из Красноармейского района, в листьях и стеблях – в растениях из Б.-Карабулакского района. Алкалоиды 3 и 4 в раннелетних сборах вели себя сходно, отличаясь лишь по сбору из Аткарского района, где в отличие от алкалоида 2 отсутствовали в листьях и стеблях. Алкалоид 6 обнаруживался в раннелетних сборах только в корнях в Б.-Карабулакском и Краснокутском районах, в стеблях и корнях – в популяции из Красноармейского района и полностью отсутствовал в растениях популяции из Аткарского района. Большой стабильностью в раннелетних сборах отличался алкалоид 8. Он отсутствовал только в листьях в растениях популяции из Красноармейского района. Алкалоид 12 присутствовал довольно стабильно, отсутствуя лишь в листьях в Краснокутском районе, в стеблях – в Красноармейском районе, в корнях – в Б.-Карабулакском районе. Алкалоид 17 присутствовал во всех фракциях в популяции из Красноармейского района,

полностью отсутствовал в популяции из Б.-Карабулакского района, отсутствовал в листьях – в остальных двух популяциях. Алкалоид 18 отсутствовал в листьях также в Аткарском и Краснокутском районах, в листьях и стеблях – в остальных двух районах. Алкалоид 21 отсутствовал в корнях в Аткарском и Краснокутском районах, в листьях и стеблях – в Красноармейском районе.

В позднелетнем сборе *Ch. majus* число обнаруженных алкалоидов в листьях в различных районах области варьировало от 5 (в популяции из Краснокутского района) до 10 (в популяциях из Б.-Карабулакского и Красноармейского районов) - 12 (в популяции из Аткарского района). В стеблях *Ch. majus* позднелетнего сбора количество алкалоидов равнялось 13 (в популяциях из Б.-Карабулакского и Красноармейского районов), 14 (в популяции из Краснокутского района) и 15 (в популяции из Аткарского района). В корнях *Ch. majus* позднелетнего сбора количество алкалоидов равнялось 14 (в популяции из Краснокутского района), 15 (в популяциях из Б.-Карабулакского и Красноармейского районов) или 16 (в популяции из Аткарского района).

В позднелетнем сборе сангвинарин отсутствовал в листьях растений популяций из Красноармейского и Краснокутского районов, в то время как в остальных районах обнаруживался во всех органах. Алкалоид 13 присутствовал во всех органах, в то время как алкалоид 19 отсутствовал в корнях в растениях популяции из Б.-Карабулакского района.

Полуколичественный анализ состава алкалоидов в различных органах растений Ch. majus

Как следует из рис. 2, количественно доминировали в растениях чистотела всех исследованных популяций алкалоиды 16, 19, 20 (сангвинарин). Алкалоиды 16 и 19 с большой долей вероятности являются протопином и хелидонином, так как именно они являются доминирующими алкалоидами в вегетативных органах растений вида и по величине *Rf* при разделении элюэнтом того же состава близки к величинам *Rf*, приведённым в литературе для этих веществ (Бузук и др., 1991). В меньшей мере в растениях представлен алкалоид 1 (берберин), 13 и 14. Лишь в следовых количествах обнаружены в растениях всех популяций остальные алкалоиды.

При этом в течение вегетации содержание сангвинарина было минимально весной и возрастало к позднему лету. Содержание алкалоида 16 (предположительно протопина) почти без изменений в течение всего периода вегетации было высоко, однако в различных органах различно. Меньше всего его было в листьях, больше – корнях и стеблях. Довольно существенны и межпопуляционные изменения концентрации этого алкалоида в растениях. Алкалоид 19 (предположительно хелидонин) также присутствовал в растениях в высокой концентрации во все периоды вегетации. Однако содержание его было напротив высоко в листьях и гораздо более низко в корнях и стеблях. Межпопуляционная изменчивость содержания этого алкалоида тоже достаточно высока. Содержание алкалоида 13 возрастило в растениях от весны

к началу лета, а в последующий период вегетации чаще всего падало. Однако в популяциях из Краснокутского и Аткарского районов концентрация этого вещества в растениях напротив оставалась высокой или даже возрастала. Этот алкалоид обнаруживался, прежде всего, в корнях и в гораздо более низкой концентрации – в стеблях и листьях.

Остальные алкалоиды были представлены в следовых количествах. При этом наиболее стабильны и в равной мере встречались во всех органах алкалоиды 5, 10, 14 и 15. Содержание последнего в двух популяциях (из Б. Карабулакского и Красноармейского районов) к позднему лету существенно возрастало. Содержание остальных – чаще всего возрастало к началу лета и опять падало к позднему лету. Исключение составляет алкалоид 6, содержание которого по периодам вегетации подчинялось обратной закономерности. Межпопуляционные колебания содержания этих веществ тоже были существенными.

Выводы

1. У растений *Ch. majus* в исследованных популяциях в целом выявлено 22 алкалоида. Уровень накопления их в растениях из популяций различных районов Саратовской области в большинстве случаев был близок. Исключением является отсутствие алкалоидов 2 и 3 в популяции из Краснокутского района и 22 – в Б.-Карабулакском и Краснокутском районах.

2. Максимальное число алкалоидов у *Ch. majus* во всех исследованных популяциях наблюдалось ранним летом, т.е. в конце пика активного роста и развития растений. Исключением является только содержание алкалоидов в листьях растений популяции из Аткарского района, число алкалоидов в которых последовательно снижалось в направлении: весна – раннее лето – позднее лето.

3. Максимальное число алкалоидов выявлено в экстрактах растений популяции из Аткарского и Красноармейского районов, при этом число алкалоидов в растениях Аткарского района было максимальным весной и ранним летом, в то время как поздним летом это число максимальным было в растениях из Красноармейского района. Число алкалоидов в растениях в целом в географическом отношении пространственно уменьшалось в направлении от юго-запада к северо-востоку области.

Исследование выполнено при поддержке НТП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проекты 530 раздела 3.3. и 4024 раздела 3.8).

Благодарим профессора кафедры биохимии Саратовского государственного медицинского университета В.Б. Бородулина за любезно предоставленные стандарты веществ сангвинарина и берберина.

Литература

Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М., 1983. 340 с.

Бузук Г.Н., Ловкова М.Я., Найдёнов Ю.В. Изменения алкалоидного комплекса листьев *Chelidonium majus* L., *Atropa belladonna* L. и *Lupinus*

polyphyllus L. при различных способах фиксации и ферментации растительного материала // Раст. ресурсы. 1991. Вып. 1. С. 122-130.

Булатов А.А., Бузук Г.Н., Бузук М.Я. и др. Изменчивость качественного и количественного состава алкалоидов чистотела большого в течение вегетации // Хим.-фармац. журн. 1990. Т. 4, № 5. С. 50-53.

Ермаков А.И., Ярош Н.П. Определение алкалоидов и гликозидов // Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. С. 292-348.

Забалуев А.П. Ресурсы лекарственных растений Саратовской области. Саратов, 2000. 144 с.

Ивахно С.Ю., Голованова Л.В., Станиловская Е.В., Кулешова Л.Н. Выделение алкалоидов из чистотела большого // Современные аспекты изучения лекарственных растений: Науч. тр. НИИФ. М., 1995. Т. 34. С. 184-189.

Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. Т. 2. М.: Мир, 1981. 523 с.

Ловкова М.Я., Соколова С.М., Пономарёва С.М., и др.. Специфичность элементарного состава лекарственных растений, синтезирующих алкалоиды // Прикладная биохимия и микробиология. 1999. Т. 35, № 1. С. 75-84.

Первушкин С.В., Сохина А.А., Куркин В.А., Алексеев К.В. Некоторые аналитические и технологические аспекты исследования лекарственного сырья *Chelidonium majus* L. // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 1. С. 97- 103.

Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Magnoliaceae-Limoniaceae*. Л., 1984. 460 с.

Экологоресурсный атлас Саратовской области / Комитет охраны окр. среды и природных ресурсов Саратовской области. Саратов, 1996.

Энциклопедия Саратовского края. Саратов: Приволжское кн. изд-во, 2002. 688 с.

Buzuk G. N., Lovkova M. Ya., Sokolova S. M., Tyutkin Yu. V. Genetic Aspects of the Relationship between Isoquinoline Alkaloids and Mineral Elements in Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) // Applied Biochemistry and Microbiology. 2003. Vol. 39, No. 1. P. 31-36.

Tomè F., Colombo M.L. Distribution of alkaloids in *Chelidonium majus* and factors affecting their accumulation // Phytochemistry. 1995. Vol. 40, N 1. P. 37-39.

УДК 574.524:636

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЖАВОРОНКОВ В ПОДЗОНЕ ОПУСТЫНЕННЫХ СТЕПЕЙ

О.И. Давиденко, В.В. Пискунов

Саратовский гос университет им. Н.Г.Чернышевского, г. Саратов

Изучение связей степных птиц с местообитаниями проводилось в основном в рамках крупномасштабных исследований по их биотопической приуроченности с целью оценки последствий влияния негативных антропогенных факторов (Попенко, 1979; Белик, 2000; Коровин, 2001). Однако