

Ахкубекова А. А., Тамахина А. Я.

Akhkubekova A. A., Tamakhina A. Ya.

**ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ  
К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ВИДОВ  
СЕМЕЙСТВА *BORAGINACEA***

**PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AS A FACTOR OF ADAPTATION  
TO ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND ECOLOGICAL STRATEGY  
OF *BORAGINACEA* SPECIES**

Результаты анализа фитохимического состава надземной фитомассы видов семейства *Boraginaceae* (*Pulmonaria mollis*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum*, *Echium vulgare*), произрастающих в экотонах с различной степенью выраженности экологических факторов, свидетельствуют о генетической детерминированности процессов поглощения элементов питания и видовой специфике накопления азота, калия и аллантиина. Наиболее значимое влияние на фитохимический состав оказывают эдафические факторы (содержание гумуса и тяжёлых металлов). Под действием тяжёлых металлов изменяется содержание питательных элементов (N, P и K). Между тяжёлыми металлами в почве и уровнем накопления антиоксидантов (алкалоиды, аллантиин, витамин C) в растениях установлены сильные связи. Содержание витамина C в фитомассе *P. mollis*, *S. caucasicum* и *E. vulgare* более тесно коррелирует с климатическими и орографическими факторами, а *S. asperum* – с эдафическими. Уровень накопления алкалоидов в фитомассе *S. asperum* и *E. vulgare* коррелирует с содержанием тяжёлых металлов в почве, *P. mollis* и *S. caucasicum* – с климатическими и орографическими факторами. Уровень накопления аллантиина связан с содержанием гумуса, подвижных форм фосфора, калия и тяжёлых металлов в почве. Тип экологической стратегии растений определяется направленностью метаболических процессов и особенностями химического состава. В исследованных экотонах *P. mollis* проявляет RS-стратегию с равной выраженностью обеих компонент, *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* – CRS-стратегию с выраженностью C-компоненты у

*S. caucasicum*, R-компоненты у *E. vulgare* и S-компоненты у *S. asperum*.

The results of the analysis of the phytochemical composition of the aboveground phytomass of species of the family *Boraginaceae* (*Pulmonaria mollis*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum*, *Echium vulgare*), which grow in ecotopes with varying degrees of severity of environmental factors, indicate the genetic determinism of the processes of absorption of nutrients and the specific nature of accumulation nitrogen, potassium and allantoin. The most significant influence on the phytochemical composition is exerted by edaphic factors (the content of humus and heavy metals). Under the influence of heavy metals, the content of nutrients (N, P and K) changes. Strong bonds have been established between heavy metals in the soil and the level of accumulation of antioxidants (alkaloids, allantoin, vitamin C). The content of vitamin C in the phytomass of *P. mollis*, *S. caucasicum* and *E. vulgare* is more closely correlated with climatic and orographic factors, and *S. asperum* with edaphic ones. The level of alkaloids accumulation in the phytomass of *S. asperum* and *E. vulgare* correlates with the content of heavy metals in the soil, and *P. mollis* and *S. caucasicum* with climatic and orographic factors. The level of accumulation of allantoin is associated with the content of humus, mobile forms of phosphorus, potassium and heavy metals in the soil. The type of ecological strategy of plants is determined by the orientation of metabolic processes and the characteristics of the chemical composition. In the studied ecotopes, *P. mollis* shows an RS strategy with equal expression of both components, *S. caucasicum*, *S. asperum*, and *E. vulgare* shows a RS strategy with an expression of C component in *S. caucasicum*, and R component in *E. vulgare* and S-components in *S. asperum*.

**Ключевые слова:** семейство *Boraginaceae*, химический состав, стресс-факторы, тяжелые металлы, антиоксиданты, корреляция,

изменчивость, кластерный анализ, экологическая стратегия.

**Key words:** *Boraginaceae* family, chemical composition, stress factors, heavy metals, antioxidants, correlation, variability, cluster analysis, environmental strategy.

---

**Ахкубекова Амина Анатольевна** – аспирант кафедры товароведения, туризма и права, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик  
Тел.: 8 (8662) 40 41 07  
E-mail: [aminaahk2018@mail.ru](mailto:aminaahk2018@mail.ru).

**Akhkubekova Amina Anatolyevna** – postgraduate student at the Department of Commodity research, tourism and law, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik  
Tel.: 8 (8662) 40 41 07  
E-mail: [aminaahk2018@mail.ru](mailto:aminaahk2018@mail.ru).

**Тамахина Аида Яковлевна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры товароведения, туризма и права, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик  
Тел.: 8 928 709 36 52  
E-mail: [aida17032007@yandex.ru](mailto:aida17032007@yandex.ru)

**Tamakhina Aida Yakovlevna** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Commodity research, tourism and law, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik  
Tel.: 8 928 709 36 52  
E-mail: [aida17032007@yandex.ru](mailto:aida17032007@yandex.ru)

---

**Введение.** Реакции растений на сигналы окружающей среды специфичны для представителей каждого конкретного вида, изменяются в зависимости от внутривидовой дифференциации и природы действующего стрессорного фактора. Химический состав органов растений обусловлен выполняемыми ими функциями, спецификой биосинтеза, физиологическим состоянием, эндогенными и экзогенными факторами регуляции продукционного процесса, генетическими механизмами, определяющими гомеостатическое равновесие внутренней среды растения [1].

Существенное влияние на химический состав и потребность растений в питательных веществах оказывают все факторы внешней среды, под воздействием которых меняется химический метаболизм и происходит его функциональная перестройка [2]. Биохимическая форма устойчивости играет ведущую роль в системе адаптации растений при временном или постоянном действии стрессового фактора [3-5].

Условием активной адаптации растений к стресс-факторам является индукция синтеза стрессовых ферментов, белков и компонентов антиоксидантной системы. Уровень накопления вторичных метаболитов тесно коррелирует со скоростью

приспособления растений к неблагоприятным условиям экотопов [6, 7].

Целью данного исследования стало изучение химического состава надземной фитомассы видов *Boraginaceae* в контексте адаптации к условиям внешней среды и экологической стратегии в конкретных экотопах.

Объект и методы исследования. Исследования проводили в 2018-2020 гг. на территории Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Объектом исследований стала надземная фитомасса синяка обыкновенного (*Echium vulgare* L.) окопников кавказского (*Symphytum caucasicum* M. Bieb.) и шершавого (*Symphytum asperum* Lepech.) и медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.). Растения отбирали из разных экотопов, различающихся по степени выраженности экологических факторов. Анализ биохимического состава включал определение макро- (N, P, K), микроэлементов (Cu, Zn, Mn, Pb, Mo) и антиоксидантов (витамин С, алкалоиды, аллантаин). Анализ химического состава почвы включал определение содержания гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и подвижных форм тяжёлых металлов. Уровни варьирования признаков оценивали коэффициентом вариации (CV, %), связь

между отдельными экологическими факторами и компонентами фитохимического состава – коэффициентом детерминации ( $R^2_{ch}$ ), а между совокупностью экологических факторов и фитохимическим составом – средним уровнем корреляции по всей матрице ( $R^2_m$ ) [8]. Различия между матрицами оценивали двухвыборочным F-тестом для дисперсии, сходство матриц – по структуре связей ( $r_z$ ). В кластерном анализе в качестве меры сходства кластеров использовали евклидово расстояние.

**Результаты и обсуждение.** Расположение экотопов в степной, предгорной и горной зонах КБР обусловило существенную разницу в метеорологических (разность среднемесячных температур 3,1 °С, суммы осадков за год 256 мм) и орографических (разность высот н. у. м. 1154 м) условиях мест произрастания растений. Содержание гумуса в гумусовых горизонтах и обеспеченность почв подвижным фосфором низкие и средние, обменным калием – повышенное и среднее. Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почвенных образцах не превышает общесанитарные нормативы. Исключением является почва с нижней террасы Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината с очень низким содержанием гумуса (0,78%), подвижного фосфора (16,3 мг/кг) и обменного калия (54,2 мг/кг), повышенным содержанием подвижных форм Pb (27,67 мг/кг) и Mo (2,76 мг/кг).

Сила влияния эндогенных факторов на химический состав отличается видовой спецификой и снижается в ряду

для медуницы мягкой

Mn>K<sub>2</sub>O>Cu>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>Pb>Г>Zn>Т>Mo>O>B;

для окопника кавказского

Mo>Zn>O>Г>Cu>Pb>Mn>Т>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>K<sub>2</sub>O>B;

для окопника шершавого

Г>Cu>K<sub>2</sub>O>B>Mo>Mn=Т>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>Zn>O>Pb;

для синяка обыкновенного

Mo>Pb>K<sub>2</sub>O=Cu>B>Zn>Г>Mn=Т>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>O.

Матрицы, соответствующие разной выраженности действия экологических факторов на химический состав растений, по среднему уровню детерминированности значительно различаются ( $R^2_m$  от 0,368 у окопника шершавого, до 0,508 у синяка обыкновенного). В целом, наиболее изменчива структура связей у синяка, затем в порядке снижения изменчивости следует

медуница, окопник кавказский и окопник шершавый. Повышению силы связей между признаками соответствует увеличение размаха варьирования. Наибольший уровень детерминированности характерен для синяка обыкновенного со средним значением варьирования признаков 37,90%, а наименьший – для окопника шершавого со средним уровнем варьирования признаков 22,83%.

Компоненты химического состава надземной фитомассы характеризуются различными уровнями изменчивости. Низкая и средняя вариабельность отмечена для азота, калия и аллантаина, средняя и высокая – для фосфора, меди, цинка и витамина С, высокая и очень высокая – для марганца, свинца, молибдена и алкалоидов. Полученные данные свидетельствуют о генетической детерминированности процессов поглощения элементов питания и видовой специфике накопления азота, калия и аллантаина.

Внешние факторы играют важную роль в формировании химического состава растений. В надземной части медуницы мягкой, окопника кавказского и синяка обыкновенного отмечена корреляция витамина С с климатическими и орографическими факторами, а окопника шершавого – с эдафическими.

Уровень накопления алкалоидов и аллантаина также видоспецифичен. Накопление алкалоидов в фитомассе медуницы и окопника кавказского более тесно коррелирует с климатическими и орографическими факторами. В фитомассе окопника шершавого и синяка обыкновенного, произрастающих в более загрязнённых экотопах, уровень накопления алкалоидов зависит, в первую очередь, от содержания в почве подвижных форм тяжёлых металлов. Содержание аллантаина в надземной фитомассе изученных видов коррелирует, в основном, с эдафическими факторами (гумус, содержание подвижных форм фосфора, калия, тяжёлых металлов).

Для разработки модели, отражающей общие для *P. mollis*, *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vilgare* корреляции химического состава с эндогенными факторами, проведена оценка сходства и различия матриц по всем изученным факторам (табл. 1).

Установлена высокая степень сходства матриц всех видов по температуре, гумусу и калию, значительное сходство по структуре связей матриц *P. mollis*, *S. caucasicum* и *S.*

*asperum* по всем рассмотренным факторам ( $r_z=0,59-0,96$ ). Степень сходства матриц снижается в парах *P. mollis* - *S. caucasicum* ( $r_z = 0,87$ ), *S. caucasicum* - *S. asperum* ( $r_z = 0,74$ ), *P. mollis* - *S. asperum* ( $r_z = 0,69$ ), *S.*

*asperum* - *E. vulgare* ( $r_z = 0,62$ ), *S. caucasicum* - *E. vulgare* ( $r_z = 0,55$ ), *P. mollis* - *E. vulgare* ( $r_z = 0,46$ ).

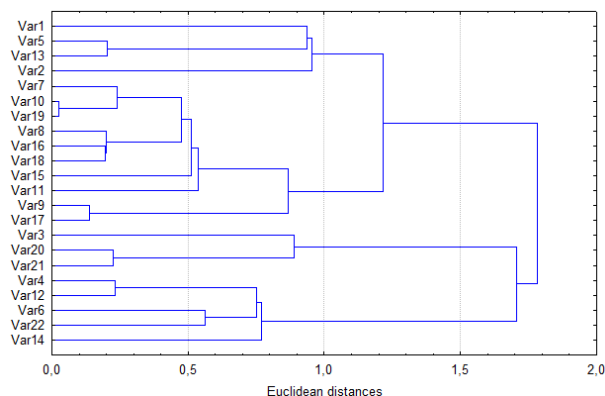
**Таблица 1** – Оценка различий (f) и сходства матриц по структуре связей ( $r_z$ ): в числителе f, в знаменателе  $r_z$

Виды	f/ $r_z$										
	T	O	B	Г	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Mn	Zn	Pb	Mo
<i>P. mollis</i>	1,08	1,01	1,13	1,07	1,14	1,18	1,14	1,18	1,06	1,13	1,03
<i>S. caucasicum</i>	0,92	0,96	0,79	0,92	0,81	0,79	0,82	0,80	0,93	0,85	0,94
<i>P. mollis</i>	1,19	1,33	1,15	1,27	1,46	1,36	1,42	1,50	1,45	1,46	1,28
<i>S. asperum</i>	0,77	0,69	0,78	0,74	0,66	0,68	0,62	0,59	0,64	0,66	0,73
<i>P. mollis</i>	1,38	1,88*	3,90*	1,27	2,13*	1,21	4,29*	4,12*	4,17*	4,13*	4,01*
<i>E. vulgare</i>	0,60	0,50	0,40	0,73	0,57	0,72	0,25	0,32	0,29	0,31	0,36
<i>S. caucasicum</i>	1,30	1,33	1,03	1,19	1,28	1,15	1,24	1,27	1,37	1,29	1,24
<i>S. asperum</i>	0,71	0,71	0,94	0,75	0,64	0,77	0,76	0,72	0,61	0,70	0,79
<i>S. caucasicum</i>	1,27	1,86*	3,48*	1,03	1,89*	1,03	3,75*	3,50*	3,93*	3,65*	3,91*
<i>E. vulgare</i>	0,73	0,52	0,44	0,94	0,54	0,94	0,39	0,42	0,36	0,35	0,39
<i>S. asperum</i>	1,02	1,40	3,39*	1,16	1,46	1,12	3,01*	2,74*	2,87*	2,83*	3,14*
<i>E. vulgare</i>	0,95	0,61	0,47	0,78	0,60	0,81	0,55	0,58	0,53	0,54	0,46

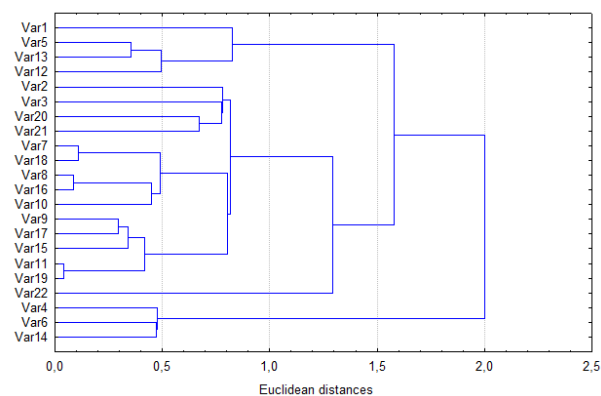
Различия значимы при P=0,05% ( $F_{крит.}=1,51$ ).

Наиболее существенны различия в дисперсиях матриц *E. vulgare* - *P. mollis* и *E. vulgare* - *S. caucasicum* по осадкам и подвижному фосфору, *E. vulgare* - *P. mollis*, *E. vulgare* - *S. caucasicum*, *E. vulgare* - *S. asperum* – по высоте н.у.м. и подвижным формам тяжелых металлов.

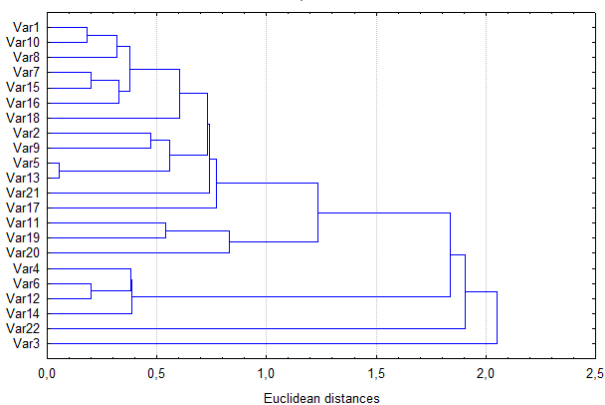
Полученные результаты легли в основу разработки моделей влияния эндогенных факторов на фитохимический состав *P. mollis*, *S. caucasicum* и *S. asperum* и *E. vulgare* (рис. 1).



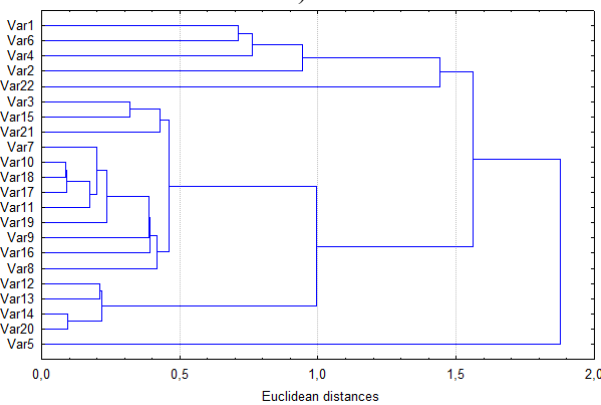
а)



б)



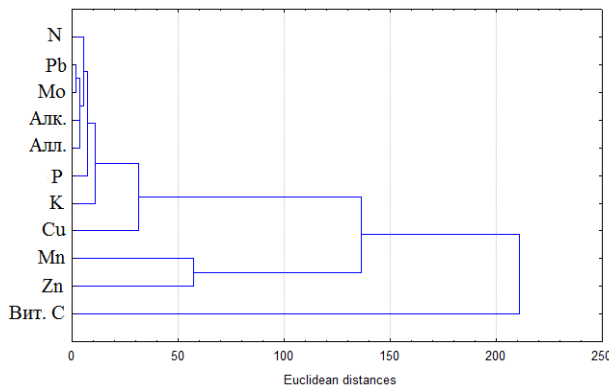
в)



г)

**Рисунок 1** – Дендрограммы кластеризации и межкластерные расстояния между экологическими факторами и компонентами химического состава *P. mollis* (а), *S. caucasicum* (б), *S. asperum* (в) и *E. vulgare* (г): Var 1 – температура, Var 2 – осадки, Var 3 – высота н.у.м., Var 4 – содержание гумуса, Var 5 – содержание подвижных форм фосфора, Var 6 – обменного калия в почве, Var 7 – содержание подвижных форм Cu, Var 8 – Mn, Var 9 – Zn, Var 10 – Pb, Var 11 – Mo, Var 12 – Nт, Var 13 – P, Var 14 – K, Var 15 – Cu, Var 16 – Mn, Var 17 – Zn, Var 18 – Pb, Var 19 – Mo, Var 20 – витамин С, Var 21 – алкалоиды, Var 22 – аллантаин в надземной фитомассе

Толерантность видов Boraginaceae к тяжелым металлам обусловлена функциональной перестройкой химического метаболизма и индукцией синтеза компонентов антиоксидантной системы. Об этом свидетельствует тесная связь алкалоидов, витамина С и аллантаина с содержанием подвижных форм Cu, Zn, Mn, Mo и Pb в почве и в фитомассе. Самые тесные связи в химическом составе надземной фитомассы видов Boraginaceae отмечены для алкалоидов, аллантаина, Mo, Pb и N (рис. 2).



**Рисунок 2** – Дендрограмма кластеризации и межкластерные расстояния между компонентами химического состава надземной фитомассы исследованных видов Boraginaceae

Важным параметром, определяющим тип экологической стратегии растений, является направленность метаболических процессов и особенности химического состава [2, 3, 9, 10]. Для уточнения типов экологических стратегий изученных видов возьмём за основу ряд закономерностей поглощения металлов пациентами (S), эксплерентами (R) и виолентами (C) [10]. По снижению суммарного накопления Cu, Mn, Zn, Pb и Mo исследованные виды образуют ряд: *S. asperum* (123,1 мг/кг) > *S. caucasicum* (106,1 мг/кг) > *E. vulgare* (101,2 мг/кг) > *P. mollis* (84,8 мг/кг). Следовательно, медуницу можно отнести к R-стратегам, синяк и окопник кавказский – к C-, а окопник шершавый – к S-стратегам. В пользу RS-стратегии *P. mollis* свидетельствует минимальное накопление Zn

и Pb (признак R-стратега) и максимальное – калия (признак S-стратега). Наибольшая интенсивность аккумуляции Zn и Pb характерна для синяка и окопников (CRS-стратегии), при этом в фитомассе *E. vulgare* содержание цинка минимальное (главный признак R-стратегов), а свинца – максимальное (признак S-стратегов). Факт накопления алкалоидов является проявлением ценотической патиентности (S-стратегия) изученных видов Boraginaceae. Таким образом, в исследованных экотопах медуница проявляет RS-стратегию с равной выраженностью обеих компонент, окопники и синяк – CRS-стратегию с выраженностью C-компоненты у окопника кавказского, R-компоненты у синяка обыкновенного и S-компоненты у окопника шершавого.

**Область применения результатов:** ботаника, физиология и экология растений.

**Заключение.** Результаты анализа фитохимического состава надземной фитомассы *P. mollis*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum*, *Echium vulgare*, произрастающих в экотопах, различающихся по степени выраженности экологических факторов, свидетельствуют о генетической детерминированности процессов поглощения элементов питания и видовой специфике накопления азота, калия и аллантаина. Наиболее изменчива структура связей у *E. vulgare*, затем в порядке снижения изменчивости следуют *P. mollis*, *S. caucasicum* и *S. asperum*. Повышению силы связей между признаками соответствует увеличение размаха варьирования.

Наиболее значимое влияние на фитохимический состав оказывают эдафические факторы, в частности, содержание гумуса и тяжёлых металлов. Накопление тяжёлых металлов в фитомассе зависит от содержания подвижных форм одноименных элементов в почве. Под действием тяжёлых металлов изменяется содержание питательных элементов (N, P и K). Между тяжёлыми металлами в почве и уровнем накопления антиоксидантов в растениях установлены сильные связи,

которые отмечаются, как правило, только для одного из изученных антиоксидантов (аллантиин – в медунице, алкалоиды – в окопниках). Содержание витамина С в фитомассе медуницы, окопника кавказского и синяка обыкновенного более тесно коррелирует с климатическими и орографическими факторами, а окопника шершавого – с эдафическими. Уровень накопления алкалоидов в фитомассе *S. asperum* и *E. vulgare* более тесно коррелирует с содержанием тяжёлых металлов в почве, *P. mollis* и *S. Caucasicum* – с климатическими и орографическими факторами. Уровень накопления аллантиина определяется содержанием гумуса, подвижных форм фосфора, калия и тяжёлых металлов в почве.

Это свидетельствует о полифункциональности аллантиина и универсальном механизме его синтеза в фитомассе растений (отсутствие видоспецифичности).

Тип экологической стратегии растений определяется направленностью метаболических процессов и особенностями фитохимического состава. В исследованных экотопах *P. mollis* проявляет RS-стратегию с равной выраженностью обеих компонент, *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* – CRS-стратегию с выраженностью С-компоненты у окопника кавказского, R-компоненты у синяка обыкновенного и S-компоненты у окопника шершавого.

## Литература

1. Иванов Д.А., Капсамун А.Д., Анциферова О.Н. Влияние ландшафтных условий на формирование химического состава кормовых культур и картофеля // *Агрехимический вестник*. – 2010. – № 3. – С. 14-16.
2. Иванова Н.А., Юмагулова Э.Р. Эколого-физиологические механизмы адаптации и типы стратегии сосудистых растений верховых болот: Монография. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2009. – 186 с.
3. Пьянков В.И., Иванов Л.А., Ламберс Х. Характеристика химического состава листьев растений бореальной зоны с разными типами экологических стратегий // *Экология*. – 2001. – № 4. – С. 243-251.
4. Усманов И.Ю., Раманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. – 224 с.
5. Куриленко В.В. Эколого-биогеохимическая роль макрофитов в водных экосистемах урбанизированных территорий (на примере малых водоёмов Санкт-Петербурга) / В.В.Куриленко, Н.Г.Осмоловская // *Экология*. – 2006. – № 3. – С. 163-167.
6. Серебрякова В.А., Высочина Г.И. Исследование состава и содержания биологически активных веществ у представителей рода *Spirea* (Rosaceae) Дальнего Востока // *Растительный мир Азиатской России*. – 2011. – №2 (8). – С. 120-124.
7. Костикова В.А., Шалдаева Т.М. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Spirea* L. Дальнего Востока России // *Химия растительного сырья*. – 2016. – №2. – С. 73-78.
8. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002. – 308 с.
9. Сибгатуллина М.Ш. Аккумуляция металлов дикорастущими луговыми растениями различных типов экологических стратегий // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2008. – № 3. – С. 121-128.

## References

1. Ivanov D.A., Kapsamun A.D., Ancifero-va O.N. Vliyanie landshaftnyh uslovij na formirovanie himicheskogo sostava kormovyh kul'tur i kartofelya // *Agrohimicheskij vestnik*. – 2010. – № 3. – S. 14-16.
2. Ivanova N.A., Yumagulova E.R. Ekologo-fiziologicheskie mekhanizmy adaptacii i tipy strategii sosudistyh rastenij verhovyh bolot: Mo-nografiya. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. гуманит. un-ta, 2009. – 186 s.
3. P'yankov V.I., Ivanov L.A., Lambers H. Harakteristika himicheskogo sostava list'ev ras-tenij boreal'noj zony s raznymi tipami ekologi-cheskikh strategij // *Ekologiya*. – 2001. – № 4. – S. 243-251.
4. Usmanov I.Yu., Ramankulova Z.F., Kulagin A.Yu. Ekologicheskaya fiziologiya rastenij. M.: Logos, 2001. – 224 s.
5. Kurilenko V.V. Ekologo-biogeohimicheskaya rol' makrofitov v vodnyh ekosistemah urbanizirovannyh territorij (na primere malyh vodoyomov Sankt-Peterburga) / V.V. Kurilenko, N.G.Osmolovskaya // *Ekologiya*. – 2006. – № 3. – S. 163-167.
6. Serebryakova V.A., Vysochina G.I. Issledovanie sostava i soderzhaniya biologicheskii aktivnyh veshchestv u predstavitelej roda *Spirea* (Rosaceae) Dal'nego Vostoka // *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii*. – 2011. – №2 (8). – S. 120-124.
7. Kostikova V.A., Shaldaeva T.M. Biologicheskii aktivnyye veshchestva i antioksidantnaya aktivnost' rastenij roda *Spirea* L. Dal'nego Vostoka Rossii // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. – 2016. – №2. – S. 73-78.
8. Rostova N.S. Korrelyacii: struktura i izmenchivost'. SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2002. – 308 s.
9. Sibgatullina M.Sh. Akkumulyaciya metallov dikorastushchimi lugovymi rasteniyami razlichnyh tipov ekologicheskikh strategij // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2008. – № 3. – S. 121-128.
10. Сибгатуллина М.Ш., Валеева Г.Р. Металлы в травянистых растениях с разными типами адаптивных стратегий // *Юг России: экология, развитие*. – 2013. – №1. – С. 72-81.

*M.Sh., Valeeva G.R.* Metally v travyanistyh rasteniyah s raznymi tipami adaptivnyh strategij // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. – 2013. – №1. – S. 72-81.