

## РОЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В НЕКОТОРЫХ ГРУППАХ КСЕРОФИТОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ\*

*В процессе жизнедеятельности растений в окружающую среду поступают органические вещества, продукты метаболизма - органические кислоты, углеводы, аминокислоты, фенольные соединения, хиноны, алколоиды, спирты, альдегиды, кетоны, витамины, ферменты и др. Исследованы физиологически активные соединения содержащиеся в различных экологических группах ксерофитов Предкавказья. Для целей данного исследования были выбраны модельные виды с учетом максимально полного отражения экологического разнообразия представленных ксерофитов.*

**Ключевые слова:** ксерофиты, продукты метаболизма, ингибиторы, стимуляторы, круговорот, биотесты, фенолы, адаптация.

Основные теоретические положения химического взаимодействия растений были разработаны А. М. Гродзинским (1973)[5]. По мнению А. М. Гродзинского[5], круговорот физиологически активных веществ является частью общего круговорота углерода в биосфере и именно тем участком, который охватывает миграцию свободного органического вещества от растения к растению через воздух, воду, почву, подвергаясь дальнейшим превращениям. В процессе жизнедеятельности растений в окружающую среду поступают органические вещества, продукты метаболизма - органические кислоты, углеводы, аминокислоты, фенольные соединения, хиноны, алколоиды, спирты, альдегиды, кетоны, витамины, ферменты и др.

С точки зрения фитоценологии, физиологии и других ботанических дисциплин, исследующих растения на различном экологическом уровне [3], все вещества, находящиеся в растениях, независимо от их первоначального происхождения вливаются в общий экологический фонд, создающий вокруг растения-донора определенную экологическую обстановку, благоприятную для одних растений и неблагоприятную для других. Объем и состав выделенных веществ существенно изменяется в зависимости от жизненных форм растений и экологических условий. Большинство выделений растений поступает в почву через корни. Выделения растений, в состав которых входит комплекс биологически активных соединений, обладают способностью подавлять развитие микроорганизмов и являются биостимуляторами - незаменимыми компонентами природной среды. Физиологически активные вещества, выделяемые растениями и накапливающиеся в почве, ингибиторами бывают лишь при высокой концентрации, а при разбавлении выполняют роль стимуляторов[5]. В среде, где есть живые растения, создается определенная концентрация свободного органического вещества, одни компоненты которого являются физиологически активными соединениями, а другие могут ими стать вследствие химических или биохимических преобразований. Процессы пополнения и расходования физиологически активных соединений протекают неравномерно: временами может создаваться либо их избыток, либо довольно низкая

---

\* © Снисаренко Т.А.

концентрация. Таким образом, происходит круговорот физиологически активных веществ, играющих роль регулятора внутренних и внешних взаимоотношений, возобновления, развития и смены растительного покрова в биогеоценозе и являются в конечном итоге, адаптацией к конкретным условиям обитания.

Нами были исследованы физиологически активные соединения, содержащиеся в различных экологических группах ксерофитов Предкавказья. Для целей данного исследования были выбраны модельные виды с учетом максимально полного отражения экологического разнообразия представленных ксерофитов. Растения были разделены на 4 группы: по распространению, встречаемости, экологической приуроченности видов[4].

1 группа представлена характерными для Предкавказья стипоксерофитами - *Stipa capillata* L. - Ковыль волосатик, *S. lessingiana* - К. Лессинга, *K. sabuletorum* - песчаный, *E. elongata* - П. удлинённый;

2 группа представлена настоящими ксерофитами - *Chenopodium foliosum* - Марь олиственная, *Ch. glaucum* L. - М. Сизая, *Ch. botrys* L. - М. душистая, *Atriplex sagittata* - Лебеда блестящая,

3 группа представлена суккулентами - *Sempervivum caucasicum* - молодило Кавказское, *S. oppositifolium* - О. супротиволистный, *S. subulatum* - О. шиловидный;

4 группа представлена схожей группой ксерофитов *Euphorbia glareosa* - Молочай хрящеватый, *E. stepposa* - м. Степной, *E. proserpa* - М. мохнатый, *E. petrophila* - м. Скалолюбивый, *E. boissieriana* Woronow - М. Буасье.

При оценке биологической активности растительных выделений почвы мы использовали биотесты, которые были достаточно универсальными, высоко чувствительными и краткосрочными, так как работа проводилась в нестерильных условиях и состав изучаемых веществ мог быстро измениться. Используемые нами биотесты просты в осуществлении, позволяют провести необходимое для математической обработки число параллельных повторений. В анализе мы учитывали существование и других взаимодействующих факторов, например, поглотельную способность почв, деструктивное действие микрофлоры[7].

Таблица 1

Средние показатели влияния водных вытяжек разных групп ксерофитов на развитие корневой системы биотестов (огурец Мироновский — 1)

Средняя длина корней растений биотестов	Вода конц. 0; контроль	Вытяжка конц. 1:1 1 группа	Вытяжка конц. 1:1, 2 группа	Вытяжка конц. 1:1, 3 группа
L 1 сут. мм	40.7	43.4	42.2	39.2
L 2 сут. мм	75.9	81.7	63.6	75.9
d L 2 мм	35.2	38.3	21.4	36.7
L 3 сут. мм	129.6	113.5	114.7	114.5
d L 3 мм	53.7	31.8	51.1	38.6
L б.к. 3 мм	17	14.7	23.2	15
L 4 сут. мм	196	196.1	160.1	197.4
d L 4 мм	61	82.6	45.4	82
L б.к. 4 мм	52.5	60	60	52.8
Σ dL мм	149.9	152.7	117.9	158.2

Примечание: L - длина корней в мм, dL - прирост корней в мм, L б.к. - длина боковых корней.

Дальнейшие исследования показали, что основными источниками физиологически активных веществ исследуемых экологических групп ксерофитов являются вегетирующие листья, корневые остатки и прижизненные корневые выделения в процессе нормального метаболизма растений. Наиболее высокой токсичностью отличались вытяжки (1:10) из листового опада и зеленых листьев исследуемых групп ксерофитов (табл 1). Эти вытяжки имели слабокислую реакцию (рН 5.3 - 5.5), и их ингибирующий эффект нельзя отнести за счет концентрации водородных ионов, так как с увеличением разведения их активность падает, а рН не изменяется. В листовом опаде и листьях исследуемых ксерофитов содержится большое количество легко экстрагируемых водой органических соединений. Высокое содержание органических веществ в экстрактах из листового опада и зеленых листьев в значительной степени определяет их токсичность. Водные экстракты (1:10) также задерживали прорастание семян растений - биотестов и семян исследуемых групп растений. Вытяжки из корневого опада (1:10) подавляли в больших концентрациях рост растений биотестов. В процессе разложения корневых остатков исследуемых растений на протяжении 6 месяцев происходит повышение их токсичности. Это вызвано, по-видимому, образованием в процессе разложения корней новых токсичных веществ[6].

Основное внимание мы уделяли изучению водорастворимых физиологически активных веществ, которые в исследуемых нами группах ксерофитов были выявлены и идентифицированы как вещества фенольной природы. Как нами было установлено, фенольные соединения в зависимости от химического строения и концентрации ингибируют или стимулируют рост растений биотестов. Они вероятно выполняют функцию промежуточных компонентов в процессе образования гумусовых веществ. Чтобы определить, какое влияние оказывают эти соединения на растения, они нами были количественно определены в почвенном опаде ксерофитов на стационарных площадках в осенний и весенний периоды. За основу нашего метода был взят механизм десорбции органических веществ из почвы с помощью незаряженного катионита КУ- 2-8, функциональная сульфогруппа которого имеет достаточную плотность зарядов, чтобы отделить от почвенного поглощающего комплекса (ППК) подвижные фенольные соединения. Такой подход, на наш взгляд, в какой-то степени моделирует растворяющую и поглощающую способность корней[1].

Содержание фенольных соединений в почвенном опаде исследуемых ксерофитов на 4-х стационарных площадках, в весенний и осенний периоды математически обработаны и представлены на диаграммах(1, 2) и в таблицах(2, 3, 4, 5). На диаграммах видно, что наибольшее содержание фенолов, поддающихся десорбции из почвы с помощью ионообменной смолы КУ- 2 - 8, иллюстрируется смесью растворителей ацетон: вода (1:2). В почве, где произрастают исследуемые нами ксерофиты, фенолов содержится, соответственно, в первой группе-117 мг, во второй группе - 246,4 мг; в третьей группе - 260 мг; в четвертой группе - 307,8 мг на 100 г. почвы в весенний период.

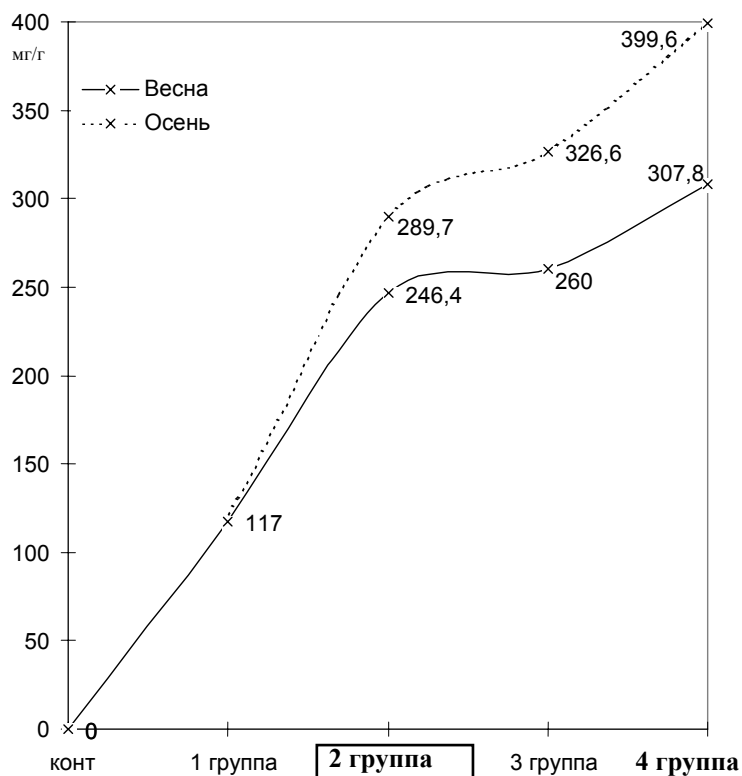


Диаграмма 1. Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов.

Таблица 2

Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов в весенний период

Группы ксерофитов	Показания ФЭКа	Среднее	По шкале	Количество соединений (мг/кг)
контроль	0	0	0	0
1 группа	0,37 - 0,39	0,38	0,058	117
2 группа	0,08 - 0,08	0,08	0,1232	246,4
3 группа	0,19 - 0,20	0,195	0,03	260
4 группа	1,0 - 1,0	1	0,1539	307,8

Таблица 3

Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов в осенний период

Группы ксерофитов	Показания ФЭКа	Среднее	По шкале	Количество соединений (мг/кг)
контроль	0	0	0	0
1 группа	0,21 - 0,21	0,21	0,0323	120,71
2 группа	0,1 - 0,08	0,09	0,014	289,7
3 группа	0,20 - 0,20	0,2	0,03	326,6
4 группа	0,25 - 0,23	0,2	0,0369	399,6

В исследуемых группах ксерофитов в весенний период содержание фенолов было следующим: 1 группа - 136,66 мг, 2 группа - 176 мг, 3 группа - 179 мг, 4 группа - 240 мг на 100 г почвы. В осенний период также проводились аналогичные исследования и получены следующие результаты: соответственно, от 120,7 мг до 399,6 мг.

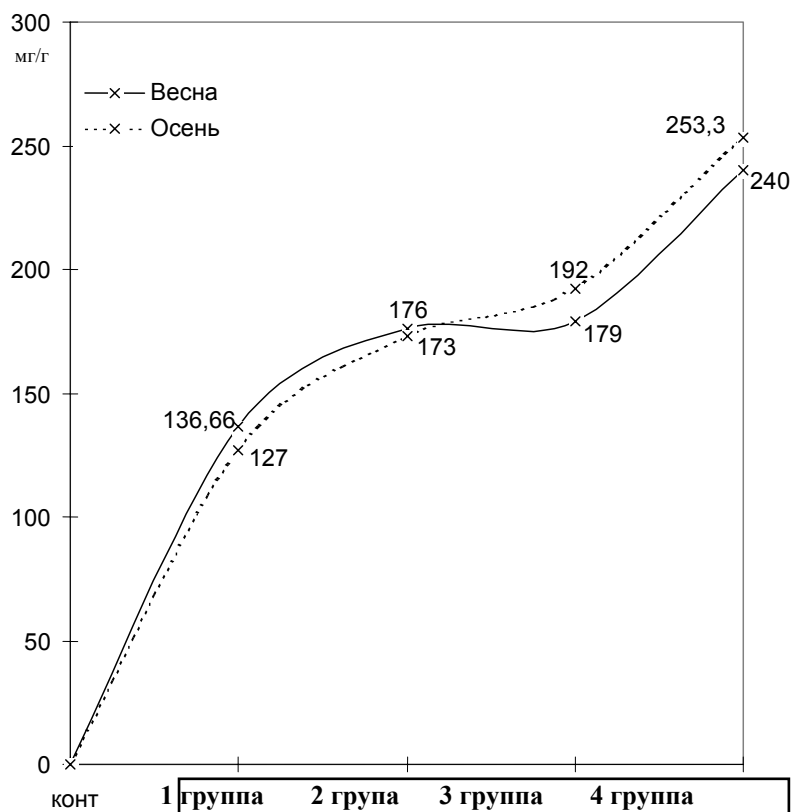


Диаграмма 2. Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов в весенний и осенний периоды.

Таблица 4

Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов в весенний период

Группы ксерофитов.	Показания ФЭКа	Среднее	По шкале	Количество соединений (мг/кг)
контроль	0	0	0	0
1 группа	0,115 - 0,120	0,12	0,02	136,66
2 группа	0,09 - 0,8	0,09	0,01	176
3 группа	0,26 - 0,29	0,27	0,04	179
4 группа	0,03 - 0,04	0,35	0,05	240

Таблица 5

Содержание фенолов в почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов  
в осенний период

Группы ксерофитов	Показания ФЭКа	Среднее	По шкале	Количество соединений (мг/кг)
контроль	0	0	0	0
1 группа	0,113 - 0,112	0,01	0,02	127,6
2 группа	0,095 - 0,07	0,08	0,01	173,3
3 группа	0,52 - 0,46	0,49	0,07	192
4 группа	0,40 - 0,56	0,48	0,07	253,33

Таким образом было установлено, что в почве исследуемых групп ксерофитов содержатся фенолы. Их количества и сезонное увеличение имеют тенденцию к накоплению. В результате физиологически активные вещества содержатся в почвенном опаде ксерофитов на всех исследуемых стандартных площадках, что подтверждается химическими анализами, результатами биологической активности и визуально (усиленной интенсивностью окраски раствора).

В результате анализа полученных данных мы пришли к выводу, что исследуемые физиологически активные вещества относятся к группе фенольных соединений флавоноидов. содержится кверцетин и мирицетин. Наши данные совпадают с результатами других исследователей (Э.Т.Оганесян, 1968)[2]. Кверцетин и мирицетин относятся к многочисленной группе флавоноидов. Кверцетин особенно часто встречается у высших растений. Нами была осуществлена попытка моделирования влияния флавоноидов - кверцетина и мирицетина, содержащихся в исследуемых группах ксерофитов, на рост корней растений-биотестов. С этой целью нами были взяты химически чистые вещества и с помощью SPECOL подобраны три группы растворов различной концентрации для кверцетина и мирицетина. В этих трех группах растворов в трехкратной повторности, в течение четырех суток методом биотестов определялась физиологическая активность по приведенным выше методикам. В качестве биотестов использовались семена огурцов сорта "Мионовский 1", так как они наиболее чувствительны к любым концентрациям исследуемых веществ. Рост и развитие корней огурцов Мионовский — 1 имело несколько параметров. Мы измеряли рост главного и боковых корней, прирост корней за четверо суток (табл 6.)

Таблица 6

Данные по моделированию среднего роста корней биотестов  
(огурец Мионовский — 1) с использованием раствора кверцетина

Средняя длина биотестов	Вода 0	Раствор 0,1	Раствор 0,01	Раствор 0,001
L 1 сут. мм	28	30.4	38.1	42.5
L 2 сут. мм	69.3	70	82.5	81.1
d L 2 мм	41.3	39.6	44.4	38.6
Прирост % 2	100	101	119	117
L 3 сут. мм	119.5	118	156	121
d L 3 мм	50.2	48	73.5	39.9
Прирост % 3	100	95	130	101

L б.к. 3 мм	14.8	15.7	24.5	23.8
L 4 сут. мм	177.6	156.6	213	178.2
d L 4 мм	58.1	38.6	57	57.2
L б.к. 4 мм	31.9	34.4	48	37.5
Прирост % 4	100	88	119	100
Σ DL мм	149.6	126.2	174.9	135.7
Σ б.к. %	100	107	150	117

Примечание: L - длина корней в мм, dL- прирост корней в мм, L б.к. - длина боковых корней мм, Σ DL - суммарный прирост мм, Σ б.к % - суммарный прирост боковых корней в %.

Было установлено, что раствор кверцетина (концентрация 0,1) является ингибитором и замедляет рост корней растений-биотестов. Раствор (концентрация 0,01) стимулирует развитие корневой системы проростков. Так, длина на четвертые сутки составляла 213 мм, тогда как в контроле длина - 177,6 мм, т.е. прирост составил 57,2 мм, на третьи сутки прирост составил 73,5 мм, а на четвертые - 57 мм. Раствор (концентрация 0,001) также незначительно стимулировал рост корней за четверо суток. Развитие боковых корней растений-биотестов в растворе кверцетина также характеризовалось незначительным стимулированием. Так, развитие боковых корней на четвертые сутки при концентрации 0,01 составляла 48 мм тогда как в контроле - 31,9 мм. Прирост на четвертые сутки в растворе кверцетина (0,01) составлял 119%. Вероятно, 0,01 — это та концентрация, при которой кверцетин является физиологически активным веществом и присутствует в листьях, листовом и почвенном опаде исследуемых групп ксерофитов и соответствует естественной концентрации. В исследуемых растворах мирицетина использовались концентрации 0,1; 0,01; 0,001. Нами проводилось аналогичное исследование с использованием того же растения - биотеста огурец сорта Мироновский-1. Было установлено, что наиболее стимулирующим рост и развитие корней растений-биотестов оказался раствор мирицетина концентрации 0,001. Рост корней при этой концентрации составлял 252,2 мм, тогда как контроль составлял 177,6 мм. Прирост корней в растворе мирицетина в течение четырех суток был равен 58,1 мм или 142 %.(табл 7.).

Интересно отметить, что развитие боковых корней в растворе мирицетина в течение четырех суток было иным, чем в растворе кверцетина той же концентрации. Так, на третьи сутки боковые корни в растворе 0,001 мирицетина составляли 44,5 мм, а в контроле, соответственно, 14,8 мм. На четвертые сутки рост боковых корней составлял 73,5 мм, тогда как в контроле он был равен 31,9 мм.

Таблица 7

Данные по моделированию среднего роста корней биотестов (огурец Мироновский-1) с использованием раствора мирицетина

Средняя длина	Вода 0	Раствор 0,1	Раствор 0,01	Раствор 0,001
L 1 сут. мм	28	45	55,7	55,3
L 2 сут. мм	69,3	91,2	106	123,8
d L 2 мм	41,3	46,2	50,3	68,5
% 2	100	131	152	178

L 3 сут. мм	119,5	158,7	171,3	186,6
d L 3 мм	50,2	67,5	65,3	62,8
% 3	14,8	30,8	34,2	44,5
L б.к. 3 мм	100	132	143	156
L 4 сут. мм	177,6	203,1	189,8	252,2
d L 4 мм	58,1	44,4	18,5	65,6
L б.к. 4 мм	31,9	51	56,5	73,5
% 4	100	114	106	142
Σ dL мм	149,6	158,1	134,1	196,9
Σ б.к. %	100	159	177	230

Примечание: L - длина корней в мм, dL- прирост корней в мм, L б.к. - длина боковых корней мм, Σ DL - суммарный прирост мм, Σ б.к % - суммарный прирост боковых корней в %.

Таким образом, можно предположить, что кверцетин и мирицетин, содержащиеся в исследованных группах ксерофитов, являются биологически активными соединениями. Созданная нами модель действия кверцетина и мирицетина показывает, что при малых концентрациях эти вещества стимулируют рост и развитие растений - биотестов, а при более высоких замедляют или ингибируют их[6]. Действие кверцетина и мирицетина на разные части корневой системы различны, но общее воздействие их аналогично действию физиологически активных соединений, образующихся в исследуемых группах ксерофитов. Можно предположить, что поступление в почву столь больших количеств фенольных веществ и их аккумуляция в корнеобитаемой среде имеют серьезные экологические последствия и существенно влияют на рост и развитие ксерофитов.

Изложенные выше данные и теоретические высказывания позволяют заметить, что длительная адаптация к разнообразным экстремальным условиям среды привела к такой физиолого-структурной и биохимической перестройке в различных исследуемых нами группах ксерофитов, которая способствовала повышению уровня его гомеостаза для объяснения нормального хода процессов жизнедеятельности и устойчивости к указанным неблагоприятным условиям. При произрастании на определенном месте одних растений некоторые из подвижных экзометаболитов могут накапливаться в почве. Их присутствие отражается на росте и развитии растений, образующих с ними фитоценозы.

При определении суммы фенолов в почве мы изучали исследуемые группы в весенний и осенний период (диагр 4).

Нами было установлено, что существует сезонная динамика накопления фенолов в почве, так в осенний период количество фенолов в почве составляло: 1 группа -117 мг/г; 2 группа -289, 7 мг/г; 3 группа -326,6 мг/г; 4 группа - 399,6 мг/г. В весенний период количество фенолов было ниже, что связано с процессами метаболизма в растении, почве и влиянием таких факторов как свет, влажность почвы, уровень минерального питания, температура. В весенний период количество фенолов 1 группа - 117 мг/г; 2 группа -246,4 мг/г; 3 группа м - 260 мг/г; 4 группа - 307 мг/г.



2

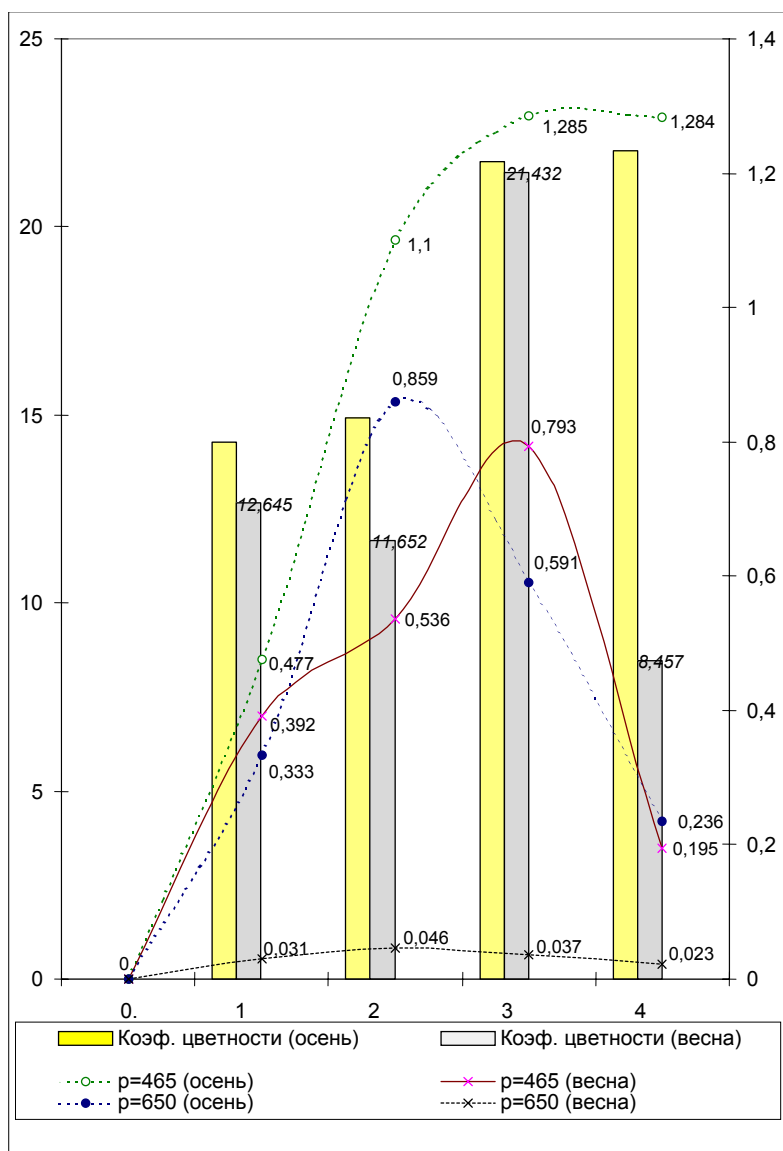


Диаграмма 4. Определение оптической плотности вытяжки разных групп ксерофитов в весенний и осенний периоды

Степень воздействия отдельных экологических факторов на биосинтез фенолов окончательно не выяснена, но, вероятно, основным фактором является свет. В процессе подготовки растения к листопаду (осенью) происходит более полный отток органических веществ, в том числе и фенольных, в почву, которые за зимне - весенний период вместе с талыми водами смываются.

Под влиянием многих факторов концентрация фенольных соединений в исследуемых группах растений ксерофитов различна. Одной из таких причин является стресс, испытываемый растениями, в условиях аридного климата. Можно предположить, что стимулирование синтеза фенольных соединений у ксерофитных видов может воздействовать на способность растений выживать в этих условиях в результате метаболических изменений. Высокие концентрации фенольных соединений в условиях засушливого климата, на наш взгляд, являются своего рода адаптацией в суровых окружающих условиях. При таких экстремальных услови-

ях значительная часть доступной энергии частично расходуется на поддержание функций. При этих условиях более консервативные индивидуумы, в частности суккуленты, такие, как *Sempervivum caucasicum* - Молодило кавказское, *S. oppositifolium* - О. супротиволистный, *S. subulatum* - О. шиловидный, и схожей по своим физиологическим свойствам группой ксерофитов *Euphorbia glareosa* - Молочай хрящеватый, *E. stepposa* - М. степной, *E. proserpa* - М. мохнатый, *E. petrophila* - М. скалолюбивый, *E. boissieriana* Woronow - М. Буасье и настоящие ксерофиты Ковыль волосатик, марь олиственная могут выживать и репродуцировать, доминировать, образуя собственные фитоценозы. Следовательно, способность к саморегулированию и ингибированию окружающих растений при помощи фенольных соединений является гибким механизмом адаптации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бандюкова В.А. Тонкослойная хроматография флавоноидов. – Пятигорск: Изд-во гос. фарм. института, 1973. – С.103.
2. Бандюкова В.А. Распространение флавоноидов в некоторых семействах высших растений. // Раст. Ресурсы, 1968, Т.4, Вып 1. – С. 97-109; вып. 3 – С. 429-441. 1969, Т. 5, Вып. 4. – С. 590-600; 1970, Т.6, Вып. 2 – С. 284-290.
3. Благовещенский А. В. Биохимические основы эволюционного процесса у растений. М.:Изд-во АН СССР,1950 - 240 с.
4. Галушко А.И. Анализ флоры западной части Центрального Кавказа // Флора Северного Кавказа и вопросы ее истории. Вып. 3. – Ставрополь, 1976. –С. 5-15.
5. Гродзинский А. М. Изучение физиологических и биохимических процессов в растительных сообществах // Физиолого - биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах. - Киев: Наукова думка, 1970.-Вып. 1 -С. 5.
6. Снисаренко Т.А. Роль флаванойдов в растительном организме.// Материалы международной научно-практической конференции. — Белгород, 2002 - 237с.
7. Снисаренко Т.А., Биохимические особенности у различных групп растений Вестник Московского государственного областного университета №2.-М, 2006. — С.116.

### ROLE OF PHYSIOLOGICALLY ACTIVE CONNECTIONS IN SOME GROUPS XEROPHYTES CISCAUCASIA

*T. Snisarenko*

*In the course of ability to live of plants in environment organic substances, metabolism products - organic acids, carbohydrates, amino acids, phenolic connections, quinones, alkaloids arrive, spirits, aldehydes, ketone, vitamins, enzymes, etc. Are investigated physiologically active connections containing in various ecological groups xerophytes Ciscaucasia. For objectives of this research modelling kinds taking into account as much as possible full reflexion of an ecological variety presented xerophytes have been chosen.*

*Key words: xerophytes, metabolism products, inhibitors, stimulators, circulation, biotests, phenols, adaptation.*