

ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

Н.А. Кузьмичева

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ПОЙМЕННЫХ ВИДОВ ИВ (*SALIX SP.*)

Витебский государственный
медицинский университет

*Обнаружена универсальная зависимость содержания флавоноидов в листьях *Salix triandra L.*, *S. alba L.* и *S. acutifolia Willd.* от климатических факторов: количества осадков в год и в теплый период, суммарной солнечной радиации и суммы температур выше 10°C. Зависимость имеет двухвершинный характер, причем один из максимумов может значительно преобладать. Прогиб кривой между максимумами может быть более или менее выраженным и в целом соответствует условиям, наиболее благоприятным для роста особей, т.е. находится приблизительно в центре ареала. Отсюда следует, что практически невозможно одновременно достичь и максимальной продуктивности, и наибольшего содержания действующих веществ. Максимумы накопления гликозидов флавоноидов обнаруживаются у особей, произрастающих на некотором удалении от центра ареала, а максимумы агликонов – ближе к границам ареала, что подтверждает их адаптивную роль.*

Ключевые слова: ивы, флавоноиды, климатические факторы.

ВВЕДЕНИЕ

Общепризнано, что климатические факторы оказывают сильное влияние на биосинтез и накопление вторичных соединений в растениях. К настоящему времени в литературе накоплено достаточно много сведений о такого рода влиянии, но эти данные противоречивы и не дают возможности сформулировать общую закономерность. Отчасти это объясняется неполным охватом всех частей ареала того или иного

вида (как правило, анализировались образцы всего из 2-3 местообитаний), а отчасти тем, что большинство исследователей пыталось доказать прямолинейную связь между фактором и признаком, в то время как форма этой связи намного сложнее.

Для установления прямолинейной зависимости достаточно двух образцов из географически различных мест. Но те исследователи, которые анализировали более двух образцов, часто сталкивались с нелинейностью полученной зависимости. Например, было показано, что содержание флавоноидов в траве володушки золотистой при подъеме над уровнем моря с 1400 до 1750 м уменьшается, а затем на высоте 2200 м увеличивается [1]. В образцах багульника болотного из шести климатических зон наблюдалось два максимума накопления дубильных веществ: в зоне темнохвойных среднетаежных лесов и в зоне широколиственных лесов [2].

В последние годы появляются работы, указывающие на существование универсальной двухвершинной зависимости содержания вторичных соединений от различных экологических факторов. Впервые данная закономерность была установлена для влияния микроэлементов на накопление алкалоидов [3]. Далее нами было изучено влияние микроэлементов на накопление флавоноидов в проростках фасоли [4] и гречихи [5] и влияние эдафических факторов на содержание флавоноидов в цветках бессмертника песчаного [6] и лабазника вязолистного [7], на содержание дубильных веществ в корневищах лапчатки прямостоячей [8] и горца змеиного [9]. Во всех случаях выявилась сложная М-образная зависимость, которая может быть описана уравнением 4 порядка.

Следующим шагом в подтверждении универсальности двухвершинной кривой должно быть изучение влияния климатических факторов на содержание вторичных соединений, подобно тому, как правило, минимума Либиха сначала было сформулировано для минерального питания растений, а затем было распространено на все экологические факторы.

Salix triandra L., *S. alba* L. и *S. acutifolia* Willd. - пойменные виды ив, часто образуют коренные фитоценозы на прирусловых аллювиальных отложениях, относящиеся к интразональному типу [10]. Название типа отражает устоявшееся мнение о незначительности влияния зональных условий на формирование фитоценозов. Однако, ранее нами было показано, что комплекс климатических факторов оказывает существенное влияние на морфологические признаки и на накопление флавоноидов в листьях пойменных ив [11]. Но, как и большинство исследователей в то время, мы искали в основном прямолинейные зависимости. Настало время по-новому взглянуть на полученные ранее данные.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами было изучено влияние ряда экологических факторов на накопление отдельных флавоноидов из классов флавонов и флавонолов в листьях *Salix triandra* L., *S. alba* L. и *S. acutifolia* Willd. Образцы листьев этих трех видов ив были отобраны в конце вегетации (август – сентябрь) от нормально развитых особей из 45 природных популяций, расположенных в пределах ареала во всех климатических зонах, в России по меридиану от Белого до Азовского моря, в Беларуси, Украине, а также в Прибалтике и Молдавии. Всего было изучено более 400 образцов листьев (169 – *S. triandra* L., 139 – *S. acutifolia* Willd. и 111 – *S. alba* L.).

Количественное содержание отдельных флавоноидов в листьях ив определяли хромато-спектрофотометрическим способом [12].

В качестве изучаемых климатических факторов были выбраны те, которые часто выступают в роли ограничивающих распространение: годовое количество осадков, количество осадков в теплый период, суммарная солнечная радиация и сумма температур выше 10°C.

Для изучения формы связи «фактор-признак» все изученные популяции были разбиты на группы в соответствии с градациями каждого из факторов (не менее пяти градаций). Достоверность различий между содержанием флавоноидов в листь-

ях ив в каждой изученной группе была оценена с помощью F- критерия Фишера. Достоверные связи «фактор-признак» изображены графически (таблицы 5-7).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные представлены в табл. 1-4. Приведены средние значения содержания отдельных флавоноидов в листьях ив по группам. Содержание флавоноидов, различия по которым оказались недостоверными, не приводится. Жирным шрифтом обозначены максимумы.

Анализ результатов показал, что в большинстве случаев зависимость содержания флавоноидов от климатических факторов можно описать кривой с двумя максимумами, один из которых часто больше другого (или ее фрагментом в случае отсутствия образцов из местообитаний вблизи границы ареала вида или за ее пределами).

Зависимость содержания флавоноидов в листьях *S. acutifolia* от годового количества осадков менее четкая, чем от количества осадков в теплый период. Это вполне логично, т.к. листья развиваются только в данное время года. Первый максимум содержания флавоноидов наблюдается при количестве осадков 500 мм в год и 400 мм в теплый период. Это приблизительно соответствует условиям Гомельской и Черниговской областей. Второй максимум для годового количества осадков не достигнут, т.е. он предположительно находится для местностей с более чем 700 мм осадков в год. Для фактора «количество осадков в теплый период» он находится в пределах 500 мм (территория Литвы, Калининградской области), причем для агликонов флавонов (лютеолин и апигенин) он не достигнут.

Суммарная солнечная радиация как фактор, влияющий на содержание флавоноидов в листьях ивы остролистной, менее показателен, чем сумма температур выше 10° С. Четкий максимум установлен только для основных флавоноидов (гликозидов лютеолина и апигенина) – около 90 ккал/см² год (это условия Литвы и западных областей Беларуси).

Таблица 1 - Содержание флавоноидов (мг %) в листьях ив в зависимости от количества осадков в год

№	Вещество	Количество осадков в год, мм						F _{кр} =2,3; p=0,05
		350	400	450	550	600	700	
<i>S. alba</i> L.								
1	Нарциссин	849,6	848,8	491,8	231	798,5	466,5	3,02
2	Альбозид	294,3	358,2	317,5	176,4	258,1	182,5	6,79
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	138,6	206,3	258,5	310,8	137,4	123	5,73
4	Рутин	14,3	60,8	64,7	53,3	33	24,6	7,09
5	Изорамнетин	0,26	0,87	0,59	0,76	0,52	0,55	4,32
6	Рамнетин	0,58	1,29	1,05	2,01	1,06	1,59	4,54
7	Кверцетин	0,25	0,53	0,34	0,26	0,68	0,42	2,62
8	Лютеолин-7-О-глюкозид	2,6	25	54,9	2,02	4,39	1,15	3,9
9	Лютеолин	0,06	0,44	1,32	0,47	0,47	0,43	14,85
10	Апигенин-гликозид	1,22	11,84	30,67	6,8	4,79	2,19	5,94
11	Апигенин	0,33	1,86	1,39	1,16	1,67	1,56	6,43
<i>S. acutifolia</i> Will.								
№	Вещество	Количество осадков в год, мм				F _{кр} =2,67; p=0,05		
		450	500	600	700			
1	Лютеолин-7-О-глюкозид	2743	3240	3527	3846	6,44		
2	Лютеолин-7-О-галактозид	322,7	505,1	485,9	605,6	6,62		
3	Лютеолин	39,6	100,7	112,4	276,9	11,76		
4	Космосин	63,4	139	139,5	164,9	6,26		
5	Апигенин	5,45	8,73	10,89	15,76	9,92		
6	Кверцетин	0,67	1,54	2,62	3,04	7,19		
<i>S. triandra</i> L.								
№	Вещество	Количество осадков в год, мм					F _{кр} =2,43; p=0,05	
		400	500	550	600	700		
1	Рутин	3131	3029	2405	2999	2811	5,52	
2	Изорамнетин-3-О-глюкозид	364,1	308,6	310,2	369,9	403,2	2,51	
3	Рамнетин-дигликозид	289,4	334,7	221,4	303,2	570,7	18,45	
4	Кверцетин	10,1	17,1	16,9	144,8	1,7	5,52	
5	Лютеолин-7-О-глюкозид	79,3	113,3	232,5	180	340,6	26,92	
6	Лютеолин	10,7	16,2	26,4	17	4,7	15,34	
7	Диосметин-дигликозид	30,9	41,1	32,7	52,5	56,1	7,89	
8	Диосметин	10,7	11,6	7,9	8,2	4,4	6,76	

Таблица 2 – Содержание флавоноидов (мг %) в листьях ив в зависимости от количества осадков в теплый период

№	Вещество	Количество осадков в теплый период, мм					F _{кр} =2,45; p=0,05	
		200	300	400	450	600		
<i>S. alba</i> L.								
1	Нарциссин	691,8	891,6	412,7	968,7	466,5	5,83	
2	Альбозид	345,1	358,5	166,3	305,2	182,5	8,73	
3	Рутин	46,9	75,1	34	34,9	24,6	9,13	
4	Изорамнетин	0,93	0,73	0,53	0,54	0,55	4,09	
5	Рамнетин	1,23	1,28	1,22	1,07	1,59	3,07	
6	Кверцетин	0,38	0,61	0,42	0,79	0,42	4,19	
7	Лютеолин-7-О-глюкозид	4,08	53,5	4,48	4,03	1,15	9,05	
8	Лютеолин	0,42	0,72	0,6	0,38	0,43	7,26	
9	Апигенин-гликозид	3,05	25,7	5,36	4,68	2,19	12,31	
10	Апигенин	1,96	1,63	1,57	1,54	1,86	6,33	
<i>S. acutifolia</i> Will.								
№	Вещество	Количество осадков в теплый период, мм					F _{кр} =2,28; p=0,05	
		320	370	400	430	500		600
1	Лютеолин-7-О-глюкозид	2743	3206	3558	3572	3730	3813	3,38
2	Лютеолин-7-О-галактозид	322,7	507,6	492,5	410,6	613,5	534	4,82
3	Лютеолин	39,6	111,9	149,5	89,1	188,4	340,1	5,07
4	Космосин	63,4	141,5	142,6	116,9	169,3	136,8	4,44
5	Апигенин	5,45	9,17	10,8	7,23	12,2	24	14,28
6	Рутин	15,6	27,4	35,2	15,9	31	27,3	2,57
7	Кверцетин	0,67	1,13	3,7	2,22	3,15	1,49	9,86
<i>S. triandra</i> L.								
№	Вещество	Количество осадков в теплый период, мм					F _{кр} =2,43; p=0,05	
		150	320	400	450	500		
1	Рутин	3135	3210	2872	2628	2811	3,2	
2	Изокверцитрин	510,3	51,5	82,9	89,8	167,5	72,12	
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	824,7	343,6	321,8	316,2	403,2	32,15	
4	Рамнетин-дигликозид	477,7	294,2	294	222,1	570,7	19,74	
5	Кверцетин	18,3	9,9	17,1	7	1,6	8,5	
6	Лютеолин-7-О-глюкозид	120,7	75,8	160	174,2	340,6	16,71	
7	Лютеолин	7,3	10,6	18,9	17	4,7	9,36	
8	Диосметин-дигликозид	37,8	30,3	40	58,6	56,1	6,75	
9	Диосметин	6,6	11,9	9,6	5,8	4,4	8,5	

Таблица 3 – Содержание флавоноидов (мг %) в листьях ив в зависимости от суммарной солнечной радиации

№	Вещество	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год						F _{кр} =2,3; p=0,05
		85	90	100	110	120	140	
<i>S. alba</i> L.								
1	Нарциссин	458,1	795,0	985,6	466,5	794,7	849,6	3,51
2	Альбозид	163,8	263,6	320,3	182,5	352	494,3	8,41
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	132,3	111,2	210,3	123	214,2	138,6	4,94
4	Рутин	29,2	31,3	42,9	24,6	61,4	14,3	7,16
5	Изорамнетин	0,48	0,56	0,57	0,55	0,83	0,26	3,72
6	Рамнетин	1,02	0,66	1,74	1,59	1,26	0,58	8,3
7	Кверцетин	0,46	0,93	0,51	0,42	0,5	0,25	4,38
8	Лютеолин-7-О-глюкозид	5,1	4,1	3,5	1,1	29,5	2,6	2,97
9	Лютеолин	0,64	0,4	0,39	0,43	0,58	0,06	5,41
10	Апигенин-гликозид	5,0	3,7	6,2	2,2	14,7	1,2	3,48
11	Апигенин	1,9	1,8	1,2	1,9	1,8	0,3	7,34
<i>S. triandra</i> L.								
№	Вещество	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год					F _{кр} =2,43; p=0,05	
		85	90	95	100	110		
1	Рутин	3112	2563	2449	3050	3135	5,71	
2	Изокверцитрин	98,7	107,0	57,2	77,8	50,5	7,84	
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	366,5	361,6	297,8	298,5	340,3	3,77	
4	Рамнетин-дигликозид	307,5	367,8	167,1	323,7	267,8	6,82	
5	Лютеолин-7-О-глюкозид	184,0	257,8	206,0	111,5	67,6	22,16	
6	Лютеолин	17,0	19,8	18,3	15,5	10,1	4,56	
7	Диосметин-дигликозид	53,8	42,9	34,5	41,4	27,1	7,16	
8	Диосметин	7,2	7,8	7,9	10,5	12,1	6,65	
<i>S. acutifolia</i> Will.								
№	Вещество	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год					F _{кр} =2,44; p=0,05	
		85	90	95	100	110		
1	Лютеолин-7-О-глюкозид	2908	3872	3440	3240	3342	4,03	
2	Лютеолин-7-О-галактозид	377,6	581,3	542,2	505,1	441	2,81	
3	Лютеолин	356,9	190,5	52,3	100,7	297,9	5,76	
4	Космосин	136,5	162,1	147,5	139	104,5	2,65	
5	Апигенин	21,4	10,3	10,7	8,7	15,8	7,36	
6	Кверцетин	3,8	3,3	2,2	1,5	1,1	8,88	

Таблица 4 – Содержание флавоноидов (мг %) в листьях ив в зависимости от суммы температур выше 10° С

№	Вещество	Сумма температур выше 10° С, град						F _{кр} =2,3; p=0,05
		1800	2300	2700	3000	3300	3600	
<i>S. alba</i> L.								
1	Нарциссин	567,5	915,4	466,5	652,4	848,1	849,6	3,01
2	Альбозид	188,8	305,7	182,5	377,2	382,6	494,3	8,21
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	114,8	181,4	123	328,6	171,4	138,6	10,52
4	Рутин	28,6	39,6	24,6	95,9	48,5	14,3	13,65
5	Изорамнетин	0,57	0,52	0,55	0,53	0,94	0,26	5,27
6	Кемпферол	0,67	0,36	0,56	0,55	0,5	0,33	3,24
7	Кверцетин	0,73	0,57	0,42	0,33	0,56	0,25	2,58
8	Лютеолин-7-О-глюкозид	4,76	3,73	1,15	96,9	4,3	2,63	38,43
9	Лютеолин	0,56	0,39	0,43	1,05	0,4	0,06	14,34
10	Апигенин-гликозид	4,39	5,42	2,19	43,6	3,85	1,22	59,3
11	Апигенин	2,06	1,26	1,86	1,26	1,99	0,32	9,94
<i>S. acutifolia</i> Will.								
№	Вещество	Сумма температур выше 10° С, град						F _{кр} =2,28; p=0,05
		1750	1950	2200	2500	2600	2800	
1	Лютеолин-7-О-глюкозид	2908	4248	3496	3442	3206	3342	4,46
2	Лютеолин-7-О-галактозид	377,6	727,8	434,8	529,4	507,6	441	5,43
3	Лютеолин	356,9	261,4	119,6	48,1	111,9	207,9	4,82
4	Космосин	136,5	214,8	109,4	141,7	141,5	104,5	3,97
5	Апигенин	21,4	12,4	8,2	9,5	9,2	15,8	8,14
6	Рутин	33,6	43	16	29,7	27,4	22,2	6,51
7	Кверцетин	3,8	4,6	2	2,6	1,1	1,1	7,89
<i>S. triandra</i> L.								
№	Вещество	Сумма температур выше 10° С, град					F _{кр} =2,43; p=0,05	
		1700	1900	2200	2500	2800		
1	Рутин	3112	2450	2621	3050	3135	5,83	
2	Изокверцитрин	98,7	79,5	112,3	77,7	50,5	6,89	
3	Изорамнетин-3-О-глюкозид	366,5	342,8	348	298,5	340,3	2,8	
4	Рамнетин-дигликозид	307,5	271,2	359,3	323,7	267,8	2,49	
5	Кверцетин	15,8	18,5	5,7	15	9,6	4,97	
6	Лютеолин-7-О-глюкозид	184	220,2	273,3	111,5	67,6	22,55	
7	Лютеолин	17	26,7	11,5	15,5	10,1	11,49	
8	Диосметин-дигликозид	53,8	36,6	44,8	41,4	27,1	7,25	
9	Диосметин	7,2	9,3	6,2	10,5	12,1	7,96	

Второй максимум не выражен, для космосиина он лишь слегка обозначен в районе 100 ккал/см² год (Черниговская и Черкасская области Украины). Максимумы для агликонов находятся за пределами исследованных значений суммарной солнечной радиации. Сумма температур выше 10°C существенно влияет на содержание флавоноидов в листьях *S. Acutifolia* Willd. Кривая зависимости имеет яркий двухвершинный характер с максимумами для гликозидов около 1900 градусов (побережье Балтийского моря) и 2500 градусов (север Украины). Для агликонов, как и в предыдущем случае, максимумы не достигнуты.

В листьях *S. alba* L. изучалось влияние климатических факторов на содержание 11 флавоноидов. Почти все изученные связи оказались достоверными. Влияние количества осадков в год и в теплый период приблизительно равноценное. Характер связей для этих факторов также в целом совпадает. Первый максимум накопления флавоноидов наблюдается при значениях 400-450 мм осадков в год и 300 мм осадков в теплый период, что соответствует степной климатической зоне. Второй максимум отмечен для уровня годового количества осадков 600 мм и 450 мм в теплый период. Это условия Литвы и Псковской области.

Первый максимум значительно преобладает над вторым у флавонов (лютеолин, апигенин и их гликозиды). Для флавонолов оба максимума почти равны или второй немного больше. Прогиб кривой между максимумами значительный для основных флавоноидов листьев ивы белой – нарциссина и альбозида, а также для изорамнетина и кверцетина. Он совпадает практически у всех изученных флавоноидов (550 мм осадков в год и 400 мм в теплый период). Это соответствует климатическим условиям Латвии, Беларуси и севера Украины, т.е. фактически центру ареала вида [13].

Суммарная солнечная радиация существенно влияет на содержание флавоноидов в листьях *S. alba* L. Оба максимума представлены четко и равнозначны для гликозидов флавонолов. У флавонов пре-

обладает второй максимум, у кверцетина – первый. Прогиб кривой отмечен для значений 110 ккал/см² год (центральная Украина, Закарпатье). Сумма температур выше 10° С в целом дает сходную картину, но второй максимум преобладает не только у флавонов, но и у рутина, изорамнетина и его гликозида. Он наблюдается при 120 ккал/см² год (степная зона Украины и России) или еще южнее для нарциссина и альбозида.

S. triandra L. по сравнению с вышеописанными видами растет наиболее близко к руслу, поэтому влияние климатических факторов на накопление флавоноидов в ее листьях выражено слабее. Однако прогиб кривой зависимости содержания флавоноидов от количества осадков и температурных показателей климата зафиксирован и здесь. Интерес вызывает поведение лютеолина и его гликозида, показавших зависимость, зеркально противоположную родственным им диосметину и его гликозиду. Но, так же, как и для предыдущих видов, в центре ареала (550 мм осадков в год, 400-450 мм в теплый период, суммарная солнечная радиация 95 ккал/см² год) наблюдается снижение накопления флавоноидов, а максимумы смещены ближе к его границам [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для подавляющего большинства изученных флавоноидов обнаружены по два максимума их накопления в зависимости от климатических факторов, причем один из максимумов может преобладать. Прогиб кривой между максимумами может быть более или менее выраженным, но совпадает у всех веществ по отношению к какому-либо климатическому фактору или у агликонов немного смещен по отношению к гликозидам.

В целом данный прогиб соответствует условиям, наиболее благоприятным для роста особей, и находится приблизительно в центре ареала. Максимумы накопления гликозидов флавоноидов обнаруживаются у особей, произрастающих на некотором удалении от центра, а максимумы агликонов – еще ближе к границам ареала.

Таблица 5 - Характер зависимости содержания флавоноидов в листьях *S. acutifolia* Willd. от климатических факторов

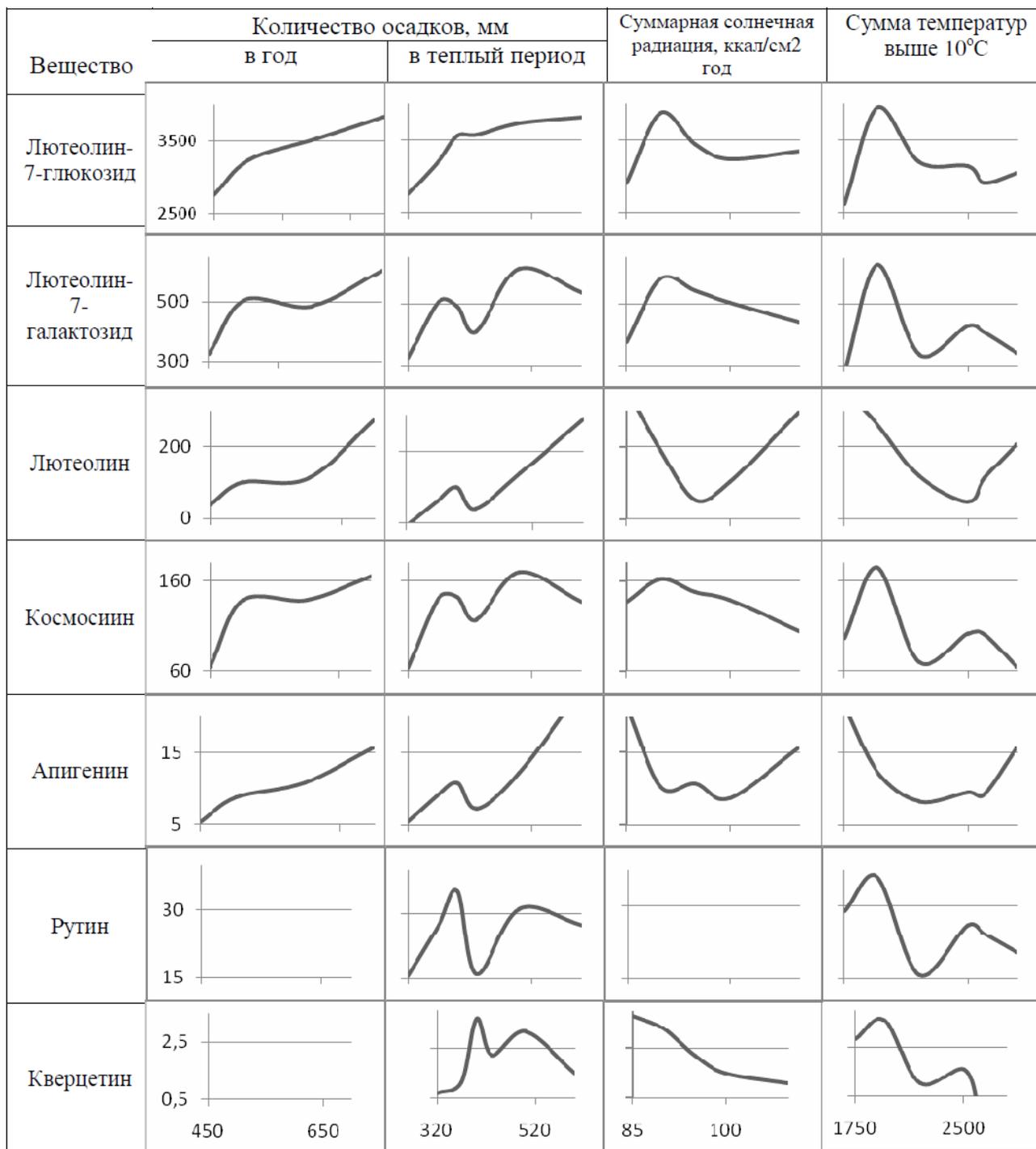


Таблица 6 - Характер зависимости содержания флавоноидов в листьях *S. alba* L. от климатических факторов

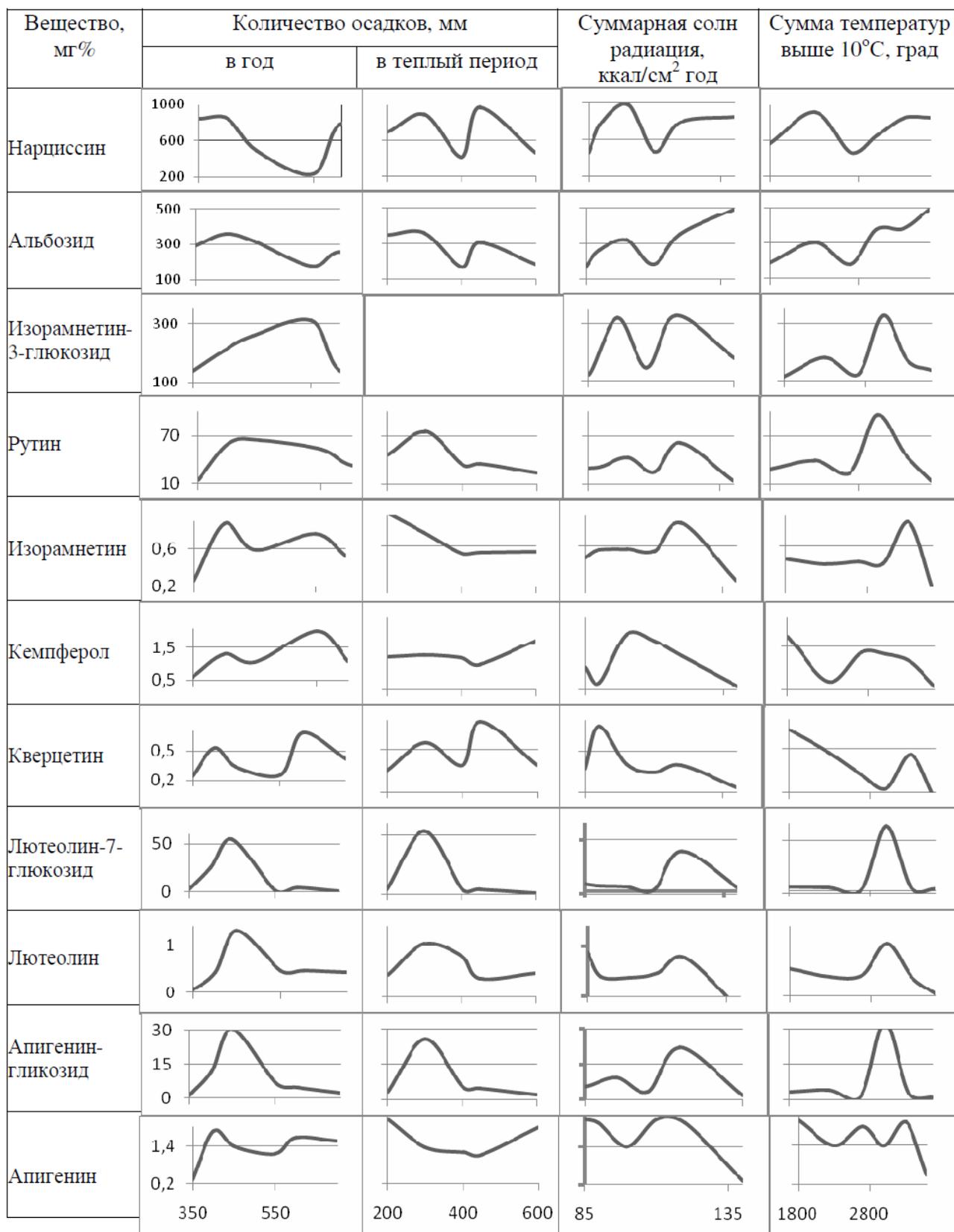


Таблица 7 - Характер зависимости содержания флавоноидов в листьях *S. triandra* L. от климатических факторов

Вещество, мг%	Количество осадков, мм		Суммарная солн. радиация, ккал/см ² год	Сумма температур выше 10°C, град
	в год	в теплый период		
Рутин				
Изокверцитрин				
Изорамнетин-3-глюкозид				
Рамнетин-дигликозид				
Кверцетин				
Лютеолин-7-глюкозид				
Лютеолин				
Диосметин-дигликозид				
Диосметин				

Это еще раз подтверждает их адаптивную роль. Максимальное содержание флавоноидов наблюдается у особей, произрастающих в субоптимальных или семиоптимальных условиях. Отсюда следует, что практически невозможно одновременно достичь и максимальной продуктивности, и наибольшего содержания действующих веществ.

SUMMARY

N.A. Kuzmichova

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON FLAVONOID CONTENT IN WILLOWS LEAVES FLOODPLAIN SPECIES (SALIX L.)

The universal dependence of flavonoid content in *Salix triandra* L., *S. alba* L. and *S. acutifolia* Willd. leaves from climatic factors was revealed. It has bimodal disposition, and one of the maximums can considerably prevail. Central deflection of curve between maximums can be more or less expressed and correspond on the whole with the most favourable conditions that is situated approximately in center of natural habitat. That means that it is practically impossible to reach both maximal productivity and maximum of useful substances. Maximums of accumulation of flavonoids glycosides are revealed in specimens growing on some distance from natural habitat center, and maximums of aglicons are revealed even closer to natural habitat borders, that confirms their adaptive role.

Keywords: willows, flavonoids, climatic factors.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселева, А.В. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири / А.В. Киселева, Т.А. Волхонская, В.Е. Киселев - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991. - 133 с.
2. Крылова, И.Л. Влияние экологических факторов на содержание эфирного масла и дубильных веществ в листьях *Ledum palustre* L / И.Л. Крылова, Л.И. Прокошева // Растит. ресурсы. - 1979. - Т.15. - вып. 4. - С.575-583.
3. Бузук, Г.Н. Регуляция метаболизма алкалоидов в растениях с помощью физиоло-

- гически активных соединений / Г.Н. Бузук.- Автореф. докт. дисс. Витебск, 2001.
4. Кузьмичева, Н.А. Влияние некоторых микроэлементов на накопление первичных и вторичных соединений в проростках фасоли / Н.А. Кузьмичева, А.В. Руденко // Вестник фармации. - 2004. - №1. - С.9-15.
5. Кузьмичева, Н.А. Влияние микроэлементов на накопление флавоноидов в проростках гречихи посевной / Н.А. Кузьмичева, А.В. Руденко, Е.А. Мозолевская // Вестник фармации. - 2005. - №2. - С. 17-24.
6. Кузьмичева, Н.А. Содержание флавоноидов в цветках бессмертника песчаного в связи с их местообитаниями / Н.А.Кузьмичева, О.В.Созинов // Вестник фармации. - 2004. - №2. - С. 23-27.
7. Созинов, О.В. Содержание флавоноидов в соцветиях *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.S.L. на эколого-ценотическом градиенте / О.В. Созинов, Н.А. Кузьмичева // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы респ. мол. научн. конф. - Сыктывкар. - 2004. - С. 149-150.
8. Кузьмичева, Н.А. Влияние эдафических факторов на накопление фенольных соединений в корневищах лапчатки прямостоячей / Н.А. Кузьмичева, О.В. Созинов, Л.Н. Ребеко // Вестник фармации. - 2004. - №1. - С.16-21.
9. Созинов, О.В. Характер зависимости содержания гидролизуемых и конденсированных дубильных веществ от экологических факторов в *Rhizomata Bistortae* / О.В. Созинов, Н.А. Кузьмичева, О.М Кислюк //Актуальные проблемы изучения фито- и микобиоты: материалы межд.научно-практ.конф. - Мн. - 2004. - С. 254-256.
10. Парфенов, В.И. Ивы (*Salix* L.) Белоруссии: Таксономия, фитоценология, ресурсы / В.И. Парфенов, И.Ф. Мазан - Мн.: Наука и техника. - 1986 г. - С. 24-25, 80-87.
11. Парфенов, В.И. Климатически обусловленная изменчивость пойменных видов ив / В.И. Парфенов, Н.А. Кузьмичева, И.Ф. Мазан // Сб. "Ботаника".- 1992. - Вып. XXXI. - С. 52-65.
12. Кузьмичева, Н.А. Хроматоспектрофотометрическое определение флавоноидов в листьях видов ив рода *Salix* L. / Н.А. Кузьмичева, В.Л. Шелюто // Весці АН Белару-

си. Сер. бiялаг. навук. - 1992. - N3-4. - С. 14-18.

13. Скворцов, А.К. Ивы СССР/ А.К. Скворцов - М.: Наука. - 1968. - С.100-102, 108-110.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
Витебский государственный
медицинский университет,
кафедра фармакогнозии и ботаники
с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8 (0212) 37-09-29,
E-mail: kuzm_n-a@mail.ru

Кузьмичева Н.А.

Поступила 23.06.2009 г.

А.А. Погочкая, Г.Н. Бузук

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНЕРА И КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ В ЛИСТЬЯХ МАКЛЕЙИ СЕРДЦЕВИДНОЙ

Витебский государственный
медицинский университет

Данная работа посвящена разработке компьютерных методик обработки изображения в цветном режиме. Аналитическим сигналом, связанным с концентрацией определяемого компонента, служат цветометрические характеристики анализируемого образца (координаты цвета в различных системах, светлота, насыщенность цвета и др.).

В данной работе предложена методика количественного определения суммы алкалоидов в листьях маклейи сердцевидной с применением сканера и компьютерных программ цифровой обработки изображений. Предложенная методика основана на измерении отражающей способности пятен алкалои-

дов, нанесенных на хроматографическую бумагу, после их проявления модифицированным по Мунье реактивом Драгендорфа. Методика является простой в применении, не требует дорогостоящего оборудования (денситометров), а возможность обработки хроматограмм в цветном режиме позволяет максимально уменьшить погрешность анализа. Относительная погрешность предложенной методики составляет 2,33 %.

Ключевые слова: маклейя сердцевидная, алкалоиды, сканер.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все шире применяются в анализе метод цветометрии. Цветометрия – наука о способах измерения цвета и его количественном выражении. В данном методе аналитическим сигналом, связанным с концентрацией определяемого компонента, служат цветометрические характеристики анализируемого образца (координаты цвета в различных системах, светлота, насыщенность цвета и др.) [1].

В большинстве случаев цветометрические характеристики рассчитывают на основе спектров поглощения или диффузного отражения с применением программ компьютерной обработки спектральных данных [2].

В литературе последних лет встречаются работы, посвященные разработке компьютерных методик обработки изображения в цветном режиме. Привлекательность данных методик заключается в том, что они являются простыми в применении, не требуют дорогостоящего оборудования (денситометров), а возможность обработки хроматограмм в цветном режиме позволяет максимально уменьшить погрешность анализа. Таким образом, в настоящее время, с распространением цифровой фотографии, настольных сканеров и компьютерных программ обработки цветного изображения, появился быстрый, объективный и автоматизированный способ оценки цветометрических характеристик окрашенных образцов [3].

Преимущества цветометрии как метода анализа заключается в высокой чувствительности и селективности определе-