

••••

«

»

**4**

**2006**

**Вестник  
Московского государственного  
областного университета**

**Научный журнал основан в 1998 году**

**Редакционно-издательский совет:**

Пасечник В.В. – председатель, доктор педагогических наук, профессор  
Дембицкий С.Г. – зам. председателя, первый проректор, проректор по учебной работе,  
доктор экономических наук, профессор  
Коничев А.С. – доктор биологических наук, профессор  
Лекант П.А. – доктор филологических наук, профессор  
Макеев С.В. – директор издательства, кандидат философских наук, доцент  
Пусько В.С. – доктор философских наук, профессор  
Яламов Ю.И. – проректор по научной работе и международному сотрудничеству,  
доктор физико-математических наук, профессор

**Редакционная коллегия серии «Естественные науки»:**

Яламов Ю.И. – доктор физико-математических наук, профессор (ответственный редактор)  
Матвеев Н.П. – профессор (ответственный редактор)  
Дедков Ю.М. – доктор химических наук, профессор  
Новикович В.М. – кандидат физико-математических наук, доцент (ученый секретарь)

ISBN 978-5-7017-1023-6

**Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2006. №4. – М.: Изд-во МГОУ. – 114 с.**

Вестник МГОУ (все его серии) является рецензируемым и подписным изданием, предназначенным для публикации научных статей докторантов, а также аспирантов и соискателей (См.: Бюллетень ВАК 2005. №4. С.5).

В «Вестнике» могут публиковаться статьи не только работников МГОУ, но и других научных и образовательных учреждений.

В настоящем сборнике МГОУ «Естественные науки», №4 2006 публикуются статьи по физике, химии, экологии, биологии, геоэкологии и географии; представляющие как научный, так и прикладной интерес. Сборник реферируется ВИНИТИ.

ISBN 978-5-7017-1023-6

© МГОУ, 2006

© Издательство МГОУ, 2006

### Гистологические изменения в тканях стресскомпетентных органов и органов-мишеней у лиц, страдающих алкоголизмом

Несмотря на всестороннее изучение и борьбу с алкоголизмом, алкоголизм пока еще остается одной из наиболее сложных, актуальных и еще до конца не решенных как социальных, так и медико-биологических проблем [2,3,5,6,15].

Это подтверждается высокими цифрами лиц, состоящих на диспансерном учете с диагнозом алкоголизм.

По данным ГУЗ «Краевой клинический наркологический диспансер» в 2003 году с диагнозом алкоголизм в Ставропольском крае состояло на диспансерном и профилактическом учете 36 219 человек (31 928 мужчин, 4291 женщина), из них сельских жителей 13 187 человек (11 613 мужчин, 1574 женщины) – это составляет 36,40% от общего числа лиц состоящих на учете. Подростков, состоящих на учете по краю 451 человек (315 мальчиков и 136 девочек), детей 37 человек (28 мальчиков и 9 девочек). В г. Ставрополе в это же время на учете состояло 5427 человек (4779 мужчин, 648 женщин), из них подростков 45 человек (30 мальчиков и 15 девочек) и 1 ребенок (мальчик). В одном г. Ставрополе состоит на учете 14,2% человек от общего числа лиц, состоящих на учете.

В 2004 г. с диагнозом алкоголизм в Ставропольском крае состояло на диспансерном и профилактическом учете 36 154 человека (31 692 мужчины, 4462 женщины), из них сельских жителей 12 911 человек (11 199 мужчин, 1712 женщины), это составило 35,7 %. Подростков по краю, 481 человек (351 мальчик и 130 девочек) и 48 детей (9 девочек и 39 мальчиков). В г. Ставрополе в это же время на учете состояло 5580 человек (4889 мужчин, 691 женщина), из них подростков 43 человека (32 мальчика и 11 девочек), детей 5 человек (3 мальчика и 2 девочки) – 15,43% от общего числа лиц состоящих на учете.

В 2005 г. с диагнозом алкоголизм в Ставропольском крае состояло на диспансерном и профилактическом учете 36 545 человек (31 934 мужчин, 4611 женщины), из них сельских жителей 12 981 человек (11 290 мужчин, 1691 женщина)– 35,52%. Подростков по краю – 464 человек (378 мальчиков и 86 девочек) и 47 детей (6 девочек и 41 мальчик). В г. Ставрополе в это же время на учете состояло 5688 человек (4966 мужчин, 722 женщины, из них подростков 43 человека (35 мальчиков и 8 девочек), детей 9 человек (7 мальчиков и 2 девочки) – 15,56%.

По данным ГУВД Ставропольского края в 2005 году в состоянии алкогольного опьянения совершено 3850 преступлений. Несовершеннолетними совершено 1928 преступлений [16].

Настораживает тот факт, что в условиях города значительно выше, чем в селе, процент подростков, потребляющих алкоголь, и алкоголиков в трудоспособном возрасте. Установлено, что из 100 подростков в возрасте до 12 лет интенсивно употребляют алкоголь 24 мальчика и 19,6 девочек. Возраст первого приобщения детей к алкоголю составляет 5–6 лет [14].

В настоящее время не вызывает сомнений, что хроническая алкогольная интоксикация сопровождается разнообразными соматическими нарушениями [4,7–13].

Полученные результаты согласовываются с данными литературы о том, что активное включение этанола в обменные процессы вносит дисбаланс в липидный

---

---

обмен [1]. Наибольшие изменения нами выявлены в гипофизе. Количественные изменения содержания общих липидов в тканях надпочечников, гипофизе и органах мишенях соответствуют тяжести повреждений в них и продолжительности стрессорного воздействия и могут служить в качестве дополнительного метода при диагностике стресса. Количественное содержание аскорбиновой кислоты в корковом слое надпочечников зависит от длительности воздействия алкогольной интоксикации.

Динамика показателей всех свободных аминокислот в передней доле гипофиза положительно коррелятивно зависима с ранее установленной динамикой содержания аскорбиновой кислоты в корковом слое надпочечников. Концентрация аминокислот в гипофизе зависит от длительности и характера воздействия алкоголя. Наиболее выраженное снижение содержания свободных аминокислот обнаруживается в ткани передней доли гипофиза при хронической алкогольной интоксикации, наименьшие изменения претерпевает спектр свободных аминокислот при практическом отсутствии употребления алкоголя в условиях внезапной смерти от механической травмы.

Нами проведено целенаправленное гистологическое исследование 17 случаев длительного употребления алкоголя. Гистологический метод является дополнительным методом исследований, который мы использовали для углубленного изучения механизмов развития патологических процессов и установления взаимосвязи морфологических изменений в стресс-компетентных органах и органах-мишенях при хроническом алкоголизме.

Однако некоторые вопросы в этой обширной и актуальной проблеме остаются еще малоизученными и дискуссионными. В частности, недостаточно ясен вопрос, на каком этапе защитные процессы, чрезмерно компенсирующие метаболические изменения, в дальнейшем сами становятся патологическими, а сам алкоголь выступает в качестве неблагоприятного фактора, приводящего к мощному метаболическому эндотоксикозу в организме.

Указанные показатели изучали:

- при хроническом стрессовом воздействии алкоголя (1 группа), в случаях внезапной смерти от вторичной (алкогольной) кардиомиопатии;
- при кратковременном предварительном воздействии стрессорного фактора (2 группа), в случаях внезапной смерти от механической асфиксии через самоповешение;
- при отсутствии стресса, в качестве контроля, то есть в случаях смерти наступившей в первые секунды после возникновения случайной механической травмы (3 группа).

Исследования проводились на практическом судебно-медицинском материале танатологического отделения ГУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» МЗ СК. Изучено по 17 случаев смерти мужчин и женщин в возрасте от 20 до 60 лет. По каждому случаю смерти изучали медицинскую документацию и сопроводительные документы. Для подтверждения диагноза использовали морфологические признаки, характерные для каждого вида смерти и другие лабораторные исследования (биохимические и судебно-химические). Во всех наблюдениях исключалось острое алкогольное отравление. В изученных случаях давность смерти не превышала 8–12 часов, при условии хранения трупов в холодильной камере при температуре плюс 3°С. Образцы изымались в процессе судебно-медицинского исследования трупа в морге.

---

---

Образцы тканей изучаемых органов: надпочечников, гипофиза, сердца, почек и печени изымались в процессе судебно-медицинского исследования трупа в морге. После фиксации материала 10%-нейтральным забуференным формалином проводилась проводка по общепринятой методике с последующей заливкой в парафин. При проведении исследований органов, залитых в парафин, готовились серийные срезы толщиной 5-6 мкм.

Наиболее характерные патогистологические признаки в исследуемых органах и тканях мы обнаружили у лиц, подвергшихся хроническому стрессовому воздействию алкоголя (1 группа).

Гипофиз – железистые структуры разделены, отграничены грубой фиброзной тканью, мелкие участки полного замещения железистых структур соединительнотканью элементами. Выраженная дистрофия и атрофия клеток, наличие в части клеток гомогенных базофильных масс, напоминающих коллоид. Очаги круглоклеточной инфильтрации капсулы органа. Умеренное кровенаполнение сосудов.

Надпочечник – выраженное кровенаполнение сосудов в органе и окружающей жировой ткани. Дистрофические изменения в ткани надпочечника, морфологические проявления хронической интоксикации организма.

Сердце – неравномерное кровенаполнение сосудов миокарда, в части полей зрения резкое истончение и атрофия волокон.

Печень – полнокровие сосудов, выраженная жировая дистрофия гепатоцитов с обширными участками некробиоза и некроза клеток (по типу токсической дистрофии).

Почки – клубочки разного размера и вида, просвет капсулы выражен, свободен, капиллярные петли клубочков неравномерно и слабо кровенаполнены, склероз и гиалиноз единичных клубочков. Эпителий канальцев обычной высоты и несколько уплощен, цитоплазма с выраженной зернистостью, в просветах следы сетчатого содержимого. Межуточный отек. Мелкие очаги склерозирования стромы с рыхлой полиморфно-клеточной инфильтрацией. Очаговое полнокровие сосудов, преимущественно мозгового слоя.

В группе кратковременного воздействия стрессорного фактора (2 группа), в случаях внезапной смерти от механической асфиксии через самоповешение, наблюдали выраженное полнокровие сосудов внутренних органов и гипофиза. Отек и плазматическое пропитывание стенок сосудов. Отек стромы органов. Очаги делипоидизации клеток коркового слоя надпочечников.

При отсутствии стресса (3 группа) четко выраженных необратимых процессов нами не обнаружено.

Полученные результаты согласовываются с данными литературы о том, что наиболее выраженные изменения возникают в сердце и печени и характер их выраженности зависит от ряда причин, среди которых важнейшее место принадлежит длительности алкогольного стажа и возрасту.

Выявленные особенности подтверждают установленные ранее закономерности о неспецифических–адаптационных свойствах организма человека, недостаточности системы гипофиз–надпочечники в условиях длительного стресса (алкоголя).

Полученные морфологические данные можно рассматривать как пример чрезвычайной активации стресс-адаптивных систем при длительном употреблении алкоголя.

---

---

Таким образом, действие хронической алкогольной интоксикации по силе и характеру воздействия на организм можно соотнести с влиянием классических стрессовых факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зороастров О.М. Экспертиза острой смертельной алкогольной интоксикации при исследовании трупа. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2003. – 176 с.
2. Немцов А.В. Алкогольная ситуация в России. – М.: Фонд «Здоровье и окружающая среда», 1995. – 134 с.
3. Немцов А.В., Школьников В.М. Потери в связи с алкогольной смертностью в России в 1980-х – 1990-х годах //Новости науки и техники. Сер. мед. Вып. Алкогольная болезнь. ВИНИТИ. – 1999. – № 5. – С. 1–15.
4. Нестеров Ю.В., Горст Н.А., Теплый Д.Л. Оценка уровня-реактивности легких при различных экстремальных воздействиях //Здоровье и болезнь как состояние человека. Ставрополь СГМА. – 2000 С. 204–207.
5. Огурцов П.П. История формирования северного стиля потребления алкоголя в России //Новости науки и техники. Сер. мед. Вып. Алкогольная болезнь. ВИНИТИ. – 2000. – № 6. – С. 1–8.
6. Онищенко Г.Г., Егоров В.Ф. Алкогольная ситуация в России. О концепции государственной алкогольной политики в Российской Федерации //Наркология. – 2002. – № 1. – С. 4–8.
7. Рослый И.М., Абрамов С.В., Покровский В.И. Ферментемия – адаптивный механизм или маркер цитолиза? //Вестник РАМН. – 2002. – № 8. – С. 3–6.
8. Рослый И.М., Абрамов С.В. Гипотеза: адаптивное значение ферментемии //Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2003. – №4. – С. 5–9.
9. Рослый И.М., Абрамов С.В., Водолажская М.Г. Алкоголизм как модель физиолого-биохимических закономерностей в танатогенезе (тезисы) //Научные труды I Съезда физиологов СНГ. – Под ред. Р.И.Сепиашвили. – Т. 1. – М.: Медицина – Здоровье. – 2005. – 220 с. (С. 13).
10. Рослый И.М., Абрамов С.В., Агаронов В.Р., Иванов А.В., Шуляк Ю.А. Биохимия и алкоголизм (I): метаболические процессы при алкоголизме //Вопросы наркологии. – 2004. – №2. – С. 70–79.
11. Рослый И.М., Абрамов С.В., Ахметов Р.Р., Рынейская Е.С., Рыхлецкий П.З., Шуляк Ю.А. Биохимия и алкоголизм (II): биохимические показатели при тяжелом алкогольном абстинентном синдроме //Вопросы наркологии. – 2004. – №3. – С. 69–78.
12. Рослый И.М., Абрамов С.В., Агаронов В.Р., Шипико Т.А., Шуляк Ю.А. Биохимия и алкоголизм (III): Длительная алкоголизация как механизм развития белковой дистрофии //Вопросы наркологии. – 2004. – №4. – С. 75–81.
13. Рослый И.М., Абрамов С.В., Агаронов В.Р., Рожкова Е.С., Шуляк Ю.А. Биохимия и алкоголизм (IV): Типовые клинико-биохимические синдромы при хронической алкогольной интоксикации //Вопросы наркологии. – 2004. – №5. – С. 46–57.
14. Скворцова Е.С. Социально-гигиенические аспекты потребления алкоголя, наркотически действующих веществ, курения среди городских подростков-школьников Российской Федерации: Автореф. дис. докт. мед. наук. – М. 1997.
15. Судаков К.В. Стресс как экологическая проблема научно-технического прогресса //Физиология человека. – 1996. – Т. 22. – № 4. – С. 73–78.
16. Трухачев И.С. Выбираем жизнь! – Ставрополь: АРГУС, 2006. – С. 220.

**ЭНДЕМИКИ СЕМЕЙСТВА *APIACEAE* LINDL.  
ФЛОРЫ ТЕБЕРДИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО  
ЗАПОВЕДНИКА И ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ**

Флора Тебердинского государственного заповедника (ТГЗ) очень богата (порядка 1200 видов высших растений на 85 064 га) и весьма оригинальна, о чем свидетельствует большое количество эндемичных и субэндемичных видов. Одним из крупнейших семейств флоры этого региона, входящим в первую десятку систематического спектра, является семейство *Apiaceae* Lindl., насчитывающее 72 вида. В рамках всестороннего исследования семейства был проведен в том числе и географический анализ, а также анализ эндемизма семейства.

В настоящее время нет общепринятой классификации географических элементов, часть исследователей рассматривают их как группы видов со сходным типом ареала [1, 14, 6], другие же основываются на концепции фитохорионов [8–12, 13, 15].

В системе понятий современной флористики географические элементы являются «общими или региональными хориономическими географическими элементами, отражающими положение ареала (или его части) в системе выделов природного, комплексного ботанико-географического районирования Земли или территории флоры. При данном подходе каждый элемент флоры характеризуется набором соответствующих выделов районирования, а иерархическая классификация элементов строится на соподчинении этих выделов» [7].

Понятие географический элемент нами связывается с фитохорионами различных рангов – провинциями, областями, подцарствами и царствами, т.е. географические элементы того или иного фитохориона – это совокупность видов, составляющих специфическое ядро флоры этого региона.

Для хорологического анализа семейства *Apiaceae* Lindl. флоры Тебердинского государственного биосферного заповедника нами принята система географических элементов, предложенная Н.Н. Портениером [2–5].

В исследуемой флоре нами выделено 14 географических элементов. Спектр географических элементов семейства *Apiaceae* Lindl. флоры ТГЗ приведен в таблице.

Из таблицы видно, что в целом во флоре семейства *Apiaceae* Lindl. Тебердинского государственного биосферного заповедника преобладают мезофильные элементы, которые в основном относятся к бореальному типу геоэлементов. Бореальных видов в изучаемой флоре 38 – 52,8%, большинство из которых относятся к кавказскому геоэлементу: 25 видов – 34,6%. С учетом субкавказских элементов (12 видов – 65,6 %) влияние кавказских геоэлементов на сложение флоры составляет более половины. Доля остальных элементов (даже палеарктического (11 видов – 15,2%) настолько незначительна, что в целом флору семейства *Apiaceae* Lindl. Тебердинского государственного биосферного заповедника можно обозначить как мезофильную кавказскую с незначительным влиянием палеарктических геоэлементов.



СПЕКТР ГЕОЭЛЕМЕНТОВ СЕМЕЙСТВА *Apiaceae* Lindl. ФЛОРЫ ТГЗ

№	ГЕОЭЛЕМЕНТ	Кол-во		%	
ОБЩЕГОЛАРКТИЧЕСКИЕ (11 видов – 15,3%)					
1	Палеарктический	11		15,3	
БОРЕАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (38 видов – 52,8%)					
2	Евро-Сибирский	2		2,8	
3	Евро-Кавказский	2		2,8	
4	Европейский	2		2,8	
5	Кавказский	19	25	26,3	34,6
	Эукавказский	6		8,3	
6	Эвксинский	3		4,2	
7	Понтическо-Южносибирский	4		5,6	
ДРЕВНЕСРЕДИЗЕМНОМОРСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ (8 видов – 11,1%)					
8	Общедревнесредиземноморский	2		2,8	
9	Западнодревнесредиземноморский	3		4,2	
10	Средиземноморский	1		1,4	
11	Армено-Иранский	2		2,8	
СВЯЗУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ (15 видов – 20,8%)					
12	Субсредиземноморский*	1		1,4	
13	Субкавказский*	12		16,6	
14	Субтуранский*	2		2,8	
	ИТОГО	72		100,0	

Наличие значительного числа видов семейства с кавказскими и переходными формами геоэлементов в общем спектре флоры Тебердинского государственного биосферного заповедника является показателем высокого уровня связи исследуемой флоры с горной флорой Кавказа. Это сказывается прежде всего на формировании эндемичных кавказских видов. Территория заповедника достаточно невелика, однако здесь встречаются практически все растительные комплексы и формации, характерные для Кавказа. Это привело к тому, что собственных эндемичных видов семейства *Apiaceae* Lindl. на изучаемой территории нет, однако здесь присутствуют практически все эндемичные кавказские виды семейства.

Наличие эндемиков свидетельствует о степени оригинальности флоры и позволяет делать выводы флорогенетического характера не только с точки зрения изучения семейства, но и для флоры района в целом.

Семейство *Apiaceae* Lindl. содержит 21 субэндемичный для флоры Тебердинского государственного биосферного заповедника вид:

1. *Chaerophyllum humile* Stev. – Бутень низкий – эндемик высокогорий Большого Кавказа, Западного и Восточного Закавказья. Открывает список близкородственных низкорослых кавказских эндемичных видов подрода *Nomochaerophyllum*, характерных для альпийского пояса, относящихся к рядам *Humilia* K.-Pol. и *Rosea* Schischk.

2. *Chaerophyllum roseum* Vieb. (*Ch. millefolium* DC.) – Бутень розовый – субэндемик территории ТГЗ, эндемик Кавказа (Предкавказье, Восточный Кавказ, Западное и Восточное Закавказье. Критический таксон – обычно различают *Ch. millefolium* DC. и *Ch. roseum* Vieb. Относится к ряду *Rosea* Schischk., включающему, кроме *Ch. roseum*, еще одного эндемичного, филогенетически близкого кавказского эндемика *Ch. rubellum*.

3. *Chaerophyllum rubellum* Albov – Бутень красноватый – эндемик западной

части Кавказа. Близок к *Ch. roseum*.

4. *Anthriscus velutina* Somm. et Levier — Купырь бархатистый — эндемичный для западной части Кавказа вид, характерный для субальпийских лугов. *A. velutina* описан из долины р. Теберды с высоты 1500 м. Близок к кавказским видам ряда *Nemorosa* Schischk.: *A. nemorosa* и *A. silvestris*.

5. *Carum alpinum* (Bieb.) Benth. et Hook.f. — Тмин альпийский — эндемик Кавказа. Все представители секции *Carvi* DC. имеют частично или полностью кавказский ареал распространения, что говорит о возможно кавказском центре распространения части рода. Основную часть этой секции составляют кавказские эндемики. *Carum alpinum* ближе всего к субтуранскому *C. porphyrocoleon* и находящемуся в одной с ним секции (*Alpina* Schischk.) эндемиком южной части Большого Кавказа *C. saxicolum*.

6. — 7. *Carum caucasicum* (Bieb.) Boiss. — Тмин кавказский и *C. meifolium* (Bieb.) Boiss. — Т. рассеченнолистный — два близкородственных эндемичных кавказских вида, относящихся к высокогорной секции *Caucasica* Schischk. Скорее всего, представители секции развивались параллельно с секцией *Atrosanguineum* Schischk. горных представителей рода из Средней Азии и Сибири и южносибирской секции *Buriatica* Schischk.

8. *Cnidium pauciradiatum* Somm. et Levier. — Жгут-корень малолучевой — эндемик Кавказа, имеющий генетические связи с *C. grossheimii*, произрастающим в Закавказье и понтическим *C. orientale*. Вид также близок к евро-сибирскому *C. dubium* — базовому виду ряда *Dubia* (Schkuhr) Thell., и восточно-сибирскому *C. ajanense*.

9. *Ligusticum physospermifolium* Alb. — Лигустикум вздутоплодиколистный — кавказский эндемик. Близок к субкавказскому *L. alatum* и южносибирскими *L. discolor* и *L. mongholicum*.

10. *Ligusticum caucasicum* Somm. et Levier — Лигустикум кавказский — эндемик Главного Кавказского хребта. Вид мало известный — тип находится во Флоренции, но по описанию вид близок к европейскому *L. mutellina*. Близки к нему также распространенные на Кавказе *L. alatum* и *L. physospermifolium*.

11. *Agasyllis latifolia* (Bieb.) Boiss. — Агазилис широколистный. Относится к монотипному роду, распространенному в горных лесах и субальпийского пояса Большого Кавказа.

12. *Xanthogalum tatianaе* (Bordz.) Schischk. — Ксантогалюм Татьяны — эндемичный кавказский вид, известный из высокогорий Главного Кавказского хребта, Абхазии и Мегрелии. Вид близок к произрастающему на этой же территории *X. purpurascens* и закавказским эндемиком *X. sachokianum*.

13. *Peucedanum calcareum* Albov — Горичник известняковый — эндемичный для Кавказа вид, отличающийся от близкородственных субкавказского *P. tauricum*, ареал которого не заходит на изучаемую территорию, и произрастающего в ТГЗ *P. ruthenicum*, короткими цветоножками при плодах, овальными плодами и нитевидно-линейными долями листьев.

14. *Pastinaca pimpinellifolia* Bieb. — Пастернак бедреницелистный — эндемичный кавказский вид, близкий к палеарктическому *P. silvestris*, который, по всей видимости, и дал кавказские формы рода: *P. pimpinellifolia*, *P. armena*, *P. aurantiaca*.

Большинство субэндемиков территории ТГЗ относится к роду *Heracleum* L, виды которого распространены в северной умеренной зоне, преимущественно в горах Европы, Азии и Америки. Кавказские борщевики относятся к пяти различным секциям и имеют разнообразные филогенетические связи.

Виды первой секции — *Sibirica* Manden. явно происходят от палеарктического

*H. sibirica*, который, по всей видимости, изначально образовал расы в горных районах:

15. *Heracleum aconitifolium* Woron. — Борщевик аконитолистный — кавказский эндемик. Близок к субпонтическому *H. cyclocarpum* и европейскому *H. palmatum*, относящимся к ряду *Sphondylia* Manden.

16. *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk. — Борщевик понтийский — эукавказский эндемик. Критический вид, который иногда сближают с субпонтическим *H. cyclocarpum*, от которого, однако, он отличается формой листьев и занимаемым ареалом.

17. *Heracleum colchicum* Lipsky — Борщевик колхидский — эукавказский эндемик, характерный для каменистых осыпей и морен. Полиморфонный вид, имеющий генетические связи с абхазский эндемичным видом *C. calcareum* и узкоэндемичным закавказским видом *H. osseticum*.

Таким образом, виды первой секции возникли, по всей вероятности, в результате адаптации палеарктического вида, с его возможной гибридизацией с субпонтическими и закавказскими борщевиками.

18. Вторая секция — *Pubescentia* Manden. — включает лишь один, произрастающий на территории ТГЗ вид борщевика — *H. mantegazzianum* Somm.et Levier — Б. Мантегацци — является кавказским эндемиком. Вид близок к европейскому эндемичному *H. pubescens* и закавказскому эндемику *H. grossheimii*.

Третья секция — *Villosa* Manden. — объединяет ксерофитизированную группу видов, получившую развитие на Кавказе, в Крыму и в Малой Азии:

19. *Heracleum scabrum* Albov — Борщевик шероховатый — эукавказский эндемик, приуроченный к западной части Главного Кавказского хребта, родственниками которого являются все виды секции *Villosa*: евро-кавказский *H. stevenii*, кавказский *H. leskovii*, субпонтический *H. antasiaticum* и закавказский *H. grandiflorum*, которые некогда объединялись под общим названием *H. villosum* Fisch.

20. *Heracleum leskovii* Grossh. — Борщевик Лескова — эндемичный кавказский вид, основные генетические связи которого совпадают с данными по *H. scabrum*.

21. *Heracleum chorodanum* (Hoffm.) DC. — Борщевик айрный — кавказский эндемик, произрастающий в среднем горном поясе. Вид относится к секции *Wendia* (Hoffm.) Manden. и имеет явные филогенетические связи с закавказским видом *H. pastinacifolium*.

Таким образом, в семействе *Apiaceae* Lindl. флоры Тебердинского государственного биосферного заповедника имеется десять родов — *Chaerophyllum*, *Anthriscus*, *Carum*, *Cnidium*, *Ligusticum*, *Agasyllis*, *Xanthogalum*, *Peucedanum*, *Pastinaca*, *Heracleum* и один монотипный *Agasyllis latifolia*, включающих эндемичные виды. То есть, треть представителей семейства *Apiaceae* Lindl. флоры ТГЗ являются эндемиками Кавказа. Анализ эндемизма показывает, что большинство эндемиков формировались на кавказской генетической основе и меньшая часть имеет европейские, субпонтические и, отчасти, субтуранские генетические связи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вульф Е.В. Введение в историческую географию растений, 2-е изд. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1933. — 415 с.
2. Портениер Н.Н. Географический анализ флоры бассейна реки Черек Безенгийский (Центральный Кавказ). I. Природные условия района и общая характеристика его флоры и растительности // Ботанический журнал. — 1993а. — Т. 78. — № 10. — С. 16–22.
3. Портениер Н.Н. Географический анализ флоры бассейна реки Черек Безенгийский (Центральный Кавказ). II. Географические элементы // Ботанический журнал. — 1993б. — Т. 78. — № 11. — С. 1–17.
4. Портениер Н.Н. Методические вопросы выделения географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. — 2000а. — Т. 85. — № 6. — С. 76–85.

- 
- 
5. Портениер Н.Н. Система географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. — 2006. — Т. 85. — № 9. — С. 126–134.
  6. Толмачев А.И. Введение в географию растений. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1974. — 224 с.
  7. Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. — Пермь, 1991. — 80 с.
  8. Braun-Blanquet J. Essai sur les notions «d'element» et de «territoire» phytogeographiques // Archives des sciences physiques et naturelles. — Geneve, 1919. Ser. 5, Vol. 1. — P. 479–512.
  9. Braun-Blanquet J. L'origine et le developpement des flores dans le massif central de France. — Paris; Zurich, 1923. — 282 p.
  10. Braun-Blanquet, J., Furrer E. Remarques sur l'étude des groupements de plantes // Bull. Soc. Languedos. Geogr, 1913. — № 36. — P. 20 – 41.
  11. Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin, 1928. X, 330 p.
  12. Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. Wien, New York 1964
  13. Eig A. Les elements et les groupes phytogeographiques auxiliaires dans la flore palestinienne, 1. Texte // Feddes Repert. (Beih.). — 1931. Bd 63. — S. 1–201.
  14. Walter H., Straka H. Arealkunde, Floristischhistorische Geobotanik. — Stuttgart, 1970. — 480 p.
  15. Zochary M. Geobotanical foundations of the Middle East. Vol. 1, 2. Stuttgart; Amsterdam, 1973. — 739 p.

### Экспериментальная оценка роли *Sibbaldia procumbens* в формировании структуры альпийских ковров

*Данная работа продолжает серию экспериментов по изучению конкуренции в высокогорных фитоценозах северо-западного Кавказа на альпийских коврах, где изучается реакция растений сообщества на удаление отдельных доминирующих видов.*

Эксперименты с удалением отдельных компонентов растительных сообществ позволяют установить наличие конкуренции и выявить реакцию оставшихся видов на устранение взаимодействия с удаленными видами [13]. Эксперименты с удалением отдельных компонентов были проведены в различных сообществах [17, 18, 21, 23], но чаще всего объектами таких исследований служили залежи разного возраста [19, 24, 25]. Такие работы были проведены также в тундровых [20, 26] и высокогорных сообществах [28], но они немногочисленны.

Наша работа продолжает серию экспериментов по изучению конкуренции в высокогорных фитоценозах северо-западного Кавказа на альпийских коврах, где изучается реакция растений сообщества на удаление отдельных доминирующих видов [1, 3, 6, 7, 15, 16].

Альпийские ковры – низкопродуктивные сообщества западин и днищ цирков с обильным снегонакоплением зимой (5 м и более). На альпийских коврах Тебердинского заповедника доминируют виды шпалерного и розеточного разнотравья (*Sibbaldia procumbens*, *Taraxacum stevenii*). Вегетационный период около 2 месяцев, снег сходит в конце июля – начале августа [12].

Результаты рассматриваемых нами экспериментов с удалением доминантов с 1998 по 2001 г. наблюдения были опубликованы ранее М.А. Эбзеевой (2002 г.), а с 2002 по 2004 г. – Ф.Х. Биджиевой (2005 г.). Цель нашего исследования – оценить конкурентное воздействие *Sibbaldia procumbens* на другие компоненты альпийских ковров и исследовать изменение фитоценоза при удалении этого доминанта.

Объектом исследования был выбран доминант альпийских ковров – *Sibbaldia procumbens* L. (сиббальдия простертая) – травянистый поликарпик (по мнению других исследователей – полукустарничек, так как его корневище одревесневает), полурозеточный, короткорневищный, вегетативно слабо подвижный гемикриптофит. Обладает явными годичными кольцами. Усиленно размножается вегетативно [11]. В Тебердинском государственном биосферном заповеднике встречается в субальпийском и альпийском поясе, но особенно характерен для альпийского пояса [4].

Грубый и малоценный в кормовом отношении вид. Образует вторичные группировки под воздействием чрезмерного выпаса. Под воздействием вытаптывания ее стелющиеся шпалеры разламываются скотом, и укоренившиеся ветви отделяются от материнских растений [11].

При подсеве в высокотравные сообщества семена *Sibbaldia procumbens* не прорастают или плохо прорастают, а большая часть всходов гибнет в течение первого же вегетационного периода. Лишь в низкотравных сообществах, особенно выбитых, она хорошо возобновляется семенным путем [5].

По данным В.П. Седельникова (1979 г.) *Sibbaldia procumbens* является гиперпсихрофитом, фитоценотический оптимум которого лежит в условиях холодного

---

---

подточного увлажнения от снежников, которое отсутствует во всех сообществах, кроме альпийских ковров.

С целью изучения роли *Sibbaldia procumbens* в фитоценозе альпийских ковров был поставлен эксперимент по ее удалению, который мы проводили в течение 8 лет (заложен в 1998 г.). Эксперимент состоял из 2 вариантов: 1) контроль – без удаления; 2) удаление *Sibbaldia procumbens*. Всего было заложено 8 экспериментальных площадок 1x0,5 м – по четыре на каждый вариант. Внутри каждой из них, с целью уменьшения краевого эффекта, закладывали по 3 учетных площадок 25x25 см (рис. 1). Итого было заложено 24 учетных площадок.

Сиббальдию удаляли на всей площади большой площадки (1x0,5 м) методом истощения: в первый год многократно (3–5 раз за вегетационный сезон) срезали ножницами на уровне почвы, в последующие годы удаление проводили по мере возобновления роста особей удаленного вида (1-2 раза за сезон). Такая методика позволяет избежать нарушения почвенного покрова и связанных с этим побочных эффектов [1]. Кроме того, с целью уменьшения краевого эффекта, мы проводили удаление видов вокруг экспериментальной площадки в пределах так называемой «буферной зоны»

Реакцию растений в сообществе на экспериментальные воздействия оценивали по изменению численности побегов. Учеты численности проводили ежегодно в первой половине августа.

Как показатель изменения структуры фитоценоза использовали численность побегов сосудистых растений (в – вегетативные, г – генеративные, ю – ювенильные). Каждый год (1998–2005 г.) подсчитывали количество вегетативных и генеративных побегов и ювенильных особей. В случае злаков и осок учитывали только численность генеративных и вегетативных побегов.

Полученные данные были обработаны с помощью двухфакторного дисперсионного анализа в программе «Statistica for Windows 5.0.». Статистическая обработка данных произведена лишь для видов, суммарная численность которых превышала 10 побегов. Для включения в анализ данные по численности побегов были преобразованы по следующему алгоритму. По каждому варианту эксперимента подсчитывали суммы побегов в 1998 г. (год начала эксперимента – до удаления). После этого все величины численностей побегов в данном эксперименте (по всем годам, включая 1998 г.) делили на эту сумму. Таким образом, сумма численности побегов в каждом варианте эксперимента в 1998 г. равна единице. В результате анализируемые величины отражают не абсолютные изменения численности, а изменения относительно состояния на 1998 г. Кроме того, было проведено логарифмирование этих величин по натуральному логарифму.

Дисперсионный анализ был проведен с учетом двух факторов: года и варианта, однако в нашей работе мы в основном рассматриваем влияние варианта эксперимента. Сравнение реакции видов между вариантами эксперимента проведено с учетом LSD – теста в случае значимого влияния варианта эксперимента.

За 8 лет наблюдений на альпийских коврах нами было отмечено 25 видов сосудистых растений, из них на контрольных площадках встречались от 19 до 22 видов и на площадках с удалением *Sibbaldia procumbens* от 17 до 20 видов. Небольшие колебания этих величин объясняется периодическим исчезновением и появлением на учетных площадках видов с низкой встречаемостью и низкой численностью побегов, таких, как *Anthemis cretica*, *Gentiana pyrenaica*, *Pedicularis nordmanniana*, *Festuca*

*brunnescens*, *Briza marcowiczii* и др. Остальные виды альпийских ковров стабильно присутствовали на площадках в течение всего эксперимента.

Таблица 1

Изменение видового богатства и флористической насыщенности площадок

Год Вариант	Пара- метр	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
		К	А	21	20	19	21	21	21
	В	12,1±0,6	11,3±0,8	10,7±0,8	11,3±0,6	11,1±0,4	11,1±0,5	11,3±0,5	10,5±0,5
І	А	18	20	20	19	18	17	18	17
	В	11,2±0,5	10,8±0,4	10,3±0,4	10,2±0,6	9,3±0,5	9,3±0,6	9,2±0,6	9,1±0,6

А – общее число видов сосудистых растений за каждый год эксперимента; В – среднее число видов на площадке 25x25 см и его ошибка, n = 12; К – контроль; І – удаление *Sibbaldia procumbens*. Данные за 1998 год включают удаленные виды.

Флористическая насыщенность (число видов на площадку 25x25 см) после удаления доминанта не увеличилась по сравнению с 1998 годом, следовательно, практически не происходило вселения новых видов на площадки (табл. 1). Суммарная численность побегов отдельных видов на площадках представлена в таблице 2.

Таблица 2

Численность побегов альпийских растений в различные годы на контрольных и экспериментальных площадках (площадь учета 0,75 м<sup>2</sup>)

Виды	год наблюдений							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
контроль								
<i>Agrostis vinealis</i>	116	126	117	169	180	222	253	235
<i>Anthemis cretica</i>	0	0	2	3	1	1	1	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	167	126	81	91	94	106	108	90
<i>Campanula tridentata</i>	2	2	2	3	3	3	4	4
<i>Carex atrata</i>	18	18	16	14	22	23	27	16
<i>Carex pyrenaica</i>	216	202	184	187	107	117	116	111
<i>Carum meifolium</i>	647	922	790	648	764	727	650	568
<i>Catabrosella variegata</i>	274	254	233	262	244	304	258	207
<i>Corydalis conorrhiza</i>	69	44	46	74	55	61	59	51
<i>Festuca brunnescens</i>	83	83	0	18	13	14	17	14
<i>Festuca ovina</i>	92	45	0	69	34	45	56	56
<i>Geranium gymnocaulon</i>	13	21	26	15	12	16	19	7
<i>Gnaphalium supinum</i>	68	21	11	14	8	15	21	15
<i>Hyalopoa pontica</i>	143	156	153	164	69	83	76	73
<i>Luzula multiflora</i>	13	32	28	43	37	42	45	31
<i>Minuartia aizoides</i>	617	744	610	1282	865	882	1032	601
<i>Nardus stricta</i>	1940	2187	1879	1755	1080	1219	1274	861
<i>Pedicularis nordmanniana</i>	12	0	0	0	0	1	1	1
<i>Phleum alpinum</i>	19	39	45	38	11	0	16	11
<i>Potentilla crantzii</i>	335	345	330	343	266	265	291	223
<i>Sibbaldia procumbens</i>	1463	1365	1158	1186	1101	1176	1217	1060
<i>Taraxacum stevenii</i>	204	223	195	186	145	151	161	140

Удаление <i>Sibbaldia procumbens</i>								
<i>Anthemis cretica</i>	0	1	1	3	2	0	0	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	10	20	31	25	33	22	29	15
<i>Campanula tridentata</i>	1	1	1	1	1	3	1	1
<i>Carex atrata</i>	11	7	8	21	27	22	30	22
<i>Carex pyrenaica</i>	252	231	221	217	114	162	147	133
<i>Carum meifolium</i>	347	704	756	622	742	621	664	574
<i>Catabrosella variegata</i>	319	419	550	721	545	594	537	503
<i>Corydalis conorrhiza</i>	118	132	127	105	71	108	112	116
<i>Festuca ovina</i>	241	168	140	213	88	155	176	181
<i>Gentiana pyrenaica</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Geranium gymnocaulon</i>	8	8	15	11	13	9	8	8
<i>Gnaphalium supinum</i>	61	46	55	50	53	68	66	59
<i>Hyalopoa pontica</i>	167	183	124	121	78	83	82	99
<i>Luzula multiflora</i>	0	11	2	2	1	2	3	0
<i>Minuartia aizoides</i>	533	818	826	1211	1098	1009	1019	794
<i>Nardus stricta</i>	1933	2191	2595	3028	1562	1904	2042	1222
<i>Pedicularis nordmanniana</i>	40	22	21	21	21	8	40	35
<i>Phleum alpinum</i>	57	147	144	157	47	64	57	50
<i>Potentilla crantzii</i>	29	46	33	33	25	43	38	24
<i>Sibbaldia procumbens</i>	1863	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taraxacum stevenii</i>	427	457	436	563	421	518	560	548

Для видов альпийских растений, имеющих высокую численность на обоих вариантах эксперимента, был проведен дисперсионный анализ, который показал значимые изменения относительной численности для ряда видов альпийских ковров (табл. 3). Значимые изменения на уровне  $p < 0,05$  отмечены в 7 случаях, пограничную значимость ( $p = 0,0563$ ) показала *Phleum alpinum*. Во всех случаях исследуемые виды увеличили численность своих побегов в ответ на удаление *Sibbaldia procumbens* либо абсолютно (по сравнению с начальным состоянием) – *Anthoxanthum odoratum*, *Carum meifolium*, *Catabrosella variegata*, *Gnaphalium supinum*, *Taraxacum stevenii*, либо относительно (по сравнению с изменением на контроле) – *Nardus stricta*, *Pedicularis nordmanniana*, *Phleum alpinum*. При относительном увеличении численности абсолютная численность побегов могла оставаться постоянной или снижаться, но значительно в меньшей степени, чем это наблюдалось на контрольных участках.

Таблица 3

Реакция растений альпийских ковров на удаление *Sibbaldia procumbens*

Вид		P	K	Sp
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	0,0000	167	10
	2		101	22↑
<i>Carum meifolium</i>	1	0,0001	647	347
	2		648	620↑
<i>Catabrosella variegata</i>	1	0,0000	274	319
	2		256	545↑
<i>Gnaphalium supinum</i>	1	0,0000	68	61
	2		17	64↑



Nardus stricta	1	0,0157	1940	1933
	2		1118	1723
Pedicularis nordmanniana	1	0,0004	12	40
	2		1	28
Phleum alpinum	1	0,0563	19	57
	2		9	57
Taraxacum stevenii	1	0,0011	204	427
	2		151	542↑

P–уровень значимости; K – контроль; 1 – численность в первый год эксперимента; 2 – средняя численность за 2003–2005 гг.; ↑ – значимое абсолютное увеличение численности по сравнению с контролем. Приведены виды, показавшие значимое изменение численности.

Таким образом, при удалении *Sibbaldia procumbens* происходит увеличение численности ряда видов альпийских ковров, что говорит о конкурентном подавлении этих растений со стороны основного доминанта в ненарушенном сообществе.

Результаты эксперимента с удалением доминанта на альпийских коврах показали, что *Sibbaldia procumbens* является сильным доминантом. Именно с удалением *Sibbaldia procumbens* связано наибольшее число положительных реакций со стороны видов, изначально присутствовавших на площадках (табл. 2, 3).

Можно говорить о положительной реакции другого доминанта альпийских ковров *Taraxacum stevenii* на удаление *Sibbaldia procumbens* (табл. 2, 3). На седьмой год эксперимента наблюдается тенденция увеличения численности генеративных и ювенильных особей одуванчика при удалении *Sibbaldia procumbens*. *Taraxacum stevenii* – вегетативно неподвижный поликарпик, размножается исключительно семенами. В условиях ковров всхожесть семян небольшая, а длительность развития растений высокая. Возможно, для оценки результатов эксперимента по удалению доминанта на коврах необходимо более длительное наблюдение.

Многие виды альпийских ковров также встречаются и в других фитоценозах. Их реакцию мы сравниваем с результатами экспериментов проведенных на пестроовсяницевых лугах [6], на гераниево-копеечниковых лугах [15], на альпийских лишайниковых пустошах [1, 7].

При обработке данных на альпийских коврах *Nardus stricta* положительно реагировал на удаление *Sibbaldia* (табл. 3), сходная реакция этого вида наблюдалось также на пестроовсяницевых лугах на удаление *Festuca varia* [6] и на гераниево-копеечниковых лугах на удаление *Geranium gymnocaulon* и *Hedysarum caucasicum* [15].

*Anthoxanthum odoratum* на альпийских коврах повышает численность в ответ на удаление *Sibbaldia procumbens*, а также на гераниево-копеечниковых лугах положительно реагирует на удаление герани [15], а на пестроовсяницевых лугах не реагирует на удаление доминантов [6].

Значительное увеличение численности побегов при удалении *Sibbaldia procumbens* показала *Catabrosella variegata* (рис. 3, табл. 2, 3). Этот вид характеризуется эксплерентной стратегией, он увеличивает участие на гераниево-копеечниковых лугах после пороев кабанов [2], быстро реагируя на появление свободного пространства и увеличение освещенности на уровне почвы [27].

В условиях альпийских ковров при изучении естественной динамики на постоянных трансектах *Catabrosella variegata* показала значимое снижение численности побегов за 14-летний период наблюдений [9], а при удалении доминанта *Sibbaldia procumbens* наблюдается значимое увеличение численности этого вида. Таким обра-

зом, можно говорить, что в суровых условиях существования ковров для *Catabrosella variegata* фактор конкуренции оказывается более значимым, чем неблагоприятные абиотические факторы среды, поэтому данный вид смог воспользоваться освобожденными ресурсами. Возможно, относительно быстрое увеличение числа побегов *Catabrosella variegata* связано с хорошо выраженной способностью этого вида к вегетативному размножению.

Увеличение численности побегов при увеличении ресурсов у *Catabrosella variegata* подтверждает результат, полученный при дополнительном внесении элементов минерального питания на альпийских коврах [8]. По результатам этого эксперимента *Catabrosella variegata* увеличивает численность вегетативных и генеративных побегов при увеличении доступности азота и фосфора. В естественных условиях существования *Catabrosella variegata* занимает местообитания относительно бедные азотом и обменным кальцием [10].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Во всех случаях исследуемые виды увеличили численность своих побегов в ответ на удаление *Sibbaldia procumbens* либо абсолютно, либо относительно. При относительном увеличении численности абсолютная численность побегов могла оставаться постоянной или снижаться, но значительно в меньшей степени, чем это наблюдалось на контрольных участках. Отрицательной реакции видов на удаление основного доминанта не наблюдалось. Это говорит о конкурентном подавлении ряда видов растений со стороны основного доминанта в ненарушенном сообществе.

2. Флористическая насыщенность (число видов на площадку 25x25) после удаления доминантов не увеличилась по сравнению с 1998 г., следовательно, практически не происходило вселения новых видов на площадки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 05-04-48578.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова А.А., Онипченко В.Г., Блинников М.С. Изучение взаимоотношений между растениями альпийской пустоши: эксперименты с удалением отдельных видов // Тр. Тебердинск. гос. биосферн. заповедника. – М., 1999. – Вып. 15. – С. 73–85.
2. Батчаева О.М. Демутационная динамика гераниево-копеечниковых лугов после пороев кабанов. // Тр. Тебердинск. гос. биосферн. заповедника. – М., 2003. – Вып. 20. – С. 148–153.
3. Биджиева Ф.Х. Изменение структуры альпийских ковров при удалении доминирующих видов. // Тр. Тебердинск. Гос. Биосферн. Заповедника. – М., 2005. – Вып. 30. – С. 105–114.
4. Воробьева Ф.М. Растительность альпийского пояса Тебердинского заповедника // Тр. Тебердинск. гос. биосферн. заповедника. – Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1977. – Вып. 9. – С. 27–87.
5. Гогина Е.Е. Семенное возобновление некоторых эдификаторов высокогорных лугов Юга – Осетии // Ботан. журн., 1960. – Т. 45. – № 1. – С. 131–139.
6. Елумеева Т.Г. Влияние удаления доминирующих видов *Festuca varia* Haenke и *Nardus stricta* L. на состав пестроовсянищевого луга. // Тр. Тебердинск. гос. биосферн. заповедника. – М., 2004. – Вып. 21. – С. 55–61.
7. Елумеева Т.Г., Аксенова А.А., Онипченко В.Г. Изучение конкуренции в высокогорных фитоценозах: эксперименты с удалением групп видов на альпийских лишайниковых пустошах Тебердинского заповедника // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. биол., 2003. – Т. 108. – № 2. – С. 55–60.
8. Захаров А.А. Динамика альпийских ковров в естественных и экспериментальных условиях: Дипломная работа. – М., МГУ, каф. геоботаники, (рукопись), 2001.
9. Захаров А.А., Эбзеева М.А., Онипченко В.Г. Естественная динамика альпийских ковров // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. биол., 2001. – Т. 106. – № 5. – С. 74–81.
10. Герасимова М.А., Кривега М.Н., Егоров А.В. Связь высокогорных растений со свойствами почв в растительных сообществах Тебердинского заповедника // Тр. Тебердинск. гос. биосферн. заповедника. – М., 2004. – Вып. 21. – С. 95–112.
11. Наринян С.Г. Альпийские ковры Кавказа как особый тип растительного покрова (вопросы их

- генезисаи классификации) // Тр. Ботан. ин-т АН АрмССР. – Ереван, 1962. – Т. 13. – С. 5–27.
12. Онипченко В.Г. Фитомасса альпийских сообществ северо-западного Кавказа // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. биол., 1990. – Т. 95. – № 6. – С. 52–62.
  13. Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология. – М., 1998. – С. 240.
  14. Седельников В.П. Флора и растительность высокогорий Кузнецкого Алатау – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 168.
  15. Чередниченко О.В. Экспериментальная оценка роли доминирующих видов в формировании структуры гераниево-копеечниковых лугов // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. биол., 2003. – Т. 108. – № 4. – С. 37–44.
  16. Эбзеева М.А. Экспериментальное удаление доминантов в фитоценозах альпийских ковров в ТГБЗ // Алиевские чтения: Тезисы докладов научной сессии преподавателей и аспирантов университета. – Карачаевск: КЧГПУ, 2002. – С. 384–385.
  17. Aarssen L.W., Epp G.A. Neighbour manipulations in natural vegetation: a review // Journal of Vegetation Science, 1990, V.1, No 1, p.13–30.
  18. Abdul-Fatih H.A., Bazzaz F.A. The biology of *Ambrosia trifida* L. I. Influence of species removal on the organization of the plant community // The New Phytologist, 1979, V.83, No 3, p. 813 – 816.
  19. Allen E.B., Forman R.T.T. Plant species removals and old-field community structure and stability // Ecology, 1976, V.57, No 6, p. 1233 – 1243.
  20. Dormann C.F., Brooker R.W. Facilitation and competition in the high Arctic: the importance of the experimental approach // Acta Oecologica, 2002. – v. 23. – № 5. – с. 297 – 301.
  21. Fowler N.L. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions // Annual Review of Ecology and Systematics, 1986, v.17, p. 89 – 110.
  22. Gurevitch J. et. al. A meta-analysis of field experiments on competition // American Naturalist, 1992, V.140, No 4, p. 539–572.
  23. Gurevitch J., Collins S.L. Experimental manipulation of natural plant communities // Trends in Ecology and Evolution, 1994, V.9, No 3, p. 94 – 98.
  24. Pinder J.E.III. Effects of species removal on an old-field plant community // Ecology, 1975, V.56, No 3, p. 747 – 751.
  25. Hils M.H., Vancat J.L. Species removals from a first-year old-field plant community // Ecology, 1982, V.63, No 3, p. 705 – 711.
  26. Jonasson S. Plant responses to fertilization and species removal in tundra related to community structure and clonality // Oikos, 1992. – v. 63. – p. 420 – 429.
  27. Onipchenko V.G., Rabotnova M.V. Natural «gaps» in alpine meadows and plant population strategies // Experimental investigation of alpine plant communities in the Northwestern Caucasus / Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rybel, in Zürich / Onipchenko V.G., Blinnikov M.S. (eds.). Zürich, 1994. p.83 – 88.
  28. Owen W. R. Growth and reproduction in an alpine cushion plant: *Astragalus kentrophyta* var. *implexus* // Great Basin Naturalist, 1995, v. 55, №2, p. 117 – 123.

---

---

**Н.И. Бондарева, А.П. Трунова**  
Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь

## ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЭМБРИОНОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕГО ФАКТОРА

*Основной целью экспериментальной работы явилось цитохимических показателей крови развивающихся эмбрионов лабораторных животных и птиц в качестве индикатора экологического неблагополучия под влиянием специфической сенсibilизации.*

*Результаты, полученные в ходе экспериментальной работы по выявлению динамики концентрации катионных белков в нейтрофилах крови эмбрионов под воздействием амброзийного антигена, подтверждают, что этот фермент может использоваться как высокочувствительный показатель для оценки степени экологического неблагополучия как для птиц, так и для млекопитающих. Возможность применения для этих целей миелопероксидазы не подтверждена.*

Число сообщений об изучении организма в эмбриональный период развития крайне многочисленно. Однако эти сообщения сводятся преимущественно к морфологическому исследованию, чаще всего с учетом особенностей роста и развития, с использованием морфометрических или гистологических методов. Такой подход не всегда позволяет выявить ранние признаки нарушений.

Среди показателей, которые исследуются у эмбрионов, по нашему мнению, необходимо выделить цитохимический анализ крови. Благодаря применению цитохимического анализа возможно сопоставление активности ферментов, изменение которых является очень чувствительным показателем динамики метаболизма в развивающемся организме. Это является отличительной чертой данного вида анализа, применяемого на тканевом и клеточном уровне. Указанные показатели позволяют судить о механизмах развития как физиологического процесса, так и патологической реакции. Рациональность цитохимических методов заключается в определении степени отклонения метаболического статуса клеток крови от нормы или при определенной форме заболевания. При повышении или понижении активности ферментов можно судить о нарушениях в организме животного на ранних стадиях развития патологического процесса. Существует ряд различных ферментов, наличие или отсутствие которых может свидетельствовать о конкретных патологических изменениях в организме.

Среди белковых структур в развитии многих защитно-приспособительных и патологических процессов важная роль отводится катионным белкам (КБ). Неферментные КБ локализуются только в лизосомах нейтрофильных лейкоцитов и играют важную роль в реализации фагоцитарной функции клеток. В нейтрофильных лейкоцитах выявлены два типа КБ, одни из которых мелкие (специфические), другие – более крупные (азурофильные), доступные для количественного определения под световым микроскопом. Катионным белкам отводится довольно важная роль при развитии защитно-приспособительных и патологических процессов. КБ обладают высокой интралейкоцитарной бактериальной активностью. Помимо этого для них характерна низкая токсичность и незначительная антигенность, кроме того, катионные белки усиливают фагоцитоз. Установлена роль КБ в развитии микроциркуляторных нарушений при воспалении как путем прямого действия на проницаемость

---

---

клеточных и сосудистых мембран, так и путем участия в накоплении лейкоцитов в очаге воспаления.

Миелопероксидаза является одним из основных компонентов наиболее сильной бактерицидной системой организма. Этот фермент совместно с перекисью водорода и ионами галогенов образует мощную антибактериальную систему. Миелопероксидаза локализуется преимущественно в специфической зернистости цитоплазмы гранулоцитов и является маркером клеток миелоидной природы. В живом организме цитохимическое значение имеет только пероксидаза или миелопероксидаза гранул зернистых лейкоцитов (нейтрофилы, эозинофилы и их предшественники). Фермент катализирует расщепление перекиси водорода в клетках. Мелопероксидаза разрушает токсическую перекись водорода, образующуюся внутриклеточно в процессе жизнедеятельности клеток. Фермент способен катализировать реакцию хлорирования находящихся в фагосоме чужеродных белков. Бактерицидный эффект миелопероксидазы связывают и со способностью продуцировать в процессе функционирования высокоактивные бактерицидные агенты  $O_2$  и  $OH$ .

Поэтому наличие или отсутствие вышеназванных ферментов может являться непосредственным маркером гипоксического состояния на ранних стадиях развития, что еще раз подтверждает целесообразность выбора цитохимического метода в качестве биотеста.

Исследовалась ферментативная активность нейтрофилов, как наиболее активных в ферментативном отношении клеток — фагоцитов, реагирующих даже на самые незначительные неблагоприятные воздействия.

Основной целью экспериментальной работы явилось изучение цитохимических показателей крови развивающихся эмбрионов лабораторных животных и птиц в качестве индикатора экологического неблагополучия под влиянием специфической сенсбилизации.

В качестве моделируемого экотоксического воздействия использовали воздействие аллергена пыльцевого амброзии полыннолистной производства ФГУП «НПО «МИКРОГЕН» МЗ РФ.

В качестве экспериментальных объектов были использованы 6 половозрелых самок и 50 эмбрионов крыс линии Вистар, а также 50 куриных эмбрионов.

Использование эмбрионов высших животных для этих целей ограничено по этическим и методическим соображениям. Выбор куриных эмбрионов обусловлен тем, что он является удобной моделью для изучения непосредственного влияния антигена на развивающийся организм, что обусловлено возможностью его введения в любой период эмбриогенеза. Представляет интерес также изучение особенностей течения аллергической реакции у птиц, особенно в связи с возможностью кумуляции аллергенов в желтке.

Крыса является классической моделью плацентарного животного для изучения процессов в системе «мать—плод», в том числе и патологических, поскольку кумуляция аллергенов начинается в период внутриутробного развития [1].

Для работы в лабораторных условиях было создано 2 экспериментальных группы куриных эмбрионов. Первую группу составляли интактные плоды. Эмбрионам второй группы производилось однократное введение антигена в желточный мешок в период интенсивного роста и развития зародыша: 10, 14, 18-е сутки. При этом концентрация антигена составляла 1:100 000, а доза — 0,03 мл. Отбор эмбрионов производился с периодичностью в 18–20 часов после введения антигена. Изучаемые показатели крови опытных животных сравнивали с таковыми показателями

---

---

контрольной группы без введения амброзийного аллергена.

У куриных эмбрионов кровь отбиралась из крупных сосудов эмбриона, а также из сосудов желточного мешка.

В работе были использованы половозрелые самки крыс массой около 140 г. Амброзийный аллерген животным применяли подкожно, так как в возникновении гиперчувствительности замедленного типа важную роль играют липопротеины кожи, что и обуславливает, по-видимому, большую эффективность данного метода введения антигена. В первую группу входили интактные животные, которые не получали амброзийного аллергена. Крыс второй группы сенсibilизировали до скрещивания путем четырехкратного введения 0,1 мл амброзийного аллергена с 0,1 мл адьюванта Фрейнда с трехдневным интервалом, и такую же дозу антигена однократно вводили им на 10-11 сутки беременности. Такое введение обусловлено необходимостью учитывать, что материнский организм может быть сенсibilизирован аллергеном как до беременности, так и на ее сроках. Клиническими наблюдениями за подопытными животными подтверждено наличие сенсibilизирующего эффекта, вызванного введением указанных доз аллергена. У крыс появились ярко выраженные признаки проявления аллергической реакции: затрудненное дыхание, цианоз мордочки, покраснение и шелушение кожи ушей, наблюдалось нарушение общего состояния в виде снижения активности поведения, покраснения и припухлости поверхности кожи, сопровождающееся выпадением шерстяного покрова. При иммунологическом исследовании плазмы крови по выявлению специфического иммуноглобулина Е отмечалась положительная реакция.

Забор крови для исследования активности ферментов у новорожденных крысят осуществляли путем декапитации.

В ходе цитохимического анализа крови куриных эмбрионов и новорожденных крысят применялась методика выявления катионных белков (КБ) по Пигаревскому В.Е. (1981).

При выявлении содержания в нейтрофилах миелопероксидазы применялась методика, предложенная Лили Р. (1969 г.).

По L. Карлов вычислялся средний цитохимический показатель (СЦП), основанный на степени интенсивности реакции [2]. При оценке цитохимических реакций использовались полуколичественные показатели выявления активности энзимов.

При исследовании числа нейтрофилов в крови у эмбрионов крыс и кур как при введении аллергена, так и без него, было установлено, что на ранних стадиях эмбриогенеза наблюдается незначительное их количество вплоть до полного отсутствия в поле зрения. Это свидетельствует о несовершенстве клеточного иммунитета зародышей. Причем количество нейтрофилов у куриных эмбрионов значительно увеличивается на 18 сутки по сравнению с десяти сутками, в среднем на 3–5 в поле зрения.

При исследовании концентрации КБ в имеющихся нейтрофилах крови эмбрионов установлено достоверное уменьшение СЦП опытных групп обоих видов животных.

Так, у эмбрионов крыс в контрольной группе СЦП равен 1,96, тогда как у сенсibilизированных СЦП равен 1,55.

В пределах каждой из групп в процессе развития куриных эмбрионов происходит увеличение СЦП: на 10 сутки он составлял 0,04 и 0,01 соответственно. Тогда как на 18 сутки СЦП в контрольной группе равен 1,15, а в опытной – 1,04. Однако у куриных эмбрионов тенденция к уменьшению СЦП в опытной группе по сравне-

---

---

нию с контролем сохраняется на протяжении всего периода развития эмбриона. Эти различия достоверны и составляют от 0,03 на 10 сутки и до 0,11 на 18-е сутки эмбрионального развития, что подтверждает высокую чувствительность теста в процессе развития.

При сравнении данного показателя у разных видов животных в обеих группах замечено, что СЦП катионных белков у эмбрионов крыс значительно выше, чем у куриных эмбрионов. Таким образом, КБ эмбрионов могут использоваться в качестве достоверного показателя при экобиотестировании.

В ходе проведения цитохимического исследования нейтрофилов крови в контрольной и опытной группах куриных эмбрионов гранул МПО не обнаружено.

Аналогичные результаты были получены и при исследовании крови эмбрионов крыс опытной группы, а в контрольной группе были обнаружены единичные клетки нейтрофилов, содержащие гранулы МПО.

Таким образом, результаты, полученные в ходе экспериментальной работы по выявлению динамики концентрации катионных белков в нейтрофилах крови эмбрионов под воздействием амброзийного антигена, подтверждают, что этот фермент может использоваться как высокочувствительный показатель для оценки степени экологического неблагополучия как для птиц, так и для млекопитающих. Возможность применения для этих целей миелопероксидазы не подтверждена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздова, Л.И. Морфологический мониторинг техногенного загрязнения / Л.И. Дроздова, О.В. Виноградова // Биотехнология, экология, охрана окружающей среды: Сб. науч. трудов. – М., 2005. – С. 134–137.
2. Локтев Н.А. Практическая цитохимия / Н.А. Локтев. – Ставрополь, 2001. – С. 155.

---

---

**Д.А. Арешидзе, Л.Д. Тимченко,  
Н.Н. Сивакова, Т.М. Макарова, Е.Л. Тинькова**  
Московский государственный областной университет, г. Москва  
Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь  
Ставропольская государственная медицинская академия, г. Ставрополь  
Ставропольский государственный педагогический институт, г. Ставрополь

### Принципиальный подход к формированию экспериментальных групп при изучении онтогенетических преобразований в организме человека (аналитический обзор проблемы)

Познание тех или иных морфофункциональных перестроек, связанных с возрастом и периодом онтогенеза, являет собой концептуальную основу для понимания многих жизненно важных процессов на различных этапах развития живых организмов с учетом их физиологического состояния.

Методологической основой для изучения возрастных особенностей того или иного структурного или функционального показателя является рациональное формирование экспериментальных групп, предусматривающее их подбор по принципу максимальной аналогии с учетом конституции, физиологического состояния, роста, веса и, обязательно, возраста. Причем отбор испытуемых по возрастным признакам не только имеет принципиальное значение, но и должен осуществляться строго в связи с понятиями возрастной физиологии. С этих позиций объяснимы как общие отличия, свойственные той или иной возрастной группе людей, так и достаточно специфичные индивидуальные особенности отдельного организма, связанные с закономерностями его роста и развития и изучаемые в рамках одного и того же для всей возрастной группы календарного периода.

Изменчивость и происхождение ее у человека не утратили своей актуальности, так как до настоящего времени не выявлены причины различных состояний организма на протяжении жизни. Нет убедительного ответа на вопрос, почему развивается функциональная недостаточность, а иногда и патология внутренних органов в период интенсивного роста тела. Большинство отечественных и зарубежных ученых активацию роста, гипертрофию и регенерацию органов объясняют функциональным запросом, но не вскрывают происхождения этого запроса.

К сожалению, общепризнанные иерархические уровни человека выявлялись не с позиции единства и борьбы противоположностей, а исходя из топографических, функциональных или структурных особенностей. Исследования А.К. Макарова, осуществляемые с 1972 по 1996 г. позволили установить, что структура и функция косвенно отражают антагонистические взаимоотношения элементов органа и перемененно зависят друг от друга. Поэтому для понимания происхождения изменчивости человека необходимо, прежде всего, определить, какие образования находятся в состоянии антагонизма на каждом иерархическом уровне, чем проявляется этот антагонизм и как он влияет на развитие изменчивости.

На организменном уровне организации человека (мужчины и женщины) к антагонистическим образованиям относятся тело и внутренности. Сопоставление циклов роста тела в длину с циклами роста внутренних органов вскрыло противоположное состояние их. Фазы интенсивного роста тела в длину соответствуют фазам истощения и разрушения внутренностей. Резкое снижение функциональной потенции внутренних органов, развивающееся в фазу истощения и разрушения их, перво-



---

---

начально затормаживает, а затем полностью останавливает рост тела – то есть внутренности выступают в качестве тормоза, а затем и ограничителя роста тела. В свою очередь, остановка роста тела создает благоприятные условия для развития нового цикла роста внутренних органов. Эти антагонистические взаимоотношения тела с внутренностями выявляются у мужчин и женщин, но регистрируются в разные возрастные периоды. Например, в юношеском возрасте (17–21 год) у мужчин рост тела достигает максимального пика, а рост внутренностей – минимального, то есть внутренние органы в этот период находятся в состоянии разрушения и резкого снижения их функций. У женщин в данном возрасте выявляются противоположные процессы [6].

Тело и внутренности при отдельном рассмотрении их также выступают как самостоятельные самоорганизующиеся системы с присущими им антагонистическими преобразованиями. В теле такими образованиями являются костно-суставной аппарат и мышечная система с ее вспомогательным аппаратом. Установлено, что периоды нарастания массы и силы мышц соответствуют периодам остановки роста скелета и подготовки его структурных элементов к новому циклу роста и обновления. В свою очередь, периоды интенсивного роста костей в длину совпадают с периодами наибольшей слабости и перестройки мышечной системы. Во внутренних органах к антагонистическим образованиям относятся системы, обеспечивающие переработку, транспортировку питательных веществ, и системы, удаляющие из организма продукты обмена. На уровне систем органов в противоречивом отношении находятся отдельные органы или их группы [3, 6, 8].

В соответствии с концепцией циклической изменчивости А.К. Макарова на органном уровне организации подсистем организма антагонистическими элементами являются паренхима и соединительнотканый остов (СТО). Противоречивые отношения между паренхимой и СТО органов легко выявляются путем регистрации величин тканевого давления (ТД) и сопоставления этих величин с результатами морфологических, гистохимических, радиоизотопных, биохимических, клинических методов исследования. Изучение элементов СТО и паренхимы как самостоятельных образований позволило выявить в каждом из них структуры, находящиеся в состоянии антагонизма. В СТО к антагонистическим структурам относятся две группы образований. Первая группа включает оболочечные образования (капсула органа, оболочки долей, долек), вторая – межоболочечную соединительную ткань (междолевая, междольковая, внутридольковая). В паренхиме, как целостном образовании, антагонистическими элементами являются ее структурно-функциональные единицы (ацинусы в легком, слюнных, поджелудочной, предстательной железах, фолликулы в щитовидной железе, мышечные пучки в мышцах и пр.). В основе противоречивых отношений между соседними структурно-функциональными единицами паренхимы органов лежит борьба за пространство и условия обеспечения всем необходимым. В основе изменчивости каждой структурной единицы паренхимы, как самостоятельных образований, находятся антагонистические отношения между тканями, входящими в их состав.

На тканевом уровне организации организма человека в антагонистических отношениях находятся клетки. Вопросу межклеточных взаимоотношений посвящено большое количество фундаментальных исследований, позволивших целенаправленно изменять дифференцировку клеток и разработать способы регуляции скорости деления их в разных тканях [1, 5, 6]. На клеточном уровне организации в антагонистических взаимоотношениях находятся субклеточные структуры, вопросу взаимоотношения которых также посвящено достаточное количество научных исследований.

---

---

В свете вышеизложенного представляется важным понимание сущности роста и развития как двух сторон единого процесса изменения организма во времени, с момента рождения и на протяжении всей жизни [7], подчиняющихся определенным закономерностям: непрерывности, дифференциации и интеграции частей тела и функций организма, которые могут оптимально функционировать лишь при условии его целостности, эндогенности (естественной потребности организма в достижении взрослого состояния), необратимости и последовательности развития, с прохождением ряда обязательных этапов, одного за другим. С позиций рассматриваемого вопроса крайне важными характеристиками, на наш взгляд, является также цикличность, индивидуальность и гетерохрония онтогенетических преобразований. Очевидно, именно эти закономерности обуславливают в процессе онтогенеза различие темпов развития тех или иных органов и систем, со сменой периодов активизации и спада уровня физиологических процессов и функциональной зрелости структурных компонентов. По-видимому, именно совокупность и сочетаемость этих закономерностей во времени обуславливает наличие так называемых критических периодов или рубежей развития. Изучению таких периодов у человека и животных посвящено достаточно много работ известных исследователей [1, 4, 5, 6, 8, 9]. Тем не менее нет единого мнения в определении конкретных сроков критических периодов для биологических систем, особенно в зрелом возрасте. Это, на наш взгляд, во многом связано с несовершенством отбора возрастных групп при их исследовании. Как правило, в большинстве случаев при подборе экспериментальных групп учитывается календарный возраст исследуемых индивидуумов, а не биологический. При этом более или менее достоверные сведения получены, очевидно, тогда, когда в группу для исследований случайно попадают люди с достаточно близкими характеристиками биологического возраста.

Возраст — это не только определенный этап психолого-биологического развития, достигнутый человеком в ходе онтогенеза, но и что особенно важно для социально-психологического, личностного и процессуально-психологического уровней — итог пройденного социального пути, завоевания новых социальных ролей. Вот почему возрастные изменения индивида и личности следует рассматривать с учетом двух систем факторов — генетико-экологической и деятельностно-социальной. Первая рассматривает процесс развития как реализацию генетически запрограммированного фактора в конкретных экологических условиях. Если генетические влияния себя проявляют, то их выраженность остается примерно одинаковой для всех зависимых свойств и качеств. Однако, по другим данным, с переходом от нижерасположенного уровня к высшему роль генетических факторов уменьшается. С учетом роли генетико-экологических факторов, процесс развития совершается эндогенно (среда определяет лишь его темп), постепенно, необратимо, синхронно и циклично.

Деятельностно-социальная система влияний определяется родом, деятельностью и социальной позицией человека. С учетом роли этих факторов процесс развития может экзогенно стимулироваться, совершаться скачкообразно, обратимо и асинхронно в разных своих звеньях. Первый комплекс правил проявляет себя на иерархически низших, биологически зависимых; второй — высших, социально опосредованных уровнях организации человека. В этом проявлении диалектического закона о единстве и борьбе противоположностей кроется причина расхождения показателей хронологического, биологического и психологического возраста, что служит скорее не исключением, а правилом.

Каждый возрастной период жизни отличается своеобразием сочетания психичес-

ких свойств, характеризуемым их взаимосвязанностью, избыточностью и цельностью. Таковы основные принципы системной концепции психики. Концепция интегральной индивидуальности также основана на системном подходе [2].

На стыке возрастных периодов, когда исчерпал себя один мотив, но не набрал пока должной силы другой, возникают так называемые возрастные кризисы, среди которых наиболее значимы происходящие в 3, 7 лет, в подростковом возрасте и около 40 лет («кризис середины жизни»). В эти моменты времени (их протяженность у взрослого может быть значительной) поведение и эмоции человека менее контролируемы, общение с ним затруднено, а самооценка личности искажается. Человек вступает в период разлада с самим собой и окружающими. Нейрофизиологическим механизмом этого явления может служить снижение коркового контроля поведения и «бунт подкорки», что внешне нередко (особенно у детей) выражается немотивированным упрямством и непровоцированной агрессивностью.

Эти периоды не совпадают с сенситивными (критическими). Последние служат временем снижения наследственного контроля за формированием определенных признаков при большей восприимчивости организма к внешним воздействиям и поэтому — лучшей воспитываемости свойств организма при правильно организованном педагогическом процессе. Однако избыточное стимулирование организма внешними воздействиями наносит ущерб становлению данной структурно-функциональной особенности и организма в целом. К такого рода моментам человеческой жизни относится период полового созревания, характеризующийся большей «пластичностью» многих биопсихических характеристик индивида и личности. Механизмы и факторы соматического роста и развития организма, механизмы этих процессов и факторы, их обуславливающие, хорошо прослеживаются на примере акселерации (ретардации) развития.

Таким образом, анализ исследований в данной области дает основание считать, что при проведении биологических экспериментов, для формирования экспериментальных групп, полностью отвечающих принципу аналогов, одним из основных критериев их отбора, связанных с возрастной изменчивостью, служит не только одинаковый календарный возраст, но и одинаковая интенсивность развития, то есть биологический возраст — одна из фундаментальных характеристик, понятие которой тесно связано с темпами индивидуального развития, созревания и старения организма [7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Шахламов В.А. Ультраструктурные основы патологии клетки. М., 1979.
2. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Учение о здоровье и проблемы адаптации (Теория и практика валеологических исследований). — Москва; Ставрополь, 2000.
3. Аршавский И.А. Очерки по возрастной физиологии. АМН СССР. — М.: Медицина, 1967.
4. Кахана М.С., Мельник Б.Е. Фазы онтогенеза, гипоталамус и процесс старения. — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1975.
5. Макаров А.К., Сенькова Т.М. Технология и практическая необходимость определения фаз циклических преобразований висцеральных органов в онтогенезе // Экология и здоровье человека: Матер. межрегиональной научно-практ. конф. — Ставрополь, 1998.
6. Макаров А.К., Макарова Т.М. Проблемы возрастной периодизации и выявления критических периодов жизни в свете концепции происхождения изменчивости // Здоровье — системное качество человека: Сб. тр. научно-практ. конф. — Ставрополь, 1999.
7. Маляренко Т.Н., Кураев Г.В., Маляренко Ю.Е. Возрастная физиология / 2-е изд., перераб. и доп. — М., 2000.
8. Саркисов Д.С. Очерки по структурным основам гомеостаза. — М., 1977.
9. Тельцов Л.П., Ильин П.А., Шашанов И.Р. Периодизация развития и практика выращивания крупного рогатого скота при интенсивной технологии // Возрастная и экологическая морфология животных в условиях интенсивного животноводства: Сб. научн. тр. — Ульяновск, 1987.

### Эффективность гумата калия в зависимости от уровня азотного питания моркови

*Рассмотрены вопросы эффективного использования гумата калия для улучшения посевного качества семян моркови; уточнена технология применения на посевах; установлено действие гумата калия при возрастающих дозах внесения азотных удобрений и эффект взаимодействия при совместном применении.*

Между почвой и произрастающими на ней сельскохозяйственными растениями возникают многосторонние воздействия в процессе вегетации. Разные культуры для нормального роста и развития требуют неодинаковые условия питания, водного и воздушного режима почв. Удовлетворить растения в полной мере в элементах питания можно разным внесением удобрений [3]. Удобрения являются мощным средством повышения урожайности при рациональном их применении.

Данные научных учреждений и практика передовых хозяйств показывает, что на дерново-подзолистых почвах использование минеральных удобрений позволяет получить прибавку урожая до 30% и более [1].

При этом нельзя забывать о том, что низкие дозы минеральных удобрений не обеспечивают желаемых результатов, а избыточное внесение экономически не оправдано, и кроме того, может привести к ухудшению качества продукции, повышению содержания нитратов.

Одним из основных элементов питания растений является азот, которому принадлежит особое место в жизни растений. Д.Н. Прянишников еще в середине XX в. писал, что главным условием, определяющим среднюю урожайность в разные эпохи, была обеспеченность сельскохозяйственных растений азотом. В то же время, избыточное внесение азота может привести к накоплению нитратов продукции.

Исследованиями последних лет было показано, что улучшить экологическую ситуацию и получить продукцию высокого качества возможно путем рациональных способов применения удобрений.

В последние годы большое влияние уделяется использованию гуминовых препаратов, которые характеризуются высокой физиологической активностью. Они не токсичны, остаточных количеств в растениях не обнаруживают [2].

Гуматы влияют на общий ход обмена веществ в растениях и на процессы роста. Под их влиянием в растениях усиливается азотный, фосфорный, калийный и углеродный обмен. Усвоение растениями легко растворимых азотных удобрений под действием гуматов увеличивается [4], это, в свою очередь, позволяет уменьшить дозу вносимых азотных удобрений.

В связи с этим основной целью наших исследований было изучение эффективности гумата калия при разных уровнях азотного питания на рост развитие и продуктивность растений. В качестве основного объекта исследований были взяты растения моркови.

Для изучения действия гумата калия при разных дозах внесения азотных удобрений и эффективности их совместного применения в схему опыта были включены варианты с внесением доз азота: 0,5, 1,0, 1 (рекомендованной) дозы. За эталон взят фон удобрений на уровне рекомендованных доз для дерново-подзолистых почв

---

---

Центрального региона России ( $N_{60}P_{80}K_{100}$ ). В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру.

Система внесения удобрений включает основные припосевные, а также подкормки в период вегетации. В связи с этим при закладке опыта 50% удобрений было внесено при обработке почвы перед посевом. Остальная часть была использована в виде подкормок, в период вегетации.

Для того чтобы оценить действие гумата калия, в течение вегетации проводили наблюдения за ростом и развитием растений моркови, фиксировали наступление основных фаз.

Биометрические измерения проводили через каждые 20 дней. В фазу пучковой зрелости и при уборке урожая определяли длину, диаметр, среднюю массу корнеплода.

Изучая структуру урожая, выделяли следующие фракции корнеплодов:

крупные – корнеплоды массой более 100 г.

средние – корнеплоды массой 80–90 г.

мелкие – корнеплоды массой менее 70 г.

Содержание нитратов определяли в корнеплодах моркови в фазу пучковой зрелости и при уборке урожая.

На первом этапе исследований было изучено влияние гумата калия на посевные качества семян моркови. Серия лабораторных и лабораторно-полевых опытов показала, что использование гумата калия для замачивания семян перед посевом позволяет повысить энергию прорастания, лабораторную и полевую всхожесть на 20–30%. Наиболее эффективно использование гумата для семян, обладающих низкой первоначальной всхожестью 46–60%, что нередко для семян моркови.

В целом обработка семян позволяет получить более дружные всходы и ускоряет появление массовых всходов как минимум на 4–5 дней.

В дальнейшем гумат оказывает стимулирующее действие, и в течение первых 1–1,5 месяца отмечено более интенсивное развитие опытных растений. В фазу появления первого настоящего листа растения, семена которых были обработаны гуматом калия вступили на 2–4 дня, а в фазу пучковой зрелости, на 6 дней раньше контрольных.

Затем влияние гумата снижается и растения в дальнейшем практически сравниваются в своем развитии. В тоже время даже однократное применение гумата для предпосевной подготовки семян позволило повысить урожайность корнеплодов на 29% в сравнении с контролем.

Более высокую эффективность гумат калия проявляет при сочетании предпосевной обработки семян и последующим опрыскиванием или поливом растений в период вегетации.

Результаты исследований показывают, что комплексное применение гумата – обработка семян и двукратный полив растений в первый период вегетации – привело к более быстрым темпам роста наземной массы и корнеплодов.

Высота надземной части растений при каждом измерении была на 2,0–4,5 см выше, чем в вариантах с однократным применением гумата, (обработки семян), и на 3–5,5 см выше, чем в контроле.

Двукратный полив растений моркови раствором гумата калия оказал стимулирующее действие на рост корнеплодов как в фазу пучковой зрелости, так и в фазу технической спелости (табл. 1).

Таблица 1

*Влияние гумата калия на продуктивность моркови*

№	Вариант	Способ применения	Средняя масса корнеплода, г	Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Прибавка урожая к контролю	
					кг/м <sup>2</sup>	%
1.	Контроль	Обработка семян водой	71,4	3,1 ± 0,4	0,0	100,0
2.	Гумат калия	Обработка семян	80,0	4,0 ± 0,3	0,9	129,0
3.	Гумат калия	Обработка семян + полив растений	90,0	4,4 ± 0,3	1,3	142,0

Средняя масса корнеплода при комплексном применении гумата калия составила 90,0 г, что на 18,6 г больше, чем в контроле и на 10,0 г выше, чем в варианте 2.

Комплексное использование гумата повысило урожайность в сравнении с однократным применением на 0,4 кг/м<sup>2</sup> или 11,0 %, а в сравнении с контролем на 42,0%.

Кроме этого, улучшилось качество урожая. Большинство корнеплодов было отнесено к средней фракции, увеличился выход крупной фракции, а доля мелкой снизилась и составила 10–12,5 %.

Таким образом, результаты исследований позволили установить, что использование гумата калия на посевах моркови – это эффективный прием, позволяющий повысить продуктивность растений. Лучший эффект достигнут при комплексном использовании гумата калия: обработка семян и двукратный полив растений в период вегетации.

Именно эту технологию применения гумата мы использовали на следующем этапе исследований, где провели изучение действия гумата калия при возрастающих дозах внесения азота.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений показали, что использование гумата калия при всех дозах внесения азота оказывает стимулирующее действие. Практически все фазы роста и развития наступали раньше, чем в контроле, где фон удобрений был на уровне рекомендованного для дерново-подзолистых почв. Массовые всходы, первый настоящий лист появились на 2–4 дня раньше. В стадию пучковой зрелости корнеплоды вступили на 8–10 дней раньше. Отмечено более мощное развитие надземной массы. Причем в варианте, где использовали низкие дозы азота – 0,5, развитие растений шло на том же уровне, что и при внесении однократной дозы азота. Следовательно, использование гумата калия позволяет снизить дозы внесения азотных удобрений без ущерба для растений. Этот вывод подтверждают и биометрические измерения. Наиболее ярко роль гумата видна при сравнении вариантов 1, 2, 3. Использование 0,5 и 1,0 доз азота в сочетании с гуматом усиливает развитие не только надземной массы, но и корнеплодов. Длина корнеплодов в пучковой зрелости на 0,5–1 см больше, чем в контроле, а при уборке разница составляет 2,8–4 см, что позволяет получить крупные корнеплоды.

## Влияние гумата калия и азотного питания на продуктивность моркови

Вариант	Доза внесения удобрений	Средняя масса корнеплода	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю	
				кг/м <sup>2</sup>	%
1. Контроль	N <sub>1,0</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub>	83,3	4,3 ± 0,4	0,0	100,0
2. Гумат калия	N <sub>0,5</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub>	104,5	4,9 ± 0,3	0,6	114,0
3. Гумат калия	N <sub>1,0</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub>	142,5	6,0 ± 0,5	1,7	140,0
4. Гумат калия	N <sub>1,5</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub>	175,6	7,0 ± 0,5	2,7	163,0

Результаты исследований, приведенные в таблице 2, позволяют сделать ряд выводов.

Во-первых, четко прослеживается связь между уровнем азотного питания и урожайностью растений моркови. Увеличивая дозы азота закономерно увеличивается средняя масса корнеплодов с 104,5 до 175,6 г. Общая урожайность увеличивается с 4,9 до 7,0 кг/м<sup>2</sup>.

Во-вторых, сравнивая два варианта с одинаковым фоном удобрений – контроль и опытный вариант, где использовали гумат калия, четко прослеживается влияние гумата.

За счет внесения гумата калия урожайность увеличивается на 40,0 %, изменяется фракционный состав урожая. В структуре урожая преобладают крупные корнеплоды массой более 100 г. Их доля в урожае составила 75,0 %, остальные корнеплоды имели среднюю массу около 85–90 г и были отнесены к средней фракции. В целом средняя масса корнеплода составила 142,5 г.

В контроле средняя масса корнеплода была в 1,7 раза ниже. В структуре урожая были 22,0 % корнеплодов отнесены к мелкой фракции, крупная фракция составила лишь 16,0%.

Следовательно, использование гумата позволяет усилить действие азотных удобрений, повысить коэффициент их полезного действия и тем самым повысить продуктивность растений моркови.

Под действием гуматов усвоение растениями азотных удобрений увеличивается, что позволяет снизить дозы их внесения в почву.

Сравнивая данные вариантов 1 и 2 видно, что даже при снижении дозы азота в 2 раза по сравнению с рекомендованной гумат, усиливая действие азота, позволяет получить более высокий урожай. Продуктивность растений увеличивается на 14,0%.

Следовательно, использование гумата калия на посевах моркови на фоне внесения удобрений позволяет не только повысить урожайность, но и в 2 раза снизить дозы внесения азотных удобрений. Тем самым, используя гуматы, можно решить одну из проблем растениеводства – эффективное усвоение минеральных удобрений, в частности азотных.

Благотворно влияют гуматы не только на количественные показатели роста, развития и продуктивности растений, но и на качество растительной продукции. Как показали опыты, под влиянием гуматов снижается содержание нитратов в корнеплодах моркови как в фазу пучковой, так и товарной зрелости.

Во всех вариантах содержание нитратов в корнеплодах не превышало ПДК и колебалось в пределах 27,1–47,0 мг/кг. Только в варианте, где использовали повышенные дозы азота, содержание нитратов в фазу пучковой зрелости достигло значений 311,0 мг/кг, при допустимом содержании нитратов в эту фазу 400 мг/кг. К моменту уборки урожая содержание нитратов снизилось до 26,5 мг/кг.

---

---

В целом, анализируя полученные данные, можно отметить положительное влияние гумата калия. В сравнении с контролем содержание нитратов снижается до 21,0–23,1 мг/кг, в то время как в контроле этот показатель составляет 26,6–27,1 мг/кг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.
2. Були В.А. Исследование биологической активности гуматов на сельскохозяйственных культурах / В. А. Були, А. А. Антонова, Н. А. Олейник // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. – № 5.
3. Литвинов С.С. Проблемы экологизации овощеводства России. / С.С. Литвинов. – М: Изд. Рос-сельхозакадемия. – 1998.
4. Мотовилова Л.В. Гуматы - экологически чистые стимуляторы роста и развития растений / Л.В. Мотовилова, О.Н. Берман, О.В. Скворцов // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. – № 5.



---

---

**А.П. Дубровин, Т.А. Снисаренко**

*Московский государственный областной университет, г. Москва*

### **Проблемы адаптации некоторых ядовитых растений Московской области**

*Рассмотрены проблемы адаптации, проведен систематический анализ некоторых ядовитых растений Сергиево-Посадского района Московской области.*

Проблемы адаптации живых систем к меняющимся условиям внешней среды, особенно в последние годы, обрели большую актуальность. Адаптация – способность биологических систем к сохранению высокого уровня ее функционирования в условиях воздействия изменяющихся факторов среды путем регулирования своих внутренних параметров.

При изменении условий среды растения отвечают на внешние воздействия комплексом приспособительных реакций. В процессе естественного отбора формировались различные механизмы приспособленности растительных организмов. Процесс адаптации или адаптогенез – это сравнительно медленный процесс и, по сути, является следствием эволюционного процесса. Адаптация затрагивает многие морфологические особенности растения и его физиологические функции. Как полагает Д.М. Гродзинский в морфологических, физиологических и метаболических адаптационных приспособлениях можно условно выделить две группы явлений: приспособления, обеспечивающие оптимальное протекание основных жизненных процессов в данных условиях местообитания (активная адаптация), и приспособления специального предназначения, выполняющие защитную функцию (пассивная адаптация) [2].

Ядовитые растения способны стать причиной отравления, но в малых дозах могут обладать лекарственными свойствами. Отравления людей ими происходит от незнания, особенно часто страдают дети от их любопытства и желания все попробовать самим: красивые ягоды на кустарниках и травах, растения, напоминающие культурные, растущие в огородах. Возможность отравлений ядовитыми растениями еще связана с тем, что они часто применяются как лекарственные растения в народной медицине. Кроме этого поедание животными ядовитых трав приводит часто к их гибели или тяжелым заболеваниям, а мясо этих животных, попавшее в пищу человека в свою очередь вызывает отравления. Поэтому необходимо знать, какие растения обладают ядовитыми свойствами, где они произрастают, какие части растений и когда особенно ядовиты. Но в то же время не нужно забывать, что эти растения одновременно могут быть лекарственными и нуждаться в охране [6, 7].

Целью наших исследований явилось изучение распространения, экологии и биологических особенностей ядовитых растений Сергиево-Посадского района. Из всех многочисленных представителей флоры на долю ядовитых приходится не более 1 тыс. видов, большую часть из которых составляют покрытосеменные. Один из способов не быть съеденным – это стать несъедобным – токсическая защита. Токсическая защита является главной среди таких оборонительных стратегий растений как вооруженность иглами, мощная восковая кутикула, интенсивное нарастание побегов и т.д. Горький вкус, резкий неприятный запах, повышенное содержание гликозидов, сапонинов и других ядовитых, едких или вяжущих веществ – основные средства борьбы за самосохранение у растений. Этот простой принцип широко используется и растениями, и животными. Растения – первичные продуценты в пи-

шевой цепи, и поскольку они не могут передвигаться, их легко поедать. Ядовитые вещества в растениях служат им химической защитой.

Существуют различные классификации ядовитых растений, основанные главным образом на специфике состава или токсического действия биологически активных веществ. Среди всего многообразия ядовитых растений выделяются:

- безусловно ядовитые растения (с подгруппой особо ядовитых);
- условно ядовитые (токсичны лишь в определенных местообитаниях или при неправильном хранении сырья, ферментативном воздействии грибов) [6,7,9].

Нами было исследовано 34 вида ядовитых растений, принадлежащих к 21 семейству, каждое из которых содержит различное число видов и составлен систематический анализ ядовитых растений, обитающих на территории Сергиево-Посадского района Московской области, анализ их жизненных форм, проведена феноценотическая приуроченность этих растений к определенным условиям обитания.

В ходе систематического анализа ядовитых растений флоры Сергиево-Посадского района было установлено, что большинство видов принадлежит к семейству лютиковых, которое содержит 6 видов, что составляет 17,6% от флоры ядовитых растений района. Второе по численности семейство пасленовые, оно содержит 4 вида, что составляет 11,8% от общего числа растений. Наряду с перечисленными семействами доминируют представители семейств: зонтичные и лилейные – по 3 вида, что составляет по 8,8% от общего числа ядовитых растений. Семейства, содержащие 1-2 вида составляют 52,9% от общего числа ядовитых растений.

Ядовитые растения Сергиево-Посадского района относятся к двум типам жизненных форм: кустарники – 4 вида – 11,8% (*Evonymus verrucosus*, *Ledum palustre*, *Daphne mezereum*, *Rhamnus frangula*) и травы – 30 видов – 88,2% от общего числа видов. Из них к многолетним травам относятся 24 вида – 70,6%; к двулетним – 4 вида – 11,8%, и к однолетним – 2 вида – 5,9%.

По фитоценотической приуроченности ядовитые растения распределяются по группам: лесные, луговые, сорные, растения водоемов, побережий и болот (табл. 1).

Таблица 1

Распределение ядовитых растений Сергиево-Посадского района по фитоценотическим группам

№ п/п	Название вида	Фитоценотические группы								
		Лесные			Луговые			Степные	Водоемов, прибрежий и болот	Сорные
		Леса	Кустарники	Опушки	Суходольные	Низинные	Пойменные			
1	<i>Huperzia selago</i>	+								
2	<i>Equisetum heleocharis</i>				+					
3	<i>Dryopteris filix-mas</i>	+								
4	<i>Saponaria officinalis</i>		+	+						
5	<i>Chelidonium majus</i>	+		+						
6	<i>Daphne mezereum</i>	+	+							
7	<i>Actaea spicata</i>	+								
8	<i>Caltha palustris</i>					+	+		+	

9	Trollius europaeus	+		+						
10	Ranunculus scleretus					+	+		+	
11	Ranunculus repens						+		+	
12	Anemone ranunculoides	+		+						
13	Euphorbia waldsteinii (virgata)				+					+
14	Asarum europaeum	+								
15	Nymphaea lutea								+	
16	Urtica dioica									+
17	Melilotus officinalis				+			+		
18	Solanum dulcmaria		+			+	+			
19	Solanum nigrum									+
20	Hyoscyamus niger									+
21	Solanum tuberosum				+					
22	Cicuta virosa					+	+		+	
23	Conium maculatum									+
24	Heracleum sosnowskyi			+	+					+
25	Ledum palustre								+	
26	Hypericum perforatum	+	+	+	+					
27	Rhamnus frangula	+								
28	Evonymus verrucosus	+								
29	Achillea millefolium				+					
30	Tanacetum vulgare		+	+	+					+
31	Convalaria majalis	+	+							
32	Paris quadrofolia	+	+							
33	Poligonatum odoratum	+	+							
34	Calla palustris								+	

Из таблицы 1 видно, что группа лесных растений является доминирующей и составляет 16 видов – 47% от общего числа видов.

Луговые представлены 11 видами – 32,4%.

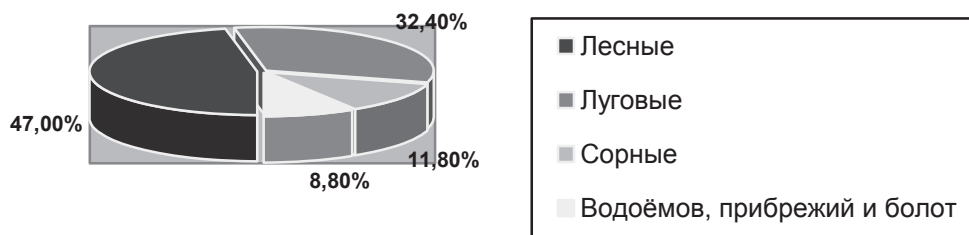
Сорные растения представлены 4 видами – 11,8%.

Группа растений произрастающих в водоемах, прибрежьях и болотах, составляет 3 вида – 8,8% (диаграмма 1).

Следует отметить, что часть растений встречается сразу в нескольких растительных формациях.

Диаграмма 1

Фитоценоотическая приуроченность ядовитых растений



Ядовитые растения Сергиево-Посадского района по отношению к богатству почв можно разделить на две группы: растущие на богатых гумусом – это лесные почвы, бедных – это дерново-подзолистые, болотно-подзолистые, дерново-глеевые почвы.

По отношению к влажности растения подразделяются на 3 группы: гидрофиты, гигрофиты, мезофиты (табл. 2).

Таблица 2

Отношение ядовитых растений к богатству и влажности почвы

№ п/п	Название вида	Плодородие почв		Влажность почв		
		Требовательно	Нетребовательно	Гидрофиты	Гигрофиты	Мезофиты
1.	Huperzia selago	+			+	
2.	Equisetum heleocharis	+				+
3.	Dryopteris filix-mas	+			+	
4.	Saponaria officinalis		+			+
5.	Chelidonium majus		+			+
6.	Daphne mezereum	+				+
7.	Actaea spicata	+				+
8.	Caltha palustris	+			+	
9.	Trollius europaeus	+			+	
10.	Ranunculus scleretus		+		+	
11.	Ranunculus repens		+		+	
12.	Anemone ranunculoides	+				+
13.	Euphorbia waldsteinii (virgata)		+			+
14.	Asarum europaeum	+				+
15.	Nymphaea lutea	+		+		
16.	Urtica dioica		+		+	
17.	Melilotus officinalis		+			+
18.	Solanum dulcamara	+			+	
19.	Solanum nigrum	+				+
20.	Hyoscyamus niger	+			+	
21.	Solanum tuberosum	+			+	
22.	Cicuta virosa		+		+	
23.	Conium maculatum	+				+
24.	Heracleum sosnowskyi		+			+
25.	Ledum palustre		+		+	
26.	Hypericum perforatum		+			+
27.	Rhamnus frangula		+			+
28.	Evonymus verrucosus	+				+
29.	Achillea millefolium		+			+
30.	Tanacetum vulgare	+				+
31.	Convalaria majalis		+		+	
32.	Paris quadrofolia	+			+	
33.	Poligonatum odoratum		+			+
34.	Calla palustris		+	+		

Из таблицы 3 видно, что по отношению к плодородию почв не намного преобладают растения требовательные – 18 видов – 52,9% от общего числа видов, на бедных почвах – 16 видов – 47,1%. По отношению к влажности распространены мезофиты – 18 видов – 52,9%; в меньшем количестве гигрофиты – 14 видов – 41,2%. Гидрофиты составляют – 2 вида – 5,9%

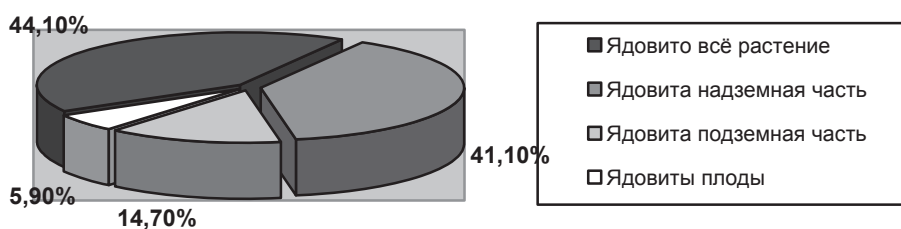
Таблица 3

*Ядовитые органы растений. Распределение ядовитых веществ по органам растений*

№ п/п 1.	Название растения	Ядовитые органы			
		Надземная часть	Подземная часть	Плоды	Ядовито все растение.
1.	<i>Huperzia selago</i>	+			
2.	<i>Equisetum heleocharis</i>				+
3.	<i>Dryopteris filix-mas</i>		+		
4.	<i>Saponaria officinalis</i>				+
5.	<i>Chelidonium majus</i>				+
6.	<i>Daphne mezereum</i>	+		+	
7.	<i>Actaea spicata</i>				+
8.	<i>Caltha palustris</i>	+			
9.	<i>Trollius europaeus</i>		+		
10.	<i>Ranunculus scleretus</i>	+			
11.	<i>Ranunculus repens</i>	+			
12.	<i>Anemone ranunculoides</i>	+			
13.	<i>Euphorbia waldsteinii (virgata)</i>				+
14.	<i>Asarum europaeum</i>		+		
15.	<i>Nymphaea lutea</i>				+
16.	<i>Urtica dioica</i>	+			
17.	<i>Melilotus officinalis</i>	+			
18.	<i>Solanum dulcamara</i>	+		+	
19.	<i>Solanum nigrum</i>	+		+	
20.	<i>Hyoscyamus niger</i>			+	+
21.	<i>Solanum tuberosum</i>			+	
22.	<i>Cicuta virosa</i>				+
23.	<i>Conium maculatum</i>				+
24.	<i>Heracleum sosnowskyi</i>				+
25.	<i>Ledum palustre</i>	+			
26.	<i>Hypericum perforatum</i>	+			
27.	<i>Rhamnus frangula</i>			+	
28.	<i>Evonymus verrucosus</i>				+
29.	<i>Achillea millefolium</i>	+			
30.	<i>Tanacetum vulgare</i>	+			
31.	<i>Convallaria majalis</i>			+	+
32.	<i>Paris quadrofolia</i>			+	+
33.	<i>Poligonatum odoratum</i>				+
34.	<i>Calla palustris</i>				+

Данная таблица может быть представлена в виде диаграммы, отображающей распределение ядовитых частей растений в процентах.

Распределение ядовитых веществ.



Из диаграммы видно, что большинство растений ядовиты полностью – 44,1%; чуть меньше растений с ядовитой надземной частью – 41,1%; группа растений с ядовитой подземной частью составляет – 14,7%; и самая малая доля приходится на ядовитые плоды – 5,9%.

Ядовитые вещества в растениях служат им химической защитой.

Наиболее совершенными и сложными среди растительных токсинов являются алкалоиды цветковых растений. Определенные алкалоиды характерны для определенных семейств. Но ядовитые соединения неалкалоидной природы для растительного мира являются более универсальными, и наличие подобных веществ может быть отмечено у представителей весьма далеких классов.

Из рассматриваемых растений 8 обладают различными алкалоидами (см. табл. 4), гликозиды содержат 8 растений, сапонины содержат 4 растения, органические кислоты содержат 2 растения, эфирные масла содержат 4 растения.

Таблица 4

Содержание токсических веществ у некоторых видов ядовитых растений Московской области

№ п/п	Название растения	Токсические вещества
1.	<i>Huperzia selago</i>	Алкалоиды: селлагин, клаватин, клаватоксин, ликоподин, никотин.
2.	<i>Equisetum heleocharis</i>	Алкалоид палюстрин, также тиаминазоподобные соединения
3.	<i>Dryopteris filix-mas</i>	Алкалоиды, сапонины, флавоновые гликозиды.
4.	<i>Saponaria officinalis</i>	Флавоновый гликозид сапонарин, тритерпеновые сапонины.
5.	<i>Chelidonium majus</i>	Алкалоиды сангвинорин, хелеритрин, хелидонин.
6.	<i>Daphne mezereum</i>	Содержит дитерпеноиды: дафнетоксин, мезерин, кумарины – дафнин, дафнетин.
7.	<i>Actaea spicata</i>	Ядовитые гликозиды и эфирное масло, сапонины и траксаконитовую кислоту
8.	<i>Caltha palustris</i>	Гликозиды.
9.	<i>Trollius europaeus</i>	- // -
10.	<i>Ranunculus scleretus</i>	Гликозиды V-лактоны: ранункулин и протоаке-монин Н- 2,5%, флавокоиды имеются киогенные вещества, отщепляющие при гидролизе синильную кислоту
11.	<i>Ranunculus repens</i>	- // -
12.	<i>Anemone ranunculoides</i>	Х – лактоны, флавоноиды.
13.	<i>Euphorbia waldsteinii (virgata)</i>	Содержит тритерпеноиды (эуфол, эуфорбол), флавоноиды.
14.	<i>Asarum europaeum</i>	Эфирное масло, содержащее азарон, алкалоид азарин, гликозиды.
15.	<i>Nymphaea lutea</i>	Гликозид винцетоксин, сапонины.

16.	<i>Urtica dioica</i>	Муравьиная кислота.
17.	<i>Melilotus officinalis</i>	Ароматический лактон оксикоричной кислоты – кумарин, дикумарин – антагонист витамина К.
18.	<i>Solanum dulcamara</i>	Соланин.
19.	<i>Solanum nigrum</i>	Циноглоссин, холин, консолидин, консолицин.
20.	<i>Hyoscyamus niger</i>	Алкалоиды: гиосциамин (атропин), скопаламин.
21.	<i>Solanum tuberosum</i>	Соланин.
22.	<i>Cicuta virosa</i>	Цикутотоксин. Флавоноиды.
23.	<i>Conium maculatum</i>	Алкалоида конин, конгидрин, псевдоконгидрин.
24.	<i>Hieracleum sosnowskyi</i>	Алкалоиды, тритерпеновые сапониты, флавоноиды.
25.	<i>Ledum palustre</i>	Эфирное масло, содержащее ледол, цимол, гликозид арбутин.
26.	<i>Hypericum perforatum</i>	Эфирное масло
27.	<i>Rhamnus frangula</i>	Антропопроизводные: глюкофрангулин, франгулин. Флавонолы: кверцетин, кемпеферол, цианогликозиды.
28.	<i>Evonymus verrucosus</i>	Гликозид эвономин
29.	<i>Achillea millefolium</i>	Сесквитерпеновый лактон – сантонин.
30.	<i>Tanacetum vulgare</i>	Эфирное масло
31.	<i>Convallaria majalis</i>	Сапонин, конвалларин и сердечные гликозиды.
32.	<i>Paris quadrifolia</i>	Сапонин, конвалларин и сердечные гликозиды.
33.	<i>Poligonatum odoratum</i>	Эфирное масло
34.	<i>Calla palustris</i>	Гликозиды.

Характер почвы и климатические условия могут существенно влиять на накопление яда в растениях. Так, например, одно из самых ядовитых растений – Аконит – в условиях низких температур настолько безвредно, что иногда даже употребляется в пищу. А одно из важнейших кормовых растений – клевер при произрастании в условиях мягкой зимы (с изотермой января выше +5°C) накапливает в молодых побегах значительное количество цианогенных гликозидов (дающих при расщеплении синильную кислоту). Таким образом клевер защищается от уничтожения улитками, проявляющими раннюю активность в условиях теплой зимы. Чем ближе к югу, тем токсичность большинства ядовитых растений возрастает [8].

Яд в различных частях растения распределяется неравномерно. У одних видов большое количество яда скапливается в корнях, у других – в семенах, у третьих – значительной ядовитостью обладают все части растения: стебли, листья, корни, цветки, плоды. Растительные токсины могут концентрироваться и в специализированных органах. Известны примеры узкой локализации фитотоксинов, например, в семядолях растений.

Для каждого вида растений увеличение степени ядовитости наблюдается в определенных фазах развития. У одних видов наибольшее количество ядовитых веществ накапливается до цветения, у других – во время цветения – в надземных частях, у третьих – в период созревания плодов. Однако большинство плодов наиболее токсичны после созревания. В запасующих подземных органах – максимум токсинов сосредоточен в период зимнего покоя (от листопада до распускания листьев). Сезонность содержания токсичных веществ определяется особенностями функционирования различных органов растений в течение годового цикла [6, 8].

Свежее или недавно сорванное растение содержит гораздо больше ядовитых веществ. Высушенное растение с течением времени, характерным для разных видов, теряет свою первоначальную активность. Однако у некоторых ядовитых растений этот процесс идет очень медленно, и даже в высушенном виде они представляют серьезную опасность.

---

---

Яды растений в зависимости от химической природы соединений различаются по избирательности токсического действия, поражая различные системы органов. Часто, особенно в тяжелых случаях, проявляется общее комплексное воздействие на организм, нередко сопровождаемое коллапсом и коматозным состоянием. Избирательно-токсическое действие любого яда выявляется всегда раньше и диагностируется по соответствующей симптоматике, характерной именно для этой группы соединений. Однако во многих растениях присутствует целый комплекс биологически активных веществ различного действия, причем одни из них могут sensibilizировать организм к воздействию других. Сильное раздражение пищеварительного тракта тиогликозидами, сапонинами и некоторыми алкалоидами способствует более интенсивному всасыванию других токсинов. Некоторые токсические вещества обладают кумулятивным действием, постепенно накапливаясь в организме после неоднократного поедания ядовитых растений в течение продолжительного времени. Подобным эффектом обладают токсины эфедры, орляка, наперстянки, свинушки тонкой и др. Такое постепенное накопление пищевых токсинов в организме представляет значительную опасность в связи с не замечаемой на первых порах возможностью отравления, проникновением токсичных веществ во многие системы органов и возникновением стойких длительных расстройств [7].

Иногда поражение биологически активными веществами растений проявляется после воздействия на животный организм ультрафиолетового и длинноволнового излучения. У растений повышается чувствительность покровных тканей к воздействию ультрафиолета, что является примером физиологической адаптации. Такой фотосенсибилизирующий эффект оказывает сок многих борщевиков при наружном попадании, а также он проявляется при поедании животными зверобоя, гречихи, проса, клеверов.

Необходимо отметить, что борьба с естественными зарослями ядовитых растений не всегда оправдана, так как они могут относиться к категории редких и исчезающих (в том числе занесенных в Красную книгу), практически ценных (источники незаменимых веществ, лекарственные, инсектицидные для биологической защиты растений). Многие из них являются полезными компонентами природных экосистем (нектароносы, микоризообразователи — грибы, лекарственные средства для диких животных — мухоморы и др.). Катастрофическое сокращение генофонда и площадей распространения сырьевых растений в результате интенсивного антропогенного воздействия, а также активная борьба с сорной и вредной растительностью заставляют прибегать к созданию специализированных плантаций по разведению некоторых ядовитых растений (спорынья, белена, дурман, скополия, чемерица, наперстянка, секурина и др.). Поэтому вопрос об охране и рациональном использовании всего многообразия ядовитых растений (одновременно с поднятием уровня экологической культуры населения) является весьма актуальным и имеет важное народнохозяйственное значение.

Таким образом, мы можем сделать предварительные выводы о проделанной работе. В Сергиево-Посадском районе обнаружено 34 вида ядовитых растений, принадлежащих к 21 семейству.

1. Было установлено, что большинство видов принадлежит к семейству лютиковых, пасленовых, зонтичных, лилейных.

2. Из жизненных форм преобладают многолетние травы.

3. По фитоценотической приуроченности группа лесных растений доминирует над другими.



---

---

4. Большинство видов ядовитых растений произрастает на почвах, богатых гумусом и являются мезофитами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошилов В.Н и др. Определитель растений Московской области. – М.: Наука, 1966. – 366 с.
2. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. – Киев.: Наукова думка, 1965. – 350 с.
3. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С. Определитель сосудистых растений центра европейской России. – М.: Аргус, 1995. – 560 с.
4. Иноземцев А.А. Живая природа Московской области. – М.: Изд-во Московского пед. ун-та, 2000. – 264 с.
5. Левин В.Н. Сергиево-Посадский район. Окружающая среда. – Сергиев-Посад: Весь Сергиев-Посад, 1997. – 250 с.
6. Складневский Л.Я. Ядовитые растения. – М.: Медицина, 1967. – 190 с.
7. Смирнова А.Д. Ядовитые растения. – Горький: Наука, 1968. – 150 с.
8. Соколов В.С. Алколоидоносные растения СССР. – М–Л.: АН СССР, 1952. – 378 с.
9. Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. – 3-е изд, испр. и доп. – Л.: Изд-во Ленингр. университета, 1980. – 280 с.

---

---

**Ю.Р. Мутыгуллина, Т.А. Снисаренко**  
Московский государственный областной университет, г. Москва

## ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ РОДА ГВОЗДИКА (*DIANTHUS L.*) В ПРЕДКАВКАЗЬЕ

*Рассмотрены проблемы экологической адаптации, составлен экологический спектр видов рода Dianthus L. Предкавказья.*

Род гвоздика (*Dianthus L.*) распространен в зонах умеренного климата. Это одно-, дву- и многолетние травянистые растения и полукустарники семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae Juss.*). В состав рода входит более 300 видов, произрастающих в диком виде в Европе (главным образом в Средиземноморье), Северной Африке и Азии, на территории России произрастает около сотни видов. В Предкавказье встречается всего 15 видов – по степям, лугам, по песчаным местам, на скалах [4].

Проблема изучения и сохранения биоразнообразия в настоящее время является одной из наиболее актуальных и рассматривается в числе приоритетных направлений фундаментальных исследований. Эта проблема включает в себя изучение физиологических и биохимических особенностей растений, рассмотрение вопросов адаптации растений к стрессовым факторам среды.

Крайне неблагоприятные для растений условия характерны для значительной территории земного шара. Приспособленность онтогенеза растений к условиям среды является результатом их эволюционного развития (изменчивости, наследственности, отбора). На протяжении филогенеза каждого вида растений в процессе эволюции выработались определенные потребности индивидуума к условиям существования и приспособленность к занимаемой им экологической нише. Влаголюбие и теневыносливость, жароустойчивость, холодоустойчивость и другие экологические особенности конкретных видов растений сформировались в ходе эволюции в результате длительного действия соответствующих условий. Приспособления у растений формируются под влиянием определенных условий внешней среды. Большое значение имеют и внешние условия онтогенеза растений [7].

Адаптация – это генетически детерминированный процесс формирования защитных систем, обеспечивающих повышение устойчивости и протекание онтогенеза в ранее неблагоприятных для него условиях. Адаптация включает в себя все процессы (анатомические, морфологические, физиологические, поведенческие, популяционные и др.) от самой незначительной реакции организма на изменение внешних или внутренних условий, которая способствует повышению устойчивости, до выживания конкретного вида. Сохранение жизни на Земле является результатом непрерывной адаптации живых существ [11].

Наиболее распространенными неблагоприятными для растений условиями являются засуха, высокие и низкие температуры, избыток или недостаток воды и солей в почве, недостаток кислорода, присутствие в атмосфере вредных веществ, ультрафиолетовая радиация, ионы тяжелых металлов. Для изучаемого нами региона большое адаптационное значение имеют жароустойчивость и засухоустойчивость гвоздик.

Жароустойчивость (жаровыносливость) – способность растений переносить действие высоких температур, перегрев. Это генетически обусловленный признак. Жароустойчивость, особенно в южных районах, означает устойчивость к двум фак-

торам: к высокой температуре и прямой солнечной радиации. Повышенная температура особенно опасна для растений при сильной освещенности. Существует определенная связь между условиями жизни растений и их жароустойчивостью. Чем суше местообитание и чем выше температура воздуха, тем больше жароустойчивость организма.

Жаровыносливые — растения пустынь и сухих мест обитания, выдерживающие нагревание солнечными лучами до 50–65°C. Это такие виды, обитающие в условиях Предкавказья, как *D. imereticus*, *D. arenarius*. Жароустойчивость таких растений во многом определяется повышенными вязкостью цитоплазмы и содержанием связанной воды в клетках, пониженным обменом веществ.

Нежаростойкие — мезофитные растения. Мезофиты открытых мест переносят кратковременное действие температур 40–47°C, затененных мест — около 40–42°C. Многие мезофиты переносят высокую температуру воздуха и избегают перегрева благодаря интенсивной транспирации, снижающей температуру листьев. Более жаростойкие мезофиты отличаются повышенной вязкостью цитоплазмы и усиленным синтезом жаростойких белков-ферментов. К этой группе относится большинство изучаемых нами видов.

Растения выработали систему морфологических и физиологических приспособлений, защищающих их от тепловых повреждений: светлую окраску поверхности, отражающую инсоляцию; складывание листьев; опушение, защищающее от перегрева глубже лежащие ткани; большую толщину кутикулярного слоя; стабилизация метаболических процессов (более жесткая структура мембран, высокое содержание углеводов и малое — воды в цитоплазме); высокая интенсивность фотосинтеза и дыхания и др.

Обычным явлением для многих регионов России, в том числе и для Предкавказья, стали засухи. Засухоустойчивость обусловлена генетически определенной приспособленностью растений к условиям места обитания, а также адаптацией к недостатку воды. Засухоустойчивость выражается в способности растений переносить значительное обезвоживание за счет развития высокого водного потенциала тканей при функциональной сохранности клеточных структур, а также за счет адаптивных морфологических особенностей стебля, листьев, генеративных органов, повышающих их выносливость, толерантность к действию длительной засухи.

По отношению к водному режиму виды рода *Dianthus* L. Предкавказья можно разделить на три экологические группы.

1. Мезофиты — растения, произрастающие в местах со средним увлажнением (*D. kubanensis*, *D. ruprechtii*, *D. capitatus*, *D. caucaseus*). Осмотическое давление клеточного сока у мезофитов 1–1,5 тыс. кПа. Они легко завядают. Эти растения могут выносить кратковременный водный дефицит и перегрев и характеризуются сбалансированным водным обменом. Они обладают большой приспособляемостью к окружающим условиям. В отличие от ксерофитов мезофиты формируют защитные механизмы лишь в ответ на засуху — это онтогенетические адаптации. Поддержание достаточной оводненности тканей — основная задача растений в условиях засухи и может быть решена двумя путями — сокращением потерь воды и увеличением ее поступления из почвы с помощью корневой системы. Сокращение потерь воды достигается несколькими механизмами, реализуемыми на органном и организменном уровнях:

- уменьшение площади листовой поверхности;
- стимуляция роста корневой системы, направленная на усиление поступле-

ния воды;

- уменьшение потерь воды за счет закрытия устьиц;
- аккумуляция низкомолекулярных соединений;
- повышение эффективности использования растением воды и др.

2. Мезоксерофиты – растения, не требовательные к водному режиму и проявляющие признаки, как мезофитов, так и ксерофитов (*D. pseudarmeria*, *D. armeria*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. pallens*, *D. fragrans*) [5].

3. Ксерофиты – растения засушливых мест обитания (*D. imereticus*, *D. arenarius*). Они способны в процессе индивидуального развития приспосабливаться к атмосферной и почвенной засухе. Характерные признаки ксерофитов – незначительные размеры их испаряющей поверхности, а также небольшие размеры надземной части по сравнению с подземной. Эволюционные (филогенетические) адаптации растений-ксерофитов к засухе шли по пути формирования следующих механизмов:

- поддержание необходимой для нормальной жизнедеятельности оводненности тканей;
- развитие приспособлений для нормального течения метаболизма в условиях дегидратации;
- эффективное восстановление (репарация) клеточных структур и функций после сильного обезвоживания.

Все перечисленные механизмы относятся к физиологическим механизмам адаптации, кроме того, существуют и молекулярные механизмы. В растениях существует огромное число регулируемых водным дефицитом генов, кодирующих различные белки: регуляторные (например, транс-факторы), защитные (шапероны), ферменты, обеспечивающие протекание клеточного метаболизма при стрессе, включая гидролазы, ответственные за деградацию поврежденных макромолекул [10]. Интенсивность экспрессии генов водного дефицита может зависеть от специфики тканей и органов, а также от стадии онтогенеза и характера стрессора.

Таким образом, происходящие во время засухи в ходе онтогенеза процессы повышают устойчивость растения и создают предпосылки и условия для репараторных процессов.

По отношению к световому режиму выделяются светолюбивые виды (гелиофиты) и теневыносливые виды. Экологический оптимум гелиофитов находится в области полного солнечного освещения, эти виды распространены преимущественно в степной зоне или на хорошо освещенных склонах (*D. pseudarmeria*, *D. armeria*, *D. pallidiflorus*, *D. imereticus*, *D. polymorphus*, *D. campestris*, *D. arenarius*). Теневыносливые виды экологически пластичны по отношению к свету: растения лучше растут и развиваются при полной освещенности, но хорошо адаптируются и к слабому свету (*D. ruprechtii*, *D. capitatus*, *D. kubanensis*, *D. bicolor*).

Соответственно местообитаниям у растений выработались приспособления к тем или иным условиям светового режима. Одно из наиболее наглядных различий внешнего облика растений в разных световых условиях – неодинаковая величина листовых пластинок. У светолюбивых растений листья обычно более мелкие, чем у тенелюбивых. Так, у *D. ruprechtii* длина листьев в среднем до 10 см, ширина до 5 мм, а у *D. arenarius* – длина до 4 см и ширина 2 мм.

По отношению к богатству питания виды рода *Dianthus* L. Предкавказья можно отнести к двум группам.

1. Олигомезотрофы, произрастающие на бедных почвах и довольствующиеся небольшим количеством питательных элементов. Это виды, произрастающие на песча-

ных почвах: *D. arenarius*, *D. pallens*, *D. imereticus*, *D. borbasii*, *D. pseudarmeria*, *D. fragrans*.

2. Мезотрофы, не предъявляющие особых требований к условиям питания. *D. armeria*, *D. pallidiflorus*, *D. polymorphus*, *D. ruprechtii*, *D. capitatus*, *D. kubanensis*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. caucaseus*.

По классификации жизненных форм К. Раункиера все виды рода *Dianthus* L. Предкавказья можно поделить на две группы: гемикриптофиты и гемикриптофиты-терофиты (одно– двулетники).

Наибольшее количество видов является гемикриптофитами. Среди гвоздик Предкавказья это – *D. capitatus*, *D. ruprechtii*, *D. polymorphus*, *D. borbasii*, *D. caucaseus*, *D. imereticus*, *D. kubanensis*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. pallidiflorus*, *D. pallens*, *D. fragrans*, *D. arenarius*. Гемикриптофиты-терофиты на территории Предкавказья представлены следующими видами: *D. armeria*, *D. pseudarmeria*.

Жизненная форма позволяет судить и о древности видов. Как правило, терофиты представляют эволюционно более молодую группу, а гемикриптофиты – древнюю, что позволяет сделать, в том числе, выводы филогенетического характера.

Виды рода *Dianthus* L. на исследуемой нами территории относятся к трем флороценотипам: луговому, степному и пустынному, причем многие виды экологически пластичны, т.е. относятся к нескольким флороценотипам (*D. pseudarmeria*, *D. borbasii*, *D. bicolor* и др.) [5].

Луговой флороценотип представлен 8 флороценоэлементами: *D. armeria*, *D. capitatus*, *D. ruprechtii*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. caucaseus*, *D. fragrans*, *D. kubanensis*. Данный флороценотип подразделяется на 2 флороценосвиты, объединяющие равнинно-луговые и субальпийские флороценоэлементы. Равнинно-луговых флороценоэлементов 7: *D. armeria*, *D. capitatus*, *D. ruprechtii*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. fragrans*, *D. kubanensis*. Субальпийский флороценоэлемент представлен видом *D. caucaseus*.

Степной флороценотип объединяет 7 флороценоэлементов: *D. pseudarmeria*, *D. polymorphus*, *D. borbasii*, *D. bicolor*, *D. campestris*, *D. pallidiflorus*, *D. pallens*, из них типично степными являются *D. polymorphus* и *D. pallidiflorus*.

К пустынному флороценоцентру относится 7 флороценоэлементов: *D. pseudarmeria*, *D. borbasii*, *D. imereticus*, *D. campestris*, *D. pallens*, *D. fragrans*, *D. arenarius*. Флороценотип делится на две флороценосвиты, представленные кальцепетрофильными и псаммофильными флороценоэлементами. Кальцепетрофильных флороценоэлементов 2 – это *D. pseudarmeria* и *D. imereticus*. Псаммофильных флороценоэлементов 5: *D. borbasii*, *D. pallens*, *D. campestris*, *D. fragrans*, *D. arenarius*.

Таким образом можно сделать вывод, что большая часть видов относится к луговому и степному флороценотипам, меньшая – к пустынному (табл.).

#### Экологический спектр видов рода *Dianthus* L. Предкавказья

Флороценотип	Флороценоэлемент	Количество видов	% видов
Луговой:	равнинный	7	46,66
	субальпийский	1	6,66
Степной	-	7	46,66
Пустынный:	кальцепетрофильный	2	13,33
	псаммофильный	5	33,33

---

---

Из приведенной таблицы видно, что количество экологически пластичных видов составляет 46,64 %.

Кроме того, необходимо отметить, что виды рода *Dianthus* L. имеют и некоторые особенности химического состава. Как показывают исследования, среди действующих активных веществ у гвоздик встречаются алкалоиды, сапонины и эфирные масла [2].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Исследуемые виды относятся к различным экологическим группам.
2. Адаптации у исследуемых видов рода *Dianthus* L. осуществлялись анатомо-морфологическими, физиологическими, экологическими приспособлениями.
3. Большая часть исследуемых видов рода *Dianthus* L. Предкавказья относится к луговому и степному флороценотипам, меньшая – к пустынному, а количество экологически пластичных видов составляет 46,64 %.
4. Многие из гвоздик - возможные в будущем лекарственные растения и эфирносы, поэтому их подробное исследование является актуальным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веселова Т. В. и др. Стресс у растений. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 143 с.
2. Войткевич С. А. Целебные растения и эфирные масла. – М.: Пищевая промышленность, 2002. – С. 39.
3. Емельянов Л.Г., Анкуд С.А. Водобмен и стресс-устойчивость растений. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 142 с.
4. Иванов А.Л. Конспект флоры Ставрополя. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2001. – 200 с.
5. Иванов А.Л. Флора Предкавказья и ее генезис. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 1998. – С. 38–107.
6. Нахуцришвили Г.Ш., Гамцелидзе З.Г. Жизнь растений в экстремальных условиях высокогорий (на примере Центрального Кавказа). – Л.: Наука, 1984. – 124 с.
7. Косулина Л.Г. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1993. – 235 с.
8. Петрушенко В.В. Адаптивные реакции растений: Физико-химический аспект. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 184 с.
9. Пронина Н.Б. Экологический стресс. – М.:МСХА, 2001. – 310 с.
10. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. – Казань: ФЭН, 2001. – 448 с.
11. Чернышов В.Д. Принципы адаптации живых организмов (экологический аспект). – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 384 с.

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ НЕКОТОРЫХ  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *GERANIUM* L. ВО ФЛОРЕ ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

*Рассмотрены проблемы экологической адаптации, составлен спектр видов рода *Geranium* L. во флоре Предкавказья.*

Крайне неблагоприятные для растений условия характерны для значительной территории земного шара. Даже в районах с благоприятным сочетанием жизненных факторов периодически бывают засухи или ливни, морозы или жара, продолжительные или короткие заморозки.

Наиболее распространенными неблагоприятными для растений условиями являются засуха, высокие и низкие температуры, избыток или недостаток воды и солей в почве, недостаток кислорода, присутствие в атмосфере вредных веществ, ультрафиолетовая радиация, ионы тяжелых металлов.

Приспособленность онтогенеза растений к условиям среды является результатом их эволюционного развития (изменчивости, наследственности, отбора). На протяжении филогенеза каждого вида растений в процессе эволюции выработались определенные потребности индивидуума к условиям существования и приспособленность к занимаемой им экологической нише. Влаголюбие и теневыносливость, жароустойчивость, холодоустойчивость и другие экологические особенности конкретных видов растений сформировались в ходе эволюции в результате длительного действия соответствующих условий.

Род *Geranium* L. произрастает в умеренной зоне северного полушария, в тропических областях виды распространены в горных странах. Научное название рода происходит от греческих слов «*geranos*», «*geranion*» – журавль, по форме плода. Это многолетние или однолетние травы рода гераниевые (*Geranium* L.). В роде насчитывается более 250 видов, на территории России распространено более 50 видов [12]. Во флоре Предкавказья встречается 16 видов этого рода – в лесах, в кустарниках по лесным опушкам и лужайкам, по склонам, по полям [5].

Виды рода *Geranium* L. флоры Предкавказья принадлежат к 5 флороценотипам: лесному, луговому, степному, водному и сорному. Большая часть видов гераней Предкавказья экологически пластичны и принадлежат сразу к нескольким флороценотипам: *G. lucidum*, *G. divaricatum* и другие виды [5].

Лесной флороценотип представлен 5 флороценоэлементами: *G. silvaticum*, *G. divaricatum*, *G. bohemicum*, *G. robertianum*, *G. lucidum*.

Луговой флороценотип представлен 8 флороценоэлементами: *G. sanguineum*, *G. collinum*, *G. depilatum*, *G. sibiricum*, *G. rotundifolium*, *G. pusillum*, *G. columbinum*, *G. dissectum*, входящими в равнинно-луговую флороценосвиту.

Степной флороценотип составляют 2 флороценоэлемента: *G. tuberosa*, *G. linearilobum*.

Водный флороценотип представлен гигрофильной флороценосвитой, состоящей из 2 флороценоэлементов: *G. palustre*, *G. lucidum*. Эти растения населяют места с повышенным почвенным увлажнением.

Сорный флороценотип представлен рудеральной флороценосвитой, состоящей из 6 флороценоэлементов: *G. depilatum*, *G. rotundifolium*, *G. pusillum*, *G. colum-*

*binum*, *G. dissectum*, *G. divaricatum*. Это обитатели нарушенных ценозов – сорняки полей виды, растущие вдоль дорог, в населенных пунктах, на залежах.

Большая часть гераней Предкавказья принадлежит к луговому флороценологу (табл.).

#### Флороценолотипы гераней Предкавказья

Флороценолотип	Флороценоэлемент	количество видов	% видов
Лесной	лесной	5	31,25
Луговой	равнинный	8	50
Степной	степной	2	12,5
Водный	гигрофильный	2	12,5
Сорный	рудеральный	6	37,5

Большинство видов рода *Geranium* L. на изучаемой территории приурочены к определенным экологическим условиям: богатству питания, освещению, влажности. Нами выделены группы гераней по отношению к разным экологическим факторам и местообитаниям [3].

По отношению к водному режиму герани Предкавказья можно разделить на следующие группы.

1. Гигрофиты – обитают в условиях высокой атмосферной влажности воздуха. Это *G. palustre* и *G. lucidum*.

2. Мезофиты – растения, живущие в условиях нормального среднего увлажнения. Это *G. sibiricum*, *G. sylvaticum*, *G. collinum*, *G. columbinum*, *G. sanguineum*, *G. depilatum*, *G. bohemicum*, *G. pusillum*, *G. divaricatum*, *G. rotundifolium*, *G. robertianum*, *G. lucidum*, *G. dissectum*.

3. Ксерофиты – засухоустойчивые растения, произрастающие в местообитаниях с недостаточным увлажнением и хорошо выраженным засушливым периодом. Это *G. tuberosum*, *G. linearilobum*.

По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения среди гераней преобладают мезофильные виды.

По отношению к свету различают две группы гераней

1. Светолюбивые (гелиофиты) – экологический оптимум этих растений находится в области полного солнечного освещения, и сильное затенение действует на них угнетающе. К ним относятся *G. palustre*, *G. tuberosum*, *G. linearilobum*, *G. sanguineum*, *G. depilatum*, *G. sibiricum*, *G. rotundifolium*, *G. pusillum*, *G. collinum*, *G. columbinum*, *G. collinum*.

2. Теневыносливые – эти растения имеют широкую экологическую амплитуду по отношению к свету (собственно, их можно назвать свето- и теневыносливыми). Это *G. sylvaticum*, *G. divaricatum*, *G. bohemicum*, *G. robertianum*, *G. lucidum*.

Среди гераней флоры Предкавказья преобладают светолюбивые виды.

По отношению к богатству питания предкавказские герани делятся на группы.

1. Олиготрофы – растения, произрастающие на бедных, «тощих» почвах и довольствующиеся небольшим количеством питательных элементов. Это *G. palustre*, *G. tuberosum*, *G. linearilobum*.

2. Мезотрофы – растения, как ясно уже из названия, умеренно требовательные к питанию: *G. columbinum*, *G. sanguineum*, *G. depilatum*, *G. bohemicum*, *G. pusillum*, *G. divaricatum*, *G. rotundifolium*, *G. robertianum*, *G. lucidum*, *G. dissectum*.

Среди гераней флоры Предкавказья преобладают мезотрофные растения.



По классификации жизненных форм по К. Раункиеру виды рода *Geranium L.* произрастающие во флоре Предкавказья представлены двумя биоморфами: гемикриптофиты – 9 видов (56,25%), терофиты – 7 (43,75%).

Наибольшая группа объединяет гемикриптофитов. Гемикриптофиты – это травянистые многолетники, у которых надземные органы (или большая их часть) в конце вегетации отмирает, а почки возобновления находятся на уровне почвы и защищены собственными листьями, лиственной подстилкой и снегом. Среди предкавказских гераней это – *G. tuberosum*, *G. linearilobum*, *G. sanguineum*, *G. sylvaticum*, *G. palustre*, *G. collinum*, *G. depilatum*, *G. sibiricum*, *G. dissectum*.

Терофиты (монокарпические растения, переживающие неблагоприятный период (холодную зиму или засушливое лето) в виде семян или спор) на территории Предкавказья представлены следующими видами: *G. rotundifolium*, *G. pusillum*, *G. columbinum*, *G. divaricatum*, *G. bohemicum*, *G. robertianum*, *G. lucidum*.

Жизненная форма позволяет судить и о древности видов. Как правило, терофиты представляют эволюционно более молодую группу, а гемикриптофиты – древнюю, что тоже легло в основу построения нашей филогенетической системы рода [6].

В процессе эволюции формируются, апробируются и закрепляются различные механизмы адаптаций, делающие растения более устойчивыми к стрессовым факторам. Сильно действующими факторами внешней среды, способными вызвать стресс у видов рода *Geranium L.* на территории Предкавказья, являются очень высокая температура и прямая солнечная радиация, сухой горячий ветер (суховей), (нередкий гость территории Предкавказья), вызывающие атмосферную и почвенную засуху. Выбор растением стратегии (способа) адаптации зависит от многих факторов. Однако ключевым фактором является *время*, предоставляемое растению для ответа. Чем больше времени предоставляется для ответа, тем больше выбор возможных стратегий. Виды рода *Geranium L.* флоры Предкавказья выработали свои особые стратегии адаптации к этим стрессовым факторам:

- опушение простыми и железистыми волосками, которые в сухую ветреную погоду задерживают струи воздуха, не допуская их к устьичным отверстиям, замедляя тем самым испарение из устьиц воды: *G. sanguineum*, *G. columbinum*, *G. dissectum*, *G. sylvaticum*, *G. robertianum* и др.;

- некоторые виды имеют клубневидные вздутия корня, богатые крахмалом: *G. tuberosum*, *G. linearilobum*;

- сильная изрезанность листовой пластинки: все виды рода *Geranium L.* флоры Предкавказья;

- содержание большого количества антоцианов, которые, поглощая ультрафиолетовый свет, предохраняют фотосинтетический аппарат от перегрева и фотоокисления [8];

- окраска венчика зависит от высоты над уровнем моря и освещенности, которые существенно влияют на состояние пигментной системы растения: у *G. collinum* окраска венчика меняется с сиреневой на сине-голубую [7].

Многие герани являются витаминоносными растениями. Листья *G. collinum*, *G. tuberosum* содержат витамин С, с увеличением высоты над уровнем моря, содержание витамина С возрастает. *G. sanguineum*, *G. sylvaticum* содержат дубильные вещества (таниды) из группы пирогаллола на поверхности кожи оставляют беловатый налет. Этот налет состоит из эллаговой кислоты. Эллаговые дубительные вещества представляют собой глюкозид эллаговой кислоты, и, кроме того, содержат галловую кислоту и ее производные. Естественным источником получения красителя синего

цвета служит *G. sylvaticum* [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы

1. Виды рода *Geranium* L. флоры Предкавказья принадлежат к 5 флороценотипам: лесному, луговому, степному, водному и сорному. Большая часть видов гераней Предкавказья экологически пластичны и принадлежат сразу к нескольким флороценотипам.

2. В процессе эволюции формируются, апробируются и закрепляются различные механизмы адаптаций, делающие растения более устойчивыми к стрессовым факторам.

3. В связи с климатическими условиями Предкавказья виды рода *Geranium* L. выработали свои особые адаптационные приспособления: опушение простыми и железистыми волосками, клубневидные вздутия корня, сильная изрезанность листовых пластинок, содержание большого количества антоцианов, окраска венчика.

4. Содержание в исследуемых видах рода *Geranium* L. флоры Предкавказья витамина С, эфирных масел (цитронеллол, гераниол, нерол, линалоол и альфа-терпинеол) делает исследование актуальным [2].

Всестороннее изучение физиологических и биохимических адаптационных особенностей растений в настоящее время является одним из наиболее актуальных и рассматривается в числе приоритетных направлений фундаментальных исследований. Это изучение включает в себя обработку приспособлений растений к стрессовым факторам среды на примере влияния климата Предкавказья на виды рода *Geranium* L., произрастающие на данной территории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веселова Т.В. и др. Стресс у растений. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – С. 143.
2. Войткевич С. А. Целебные растения и эфирные масла. – М.: Пищевая промышленность, 2002. – С. 39.
3. Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – С. 1–368.
4. Гроссгейм А.А. Растительные богатства Кавказа. М.: Издание Московского общества испытателей природы, 1952. – С. 31, 249, 341, 360–361.
5. Иванов А.Л. Конспект флоры Ставрополя. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2001. – С. 200.
6. Иванов А.Л. Флора Предкавказья и ее генезис. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 1998. – С. 38–107.
7. Лебедева Т.С., Сытник К. М. Пигменты растительного мира. – К.: Наукова думка, 1986. – С. 72–79.
8. Нахуцришвили Г.Ш., Гамцемлидзе З. Г. Жизнь растений в экстремальных условиях высокогорий (на примере Центрального Кавказа). – Л.: Наука, 1984. – С. 124.
9. Косулина Л.Г. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1993. – С. 235.
10. Петрушенко В.В. Адаптивные реакции растений: Физико-химический аспект. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. –С. 184.
11. Чернышов В.Д. Принципы адаптации живых организмов (экологический аспект). – Владивосток: Дальнаука, 1996. – С. 384.
12. Флора СССР. – М.; Л. –1962. – Т. XVIII. – С. 2–62.

**Адаптационные особенности азотфиксирующих растений  
на примере *Trifolium pratense* – красного лугового клевера  
в симбиозе с клубеньковыми бактериями**

*Рассмотрены проблемы адаптации азотфиксирующих растений на примере *Trifolium pratense* в симбиозе с клубеньковыми бактериями.*

Адаптационные особенности азотфиксирующих растений и биологическая фиксация атмосферного азота привлекает к себе внимание широких кругов биохимиков, биологов и работников сельского хозяйства. Наибольший интерес представляет адаптация растений и ход процесса азотфиксации, который химически осуществляется с большим напряжением, а в клетке живых существ протекает в самых обычных условиях.

В настоящей статье рассматривается процесс биологической азотфиксации и адаптации растений в условиях стресса. Особое внимание уделяется практическому использованию азотфиксации, поскольку азот, усвоенный микроорганизмами «биологический азот» существенно может пополнить азотный фонд почвы и способствовать повышению плодородия почв. «Биологический азот» позволяет восполнить дефицит минеральных азотных удобрений и дает возможность экономнее их расходовать.

Связывание, или фиксация, углекислоты играет важнейшую роль в круговороте веществ в природе. Этот процесс в рассмотренных выше формах возвращает на землю ту углекислоту, которая выделяется в атмосферу при дыхании животных и растений, при окислительных процессах и брожениях, осуществляемых микроорганизмами. Аналогичный круговорот совершает и азот. Есть процессы, например денитрификация, то есть разрушение нитратов с освобождением свободного азота, при которых химически связанный азот почвы или воды выделяется в атмосферу [1].

В процессе азотфиксации атмосферный азот вновь переводится в связанное состояние и возвращается в почву или воду. Этот важнейший процесс осуществляют только микроорганизмы, животные и растения не обладают такой способностью. Они могут только превращать одни азотистые соединения в другие. Растения усваивают азотистые соединения почвы или воды и илов и превращают их в вещества своего тела. Животные преобразуют азотистые вещества растений в вещества своего тела. Основные запасы азота, за счет которых живут растения и, следовательно, животные, – это азотистые вещества почвы – гумус, или перегной. В илах также содержатся вещества, аналогичные гумусу [3].

Гумус – это сложное органическое вещество, образуемое микроорганизмами почвы из отмерших животных и растений. В перегное запасены питательные вещества в количествах, достаточных для многолетнего культивирования растений. В подзолистой почве содержится 5000–6000 кг азота на 1 га. В перегнойных торфянистых почвах – до 50 000–70 000 кг на 1 га. Однако азот, а также фосфор и другие вещества, необходимые растениям, находятся в перегное в форме, не растворимой в воде, то есть недоступной растениям. Эти запасы мобилизуются благодаря деятельности микробов, которые частично гидролизуют и растворяют вещества гумуса. В то же время эти запасы все время пополняются. Не более 1 % всего почвенного азота находится в виде водорастворимых соединений, доступных для растений. Поэтому, не-

---

---

смотря на обилие азотистых веществ в почве, растения часто страдают от недостатка доступных форм азота, особенно сельскохозяйственные растения, так как некоторая часть азота полей уносится ежегодно вместе с урожаем. Немалую роль играют и микробный процесс денитрификации, и химические превращения, приводящие к потерям, как, например, взаимодействие нитритов с аммонием с выделением свободного азота [3, 6]. Все эти потери компенсируются процессом азотфиксации. В этом процессе из океана азота воздуха (8 млн. т над каждым км<sup>2</sup>) недоступного ни растениям, ни животным микроорганизмы синтезируют аммиак и аминный азот [1]. Этот процесс имеет огромное значение. Подсчитано, что все культурные растения земного шара за год потребляют около 100 млн. т азота. В виде минеральных удобрений вносится всего 12 млн. т, а весь остальной азот поступает в почву в результате микробной фиксации азота [7].

Азотфиксирующие микроорганизмы принадлежат к двум группам: 1) свободноживущие в почве и воде; 2) симбиотические, находящиеся в сожительстве с растениями, как правило, с бобовыми, но также и с некоторыми другими.

С древних времен было известно, что бобовые растения хорошо развиваются на песчаных почвах, где другие растения не находят себе достаточного питания. Первые научные наблюдения над особенностями питания бобовых растений принадлежат французскому агрохимику Буссенго и относятся к 1838 г. Он обратил внимание на то, что клевер и горох дают хорошие урожаи, несмотря на малое содержание азота в песке, в котором культивировались растения. Буссенго производил расчеты: сколько имеется азота в почве, сколько уносит урожай, и пришел к выводу, что в почве обязательно должен происходить процесс пополнения запаса азота за счет азота воздуха. Он высказал предположение, что бобовые растения производят этот процесс. Казалось, что вегетационные опыты с горохом и клевером подтверждают это предположение. Однако были получены и противоположные данные. Через 20 лет Буссенго снова повторил свои опыты особенно точно и получил отрицательный результат. В этом опыте Буссенго для лучшего удаления азота из песка тщательно прокалил его, а растения поливал только дистиллированной водой. Так вопрос о фиксации азота долгое время оставался нерешенным.

В 1866 г. М.С. Воронин опубликовал подробную работу о строении клубеньков на корнях бобовых растений. Он обнаружил в них бактерии и пришел к заключению, что именно бактерии вызывают образование клубеньков [5].

Баланс доступного растениям азота на земном шаре поддерживается за счет деятельности особой группы организмов – так называемых азотфиксаторов. В экономике природы процессам биологической фиксации азота принадлежит исключительная роль, которая по значению вполне равнозначна процессу фотосинтеза.

В группу азотфиксаторов входят свободно живущие организмы, а также организмы, способные существовать лишь в симбиозе с другими видами. Первой в ряду свободно живущих азотфиксаторов открыта анаэробная, спороносная бактерия *Clostridium Pasterianum*. Это открытие принадлежит русскому ученому С.Н. Виноградскому (1893 г.). Через 8 лет (1901 г.) М. Бейеринком был открыт аэробный микроорганизм, названный азотобактером (*Azotobacter*). Оба организма являются сапрофитами. Для восстановления молекулярного азота они используют энергию, получаемую ими при окислении глюкозы и других органических соединений. На каждый грамм сброженной глюкозы азотобактер накапливает около 15 мг связанного азота, тогда как клостридиум – не больше 2-3 мг. Выделив азотобактер, Бейеринк обратил внимание на большое сходство свойств этого микроорганизма со свойства-

---

---

ми фотосинтезирующей бактерии *Chromatium*. В настоящее время установлено, что способность фиксировать азот широко распространена у различных видов бактерий. Эта функция свойственна, в частности, сульфатредуцирующим бактериям, развитие которых осуществляется в анаэробных условиях. Способностью ассимилировать молекулярный азот обладает также пурпурная бактерия *Rhodospirillum rubrum* [6].

Общий уровень азотфиксирующей активности свободно живущих организмов не высок. В зависимости от вида и условий существования они накапливают в год от 10 до 30–40 кг связанного азота на гектар. Основную роль в пополнении убыли запасов связанного азота выполняют бактерии-симбионты, из которых на первый план должны быть выдвинуты так называемые клубеньковые бактерии (*Bac. Radicicola*). Эти бактерии развиваются на тканях корней бобовых растений (травы, зерновые), в результате чего образуются особые бугорки, или клубеньки. Форма и величина клубеньков зависят от вида растения-хозяина и характера взаимной приспособленности партнеров. Клубеньковые бактерии синтезируют громадные количества азота, удовлетворяющие не только их собственные потребности, но и потребности бобовых растений, на корнях которых они развиваются [7].

Сверх того, с корнями растений в почве остаются большие количества связанного азота, который служит источником азотной пищи для небобовых растений, высеваемых после бобовых. Например, при хорошем урожае люцерны бактериями синтезируется до 300 кг органических соединений азота, клевера и люпина – до 200 кг, примерно вдвое меньше оставляют в почве зерновые бобовые культуры (горох, фасоль, вика, бобы) [4].

Впервые наличие в клубеньках бактерий установил в 1866 г. (то есть еще до работ Пастера) выдающийся русский миколог М.С. Воронин, который первый сформулировал представление о клубеньках как о болезненных образованиях, возникающих в результате заражения корней [7]. В настоящее время известно, что кроме бобовых имеется еще около 200 других видов растений, на корнях которых развиваются специфические для каждого клубеньковые бактерии.

Характер взаимоотношений между зелеными растениями и развивающимися на их корнях клубеньковыми бактериями сложен и непостоянен. Так, например, в случае бобовых растений их истинное симбиотическое взаимодействие с клубеньковыми бактериями имеет место лишь при строго определенном сочетании условий. В остальных случаях берет перевес какой-либо один из компонентов, тогда как другой страдает, а в определенных условиях и гибнет. В роли паразита может выступать растение-хозяин, ткани корней которого способны инактивировать и даже растворять проникшие внутрь клубеньковые бактерии. При чрезмерно высокой вирулентности бактерий роль паразита может перейти к последним [6].

Клевер в нечерноземной зоне – высококачественный корм, богатый протеином, витаминами и минеральными солями. Зеленую массу его используют для приготовления травяной сеной муки, высокобелковой витаминной пасты, хорошего сена, а также скармливают (стравливают) животным в свежем виде в летний период. 100 кг зеленой массы клевера по питательности равны 21 кормовой единице и содержат 3,1 кг перевариваемого протеина (в каждой кормовой единице 140–160 г). При правильной агротехнике урожай зеленой массы достигает 250–300 ц и более с 1 га, то есть общий сбор с 1 га посева составляет 50–65 ц кормовых единиц и 8–9 ц перевариваемого протеина. За время роста клевер развивает мощную корневую систему, которая пронизывает почву во всех направлениях. При запашке его корневых и пожнивных остатков в пахотном слое (0–20 см) остается на 1 га 45–60 ц сухого

---

---

органического вещества с содержанием до 150 кг азота, что соответствует 25–30 т навоза. Поэтому клевер является хорошим предшественником для льна, картофеля, зерновых, овощных и ряда других культур.

Хозяйственная ценность клевера красного состоит прежде всего, в том что он в первый год пользования по урожаю зеленой массы и сена превосходит другие бобовые и злаковые травы, возделываемые в зоне его распространения. Во второй год пользования урожай его обычно снижается, но в смеси с другими травами он дает и в этом году высокие урожаи. Поэтому клевер высевают на полевых землях для однодвухлетнего использования, а также включают в травосмеси при улучшении естественных кормовых угодий. В период внедрения травопольной системы земледелия многие колхозы и совхозы допускали трех и даже четырехлетнее его использование, однако держать клевер свыше двух лет хозяйственно нецелесообразно из-за резкого снижения его продуктивности. К сожалению, до сих пор еще широко не применяется более интенсивное использование клевера – однолетнее при выращивании его в занятом пару, хотя клевер является одной из наиболее продуктивных культур [3].

Эксперимент был начат 8 мая 2006 г. – произведена посадка семян в открытый грунт. За две недели до посева красного лугового клевера (24 апреля) осуществлена подготовка почвы и определен ее тип (дерново-подзолистый средне суглинистый). Почва обработана на глубину 20–25 см, разбиты комки, прикатана легким катком. После проведенных мероприятий произошло оседание почвы, на это потребовалось 10–14 дней. Появившиеся за это время сорняки удалены вручную, гербициды не использовались. Перед посевом семян участок был выровнен. Посев семян произведен 8 мая, в безветренную погоду и во влажную почву. Норма высева семян 30 г на три квадратных метра. Семена клевера мелкие, поэтому для достижения равномерности посевов они были смешаны с песком 1:3. Посев проведен в двух направлениях: половина семян по длине участка, половина по ширине. Семена заделаны в почву веерными граблями на глубину не более одного сантиметра. Семена ООО «РС – овощи и цветы», прошли лабораторный контроль качества и соответствуют ГОСТ 14450-93 – клевер луговой красный *Trifolium pratense* «Трио». Партия 0564.

Эксперимент предусматривает два этапа:

- 1 полевой этап (вегетационные опыты);
- 2 лабораторный этап (лабораторные опыты).

Полевой этап включает в себя методику вегетационных опытов. Опыт включает четыре варианта, в каждом из которых по четыре повторности и повторность – контроль. Все они размещаются на одной и той же площади поля. Площадь, где проводится опыт, была разделена на двадцать равных частей. Общая площадь опыта пять квадратных метров. Размер каждой делянки 100х25 см.

Вариант 1 включает 4 повторности, то есть четыре различных концентрации ростового вещества. Ростовым веществом был выбран гетероауксин калиевая соль (индолил-3-уксусная кислота), ИУК (C<sub>10</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub>) – 920 г/кг. Гетероауксин калиевая соль – вещество хорошо растворимое в воде. Первая обработка повторностей (полив по схеме, предложенной фирмой-производителем) произведена 18 мая, после появления первых всходов. Вторая обработка повторностей стимулятором роста произведена через 10 дней после первой – 28 мая. Третья, через 15 дней после второй – 12 июня.

Вариант 1: повторность а обрабатывалась 1840 г/кг (2 таб.) в 10 л воды.

Вариант 1: повторность б – 1380 г/кг (1,5 таб.) в 10 л воды.

Вариант 1: повторность в – 920 г/кг (1 таб.) в 10 л воды.

Вариант 1: повторность г – 460 г/кг (0,5) таб. В 10 л воды.

Вариант 1: КОНТРОЛЬ – стимуляторами роста не обрабатывался.

Средние показатели длины органов растений за 4 месяца вегетации (в см) приведены в таблице 1.

Таблица 1

*Средние показатели длины органов растений*

	1а	1б	1в	1г	контр.
Ср. дл. растения	33,25	31,15	29,3	26,3	29,5
Ср. дл. стебля	16,7	16,8	15,8	14,8	19,3
Ср. дл. корня	16,55	14,35	13,5	11,5	10,2

Вариант 2 включает четыре повторности, т.е. четыре различных сочетания азотистых субстратов. Было использовано азотное удобрение – карбамид (мочеви-на)  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , азот – 46%. Внесение удобрения осуществлялось при посеве семян: 8 мая, далее с интервалом 20 дней, т.е. 28 мая, 17 июня, 7 июля, 27 июля, 17 августа. В идеале за вегетационный период принято проводить 3-4 подкормки с интервалом 15–20 дней, в нашем эксперименте проведено чаще.

Вариант 2: повторность а. Осуществлено внесение удобрения в дозе 10 г на разведении в 10 л воды.

Вариант 2: повторность б – 5 г карбамида в 10 л воды.

Вариант 2: повторность в – 3,5 г в 10 л воды.

Вариант 2: повторность г – 2,5 г в 10 л воды.

Вариант 2: КОНТРОЛЬ – внесение удобрений не производилось.

Средние показатели длины органов растения за 4 мес. Вегетации приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Средние показатели длины органов растений*

	2а	2б	2в	2г	контр.
Ср. дл. растения	33,5	35,0	31,8	28,6	29,5
Ср. дл. стебля	19,0	19,0	16,7	15,6	19,3
Ср. дл. корня	14,5	16,0	15,1	13,0	10,2

Вариант 3 включает четыре повторности, то есть четыре различных варианта освещения. В эксперименте был использован метод притенки, которая создана при помощи специализированной пленки черного цвета, содержащей отверстия.

Вариант 3: повторность а – притенка создана при помощи четырех слоев пленки, размещенных в специально изготовленной рамке.

Вариант 3: повторность б – притенка создана при помощи трех слоев пленки.

Вариант 3: повторность в – притенка создана при помощи двух слоев пленки.

Вариант 3: повторность г – притенка создана при помощи одного слоя пленки.

Вариант 3: КОНТРОЛЬ – метод притенки не использовался.

Средние показатели длины органов растения за 4 мес. Вегетации приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Средние показатели длины органов растений

	3а	3б	3в	3г	контр.
Ср. дл. растения	13,0	12,8	14,1	16,2	29,5
Ср. дл. стебля	7,2	7,4	8,3	9,8	19,3
Ср. дл. корня	5,8	5,4	5,8	6,4	10,2

Вариант 4 включает четыре повторности, то есть четыре различных варианта полива. Экспериментальная площадь была изолирована от внешнего попадания атмосферных осадков при помощи прозрачной пленки, обрамленной в каркас.

Вариант 4: повторность а – полив ежедневный в размере 10 л воды на делянку.

Вариант 4: повторность б – ежедневно 5 л воды на делянку.

Вариант 4: повторность в – ежедневно 2,5 л воды на делянку.

Вариант 4: повторность г – ежедневно 1 л воды на делянку.

Вариант 4: КОНТРОЛЬ – естественные условия полива.

Средние показатели длины органов растения за 4 мес. Вегетации приведены в таблице 4.

Таблица 4

## Средние показатели длины органов растений

	4а	4б	4в	4г	контр.
Ср. дл. растения	25,95	29,9	31,6	26,5	29,5
Ср. дл. стебля	13,7	16,5	16,8	14,4	19,3
Ср. дл. корня	12,25	13,4	14,8	12,1	10,2

При проведении эксперимента велись и метеорологические наблюдения. Среднесуточная температура за май 2006 г составила 7,4°C. Для весны 2006 года характерны достаточно низкие температуры в ночные часы и малое количество осадков. Количество дней с осадками равно пяти. Среднесуточная температура за июнь 2006 г. составила 19,8°C, что на 12,4°C выше температурных данных предыдущего месяца. Количество дней с осадками равно четырем. Среднесуточная температура воздуха за июль составила 18,6°C, что на 1,2°C ниже температурных данных предыдущего месяца. Количество дней с осадками равно семи. Среднесуточная температура за август 2006 г. составила 15,5°C, что на 3,1°C ниже температурных данных предыдущего месяца. Количество дней с осадками – 12.

За четыре месяца вегетации в варианте 1, где использовался стимулятор роста ИУК, средняя длина растения была больше, где экспериментальная доза гормонов максимальна. В повторностях «а», «б» средняя длина стебля и корня увеличивалась, относительно величин органов растения контрольной повторности. В повторностях «в», «г» средние показатели ниже контрольной повторности. Это обусловлено адаптацией растений к различным дозам ростовых веществ. В варианте 2, где использовалось азотное удобрение карбамид, средние показатели величин органов растения в повторностях «а», «б», «в» превышают параметры контрольной повторности. Исключение составляет повторность «г», средние параметры органов растений которой ниже контроля. Это обусловлено тем, что под воздействием карбамида осуществляется прирост вегетативной массы растений, но эффективность азотфиксации снижается в зависимости от дозы вносимого азота. В варианте 3, где использовалась



---

---

различная интенсивность освещения, средние параметры растений значительно ниже контроля. Это обусловлено тем, что в данном варианте растения испытали наивысшее стрессовое воздействие по сравнению с другими вариантами эксперимента. В варианте 4, где использовались четыре варианта полива в повторностях «а», «б», «в», «г» наблюдалось незначительное колебание средней длины органов растений по сравнению с контролем. Это обусловлено тем, что для весны и лета 2006 года характерно малое количество естественных осадков. Избыточный полив не оказал стрессового воздействия на растения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бах А.Н. Собрание трудов по химии и биохимии. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 302.
2. Бах А.Н., Ермольева З.В. Связывание атмосферного азота при обыкновенной температуре и давлении при посредстве энзимов, извлеченных из азотных бактерий. – Докл. АН СССР. – Т. 1. – Вып. 1. – 1934. – С. 22–24.
3. Бергерсен Ф. Азотфиксация в корневых клубеньках бобовых // IX Международный микробиологический конгресс. Симпозиум В-1, 1966. – С. 69–72.
4. Вильсон П. Биологическая фиксация азота / Физиология бактерий. – М., 1954. – 363.
5. Виноградский С.Н. Об усвоении свободного азота атмосферы микробами. – Архив биол. наук, 1895. – 3, 293.
6. Федоров М.В. Биологическая фиксация азота атмосферы. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 196 с.
7. Яковлев В.А., Воробьев Л.В., Исследование биологической фиксации молекулярного азота. // Биохимия. – №30. – Вып. 6. – 1965. – С. 1167–1179.

---

---

**С.Е. Гаврилова, В.Т. Старикова, Д.А. Климачев**  
Московский государственный областной университет, г. Москва

### Биологическая характеристика редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района Московской области

*В работе рассмотрены основные биологические особенности редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района Московской области. В частности, приводится список растений по семействам, обращается внимание на жизненные формы, продолжительность жизни, на лекарственные и декоративные свойства редких и охраняемых растений, а также на особенности воспроизведения и степень редкости растений.*

Достижение гармоничных взаимоотношений между человеком и природной средой становится главной проблемой современности. В комплексе проблем охраны природной среды охране растительного мира принадлежит особая роль. Автотрофные растения как единственные первичные создатели органической материи занимают исключительное, узловое положение среди прочих компонентов биосферы. Практически решение всех задач охраны природы прямо или косвенно связано с охраной ее важнейшего звена – растительного мира [1].

На современном этапе все воздействия человека на растительный покров Земли можно свести к трем основным формам:

- 1) полному уничтожению растительного покрова (например, при строительстве);
- 2) созданию сельскохозяйственных угодий на месте естественной растительности;
- 3) постепенному изменению растительного покрова (смена первичных коренных растительных сообществ на вторичные временные – при рубках, пожарах и т.д., внедрение в растительные сообщества пришлых, нехарактерных видов, освоение территорий видами с широким экологическим ареалом и пр.)

В процессе усиливающегося влияния человека на природу особой опасности подвергаются виды, встречающиеся в небольшом количестве или на очень ограниченной территории, – редкие виды. Виды могут быть первично редкими, т.е. редкими по естественным причинам (приурочены к очень узкому кругу экологических условий, или специфические черты биологии препятствуют широкому распространению вида, или виды на границе ареала и пр.), но виды могут быть и вторично редкими, т.е. ранее они были достаточно широко распространены, но под воздействием антропогенных факторов численность и ареал их сократились. Если же один и тот же вид первично редок и численность его сокращается под воздействием каких-либо причин, то такой вид находится под угрозой полного уничтожения и следует предпринимать срочные меры по его спасению [2].

Сохранение растительного разнообразия – проблема, актуальная для любого региона. Сергиево-Посадский район не является исключением, в особенности учитывая то, что и на его территории многие виды растений находятся под угрозой уничтожения. Исчезновение многих видов растений в первую очередь связано с увеличением антропогенного воздействия на природу. В Сергиево-Посадском районе улучшение экологической ситуации наблюдается лишь в северной части, в то время как средняя и южная части района испытывают предельную антропогенную нагрузку, что связано с неравномерным распределением населения и промышленных предприятий по территории района. Для охраны флоры и фауны в районе создано 16 заказников [3].

Сергиево-Посадский район расположен на северо-востоке Московской области. Его административные границы были утверждены в 1962 году. Протяженность района с севера на юг составляет 68 км, с востока на запад – 42 км. Общая площадь района составляет 200 000 га (4,3 % Московской области). Из них: 98 709 га (49,42%) – земли лесного фонда Российской Федерации [4].

Для биологической характеристики редких и исчезающих растений района по литературным данным был составлен список из 40 видов растений, численность которых на территории Сергиево-Посадского района невелика или постоянно сокращается. 18 видов были найдены в природе и определены. Список видов редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района представлен в таблице.

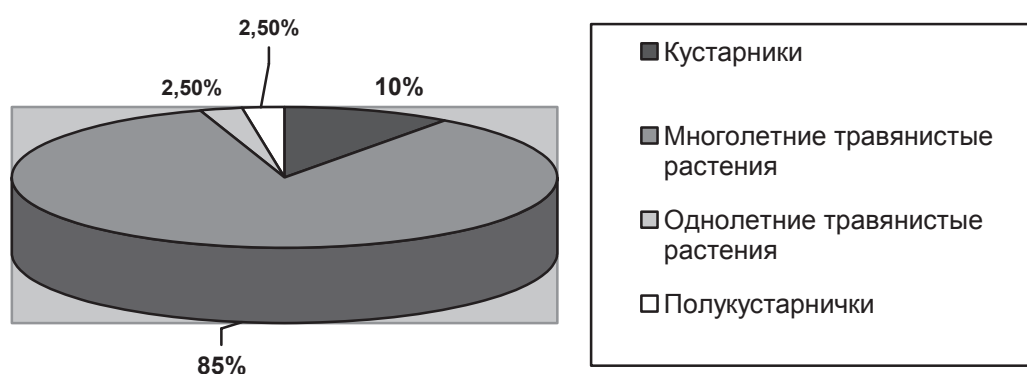
*Список охраняемых растений Сергиево-Посадского района*

№	Семейства	Название видов
Отдел Lycopodiophyta		
1.	Сем. Lycopodiaceae	Lycopodium clavatum Huperzia selago
Отдел Gymnospermae. Класс Coniferae		
2.	Сем. Cupressaceae	Juniperus communis
Отдел Angiospermae. Класс Dicotyledoneae		
3.	Сем. Caryophyllaceae	Dianthus superbus Coronaria flos-cuculi
4.	Сем. Thymelaeaceae	Daphne mezereum
5.	Сем. Campanulaceae	Campanula persicifolia Campanula latifolia Campanula glomerata
6.	Сем. Pyrolaceae	Moneses uniflora
7.	Сем. Ranunculaceae	Ranunculus polyphyllus Anemone nemorosa Anemone sylvestris Trollius europaeus Hepatica nobilis
8.	Сем. Polygonaceae	Polygonum bistorta
9.	Сем. Nymphaeaceae	Nymphaea candida Nuphar lutea
10.	Сем. Cruciferae (Brassicaceae)	Lunaria rediviva
11.	Сем. Gentianaceae	Gentiana pneumonanthe
12.	Сем. Borraginaceae	Pulmonaria angustifolia
13.	Сем. Primulaceae	Hottonia palustris Primula officinalis
14.	Сем. Rosaceae	Rubus chamaemorus
15.	Сем. Lamiaceae	Thymus serpyllum
16.	Сем. Salicaceae	Salix myrtilloides
17.	Сем. Betulaceae	Betula nana
18.	Сем. Saxifragaceae	Saxifraga hirculus
19.	Сем. Fumariaceae	Corydalis cava
20.	Сем. Violaceae	Viola uliginosa
Класс Monocotyledoneae		
21.	Сем. Liliaceae	Convallaria majalis Polygonatum officinale Fritillaria ruthenica Polygonatum multiflorum

22.	Сем. Orchidaceae	Orhis militaris Cypripedium calceolus Gymnadenia conopsea Dactylorhiza maculata Coeloglossum viride Neottia nidus-avis
-----	------------------	---

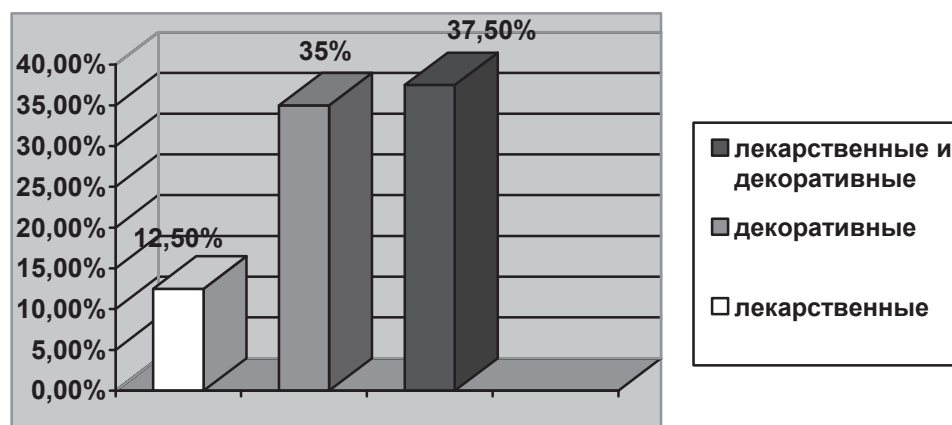
Среди редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района большинство относится к травянистым формам: 34 вида (85 %) – к многолетним и 1 вид (2,5%) – к однолетним. К кустарникам относится 4 вида от всех представленных растений, что составляет 10 % и 1 растение (2,5%) является полукустарничком (см. диаграмму 1).

*Диаграмма 1*  
*Жизненные формы растений*



Из 40 представленных видов 20 (50%) обладают лекарственными свойствами и 29 видов (72,5%) – декоративными свойствами, причем 15 растений (37,5%) обладают и лекарственными и декоративными свойствами одновременно. Данное соотношение показано в диаграмме 2.

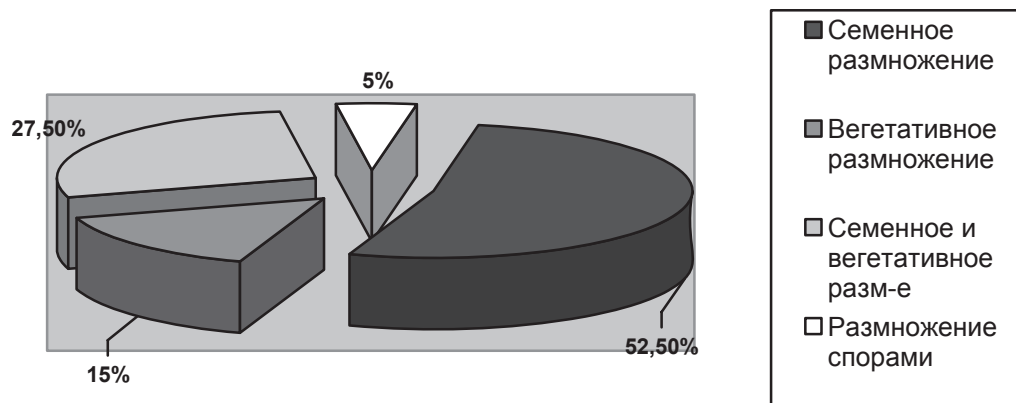
*Диаграмма 2*  
*Лекарственные и декоративные свойства*



Для 52,5% (21 вид) редких и охраняемых растений преобладающим является семенное возобновление, для 15% (6 видов) – вегетативное, для 27,5% (11 видов) семенное и вегетативное возобновление одинаковы по значению и 5% (2 вида споровых растений) размножаются преимущественно спорами. Помимо этого для

развития 17,5% растений (7 видов) из семян необходимо образование микоризы. В диаграмме 3 показано соотношение различных типов воспроизведения редких растений Сергиево-Посадского района.

Диаграмма 3  
Способы воспроизведения



Кроме того, 26 видов (65%) растений начинают цветение весной, причем 8 видов (25%) являются ранневесенними растениями, то есть цветут только в апреле—мае (*Daphne mezereum*, *Anemone nemorosa*, *Hepatica nobilis* и др.).

Для характеристики состояния вида на территории Московской области приняты 6 категорий, показывающие степень редкости каждого охраняемого вида, занесенного в Красную книгу Московской области. Из представленных 40 видов редких и исчезающих растений Сергиево-Посадского района в Красную книгу Московской области занесено 55%, остальные 45% от общего числа растений в Красную книгу Московской области не занесены, однако  $\frac{1}{2}$  из них относится к видам, нуждающимся в постоянном контроле и наблюдении на территории области, оставшиеся 22,5% растений нуждаются в охране только на территории Сергиево-Посадского района. Распределение растений по степени редкости показано в диаграмме 4. Диаграмма 5 отображает соотношение первично и вторично редких видов растений.

Диаграмма 4  
Степень редкости растений

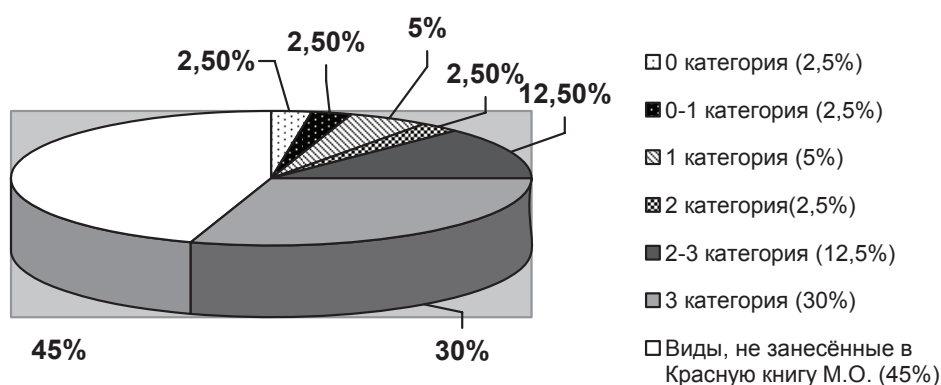
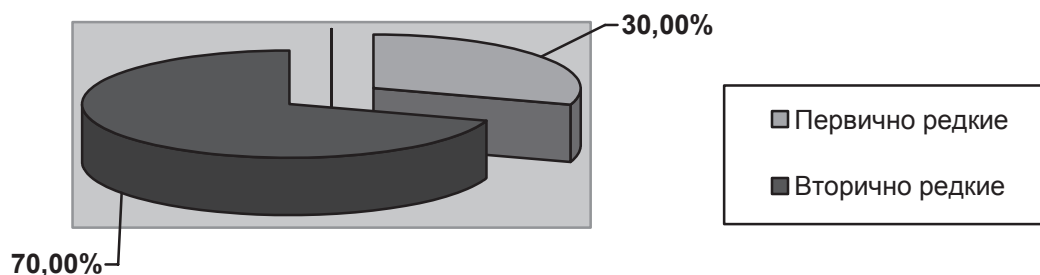


Диаграмма 5

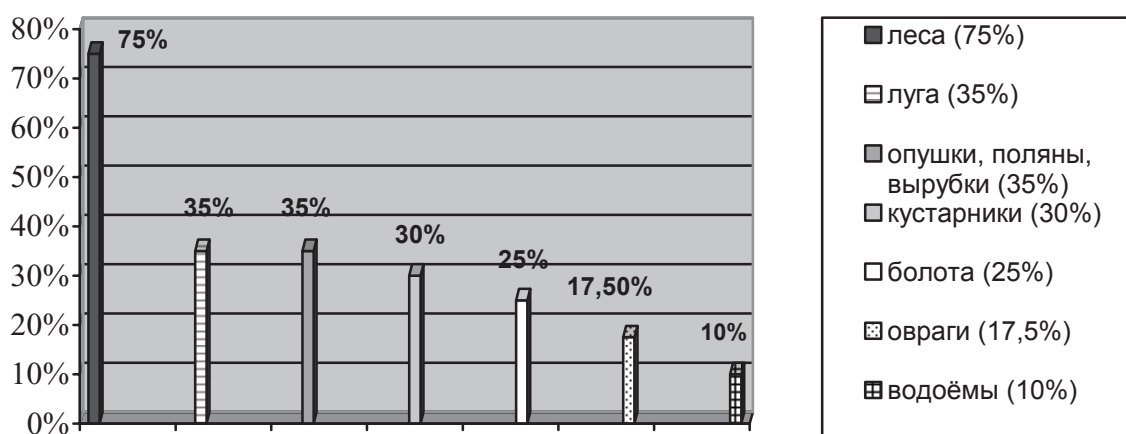
Соотношение первично и вторично редких видов.



Из 40 рассматриваемых видов 12 (30%) приурочены к одному местообитанию (из них 50% обитают только в лесах, 25% только на болотах и 25% являются водными растениями), 22 растения (55%) имеют 2-3 местообитания и только 6 растений (15%) распространены повсеместно.

Диаграмма 6

Фитоценотическая приуроченность растений



По данным диаграммы 6 видно, что большинство редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района обитает в лесах (30 растений, или 75%), причем для 6 растений (15%) леса являются единственным местом обитания. 14 растений (35%) встречаются на лугах различных типов: суходольных, остепненных, пойменных, заболоченных. Такое же количество видов (35%) обитает на полянах, опушках и вырубках. Одним из мест обитания для 12 растений (30%) являются заросли кустарников, а еще для 7 видов (17,5%) обычным местом обитания являются склоны и днища оврагов. 10 видов (25%) встречаются на болотах и их окраинах, в сырых заболоченных низинах, причем для 3 видов (7,5%) болота являются единственным местом обитания. 4 вида (10%) встречаются в реках, озерах и других водоемах; из них 2 вида могут образовывать и наземную форму.

Таким образом, наиболее обычным местообитанием для редких и охраняемых растений Сергиево-Посадского района являются леса (в лесах встречается 75% представленных видов). Большинство из них относится к травянистым формам (87,5%). 30% представленных видов являются первично редкими (*Herpatica nobilis*, *Rubus chamaemorus*, *Corydalis cava* и др.), остальные 70% являются вторично редкими, то есть редкими по вине человека. Для большинства растений преобладающим

---

---

является семенное возобновление. Кроме того, 65% исчезающих видов района начинают цветение весной, причем 20% цветут только в апреле–мае. Ранневесенние растения в наибольшей степени подвержены уничтожению в результате их неограниченного сбора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов В.И. Редкие и исчезающие растения (По страницам Красной книги СССР): Кн.1. – М.: Агропромиздат, 1989. – 383 с.: ил.
2. Вахромеева М.Г., Павлов В.Н. Растения Красной книги СССР: Береги природу! – М.: Педагогика, 1990. – 240 с.: ил.
3. Левин В.Ф. Сергиево-Посадский район: Окружающая среда – Серг.Пос: Администрация р-на, 1996 г. – 67 с.: ил.
4. Левин В.Ф., Смирнов В.А. Природа и экология Сергиево-Посадского района – Сергиев Посад: Весь Сергиев Посад, 2003. – 208 с: ил.

---

---

**Д.А. Климачев, В.Т. Старикова, С.А. Кузнецова**  
Московский государственный областной университет, г. Москва

## ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

*В условиях лабораторных, вегетационных и полевых опытов изучалось влияние экзогенной гибберелловой кислоты ( $GK_3$ ) на физиологические процессы и продуктивность растений пшеницы. Под влиянием опрыскивания  $GK_3$  увеличивается длина листьев (12-дневные проростки), стебля, возрастает масса, зерновая продуктивность растений пшеницы. Усиление ростовых процессов под влиянием гиббереллина сопровождается повышенным содержанием азота, растворимых углеводов, каротиноидов и пониженным содержанием хлорофилла. Внесение питательных элементов увеличивает эффективность гибберелловой кислоты, непосредственно участвуя в проявлении действия этого фитогормона.*

Современные тенденции изменения природной среды приобретают устойчивую и большей частью негативную направленность. Они вызваны в первую очередь деятельностью человека. В сложившихся условиях немаловажное значение играет резистентность живых систем. При этом необходимо отметить, что устойчивость культурных растений, как правило, ниже по сравнению с их дикими сородичами. Искусственный отбор (селекция) главным образом имеет целью повышение продуктивности [1]. Вместе с тем происходит ослабление защитных свойств растений. Это связано с изменением гормональной системы, являющейся связующим звеном между организмом и средой. В ряде случаев это сопровождается снижением устойчивости. В этой связи экзогенное обогащение растений фитогормонами может оказаться весьма полезным. Вместе с тем имеются данные, что эффективность фитогормонов зависит от снабжения растений азотом [2].

В задачу исследований входило изучить влияние обработки растений пшеницы гибберелловой кислотой на процессы роста и продуктивность в разных условиях минерального питания.

Объектом исследования была выбрана яровая пшеница сорта Энита. Энита – сорт интенсивного типа с высоким потенциалом продуктивности. Районирован в областях с различными почвенными и климатическими условиями. Исследования включали в себя лабораторные опыты на базе кафедры ботаники с основами сельского хозяйства МГОУ; вегетационные опыты (почвенные культуры) – на базе кафедры агрохимии МСХА; полевые опыты – на базе биостанции МГОУ и НИИ СХ ЦРНЗ.

Лабораторный опыт. Растения выращивались до 12 дневного возраста. Опыт включал варианты:

1. выращивание на воде ( $H_2O$ );
2. выращивание на 0,2 н питательной смеси Кнопа (ППС);
3. выращивание на питательной смеси с исключением азота (ПС – N);
4.  $H_2O + GK_3$ ;
5. ППС +  $GK_3$ ;



6. ПС – N + ГК<sub>3</sub>;

Повторность 6-кратная. Опрыскивание гибберелловой кислотой в концентрации  $8,8 \times 10^{-5}$  М проводилась на второй день после высаживания проростков на питательные растворы. Среды выращивания меняли через каждые 2 суток в течение опыта.

Вегетационный опыт. Исследуемые растения выращивались в сосудах на 5 кг почвы. Почва дерново-подзолистая,  $pH_{\text{водн}} = 5,9$ . В 100 г почвы содержится 10,3 мг К<sub>2</sub>O, 16,8 мг Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, азот общий – 80 мг, гумус – 1,2 %. Различный уровень минерального питания создавался путем внесения при набивке сосудов минеральных солей (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KCl).

Опыт включал варианты:

1. выращивание на фоне полной дозы питательных веществ – NPK (из расчета на сосуд N-2 г, P-3 г, K-3 г);

2. выращивание на половинной дозе питательных веществ – S дозы NPK (N-1 г, P-1,5 г, K-1,5 г);

3. выращивание без азота – PK;

4. NPK + ГК<sub>3</sub>;

5. S дозы NPK + ГК<sub>3</sub>;

6. PK + ГК<sub>3</sub>.

Полевой опыт. Почва дерновая, слабоподзолистая, гумус – 20, реакция почвенного раствора  $pH_{\text{HCl}} = 6,3$ . В 100 г почвы содержится 14,8 мг К<sub>2</sub>O, 20 мг Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Размер делянки 3 м<sup>2</sup>.

Опыт включал варианты:

1. контроль (без подкормки);

2. внекорневая подкормка KNO<sub>3</sub>;

3. опрыскивание ГК<sub>3</sub>;

4. внекорневая подкормка + ГК<sub>3</sub>.

Повторность опыта 4-кратная.

Внекорневая подкормка осуществлялась путем опрыскивания раствором азотнокислого калия в фазу кущения из расчета 100 мл раствора KNO<sub>3</sub> (5 мг/л) на 1 м<sup>2</sup>.

В полевых и вегетационных опытах опрыскивание фитогормонами в концентрации ГК<sub>3</sub> –  $8,8 \times 10^{-5}$  М проводилось в фазу кущения с использованием смачивателя ОП-7. Контрольные растения опрыскивались водой.

В ходе исследований определялись следующие показатели.

Интенсивность ростовых процессов. Высоту растений, длину листьев (проростки) измеряли с помощью линейки, массу – взвешиванием. При уборке определяли структуру урожая: массу растений, кустистость, масса зерна с растения, озерненность, абсолютный вес зерна.

Содержание пигментов. Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом. Концентрацию хлорофиллов *a*, *b*, *a+b* рассчитывали по формулам Mac-Kinney G. [3].

Для определения каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу Wettstein D. [4].

Содержание пигментов, выраженное в мг/г сырой массы, рассчитывали по формуле Гавриленко В.Ф. [5].

Содержание углеводов. Определение содержания растворимых сахаров проводили методом спектрофотометрического анализа [6,7]. Количественно содержание углеводов определяли по калибровочной кривой, для построения которой готовили стандартные растворы углеводов.

Содержание азота. Содержание общего азота определяли по модифицированному методу Кьельдаля [8].

Результаты опытов обрабатывались статистически [9]. В таблицах приведены средние арифметические из всех повторностей и их среднеквадратичные ошибки. При оценке различий между вариантами использовали критерий Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95.

Для изучения влияния гиббереллина на темпы роста, прежде всего, были проведены опыты в водных культурах, где растения выращивались до 12-дневного возраста.

В таблице 1 представлены данные по изменению суммарного прироста проростков пшеницы под влиянием  $GK_3$ . Наибольший суммарный прирост за 12 дней имеют растения, обработанные гиббереллином на фоне ППС. Так, при выращивании на ППС суммарный прирост под влиянием гиббереллина увеличивается на 22 %, в то время как при исключении азота – на 12 %. Экзогенный гиббереллин на фоне полного исключения минеральных веществ из среды оказывает незначительное влияние. Возрастание суммарного прироста при этом составляет всего 6 %.

Таблица 1

*Влияние  $GK_3$  на суммарный прирост проростков пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (водные культуры)*

Вариант	Суммарный прирост за 12 дней, см	%
ППС	13,07±0,62	100
ППС+ $GK_3$	15,90±0,54	122
ПС- N	11,92±1,02	100
ПС- N+ $GK_3$	13,31±0,87	112
H <sub>2</sub> O	7,75±0,75	100
H <sub>2</sub> O+ $GK_3$	8,20±0,91	106

Следствием увеличения суммарного прироста проростков под влиянием гибберелловой кислоты явилось увеличение высоты растений (табл. 2). И в этом случае в наибольшей степени эффект гиббереллина проявляется на фоне выращивания проростков на полной питательной смеси

Экзогенный гиббереллин оказывает влияние не только на высоту проростков, но и на их массу (табл. 3). Как в первом, так и во втором опыте  $GK_3$  оказывает влияние на массу в большей степени при выращивании на ППС. При полном исключении питательных элементов действие гиббереллина практически не проявляется. На фоне внесения P и K в 1 и во 2 опыте влияние  $GK_3$  сказывается несколько по-разному. Так, если в первом опыте опрыскивание гиббереллином при исключении азота приводит даже к снижению массы растений, то во 2 опыте наблюдается некоторое увеличение (8 %).

Таблица 2

*Влияние  $GK_3$  на высоту проростков в зависимости от уровня минерального питания (водные культуры)*

Вариант	1 опыт		2 опыт	
	высота, см	%	высота, см	%
ППС	19,45±1,15	100	17,2±0,20	100

ППС+ГК <sub>3</sub>	23,49±0,64	121	19,5±0,21	113
ПС- N	19,06±0,56	100	16,8±0,30	100
ПС- N+ГК <sub>3</sub>	21,66±0,85	114	17,6±0,17	105
H <sub>2</sub> O	17,12±0,49	100	16,6±0,29	100
H <sub>2</sub> O+ГК <sub>3</sub>	19,99±0,80	117	17,3±0,32	104

Таблица 3

*Влияние ГК<sub>3</sub> на массу 12-дневных проростков пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (водные культуры)*

Вариант	1 опыт		2 опыт	
	сырая масса 10 растений, г	%	сырая масса 10 растений, г	%
ППС	2,53±0,05	100	1,71±0,01	100
ППС+ГК <sub>3</sub>	2,69±0,10	106	1,95±0,04	114
ПС- N	2,04±0,09	100	1,37±0,05	100
ПС- N+ГК <sub>3</sub>	1,59±0,07	87	1,48±0,07	108
H <sub>2</sub> O	1,30±0,05	100	1,15±0,04	100
H <sub>2</sub> O+ГК <sub>3</sub>	1,33±0,06	102	1,18±0,10	103

Наряду с ростовыми параметрами в водных культурах анализировалось влияние гиббереллина на содержание пигментов.

Проведенные определения показали, что опрыскивание ГК<sub>3</sub> во всех вариантах опыта уменьшает содержание хлорофилла (табл. 4, 5). Уменьшение содержания хлорофилла под влиянием экзогенного гиббереллина отмечается во многих работах [10]. Высказывается предположение, что это связано с уменьшением содержания предшественника хлорофилла – протохлорофиллида [11]. Хотелось бы заметить, что само исключение азота из питательной смеси снижает содержание хлорофилла. На этом фоне результаты 1 и 2 опыта несколько различаются. В 1 опыте опрыскивание гиббереллином не только снижает, но и несколько повышает содержание хлорофилла, тогда как во 2 опыте ГК<sub>3</sub> снижает его количество. Интересно, что в большей степени гиббереллин уменьшает содержание хлорофилла *в* по сравнению с хлорофиллом *а*. Это может быть доказательством ослабления работы 2 фотосистемы [12]. В этой связи важно заметить, что в литературе имеются указания на преимущественное влияние гиббереллина на процесс нециклического фотофосфорилирования [13]. Это может служить основой влияния гиббереллина на усиление процесса фотосинтеза и увеличение массы растений.

Таблица 4

*Влияние ГК<sub>3</sub> на содержание пигментов в 12-дневных проростках пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (водные культуры)*

Вариант	Содержание пигментов, мг/г сыр. в-ва					
	хлорофилл				каротиноиды	%
	а	%	в	%		
ППС	1,19±0,003	100	0,50±0,004	100	0,173±0,003	100
ППС+ГК <sub>3</sub>	1,09±0,002	92	0,44±0,001	88	0,183±0,002	105
ПС- N	0,84±0,001	100	0,32±0,001	100	0,167±0,003	100
ПС- N+ГК <sub>3</sub>	1,10±0,003	131	0,44±0,001	125	0,179±0,002	107
H <sub>2</sub> O	1,18±0,003	100	0,51±0,003	100	0,166±0,004	100
H <sub>2</sub> O+ГК <sub>3</sub>	0,83±0,002	70	0,34±0,004	68	0,200±0,003	121

Таблица 5

*Влияние ГК<sub>3</sub> на содержание хлорофилла в 12-дневных проростках пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (водные культуры)*

Вариант	Содержание хлорофилла (a+v), мг/г сыр. в-ва	%
ППС	1,93±0,09	100
ППС+ГК <sub>3</sub>	1,88±0,04	97
ПС- N	1,79±0,05	100
ПС- N+ГК <sub>3</sub>	1,68±0,07	94
H <sub>2</sub> O	1,76±0,10	100
H <sub>2</sub> O+ГК <sub>3</sub>	1,64±0,06	93

ГК<sub>3</sub> во всех вариантах увеличивает содержание каротиноидов. Здесь важно заметить, что эта группа пигментов связана с обеими фотосистемами [12]. Увеличение содержания каротиноидов частично может быть обусловлено уменьшением содержания хлорофилла, поскольку при их биосинтезе имеются одинаковые предшественники [14].

Наряду с водными культурами, где выращивание проводилось до 12-дневного возраста, в течение двух сезонов были поставлены вегетационные опыты (почвенные культуры). Опрыскивание ГК<sub>3</sub> проводилось в фазу кущения (концентрация  $8,8 \times 10^{-5}$  М).

В 1-м опыте влияние гиббереллина изучалось на двух уровнях минерального питания. В таблицах 6 и 7 представлены данные по изменению высоты и массы растений пшеницы под влиянием ГК<sub>3</sub>. Из приведенных данных видно, что под влиянием гиббереллина заметно возрастает как высоты, так и масса растений. Увеличение массы растений под влиянием опрыскивания ГК<sub>3</sub> отмечено и другими исследователями в опытах с ячменем и кормовыми бобами [15]. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что на эффективность обработки гиббереллином оказывает влияние уровень снабжения питательными веществами. Снижение снабжения питательными веществами приводит к уменьшению влияния ГК<sub>3</sub>. Так, на фоне полной дозы NPK гиббереллин увеличивает массу растений в фазу выхода в трубку на 15 %, при снижении уровня NPK в два раза – на 9 %. Еще более резко различия проявляются в фазу колошения, где увеличение массы под влиянием гиббереллина составляет соответственно 30 и 25 %. Повышенный уровень питания сказывается и в действии ГК<sub>3</sub> на высоту растений, однако в меньшей степени.

Таблица 6

*Влияние ГК<sub>3</sub> на высоту растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (вегетационный опыт 1)*

Вариант	Высота растений, см			
	выход в трубку	%	колошение	%
S NPK	38,16±0,34	100	58,33±1,68	100
S NPK+ГК <sub>3</sub>	45,09±0,21	118	80,63±0,84	138
NPK	42,86±0,70	100	66,00±1,51	100
NPK+ГК <sub>3</sub>	52,06±0,21	121	93,13±1,46	141

Таблица 7

*Влияние ГК<sub>3</sub> на массу растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (вегетационный опыт 1)*

Вариант	Масса растений, г			
	выход в трубку	%	колошение	%
S NPK	39,17±0,30	100	60,41±1,03	100
S NPK+ГК <sub>3</sub>	42,85±0,38	109	75,75±0,84	125
NPK	42,42±0,78	100	65,34±0,73	100
NPK+ГК <sub>3</sub>	48,87±0,53	115	82,94±0,86	130

Для того чтобы определить значение снабжения растений азотом, во 2-м вегетационном опыте изучалось влияние гибберелловой кислоты на ростовые процессы на фоне NPK и при исключении азота (PK). Из таблицы 8 видно, что, как и в водных культурах, в вегетационном опыте уменьшение снабжения азотом снижает эффективность действия гиббереллина. Так, в фазу колошения ГК<sub>3</sub> увеличивает высоту растений на 30 % и массу на 7 %. При снижении уровня азотного питания увеличение составляет всего 19 и 5 % соответственно. Преимущественное влияние гиббереллина на рост стебля наблюдалось на различных культурах [16].

Таблица 8

*Влияние ГК<sub>3</sub> на темпы роста растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (вегетационный опыт 2)*

Вариант	Фаза колошения	
	высота, %	масса 10 растений, %
PK	100	100
PK+ГК <sub>3</sub>	119	105
NPK	100	100
NPK+ГК <sub>3</sub>	130	107

Действие ГК<sub>3</sub> на продуктивность растений пшеницы также оказывается зависимым от уровня снабжения азотом. В таблице 9 представлены данные по влиянию экзогенного гиббереллина на формирование элементов урожая в зависимости от снабжения растений азотом. Так, влияние ГК<sub>3</sub> на такие показатели продуктивности, как масса колоса, общая и продуктивная кустистость, масса 1000 зерен проявляется в большей степени при внесении в почву азота. Например, увеличение различных показателей продуктивности под влиянием гиббереллина при полном наборе питательных веществ составляет от 8 до 14 %, в то время как при выращивании растений в варианте с исключением азота от 3 до 6 %. При исключении азота гиббереллин на такой показатель, как абсолютный вес зерна влияния не оказывает.

Таблица 9

*Влияние  $GK_3$  на продуктивность растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (вегетационный опыт 2)*

Вариант	PK	PK+ $GK_3$	NPK	NPK+ $GK_3$	
Высота, см	47,65±1,04	58,61±1,25	65,19±1,16	88,01±0,97	
%	100	123	100	135	
Масса 10 растений, г	68,24±1,13	70,97±1,19	82,14±1,07	89,53±1,45	
%	100	104	100	109	
Масса колоса 10 растений, г	39,09±0,55	40,36±0,39	47,29±0,58	51,17±0,35	
%	100	103	100	108	
Масса 1000 зерен, г	22,10±0,64	22,40±0,17	31,53±0,24	34,78±0,10	
%	100	101	100	110	
кустистость	общая	1,41±0,05	1,50±0,06	2,11±0,11	2,37±0,04
	%	100	106	100	112
	продуктивная	1,12±0,10	1,19±0,11	1,54±0,08	1,76±0,09
	%	100	106	100	114

Особенно резко уровень обеспеченности азотом сказывается при действии  $GK_3$  на содержание этого элемента в зерне (табл. 10). На сниженном уровне азота в почве прибавки от внесения гиббереллина составляют 7 %. На фоне внесения азота в почву гиббереллин повышает содержание этого элемента в зерне на 15 %.

Таблица 10

*Влияние  $GK_3$  на содержание общего азота в зерне в зависимости от уровня минерального питания (вегетационный опыт 2)*

Вариант	Содержание общего азота, %
PK	100
PK+ $GK_3$	107
NPK	100
NPK+ $GK_3$	115

Увеличение содержания азота на фоне его дополнительного внесения у растений, опрыснутых гиббереллином, позволяет считать, что данный гормон увеличивает использование питательных веществ, вносимых в почву. В литературе имеются указания, что под влиянием гиббереллина активируется  $H^+$  помпа [17].

Таблица 11.

*Влияние  $GK_3$  на рост растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (фаза колошения) (полевой опыт 1).*

Вариант	Высота, см	%	Масса 10 растений, г	%
Контроль (без подкормки)	94,74±1,17	100	8,06±0,54	100
Опрыскивание $GK_3$	95,75±1,44	101	7,78±0,37	97
Подкормка	89,32±1,26	100	8,69±0,49	100
Подкормка + $GK_3$	102,44±1,05	105	10,62±0,61	122

Дополнительное изучение влияния гибберелловой кислоты было проведено в полевых условиях в течение двух сезонов. Мы считали это важным, поскольку полевые опыты позволяют оценить влияние различных факторов на продуктивность растений в естественной среде. Различный уровень питания создавался путем внекорневых подкормок азотнокислым калием ( $\text{KNO}_3$ ).

Как видно из таблицы 11, подкормка  $\text{KNO}_3$  оказывает влияние на проявление действия  $\text{ГК}_3$ . Так, в фазу колошения на фоне подкормки гиббереллин увеличивает высоту на 15 % и массу растений на 22 %, в то время как без подкормки гормон ни на высоту, ни на массу влияния не оказывает.

Полученные результаты были подтверждены во втором полевом опыте. Необходимо отметить лучшее развитие растений в этом случае, что связано с более высоким плодородием. Вместе с тем в целом результаты подтвердили данные предыдущего опыта. По всем исследованным показателям большая эффективность проявляется на подкормке. Так, в фазу колошения под влиянием  $\text{ГК}_3$  высота растений увеличивается на 8 %, масса на 5 %, вес колоса на 15 %. На фоне подкормки  $\text{KNO}_3$  на 12, 9 и 18 % соответственно (табл. 12).

Таблица 12

*Влияние  $\text{ГК}_3$  на рост растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (фаза колошения) (полевой опыт 2)*

Вариант	Высота, см	%	Масса 10 растений, г	%	Масса колоса 10 растений, г	%
Контроль (без подкормки)	66,47±1,14	100	104,23±1,10	100	57,33±0,75	100
Опрыскивание $\text{ГК}_3$	71,50±1,21	108	109,88±0,54	105	65,93±0,36	115
Подкормка	68,31±0,75	100	115,55±1,06	100	66,45±0,69	100
Подкормка+ $\text{ГК}_3$	76,30±0,98	112	126,37±0,95	109	78,35±0,51	118

В период уборки, когда определялись показатели продуктивности растений пшеницы, проявляется та же закономерность (табл. 13). Так, без подкормки масса 10 растений под влиянием  $\text{ГК}_3$  увеличивается на 5 %, масса зерна с растения на 7 %, абсолютная масса зерна на 5 %. На фоне подкормки увеличение этих показателей под влиянием экзогенного гиббереллина составляет соответственно 10, 11 %.

Таблица 13

*Влияние  $\text{ГК}_3$  на продуктивность растений пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (полевой опыт 2)*

Вариант	Контроль (без подкормки)	Опрыскивание $\text{Г}+\text{К}_3$	Подкормка	Подкормка $\text{ГК}_3$
Масса 10 растений, г	107,22±2,64	112,70±1,31	118,47±1,95	130,13±0,95
%	100	105	100	110
Масса зерна с 10 растений, г	27,0±0,09	29,0±0,07	28,5±0,10	31,6±0,05
%	100	107	100	111
Масса 1000 зерен, г	52,77±1,05	55,33±1,02	53,38±1,15	58,42±0,79
%	100	105	100	109
Число зерен, шт	51,17±0,95	53,41±0,78	53,39±1,39	55,69±0,50
%	100	104	100	104

Особенно хотелось отметить, что наблюдаемое нами увеличение массы и продуктивности растений под влиянием гибберелловой кислоты связано с фотосинтетической деятельностью. Этот вывод можно сделать на основании анализа содержания сахаров. Содержание сахаров, особенно глюкозы, под влиянием гиббереллина возрастает (табл. 14). На фоне подкормки это увеличение проявляется сильнее. Так, если на фоне внесения  $KNO_3$  повышение содержания сахарозы и глюкозы составляет 16 и 33 %, то без подкормки соответственно 11 и 21 %.

Таблица 14

*Влияние  $GK_3$  на содержание растворимых углеводов (мг/г сух. в-ва) в растениях пшеницы (фаза колошения) (полевой опыт 2)*

Вариант		Контроль (без подкормки)	Опрыскивание $G+K_3$	Подкормка	Подкормка $GK_3$
сахароза	листья	78,81±1,54	87,69±1,44	82,83±0,67	96,02±1,29
	%	100	111	100	116
	колос	112,62±1,67	120,69±0,95	118,02±1,75	129,51±1,13
	%	100	107	100	110
глюкоза	листья	173,72±1,47	210,42±1,26	185,56±1,62	247,41±1,25
	%	100	121	100	133
	колос	95,47±1,60	106,36±0,79	101,48±1,27	119,01±1,01
	%	100	111	100	117

В заключение необходимо отметить, что условия минерального питания, в особенности азотом, заметно усиливают влияние экзогенно внесенного гиббереллина на процессы роста.

Внесение гиббереллина увеличивает длину как листьев, так и стебля. Под влиянием гиббереллина также несколько возрастает и масса растений. Продуктивность пшеницы (масса зерна с растения) под влиянием  $GK_3$  увеличивается.

В согласии с литературными данными гиббереллин и в наших исследованиях уменьшает содержание хлорофилла. Увеличение интенсивности фотосинтеза на фоне снижения количества хлорофилла наблюдалось и другими исследователями [18]. По мнению авторов, это позволяет считать, что гиббереллин способствует лучшему использованию единицы хлорофилла, то есть повышает так называемое ассимиляционное число. Косвенным доказательством возрастания фотосинтетической деятельности служат данные по увеличению содержания растворимых углеводов под влиянием экзогенного гиббереллина. Эффективность обработки гиббереллином находится в прямой зависимости от уровня снабжения минеральными веществами, в частности азотом.

Зависимость гиббереллина от снабжения растений азотом может быть связано с разными причинами и, прежде всего, с усилением синтеза белка. Как известно, для проявления действия гиббереллина, как и других гормонов, необходимы рецепторы, которые имеют белковую природу [19]. Возможно также, что внесение азота увеличивает эффективность гибберелловой кислоты, непосредственно участвуя в проявлении действия этого фитогормона.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Раппопорт И.А. Гены. Эволюция. Селекция. Москва: Наука, 1996. 249 с.
2. Климачев Д.А., Якушкина Н.И. Влияние азотного питания на эффективность обработки яровой пшеницы цитокинином (6-БАП) // *Агрохимия*. 1997. № 12. С. 47–49.
3. Mac-Kinney G. Absorption of light by chlorophyll solutions // *J. Biol. Chem.* 1941. 140. 2. P. 315-322.
4. Wettstein D. Chlorophylletetale und der submikroskopische formwechsel der plastiolen // *Exp. cell research*. 1957. 12. 3. P. 427-506.
5. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.Н. Большой практикум по физиологии растений. Москва: Высшая школа, 1975. 392 с.
6. Roe I.H., Epstein I.H., Coldstein A photometric method for the determination of inulin in plasma and wine // *J. Biochem.* 1949. 178. 2. P. 839-845.
7. Hynarinen A., Nirrila E. Specific determination of blood glucose with o' toluidine // *Chemica Acta*. 1962. 7. P. 140–143.
8. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1973. 336 с.
10. Скоробогатова И.В., Якушкина Н.И. Влияние гиббереллина на фотосинтетическую активность хлоропластов растений ячменя разного возраста // *Физиология растений*. 1986. Т. 18. Вып. 5. С. 478–483.
11. Муромцев Г.С., Герасимова Н.М., Коренева В.М. Механизм действия гиббереллинов // *Рост растений. Первичные механизмы*. Москва: Наука, 1978. С. 81–98.
12. Клейтон Р.М. Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели. Москва: Мир, 1984. 325 с.
13. Якушкина Н.И., Пушкина Г.П. Некоторые особенности влияния гиббереллина и кинетина на содержание хлорофилла и на процесс фотофосфорилирования в проростках кукурузы // *Физиология растений*. 1971. Т. 18. Вып. 5. С. 898–903.
14. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. Москва: Мир, 1986. 422 с.
15. Скоробогатова И.В., Живухина Г.М. Влияние обработки гиббереллином на структуру урожая ячменя // *Фитогормоны – регуляторы физиологических процессов*. Москва: МОПИ, 1987. С. 28–30.
16. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. Москва: Наука, 1988. 560 с.
17. Коняев И.С. Изменение способности корней яровой к H<sup>+</sup> секреции // *Мат. межд. конф. «Регуляторы роста и развития растений»*. Москва: МСХА, 1997. С. 99.
18. Похлебаев С.М. Изменение функциональной активности хлоропластов ячменя и пшеницы под действием гиббереллина // *Доклады ВАСХНИЛ*. 1981. № 7. С. 46–48.
19. Муромцев Г.С., Чкаников Д.И., Кулаева О.Н., Гамбург К.З. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений. Москва: Агропромиздат, 1987. 382 с.

## Оценка численности насекомых-ксилофагов в лесных экосистемах

Методы оценки численности насекомых-ксилофагов в насаждении разработаны слабо и редко встречаются в литературе. Обычно оценки выражены количеством особей насекомых, приходящихся на единицу площади произрастания древостоя. Расчеты, как правило, представляют собой интерполяцию результатов анализа произвольно взятого числа модельных деревьев на количество или на пораженную поверхность всех заселенных насекомыми-ксилофагами деревьев по каждой пробной площади [3, 6–13, 16–19]. Получаемые таким способом оценки даже при условии их высокой точности имеют сугубо локальное значение, поскольку относятся к строго определенным однородным участкам леса (выделам) с конкретными таксационными характеристиками. Однако интерес к таким оценкам велик, поскольку они являются основанием для определений количества ловчих деревьев и феромонных ловушек в период массовых размножений ксилофагов. Так, сопоставляя численности отловленных и поселяющихся на одном дереве жуков, вычисляют количество «спасенных» деревьев и их рыночную стоимость. Действующими «Рекомендациями по применению аттрактантов короедов для защиты ели» в очагах на каждое заселенное типографом в предыдущем году дерево необходимо разместить на следующий год одну ловушку с уловистостью 7 тыс. жуков или две ловушки с уловистостью 3–4 тыс. жуков каждая.

По нашему мнению, интерполировать оценки, полученные на каком-либо выделе, на обширные лесные массивы нельзя. Эти оценки будут искажаться даже ежегодным варьированием отпада и ростом насаждений, они неприменимы для сопоставления в пространстве и во времени, например, даже оценок численности насекомых в соседних древостоях. В результате затрудняется не только практические расчеты при проектировании лесозащитных и истребительных мероприятий, но и анализ динамики численности, унифицирование способов и объемов учетных работ и т.п.

Что же конкретно не учитывает такой подход определения численности насекомых-ксилофагов хотя бы в региональном масштабе?

1. Состав древесных пород. Введение поправки на долю участи заселяемой насекомыми-ксилофагами породы в составе древостоя не даст ощутимого результата, поскольку состав дается по запасу, а не по числу деревьев.

2. Полнота древостоя. Введение поправки на полноту производится умножением на долю единицы, однако полнота зачастую определяет и видовой состав ксилофагов.

3. Возраст древостоя. Чем старше древостой и больше диаметр среднего дерева, тем, казалось бы, больше должно быть и ксилофагов данного вида. Однако зависимость здесь нелинейная, с увеличением диаметра дерева число поселяющихся на нем стволовых насекомых сначала растет, а потом убывает.

4. Бонитет древостоя. Он как бы «вытягивает» ствол, поэтому в одновозрастных насаждениях при прочих равных условиях запас ксилофагов должен быть больше. Однако для комлевых видов эта закономерность не проявляется; более того, в насаждениях низших бонитетов район поселения на стволе комлевых видов больше, а устойчивость самих насаждений выше.

Перечень недостатков обсуждаемого способа оценки численности можно продолжать до бесконечности, добавляя особенности типов леса, ландшафта, зональности и т.п. Вывод будет только один — оценки в виде количества насекомых на 1 га, 1 м<sup>2</sup> и т.п. неприемлем для насекомых-ксилофагов, популяция которых во всяком насаждении рассредоточена на заселенных деревьях, расположенных среди растущих незаселенных. Необходим некий абстрактный показатель, который, с одной стороны, позволял бы сравнивать различные по таксационным характеристикам древостои в пространстве и во времени, а также давать определенные ориентиры для хозяйственных решений, а с другой стороны, давал бы возможность при необходимости вычислить количество насекомых в конкретном древостое.

В настоящей статье рассматривается предложенный нами показатель «плотность ксилофагов на единицу местообитания», методы его оценки и преобразование в оценку количества насекомых для какого-либо древостоя.

« -  
(  $\bar{y}_r$  )»

Плотность ксилофагов на каждой пробной площади  $r$  оценивается по предложенному нами [5] показателю  $\bar{y}_r$ , вычисленному как отношение численности особей данного вида ( $M_b$ ) на пробной площади к той части суммарной площади камбия растущих деревьев ( $Q_a$ ), которая теоретически соответствует району поселения этого вида на стволе, плюс заселенная поверхность в год учета ( $Q_b$ ).

$$\bar{y}_r = \frac{M_b}{Q_a + Q_b} \cdot 10^2, \quad (1)$$

Формула (1) предложена на основании следующих рассуждений. Плотность каждого вида насекомых наиболее целесообразно оценивать отношением численности особей к величине кормовой базы. Для насекомых-ксилофагов, обитающих под корой и в заболони, за величину кормовой базы удобно принять ту часть боковой поверхности насаждения, на которой способен селиться изучаемый вид. Например, вершинный короед *Ips acuminatus* Gyll. заселяет верхнюю часть стволов сосен в области тонкой и гладкой коры. Бурый комлевой усач *Criocerphalus rusticus* L. поселяется только в комлевой части и на корнях сосны и кедра, короед обыкновенный гравер *Pitiotenodes chalcographus* L.—под гладкой корой хвойных пород в верхней части ствола и т.д. Таким образом, зная биологические особенности и местообитание данного вида ксилофага, протяженность по стволу характерного для этого вида типа коры, можно довольно точно вычислить ожидаемую площадь поселения изучаемого ксилофага на любом дереве независимо от того, заселено дерево или нет, что и предусматривает формула (1). Теперь можно видеть, что величина ( $\bar{y}_r$ ), представляющая собой плотность изучаемого вида на единице поверхности местообитания, не будет зависеть от класса бонитета, полноты и состава насаждения, поскольку не связана с числом стволов на единице площади древостоя, а это дает возможность сравнивать численность ксилофагов в весьма разнородных массивах и изучать динамику численности во времени.

Вычисления величины  $\bar{y}_r$  более удобно проводить по преобразованной формуле

$$\bar{y}_r = \frac{\sum N_b}{\sum S_a + \sum S_b} \cdot 10^2, \quad (1a)$$

где  $N_b$ —число насекомых на  $b$ -м модельном дереве;  $S_a$ —возможная площадь заселения на  $a$ -м растущем дереве;  $S_b$ —площадь заселения на  $b$ -м заселенном модельном дереве. Коэффициент  $10^2$  выбран для удобства расчетов, потому что иначе даже максимальное значение  $\bar{y}_r$  при отсутствии незаселенных деревьев ( $\sum S_a = 0$ ) было бы равно всего лишь средней плотности изучаемого вида на заселенных деревьях.

В основу положены собранные в 1973—1998 гг. данные учета численности по 15 видам насекомых-ксилофагов с анализом в общей сложности 268 модельных деревьев и 196 безразмерных и размерных пробных площадей в насаждениях различных классов возраста. Учет на модельном дереве заключался в подсчете насекомых на палетках, располагаемых в большинстве случаев в трех фиксированных точках (узлах учета); посередине длины ( $H$ ) района поселения ( $H/2$ ) и отступая от середины в обе стороны на  $0,71 H/2$ . Основная часть учетов проведена круговыми палетками высотой 20—40 см. Количество насекомых ( $N_b$ ) на модельном дереве в общем случае находили по формуле

$$N_b = \frac{H}{h} \sum_1^k \frac{1}{k} \cdot x_k, \quad (2)$$

где  $H$  — длина района поселения насекомых-ксилофагов,  $дм$ ;  $k$  — число узлов учета; шт.;  $h$  — ширина круговой палетки,  $дм$ ;  $X_k$  — количество насекомых-ксилофагов на палетке в  $k$ -ом узле учета. Площадь заселения ( $S_b$ ) насекомых на модельном дереве определяли по формуле

$$S_b = H \cdot \sum_1^k \frac{1}{k} \cdot l_k, \quad (3)$$

где  $l_k$ —длина окружности ствола без коры в  $k$ -ом узле учета. Основную характеристику каждого модельного дерева—плотность поселения  $\bar{x}_b$  —находили делением (1) на (2).

Учет насекомых в насаждениях проводили на пробных площадях различной величины и формы. На них отмечали таксационные показатели каждой пробной площади, измеряли диаметры всех деревьев, на заселенных деревьях проводили учет ксилофагов описанным выше способом.

Большинство учетных работ в насаждении выполняли методом угловых пробных площадей Биттерлиха [1]. На заселенных деревьях по формулам (2) и (3) находили оценки величин  $N_b$  и  $S_b$ . При определении теоретических оценок площадей поселения  $S_a$  каждого изучаемого вида строили специальную номограмму площади поселения ксилофага на стволе как функции диаметра, по ней находили оценки возможных площадей поселения  $S_a$  для растущих деревьев и сверяли теоретические оценки  $S_a$  с реальными  $S_b$  для заселенных деревьев. При составлении номограмм использовали измерения протяженности толстой, тонкой или переходной коры

на модельных деревьях, под которой поселяется изучаемый вид (так называемую «типичную длину района поселения»), учеты прошлых лет и литературные данные. Обычно у заселенных деревьев теоретические  $S_a$  и реальные  $S_b$  площади поселения ксилофагов имели близкие значения. В неблагоприятные годы на уровне низкой численности популяции и при начале вспышки массового размножения наблюдали уменьшение длин районов поселения, т.е. возникновение разности между теоретическими и реальными площадями заселения модельных деревьев изучаемыми видами. Чтобы сбалансировать оценки плотности популяции ( $\bar{y}_r$ ) каждого вида в насаждении, эти разности прибавляли к площади незаселенной поверхности.

$$\bar{y}_r$$

Количество учетных единиц, необходимое для получения представительных оценок измеряемых величин, определяли экспериментально через общепринятую точность оценки средней по формуле

$$P = \pm \frac{\sigma_{\bar{y}}}{\bar{y}} \cdot 100\% \quad (4)$$

в которой ошибка средней равна

$$\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}, \quad (5)$$

где  $\sigma^2$  — дисперсия средней плотности  $y$ , полученной последовательно по  $n=2$ ,  $n=3$ ,  $n=4$  и т.д. учетным единицам. Если увеличение объема выборки существенно не изменяло точность оценки средней, то такое количество учетных единиц принимали за минимально необходимое. Это решение основано на известном правиле статистики, согласно которому всегда существует выборка, начиная с которой точность оценки средней остается неизменной при дальнейшем продолжении учетов, иначе говоря, достигается равновесие между полученной оценкой средней и ее варьированием в каждой очередной выборке.

Анализ точности оценок средней плотности ксилофагов в насаждении ( $\bar{y}_r$ ) проведенный по формулам (4) и (5), показал (табл. 1), что при небольшом количестве заселенных деревьев (2—5% от общего числа стволов) достичь точности оценки средней порядка  $\pm 20\%$  методом угловых пробных площадей Биттерлиха не удастся даже при значительном объеме учетных работ.

Средняя плотность насекомых-ксилофагов в насаждении в расчете на единицу местообитания ( $\bar{y}$ ) равна

$$\bar{y} = \left( \sum_1^r \bar{y}_r \right) / r, \quad (6)$$

где  $\bar{y}_r$  — средняя плотность по (1);  $r$  — число пробных площадей.) Это еще не означает, конечно, что на практике следует отказаться от таких пробных площадей, поскольку близкие к истинным представления об оценке средней плотности популяции ксилофагов в этом случае можно получить, используя 10—12 угловых пробных площадей (табл. 1). В то же время нет необходимости добиваться точных оценок, когда ежегодный отпад меньше нормального.

Представляется целесообразным выяснить причину низкой точности средней

оценки  $\bar{y}_r$  по нескольким  $\bar{y}_r$ . Для этого разделим числитель и знаменатель формулы (1) на  $Q_b$ , получим

$$\bar{y}_r = \frac{\bar{X}}{Q_a / Q_b + 1} \cdot 10^2, \quad (7)$$

где  $\bar{X}$  представляет собой среднюю плотность заселения насекомых-ксилофагов на 1 дм<sup>2</sup> по данным нескольких модельных деревьев.

Плотность заселения ( $\bar{X}$ ) специфична для каждого вида, ее колебания ограничены и зависят как от численности ксилофагов в насаждении, так и от ежегодных изменений пригодной для заселения доли поверхности местообитания (части боковой поверхности древостоя). Оценка величины ( $\bar{X}$ ) с точностью  $\pm 20\%$  в большинстве случаев достигается уже при анализе 10—12 модельных деревьев (табл. 2), для усаечей—даже при 7—8 моделях, а анализ 21 и более заселенных деревьев доводят точность оценки ( $\bar{X}$ ) до  $\pm 10\%$ . Поэтому в формуле (7) переменной величиной можно считать отношение незаселенной поверхности ( $Q_a$ ) к заселенной ( $Q_b$ ), а оценку величины ( $\bar{X}$ ) рассматривать как параметр. Но сумма величин  $Q_a$  и  $Q_b$  должна быть постоянна в однородных древостоях, так как, согласно Н.П. Анучину [1], для каждого нормального древостоя определенной породы и класса бонитета площадь боковой поверхности (площадь камбиальной зоны) во всех возрастах есть определенная и постоянная величина. Следовательно, увеличение незаселенной поверхности ( $Q_a$ ) в насаждении приведет к уменьшению заселенной поверхности ( $Q_b$ ) и наоборот. Значит, с одинаковой точностью величины  $Q_a$  и  $Q_b$  могут быть оценены только в случае их равенства, т. е. при ежегодном заселении 50% деревьев, что может иметь место только при «экологических катастрофах», например после массового ветровала в сочетании с предшествующей засушливой погодой, устойчивого низового пожара, уничтожения ассимиляционного аппарата и т. п. В нашем случае при  $Q_a \gg Q_b$  естественно ожидать, что чем больше преобладает  $Q_a$  над  $Q_b$ , тем выше будет точность оценки  $Q_a$ , ниже точность оценки  $Q_b$  и, как следствие, ниже точность оценки плотности ксилофагов в насаждении ( $\bar{y}_r$ ). Действительно, результаты учетов (табл. 3) показывают отсутствие зависимости точности оценки  $Q_a$  от доли заселенных деревьев в насаждении. Как видно из таблицы 3, оценку  $Q_a$  с достаточно высокой точностью ( $\pm 8—16\%$ ) можно получить путем анализа всего шести угловых пробных площадей. Напротив, точность оценки заселенной поверхности  $Q_b$  пропорциональна доле заселенных деревьев (табл. 3) и если последняя составляет 2% и менее, то с помощью угловых пробных площадей Биттерлиха не представляется возможным получить точную оценку  $Q_b$ .

Таким образом, точность учета численности ксилофагов в насаждении зависит прежде всего от правильной оценки величины заселенной поверхности ( $Q_b$ ) и гораздо меньше — от численности и плотности ксилофагов на модельных деревьях. Поэтому объем учетных работ определяется главным образом усилиями, затраченными на оценку величины заселенной каким-либо видом ксилофагов поверхности ( $Q_b$ ). Ориентировочные расчеты количества учетных пробных площадей, вычисленные через коэффициенты вариации величины  $Q_b$  и  $\bar{y}$  по формуле (6), показали (табл. 4), что достижение одинаковой точности оценок плотности ксилофагов в насаждении при снижении доли заселенных деревьев ведет к резкому увеличению объема работ.

---

---

Максимум трудозатрат требуется в тех случаях, когда число заселяемых ксилофагами деревьев не превосходит естественный отпад, т.е. 3—5% от общего числа деревьев. Вместе с тем угловые пробные площади Биттерлиха, включающие по 10—35 деревьев, не дают в таких насаждениях достаточно точных оценок численности насекомых вследствие появления значительного числа «нулевых» пробных площадей.

Если текущий отпад в древостоях меньше нормального или равен ему, то отдельные пробы Биттерлиха становятся неэффективными (табл. 1, 1-я строка). Необходимо увеличить размер выборок и разместить их так, чтобы на каждой учетной площадке находилось бы по крайней мере одно заселенное дерево. Однако это требует выяснения типа пространственного размещения заселяемых деревьев. Если размещение регулярное (равномерное), то для получения достоверных результатов достаточно одной, но большой учетной площадки. При случайном или агрегативном (скупенном) размещении заселяемых деревьев потребуется несколько учетных площадок, размещенных случайно.

Из литературы известно, что распределение растущих деревьев с возрастом изменяется от случайного на стадии жердняка к регулярному в приспевающих и спелых древостоях [15, 16]. Некоторые исследователи склонны считать распределение растущих деревьев случайным во всех возрастах [4]. Агрегации растущих деревьев не отмечены никем. Поэтому есть все основания предполагать, что в насаждениях с нормальным отпадом заселенные деревья распределены случайно.

Нами этот вопрос изучен на примере малого соснового лубоеда. В отличие от вышеупомянутых авторов, пользовавшихся методикой Е. Пилоу [15, 16], мы применили общеизвестные индексы агрегативности [2] для анализа расстояний между заселенными деревьями в здоровых насаждениях с нормальным отпадом и в нарушенных древостоях, поврежденных сосновой совкой (*Panolis flamea* Schiff.). При равенстве среднего расстояния и его дисперсии ( $S_l^2 / \bar{l} = 1$ ) распределение считали случайным. Если же отношение дисперсии к среднему было меньше единицы, то это указывало на регулярное распределение, если больше — то на скупенное.

Таблица 1

Оценки средних плотностей насекомых-ксилофагов в насаждении в расчете на единицу местообитания ( $\bar{y}$ ) по (б) и ошибки средних в зависимости от числа пробных площадей по (4)

Вид	Объект учета	Заселенные деревья, %	Тип пробной площади	Число пробных площадей																	
				2	4	6	8	10	112	14	16	18	20	21	28	32	36	40	46	50	
<i>Blastophagus pinipecta</i> L.	Ма-точные ходы	1,24	Угловые по Биттерлиху	2,83	1,88	0,94	0,71	1,16	0,97	0,83	0,93	0,91	0,82	1,32	1,43	1,33	1,24	1,20	1,26	1,20	
То же	То же	1,24	Угловые по Биттерлиху, объединенные по три	14,2	58,7	64,5	66,2	55,2	52,3	58,4	46,0	43,6	43,6	41,2	38,4	34,7	33,2	31,6	28,6	26,5	
То же	То же	1,24	Угловые по Биттерлиху, объединенные по три	1,57	1,04	0,83	0,98	1,00	1,28	1,17	1,26	1,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	1,24	Угловые по Биттерлиху, объединенные по три	44,3	37,2	32,9	26,1	31,0	28,3	27,0	23,4	21,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Blastophagus minor</i> Hart.	Имаго, старое поколение	1,49	Угловые по Биттерлиху	56,5	1,3	17,6	13,4	17,8	14,2	16,7	10,0	10,0	14,6	14,3	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	1,49	Угловые по Биттерлиху	57,8	100	50,8	85,5	60,2	70,2	66,7	74,0	66,6	55,2	51,4	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	3,67	То же	59,0	32,2	37,8	28,4	28,0	27,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	3,67	То же	9,8	37,3	30,0	26,9	23,1	21,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Dendroctonus micans</i> Kugel. ki	Личинки	12,8	Безразмерные по 100 деревьям	42,5	634	471	411	355	356	384	368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	12,8	Безразмерные по 100 деревьям	41,9	33,9	36,2	32,3	31,9	25,2	21,6	20,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ips hauseri</i> Reitt.	Имаго, старое поколение	2,80	Безразмерные по 200 деревьям	31,9	38,5	46,0	36,5	41,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
То же	То же	2,80	Безразмерные по 200 деревьям	26,9	32,8	20,0	19,4	16,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ips tyrographus</i> L.	Ма-точные ходы	2,35	Угловые по Биттерлиху	1,80	7,56	1,96	2,01	3,19	5,30	4,93	5,31	3,68	5,37	4,24	3,28	3,67	—	—	—	—	—
То же	То же	2,35	Угловые по Биттерлиху	70,7	67,9	69,4	70,5	55,1	39,5	37,5	30,2	37,9	29,8	29,5	31,7	26,0	—	—	—	—	—
То же	То же	2,35	Угловые по Биттерлиху	55,5	54,5	63,9	56,3	24,6	55,7	62,5	19,5	33,2	42,3	42,8	33,0	37,4	—	—	—	—	—
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	То же	2,35	То же	44,1	28,6	40,4	24,5	81,6	27,2	27,7	47,7	37,9	25,2	27,3	27,8	25,1	—	—	—	—	—

Примечание. Числитель — плотность заселения ( $\bar{y}$ ), шт.  $10^2/\text{дм}^2$ ; знаменатель — ошибка (P), ±%.



Таблица 2

Оценки средних плотностей ксилофагов ( $\bar{X}$ ) на модельных деревьях и ошибки средних в зависимости от числа модельных деревьев

№	Вид	Объект учета	Древесная порода, возраст	Модельные деревья		Число модельных деревьев			
				стоящие	валежные	2	3	4	5
1	Сем. Scolitidae Blastophagus piniperda L.	Маточные ходы	Pinus silvestris L., 30 лет	+		<u>1,72</u> 17,3	<u>1,59</u> 14,2	<u>1,22</u> 21,3	<u>1,29</u> 15,8
2	Blastophagus minor Hart.	Имаго, старое поколение	То же, 80—90 лет	+		<u>9,23</u> 38,7	<u>9,50</u> 40,5	<u>6,92</u> 24,7	<u>8,83</u> 13,2
3	Dendroctonus micans Kugel.	Личинки старшего возраста	То же, 25—30 лет	+		<u>21,9</u> 63	<u>42,9</u> 15	<u>35,8</u> 17	<u>31,0</u> 18
4	Ips hauseri Reitt.	Имаго, старое поколение	Picea Schrenkiana F., 180-260 лет		+	<u>12,3</u> 20,4	<u>12,4</u> 19,7	<u>12,4</u> 15,2	<u>17,5</u> 19,4
5	Ips typographus L.	Маточные ходы	Picea excelsa Link., 90—120 лет		+	<u>1,9</u> 32,1	<u>2,40</u> 20,5	<u>0,8</u> 65,1	<u>1,5</u> 48,8
6	Pityogenes chalcographus. L.	То же	То же		+	<u>3,2</u> 109,3	<u>4,2</u> 270,4	<u>11,8</u> 26,5	<u>18,0</u> 14,1
7	Сем. Cerambycidae Tetrodium castaneum L.	Личинки старшего возраста	Picea ajanensis Fisch., 180—220 лет		+	<u>0,62</u> 3,5	<u>0,89</u> 20,7	<u>0,86</u> 21,2	<u>0,83</u> 13,5
8	Monochamus sutor L.	То же	Larix kurilensis Mayr., 130 лет	+		<u>0,29</u> 49,3	<u>0,24</u> 19,2	<u>0,24</u> 33,6	<u>0,24</u> 26,8
9	Saperda scalaris L.	Имаго и куколочные колыбельки	Alnus glutinosa L., 90 лет	+		<u>1,40</u> 3,8	<u>1,45</u> 26,3	<u>1,19</u> 12,6	<u>1,31</u> 11,6
10	Сем. Siricidae Xiphodria camelus L.	Личинки старшего возраста	То же	+		<u>8,18</u> 1,79	<u>3,51</u> 28,0	<u>4,73</u> 20,3	<u>2,30</u> 19,5
11	Сем. Curculionidae Pissodes glyenhali Gyll.	То же	Larix kurilensis Mayr., 130 лет		+	<u>1,57</u> 7,3	<u>0,26</u> 37,5	<u>0,89</u> 36,4	<u>0,82</u> 34,3

Таблица 2 (продолжение)

№	Число модельных деревьев															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21	25	29	33
1	<u>1,29</u> 13,1	<u>1,27</u> 12,6	<u>1,17</u> 13,5	<u>1,18</u> 10,9	<u>1,55</u> 15,9	<u>4,55</u> 14,1	<u>1,54</u> 13,0	<u>1,52</u> 12,6	<u>1,49</u> 11,8	<u>1,50</u> 10,9	—	—	—	—	—	—
2	<u>6,88</u> 20,6	<u>11,1</u> 10,3	<u>5,26</u> 19,4	<u>6,52</u> 13,1	<u>9,18</u> 17,8	<u>8,38</u> 15,3	<u>8,51</u> 6,6	<u>6,54</u> 12,7	<u>6,75</u> 17,1	<u>8,87</u> 16,9	<u>6,53</u> 13,2	<u>7,41</u> 12,9	<u>8,89</u> 10,7	<u>7,40</u> 11,8	<u>8,06</u> 9,6	<u>7,17</u> 9,8
3	<u>24,8</u> 41	<u>21,7</u> 27	<u>23,1</u> 21	<u>22,0</u> 33	<u>20,1</u> 34	<u>20,1</u> 30	<u>26,3</u> 12	<u>22,9</u> 15	<u>20,2</u> 33	<u>22,1</u> 24	<u>23,3</u> 19	<u>22,6</u> 17	<u>23,2</u> 16	—	—	—
4	<u>13,0</u> 23,1	<u>12,1</u> 23,5	<u>10,7</u> 21,7	<u>13,3</u> 13,5	<u>12,0</u> 12,8	<u>12,8</u> 13,9	<u>13,1</u> 10,7	<u>12,1</u> 10,5	<u>13,4</u> 10,2	<u>14,2</u> 9,7	<u>13,6</u> 10,4	<u>10,6</u> 10,1	<u>13,2</u> 8,2	<u>13,1</u> 7,7	—	—
5	<u>0,9</u> 38,2	<u>1,8</u> 33,1	<u>0,9</u> 58,1	<u>1,6</u> 30,9	<u>1,5</u> 29,8	<u>1,6</u> 26,2	<u>1,6</u> 24,7	<u>1,7</u> 21,2	—	—	—	—	—	—	—	—

6	<u>9,3</u> 59,7	<u>5,5</u> 34,3	<u>6,8</u> 33,8	<u>10,7</u> 33,8	<u>13,9</u> 28,2	<u>14,5</u> 26,0	<u>13,6</u> 21,5	<u>13,8</u> 19,6	<u>13,3</u> 23,6	<u>13,7</u> 21,4	—	—	—	—	—	—
7	<u>0,89</u> 16,1	<u>0,85</u> 14,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	<u>0,24</u> 21,0	<u>0,24</u> 17,5	<u>0,25</u> 21,1	<u>0,25</u> 17,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	<u>1,28</u> 9,7	<u>1,27</u> 13,3	<u>1,12</u> 14,3	<u>1,13</u> 12,8	<u>1,13</u> 11,8	<u>1,11</u> 10,6	<u>1,19</u> 11,6	<u>1,22</u> 11,5	<u>1,18</u> 12,6	<u>11,1</u> 11,8	—	—	—	—	—	—
10	<u>5,10</u> 21,2	<u>3,12</u> 18,4	<u>3,60</u> 16,4	<u>3,38</u> 20,1	<u>4,13</u> 17,5	<u>4,06</u> 16,1	<u>3,43</u> 12,5	<u>4,01</u> 12,3	<u>4,20</u> 14,1	<u>4,32</u> 12,0	<u>4,12</u> 11,9	<u>3,99</u> 11,7	—	—	—	—
11	<u>0,69</u> 33,2	<u>0,50</u> 30,0	<u>0,60</u> 30,0	<u>0,68</u> 25,6	<u>0,62</u> 21,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Числитель — плотность заселения ( $\bar{X}$ ), шт./дм<sup>2</sup>; знаменатель — ошибка ( $P$ ), ±%.

Таблица 3

Точность оценок средних величин незаселенной ( $Q_a$ ) и заселенной ( $Q_b$ ) ксилофагами поверхности деревьев в насаждении в зависимости от количества пробных площадей (по формуле 4)

Вид	заселенные деревья, %	Тип пробной площади	Число пробных площадей													
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	28	36	46	50
Blastophagus pini-perda L.	1,24	Угловые по Биттерлиху	<u>7,28</u> 8,2	<u>26,4</u> 64,3	<u>15,0</u> 63,9	<u>11,28</u> 62,0	<u>9,5</u> 65,1	<u>9,9</u> 65,0	<u>7,4</u> 64,8	<u>7,8</u> 56,1	<u>6,8</u> 58,7	<u>6,5</u> 59,1	<u>6,4</u> 43,3	<u>4,8</u> 32,8	<u>4,0</u> 28,6	<u>4,1</u> 25,3
То же	1,24	Угловые по Биттерлиху, объединенные по три	<u>1,09</u> 38,2	<u>9,88</u> 39,2	<u>8,7</u> 25,7	<u>6,9</u> 20,3	<u>6,8</u> 21,0	<u>6,7</u> 20,4	<u>6,5</u> 18,2	<u>6,8</u> 17,8	—	—	—	—	—	—
Blastophagus minor Hart.	1,51	Угловые по Биттерлиху	<u>11,7</u> 63,1	<u>9,9</u> 116	<u>15,9</u> 67,8	<u>8,5</u> 96,9	<u>9,1</u> 61,8	<u>7,6</u> 67,1	<u>8,3</u> 74,3	<u>8,6</u> 71,7	<u>7,1</u> 69,1	<u>6,5</u> 54,95	—	<u>6,5</u> 52,5	—	—
То же	3,67	То же	<u>13,8</u> 52,7	<u>25,7</u> 33,9	<u>13,2</u> 18,3	<u>12,7</u> 23,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dendroctonus micans Kugel.	12,8	Безразмерные по 100 деревьев	<u>14,6</u> 28,0	<u>8,4</u> 10,4	<u>7,8</u> 13,7	<u>7,5</u> 13,7	<u>7,5</u> 14,1	<u>6,9</u> 13,1	<u>6,0</u> 10,2	<u>6,2</u> 9,8	—	—	—	—	—	—

Примечание. Числитель — ошибка ( $O_a$ ), %; знаменатель — ошибка ( $O_b$ ), %.

Число угловых, пробных площадей по Биттерлиху, необходимых для оценки средних плотностей насекомых-ксилофагов в насаждении в расчете на единицу местообитания ( $\bar{y}$ ) по (6)

Заселенные деревья, %	Число пробных площадей для оценки		Заселенные деревья, %	Число пробных площадей для оценки	
	ошибка $\pm 20\%$	ошибка $\pm 15\%$		ошибка $\pm 20\%$	ошибка $\pm 15\%$
3	48-80	—	25	4-5	8-12
5	11-18	24-38	30	3-5	7-11
10	7-11	15-25	35	3-4	6-9
15	5-8	11-17	40	3-4	5-7
20	4-6	9-14			

**П р и м е ч а н и е.** Число пробных площадей уменьшается от средневозрастных насаждений к перестойным, от смешанных — к чистым, а также при увеличении числа деревьев на пробной площади от 15 до 35.

Хорошим показателем пространственного размещения считается экспонента  $k$  отрицательного биномиального распределения, вычисляемая по формуле

$$k = \frac{\bar{l}^2}{S^2 - \bar{l}}, \quad (8)$$

где  $S^2$  — дисперсия оценки среднего расстояния между деревьями  $l_i$ . При  $k \rightarrow 0$  распределение чрезвычайно скученное, при  $k \rightarrow \infty$  распределение случайное. Практически распределение близко к случайному уже при  $k \approx 8,0$ .

Был использован также и индекс Морисита  $J\delta$ , определяемый по формуле

$$J\delta = N \left[ \frac{\sum (l_i)^2 - \sum l_i}{(\sum l_i)^2 - \sum l_i} \right], \quad (9)$$

где  $N$  — число учетных площадок,  $l$  — расстояние между деревьями. При  $J\delta < 1,0$  — размещение равномерное, при  $J\delta = 1,0$  — случайное, при  $J\delta > 1,0$  — агрегативное, скученное. Большинство экологов считает, что использование индекса Морисита предпочтительнее, чем других, поскольку этот индекс в довольно широких пределах не зависит от величины учетной единицы.

Результаты показали (табл. 5), что при нормальном отпаде распределение заселенных лубоедом деревьев находится на границе случайное — регулярное, а при увеличении текущего отпада становится скученным. Поэтому размещение учетных площадок во всех случаях должно быть, по возможности, случайным, а учет ксилофагов в разреженных популяциях требует площадок большего размера, чем это допускает стандартная площадка Биттерлиха.

Определение величины учетных площадок для разреженных популяций насекомых-ксилофагов проводили экспериментально следующим образом. Через анализируемое насаждение прокладывали полосу шириной 5 м методом непровешенной ходовой линии. На ней пересчитывали все заселенные ксилофагами и здоровые деревья, разбивая их на блоки по 25 штук. При анализе эти блоки объединяли по 2,

3, 4 и так далее до 36 блоков в один новый. Таким образом в Коврове, Смолино и Бредах было проанализировано соответственно 3, 3,5 и 4 тыс. деревьев. Вероятности нахождения в новых блоках по крайней мере одного заселенного дерева нанесли на график (рис. 1), из которого можно видеть, что во избежание нулевых проб в разреженных популяциях насекомых – ксилофагов количество растущих и заселенных деревьев должно выдерживаться в соотношении от 100:1 до 300:1, т.е. при отпаде 1,5% в одной пробной площади должно быть приблизительно 600–900 деревьев, при отпаде до 3% – 300–400 деревьев.

Для предлагаемого нами способа оценки численности стволовых насекомых в древостое пробные площади могут быть как размерными, так и безразмерными. Кроме того, могут быть использованы соприкасающиеся пробы Биттерлиха в виде спаренных, строенных и, расположенные рядом, либо в вершинах равностороннего треугольника, квадрата, по дуге окружности. При этом все соприкасающиеся пробы принимаются за одну.

Результаты контрольных учетов большого соснового лубоеда *Blastophagus piniiperda* L., проведенных строенными соприкасающимися угловыми пробными площадями Биттерлиха с расположением центров каждой тройки площадок в вершинах равностороннего треугольника, показали, что число нулевых пробных площадей понизилось с 34 до 5 шт., точность оценки  $Q_b$  возросла до 17,8% (табл. 3), что привело в свою очередь к снижению ошибки оценки средней плотности лубоеда в насаждении с  $\pm 26,5$  до  $\pm 21,0\%$  (табл. 1) при том же объеме работ.

В другом случае удовлетворительные результаты учета численности горного киргизского короеда *Ips hauseri* Reitt., полученные при использовании безразмерных пробных площадей по 200 деревьев (табл. 1), тоже говорят о целесообразности увеличивать размер учетных площадей в насаждениях с нормальным отпадом.

Таблица 5

Оценки пространственного размещения заселенных малым сосновым лубоедом деревьев в насаждениях с различной интенсивность отпада

Пункты учета		п. Бреды Челябинской обл.	п. Смолино Челябинской обл.	Ковровский лесхоз Владимирской обл.		
% заселенных деревьев		0,33±0,07	0,7±0,1	1,7±0,2	2,8±0,3	6,8±0,4
Индексы	$S_i^2 / \bar{l} = 1$	1,12	1,08	0,93	4,92	6,22
	k	8,33	12,51	12,36	2,91	1,59
	$J_s$	1,02	0,98	0,87	1,31	1,59

Примечание:  $\bar{l}$  – среднее расстояние между заселенными деревьями и  $S^2$  – его дисперсия; k – экспонента отрицательного бинома;  $J_s$  – индекс Морисита.

Удобство использования проб Биттерлиха состоит в том, что их результаты могут быть легко пересчитаны на единицу площади древостоя, например, на 1 га по формуле

$$W_m = \frac{40000 \cdot N_b}{\pi D_a^2 \cdot \bar{n}}, \quad (10)$$

где  $W_m$  — количество насекомых на 1 га на  $m$ -ой пробной площади, шт.;  $N_b$  — суммарная численность насекомых на модельных деревьях всех соприкасающихся проб Биттерлиха, входящих  $m$ -ую пробу, шт.;  $D_{cp}$  — средний диаметр заселенных деревьев, см;  $C$  — количество соприкасающихся проб Биттерлиха в  $m$ -ой пробной площади.

Определение разработанного нами показателя оценки численности насекомых-ксилофагов на единицу поверхности их местообитания в насаждении предполагает проведение обычных лесопатологических работ — закладку и анализ пробных площадей в насаждениях с учетом насекомых на модельных деревьях. Вычисление показателя не исключает, а, наоборот, предполагает получение принятых оценок численности ксилофагов: средней плотности заселения на модельных деревьях, величин незаселенной и заселенной насекомыми поверхности стволов, количества стволов и других оценок, которые при необходимости могут быть пересчитаны на единицу площади произрастания древостоя для определения количества насекомых на 1 га, 1 м<sup>2</sup> и т.п., либо использованы как самостоятельные показатели, характеризующие заселенную и незаселенную части боковой поверхности стволов в насаждении.

Как показали наши исследования для получения оценки средней плотности заселения стволов насекомыми с точностью  $\pm 20\%$  необходимо проанализировать 10—12 модельных деревьев. Если необходимо достигнуть точности  $\pm 10\%$ , то нужно провести учет на 19—21 модельном дереве. Дальнейшее увеличение числа модельных деревьев обычно не повышает точность выше  $\pm 10\%$ .

Учеты стволовых насекомых в наших исследованиях были проведены на всех обнаруженных заселенных деревьях на каждой пробной площади. П.Е. Пулли с сотр. [16] на примере *Dendroctonus frontalis* Zimm. показали, что наиболее точные оценки средней плотности заселения деревьев достигаются при выборе модельных деревьев из числа самых крупных, либо имеющих наибольшую плотность заселения короедом-дендроктоном. Результаты П.Е. Пулли дают оценку средней плотности насекомых на дереве с ошибкой  $\pm 20\%$  при анализе 9—10 модельных деревьев. Наши оценки в большинстве случаев (табл. 2) оказались точнее.

В тех случаях, когда для достижения заданной точности оценки средней плотности насекомых-ксилофагов в насаждении необходимо продолжить закладку и анализ пробных площадей, а требуемое количество заселенных модельных деревьев (по приведенным выше рекомендациям) уже обработано, анализ вновь обнаруженных заселенных деревьев можно ограничить определением площади заселенной поверхности ( $S_b$ ) каждого дерева через его диаметр на высоте 1,3 м, а численность насекомых на стволе найти по формуле

$$N_b = \bar{\bar{X}} \cdot S_b, \quad (11)$$

где  $\bar{\bar{X}}$  — средняя плотность заселения ксилофагов, определенная в зависимости от требуемой точности по 10—12 или 21 модельному дереву.

Точность учета численности стволовых насекомых в насаждении оказалась зависимой прежде всего от правильной оценки величины заселенной поверхности стволов деревьев ( $Q_b$ ), которая в свою очередь связана с размером отпада. Чем больше отпад, тем выше точность оценки численности насекомых и меньше трудозатраты для ее определения. Таким образом, учет в насаждении близок к методам лесопатологической таксации по определению санитарного состояния насаждений

с разграничением деревьев на две категории – незаселенные и заселенные.

В насаждениях с отпадом выше нормального лучшим вариантом учета численности ксилофагов будет применение угловых пробных площадей Биттерлиха.

Если отпад меньше нормального, то 10–12 угловых пробных площадей все-таки дадут грубую оценку численности насекомых. Для более точных результатов необходимо увеличивать размер выборки так, чтобы на пробной площади находилось хотя бы одно заселенное дерево. Предпочтение в этом случае следует отдать простым безразмерным пробам либо комбинировать их с угловыми площадками. Учеты в насаждении лучше всего проводить методом непровешенных ходовых линий, включая в одну пробную площадь 600–900 деревьев при отпаде до 1,5% и 300–400 деревьев при отпаде до 3%. По нашим расчетам, для точности  $\pm 20\%$  число таких пробных площадей желательно набирать не менее 12.

Размещать учетные площадки в насаждениях следует по принципу случайной выборки. Для этого удобнее всего воспользоваться картой (планом) насаждения и таблицей случайных чисел. Для этого две смежные стороны участка принимают за оси координат и наносят их на план насаждений. Затем каждую ось делят на 100 равных частей, и, применяя пары случайных чисел (первая пара – координаты по оси абсцисс, вторая пара – координаты по оси ординат), намечают места расположения учетных площадок. Если учетная площадка окажется за пределами участка, ее не принимают во внимание и продолжают намечать места учета до тех пор, пока не наберется их запланированное количество (не менее 12 при незначительном отпаде).

Очевидно, чем однороднее участок насаждения, тем меньше усилий будет связано с получением в нем оценки численности какого-либо вида насекомых-ксилофагов. Однако при оценке численности мы считаем нецелесообразным и допустимым только в исключительных случаях (пожар, ветровал и т.п.) подразделение таксационного выдела на отдельные участки по различным степеням отпада, так как это приведет к распылению сил и средств. В качестве изучаемого объекта лучше брать таксационный выдел или группу соседних выделов (кварталов) с общими причинами и одинаковым темпом отпада, разграничивая их на три возрастные группы: молодняки, средневозрастные, припевающие и более старый древостой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесная пром-сть, 1971.
2. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. – М.: Мир, 1967. – 359 с.
3. Мозолева Е.Г., Липаткин В.А., Особенности развития вспышки массового размножения коро-еда типографа в ближнем Подмосковье // Лесн. хоз-во, 2003; № 1. – С. 31–33.
4. Спурр С.Г., Барнес Б.В. Лесная экология. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 480 с.
5. Трофимов В.Н. Усовершенствованная методика учета. – Защита растений. – 1979. – № 2.
6. Шарапа Т.В., Динамика численности заболонников в вязовых насаждениях Москвы // Науч. тр Моск. гос. ун-та леса, 2002. – Вып. 318. – С. 90–94.
7. Annala E., Langstrom B., Varama M., Hiukka R., Niemela P., Susceptibility of defoliated scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor* // *Silva fenn.*, 1999; Vol.33, № 2, – P. 93–106.
8. Borkowski A., Podlaski R., Wplyw wybranych czynnikow ekologicznych na gestosc zasiedlania drzew pupalpkowych przez cetynca wiekszego (*Tomicus piniperda* L.) // *Sylwan*, 1992; R.136, № 7, – S. 67–71.
9. Coulson R.N.; Fitzgerald J.W.; McFadden B.A.; Pulley P.E.; Lovelady C.N.; Giardino J.R., Functional heterogeneity of forest landscapes: how host defenses influence epidemiology of the southern pine beetle pine beetle // *Gener.techn.Rep./USDA.Forest Serv. St.Paul(Minn.)*, 1996; № C-183, – P. 272–286
10. Eisenhart K.S.; Veblen T.T., Dendroecological detection of spruce bark beetle outbreaks in northwestern Colorado // *Canad.J.Forest Res.*, 2000; Vol.30, № 11, – P. 1788–1798
11. Franklin A.; Gilbert M.; Raty L.; Delplace D.; Gregoire J.-C., Application des statistiques spatiales a l'etude de la dispersion de scolytides ravageurs // *Parasitica*, 1999; T.55, № 2/3, – P. 85–94

12. Jakus R.; Jezik M.; Kissiyar O.; Blazenc M., Prognosis of bark beetle attack in TANABBO model // GIS and databases in the forest protection in Central Europe. -Warszawa, 2005, - P. 35-43
13. Netherer S.; Pennerstorfer J.; Baier P.; Schopf A.; Fuhrer E., Modellierung der Entwicklung des Fichtenborkenkäfers, *Ips typographus* L. als Grundlage einer umfassenden Risikoanalyse // Mitt.Dt.Ges.Allg. Angew.Entomol., 2004; Bd. 14, H. 1/6, - S. 277-282
14. Pielou E.C., The use of point to plant distances in the study of pattern of plant populations // J. Ecol., 1959, p. 607-614.
15. Pielou E.C., Segregation and symmetry in two-species population as studies by nearest neighbour relations // J. Ecol., 1961, p. 355-370.
16. Pulley P. E., Foltz J.L., Coulson R. N., Martin W. C. Evaluation of procedures for estimating within-spot population of attacking adults *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) // Canad Entomol., 1977, v. 109, № 10.
17. Saito T.; Ishida K.; Yamane A.; Sasaki K., Long Term Monitoring Record of Scolytid Beetle Populations at the Tokyo University Forest in Chichibu, Central Japan // Misc. inform. / Tokyo univ. forests. -Tokyo, 2005; № 44, - P. 251-275
18. Starzyk J.R.; Grodzki W.; Capecki Z., Wysrepowanie kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w lasach Zagospodarowanych i objectych statusem ochronnym w gorcach // Lesne prace badawcze. -Warszawa, 2005; № 1, - S. 7-30
19. Tragardh I., Butovisch V., Some forest entomological methods and conceptions // Bull. Entomol. Res., 1938, v. 29, № 2.

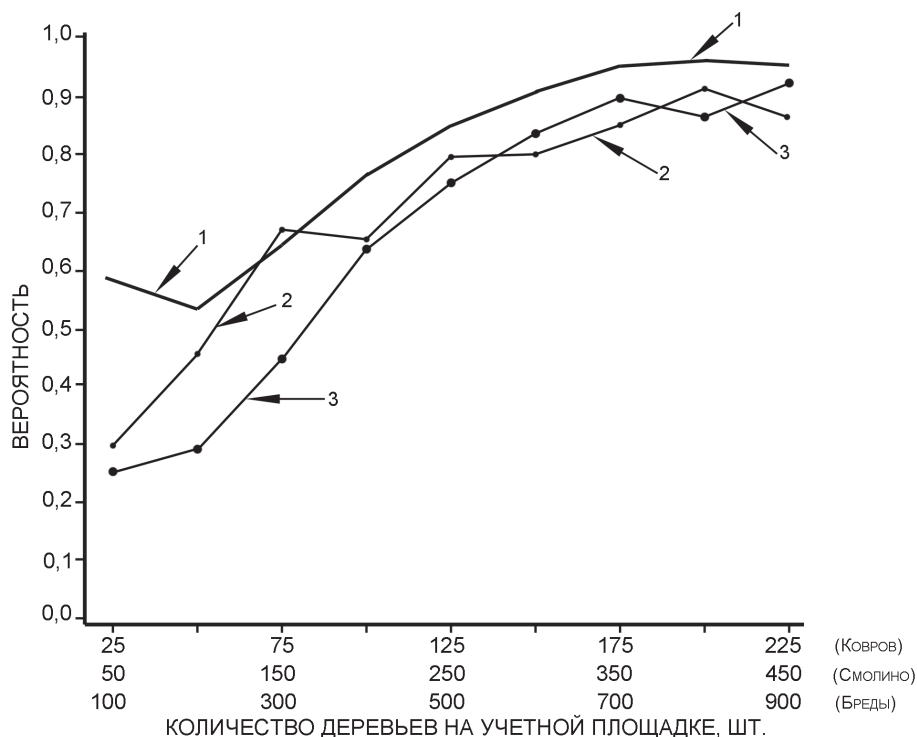


Рис. 1. Вероятность присутствия на пробных площадях хотя бы одного свежеселенного ксилофагами дерева при различных объемах выборки и размерах естественного отпада: 1 – Ковровский лесхоз, отпад составляет 1,7%; 2 – Смолинское лесничество, отпад – 0,71%; 3 – Брединский лесхоз, отпад – 0,33%.

---

---

**А.П. Попов, И.Л. Цветков, А.С. Коничев**

Московский государственный областной университет, г. Москва

**БИОХИМИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД: ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА  
И ВЫБОР ТЕСТ-ОБЪЕКТА**

**Biochemical testing of waters for toxic pollution:  
planning the experiment and choosing the test-object**

*В работе кратко изложены основные принципы, лежащие в основе биохимического тестирования качества вод, раскрыта логика организации токсикологического эксперимента. Представлены данные по влиянию загрязнения вод на активность кислой фосфатазы пресноводных моллюсков *Viviparus viviparus* L., обосновано использование энзиматических реакций моллюсков для целей биотестирования.*

Вопросы биохимического тестирования загрязнения вод в последние десятилетия вызывают стабильный интерес, который методологически оправдан тем, что токсические вещества, попадая в организм гидробионтов, в первую очередь индуцируют определенные биохимические процессы. Именно они являются первопричиной изменения физиологического статуса, возникновения различных патологических состояний и, в конечном итоге, гибели тест-организма. При этом биохимические тест-функции характеризуются высокой чувствительностью, что делает возможным осуществление ранней диагностики интоксикации, еще до проявления у гидробионтов физиологических, поведенческих, морфологических и других отклонений от нормы. Перечень маркерных биохимических показателей, которые разные авторы предлагают использовать для оценки качества вод, весьма обширен, но наибольший интерес в этом контексте проявляется к ферментам как универсальным катализаторам и регуляторам обменных процессов в клетках живых организмов. При этом решающее значение для эффективности (доступности, быстроты, достоверности результатов) подобных тестов приобретает выбор тест-объектов и тех ферментативных систем, реакция которых на загрязнение окажется наиболее показательной.

Ряд известных в настоящее время методов энзимодиагностики основан на непосредственном взаимодействии некоторых ферментов с определенными токсическими веществами. Так, угнетение активности ацетилхолинэстеразы – фермента «мишени» для фосфорорганических соединений – является признаком воздействия пестицидов и их метаболитов [1]. Показана возможность тестировать загрязнение вод ксенобиотиками по индукции активности цитохромов P450 и других ферментов, участвующих в процессах детоксикации этих веществ [2]. Определение активности цианоаланинсинтазы у водорослей и высших растений предложено использовать для индикации цианидов и меркаптанов [3].

Однако специфичность к определенным токсическим агентам (и, соответственно, отсутствие реакции на другие) сужает возможности практического применения подобных тестов или позволяет рассматривать их только в качестве элементов комплексного биохимического маркера [4, 5]. В то же время ферменты, непосредственно не связанные с метаболизмом токсикантов в клетках, но играющие существенную роль в обмене веществ в целом, часто оказываются отзывчивыми на травми-



---

---

рующее воздействие и таким образом могут характеризовать общее состояние организма гидробионтов вне зависимости от химической природы действующего токсичного вещества. В частности, активность ряда ферментов углеводного обмена (малат-, лактат-, сукцинатдегидрогеназы и др.) существенно меняется при интоксикации [6–8], так как изменяется баланс аэробного и анаэробного распада углеводов [9]. Аналогично маркерами синтеза белков, также отражающим состояние организма, могут служить ферменты переаминирования – аспаратаминотрансфераза и аланинаминотрансфераза [6]. Наконец, тест-ферментами могут быть каталитические белки, обладающие широкой субстратной специфичностью и потому задействованные одновременно в различных метаболических процессах, например, так называемые кислые гидролазы [8,10,11]. Их активность обычно связывают с функционированием лизосомального аппарата, обеспечивающего ауто- и гетерофагию, аутолиз, клеточную дефекацию и, отчасти, апоптоз. Поскольку все эти процессы могут быть индуцированы интоксикацией, и все они заканчиваются разрушением субклеточных и молекулярных структур, гидролазы лизосом представляются одним из наиболее универсальных маркеров патологий, возникающих при действии опасных веществ. Не следует забывать, что широкоспецифичные гидролитические ферменты с кислыми и нейтральными оптимумами рН представлены также и в цитозоле клетки, где принимают участие в обменных процессах наряду с узкоспецифичными энзимами. Определение суммарного ответа лизосомальных и цитозольных гидролаз, по нашему мнению, является наиболее эффективным для диагностики интоксикации гидробионтов.

Объекты, выбираемые для целей биохимического тестирования, также должны удовлетворять определенным требованиям. В частности, такими объектами не могут быть традиционные виды-индикаторы, слабоустойчивые к загрязнению среды. У этих организмов способности к эффективной модуляции метаболизма невелики (чем и обусловлена их низкая резистентность к токсикантам), и к фатальным последствиям могут привести относительно небольшие отклонения биохимических показателей от нормы, интерпретация которых весьма затруднительна. Нежелательно также использование гидробионтов с коротким жизненным циклом. Так, у дафний нами была установлена широкая вариабельность энзиматических показателей в норме и слабая их реакция на загрязнение. Видимо, подобные короткоживущие организмы, обладающие высокой индивидуальной изменчивостью, адаптируются к внешней среде преимущественно на генетическом уровне в ряду поколений («генетическая адаптация» [12]), что обуславливает низкую информативность биохимических критериев состояния отдельных особей. Совершенно иная адаптационная стратегия отличает рыб и других высокоорганизованных животных. С одной стороны, они обладают более совершенной системой выведения ядов на организменном уровне, с другой – способны избегать локальных загрязнений в водоемах путем активной миграции. При этом биохимическая адаптация реализуется в целом тогда, когда иные способы предотвратить интоксикацию оказались неэффективными. Таким образом, степень изменения биохимических показателей у рыб может не вполне адекватно отражать их состояние и слабо коррелировать с данными других биотестов.

Одними из наиболее удачных объектов для использования в биохимических тестах, на наш взгляд, являются моллюски как организмы, в адаптациях которых к изменяющимся условиям среды ведущую роль играют процессы, происходящие на уровне клеточного и тканевого метаболизма [13]. При этом предпочтение следует отдавать широкораспространенным эвритопным видам, таким как хорошо изучен-

---

---

ная нами живородка речная (*Viviparus viviparus* L.) – брюхоногий моллюск, ареал обитания которого включает Европу, Закавказье и Малую Азию [14]. Ввиду особенностей размножения (яйцеживорождение) и образа жизни (находится постоянно в составе бентоса) этот моллюск не способен к дальним миграциям, при этом встречается практически в любых водоемах, вне зависимости от силы антропогенной нагрузки на них [15], что позволяет рассматривать данный вид как обладающий широким адаптивным потенциалом к гидрохимическому режиму. Результаты наших исследований, проведенных с несколькими видами гидробионтов (моллюски битиния, беззубка, уния, живородка речная, а также дафния и толстолобик), позволили выделить живородку в качестве наиболее перспективного тест-объекта, обладающего высокой чувствительностью гидролитических ферментов к загрязнению и характеризующегося легкостью сбора в природных условиях и простотой содержания в лаборатории.

Отметим, что сложноорганизованные животные, в том числе моллюски, характеризуются разделением отдельных функций организма между органами, следовательно, необходимо учитывать специфику метаболизма в них, используя для выделения тест-фермента не все тело животного, а только те его части, в которых наиболее выражена искомая ферментативная активность. В частности, кислые гидролазы наиболее полно представлены в печени гидробионтов (или гепатопанкреасе у «несовершенных» животных) [11,16,17]. В то же время печень осуществляет детоксикацию чужеродных веществ и деградацию собственных метаболитов, и тем самым представляет наибольший интерес для эколого-биохимических исследований [18]. В частности, на примере рыб показано, что именно в печени (по сравнению с мышцами, гонадами, жабрами, селезенкой и кровью) происходят наиболее выраженные изменения активности гидролаз при интоксикации [19].

Для корректности биотеста необходимо использовать стандартизованные тест-организмы, которые должны либо культивироваться искусственно, либо после сбора в природных водоемах проходить акклимацию в условиях лаборатории. Также следует определить репрезентативную группу – минимальное число особей в объединяемой при анализе пробе, где нивелируется индивидуальная вариабельность биохимических показателей [20]. Общим с традиционными методиками биотестирования требованием является тестирование исследуемой воды в серии разбавлений [21], так как изменения физиолого-биохимических параметров при интоксикации часто носят неоднозначный характер в зависимости от концентрации токсиканта и времени его действия, обуславливая возможность ошибочной интерпретации результатов [20,22]. На наш взгляд, в биохимическом тесте предпочтительнее использовать серию экспозиций опыта с неразбавленной водой. В этом случае отпадают проблемы, связанные с качеством воды, используемой для разбавления, и значительно упрощается постановка эксперимента, в течение которого нужно будет лишь отбирать через определенные интервалы времени требуемое количество особей из опытной и контрольной групп.

Определение критерия токсичности в опыте, т.е. вопрос нормы и патологии – проблема, являющаяся центральной для токсикологии вообще. Не останавливаясь на этом вопросе подробно, отметим, что в острых экспериментах отклонением от нормы обычно считают статистически достоверные отличия тест-показателей у животных опытной и контрольной групп. Кроме того, корректность применяемой методики на первых этапах может быть определена эмпирически, путем сравнения получаемых результатов с данными гидрохимического анализа или других биотестов.

В заключение часть изложенных выше тезисов мы проиллюстрируем собственными данными о влиянии загрязнения воды на активность кислой фосфатазы (КФ) гепатопанкреаса живородки речной. Моллюсков собирали в природном водоеме и в течение месяца акклимировали в лаборатории. На время эксперимента животных группами помещали в стеклянные сосуды с исследуемой (тестируемой) водой, контрольную группу помещали в чистую аквариумную воду. По истечении времени экспозиции у моллюсков препарировали гепатопанкреас, суммировали в одну пробу органы 5 особей, гомогенизировали их и получали экстракт белков, в котором определяли активность КФ. Использованные при этом методики приведены нами в предыдущих работах [23, 24].

В таблице 1 представлены результаты биохимического тестирования сточной воды предприятия «Лакокраска» (г. Ярославль) в серии разбавлений по активности КФ после 96 ч экспозиции. Параллельно качество воды оценивали по гидрохимическим показателям (концентрация кислорода по Винклеру, бихроматная окисляемость воды – ХПК, биохимическое потребление кислорода за 5 сутл. – БПК<sub>5</sub>), а также с помощью токсикологического теста на *Daphnia magna* аналогичной продолжительности [21]. В результате была выявлена четкая корреляция между гидрохимическими характеристиками воды, выживаемостью дафний и увеличением активности КФ, при этом чувствительность биохимического теста оказалась несколько выше, чем традиционного дафниевоего.

Таблица 1

*Активность кислой фосфатазы гепатопанкреаса живородки речной и некоторые характеристики сточной воды разной концентрации, использованной в опыте*

Концентрация сточной воды в пробе, %	Активность КФ, ед./мг белка (достоверность отклонений от контроля)*	Характеристики качества воды			
		Концентрация O <sub>2</sub> , мг/л	ХПК, мг O <sub>2</sub> /л	БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	Выживаемость дафний, % (достоверность отклонений от контроля)*
100	9,27±0,18 (+)	2,62	2100	65,5	0,0 (+)
50	11,64±0,22 (+)	4,96	1238	76,4	30,8 (+)
20	10,34±0,21 (+)	6,36	720	82,8	92,3 (+)
10	8,15±0,19 (+)	6,82	548	85,1	98,8 (–)
4	7,33±0,18 (–)	7,11	444	86,4	100,0 (–)
2	7,25±0,15 (–)	7,20	410	86,8	100,0 (–)
0 (контроль)	7,04±0,11	7,29	375	87,2	100,0

\* Отклонения достоверны (+) или недостоверны (–) при  $p \leq 0,05$

В таблице 2 приведены данные по биохимической характеристике токсичности воды, загрязненной бензином в трех, задаваемых в опыте, концентрациях – 0,005, 0,05 и 0,5 мг/л (соответствуют 0,1, 1 и 10 величинам рыбохозяйственной ПДК). Они свидетельствуют, что в серии экспозиции от 3 до 48 ч активность КФ у подопытных моллюсков претерпевает значительные изменения, амплитуда которых колеблется от -46,1% до +100,0% относительно контрольного уровня. Выраженность этих изменений позволяет рассматривать их в качестве маркера интоксикации живородок.

Таблица 2

*Воздействие бензина в остром опыте на активность кислой фосфатазы живородки речной*

Экспозиция опыта, ч	Активность в контроле, ед./мг белка	Концентрация бензина в опыте, мг/л					
		0,005		0,05		0,5	
		Активность, ед./мг белка (достов. откл. от контроля)*	Активность, % от контр.	Активность, ед./мг белка (достов. откл. от контроля)*	Активность, % от контр.	Активность, ед./мг белка (достов. откл. от контроля)*	Активность, % от контр.
3	7,16±0,29	8,13±0,21 (-)	113,5	10,73±0,39 (+)	149,9	8,57±0,14 (+)	119,7
6	7,52±0,15	8,41±0,19 (+)	111,8	4,42±0,44 (+)	58,8	7,16±0,42 (-)	95,2
12	5,98±0,13	7,49±0,50 (+)	125,3	6,61±0,17 (+)	110,5	10,58±0,08 (+)	176,9
18	8,92±0,15	4,81±0,20 (+)	53,9	6,14±0,09 (+)	68,8	8,03±0,12 (+)	90,0
24	13,46±0,45	9,59±0,23 (+)	71,2	10,36±0,23 (+)	77,0	10,69±0,10 (+)	79,4
48	5,17±0,06	6,09±0,16 (+)	117,8	10,34±0,09 (+)	200,0	7,62±0,15 (+)	147,4

\* Отклонения достоверны (+) или недостоверны (-) при  $p \leq 0,05$

Таким образом, величина ферментативной активности КФ гепатопанкреаса живородки речной является биохимическим критерием, позволяющим диагностировать интоксикацию моллюсков и оценивать токсические свойства тестируемой воды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская В.И., Чуйко Г.М., Мензикова О.В., Подгорная В.А. // Биология внутренних вод. Информ. бюл. СПб.: Наука, 1996. № 100. С. 65–72.
2. Гуляева Л.Ф., Гришанова А.Ю., Громова О.А., Слынько Н.Н., Вавилин В.А., Ляхович В.В. Микросомная монооксигеназная система живых организмов в биомониторинге окружающей среды: Аналитический обзор. Новосибирск: Наука, 1994. 100 с.
3. Брызгалов В.А. // II Всесоюзная школа по экологической химии водной среды (Ереван, 11–14 мая 1988 г.). М.: ИХФ АН СССР, 1988. С. 138–151.
4. Beliaeff B., Burgeot T. // Environ. Toxicol. Chem. 2002. V. 21. P. 1316–1322.
5. Viarengo A., Burlando B., Giordana A., Bolognesi C., Gabrielides G.P. // Mar. Environ. Res. 2000. V. 49. P. 483–486.
6. Горомосова С.А., Миловидова Н.Ю., Таможняя В.А., Шапиро А.З. // Гидробиол. журн. 1987. Т. 23. № 1. С. 61–66.
7. Короленко П.И., Федорова Л.С., Морозова Е.В., Якунина О.В., Левин А.М. // Комплексные оценки качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1984. С. 89–101.
8. Сидоров В.С., Высоцкая Р.У., Немова Н.Н., Груздев А.И., Крупнова М.Ю., Гурьянова С.Д., Руоколайнен Т.Р., Лызлова М.В., Васильева Т.С. // Биохимические методы в экологических и токсикологических исследованиях. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1993. С. 5–35.
9. Маляревская А.Я. // Гидробиол. журн. 1985. Т. 21. № 3. С. 70–80.
10. Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука, 2004. 215 с.
11. Сидоров В.С. Эволюционные и экологические аспекты биохимии рыб // Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М. 1986. 56 с.
12. Хочачка П., Сомеро Д. Биохимическая адаптация / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 567 с.
13. Хлебкович В.В., Бергер В.Я. // Журн. общ. биол. 1975. Т. 36. № 1. С. 11–25.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 512 с.
15. Брагинский Л.П. // Пробл. анал. химии. 1977. Т. 5. С. 27–38.
16. Высоцкая Р.У., Богдан В.В., Руоколайнен Т.Р. // Сравнительная биохимия рыб и гельминтов. Петрозаводск, 1977. С.35–39.
17. Розенгарт Е.В., Касьяненко Ю.И., Хованских А.Е., Эпштейн Л.М. // Ж. эвол. биохим. и физиол. 1993. Т. 29. № 2. С. 127–131.
18. Сидоров В.С., Юровицкий В.Г., Кирилюк С.Д., Такшеев С.А. // Биохимия экто- и эндотермных организмов в норме и при патологии. Петрозаводск: КНЦ АН СССР, 1990. С. 5–27.

- 
- 
19. Зиньковский О.Г., Потрохов А.С., Евтушенко Н.Ю. // Гидробиол. журн. 1995. Т. 31. № 4. С. 76–82.
  20. Хоружая Т.А. // Гидробиол. журн. 1989. Т. 25. № 5. С. 47–52.
  21. Методическое руководство по биотестированию воды. РД – 118-02-90. М.: Наука, 1991.
  22. Попов А.П., Коничев А.С., Цветков И.Л. // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39. № 5. С. 518–523.
  23. Цветков И.Л., Попов А.П., Коничев А.С. // Биохимия. 2003. Т. 68. Вып. 12. С. 1648–1656.
  24. Цветков И.Л., Цветкова М.А., Зарубин С.Л., Семерной В.П., Коничев А.С. // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 1. С. 62–70.

**Abstract:** *The article briefly describes base principles of biochemical testing of water quality and shows toxicological experiment's organization logics. The article's data represents the effect of water pollution on the activity of acid phosphatase in freshwater mollusks *Viviparus viviparus* L. The advantages of use of mollusk's enzymatic reactions for bioassay are shown.*

---

---

**Д.В. Ярыгин, И.Д. Крылова**  
Московский педагогический государственный университет,  
г. Москва, 129278

## КОМПЛЕКС БЕЛКОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ПАПАИНА В ГРЕНЕ ТУОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Наиболее распространенный и эволюционно древний механизм контроля протеолиза состоит в регуляции активности пептидогидролаз при посредстве эндогенных высокоспецифических белковых ингибиторов, в составе комплексов с которыми энзимы обратимо утрачивают свою активность. Белковые ингибиторы протеолитических ферментов присутствуют в тканях растений, животных и микроорганизмов. По сравнению с ингибиторами протеиназ у позвоночных животных о белковых ингибиторах ферментов протеолиза у беспозвоночных, в том числе и насекомых, известно значительно меньше. У туового шелкопряда систематическому исследованию подвергались лишь белковые ингибиторы сериновых протеиназ в тканях и органах насекомого на заключительном этапе его личиночного развития (Тарасенко, 1999). В гораздо меньшей степени охарактеризованы у туового шелкопряда, и в целом классе насекомых, как белковые ингибиторы цистеиновых протеиназ, так и ингибиторы протеиназ иных подклассов. Только единичные попытки предприняты в отношении изучения белковых ингибиторов пептидогидролаз в эмбриогенезе туового шелкопряда.

Гетерогенность комплекса белковых ингибиторов папаина в грене туового шелкопряда выявлена в результате изоэлектрофокусирования в слое ультрадекса белков экстракта грены туового шелкопряда. Зафиксировано наличие пяти зон ингибиторной активности по отношению к папаину с  $pI$ , равными 5,10, 5,96, 6,43, 7,27 и 7,54. Комплекс ингибиторов папаина в грене также гетерогенен по величине молекулярных масс. Значения молекулярных масс белковых ингибиторов папаина, определенные методом гель-фильтрации на TSK-HW-50, составляют 45–35 кДа (ингибитор I), 35–30 кДа (ингибитор II) и менее 15 кДа (ингибиторы III и IV).

Определение субстратной специфичности частично очищенных ингибиторов папаина показало, что исследуемые препараты специфичны лишь по отношению к папаину. Исключение составляет ингибитор IV, проявляющий ингибиторную активность по отношению к пепсину, трипсину и химотрипсину. Этот факт можно расценивать не только как доказательство отсутствия в препаратах I, II и III собственно ингибиторов других протеиназ, но и как отсутствие в составе молекул исследуемых ингибиторов папаина второго центра связывания, специфичного по отношению к другим протеазам.

С целью уточнения параметров молекулярной массы мы предприняли попытку очистки двух наиболее специфичных ингибиторов папаина. Методом препаративного изоэлектрофокусирования в слое ультрадекса белковый пик, полученный методом гель-фильтрации, характеризующийся молекулярной массой 45–35 кДа (ингибитор I), был разделен на 5 пиков, из которых лишь один ( $pI$  7,54), обладал ингибиторной активностью. Пик, обладающий молекулярной массой 35–30 кДа (ингибитор II), также оказался неоднородным и показал в процессе ИЭФ присутствие семи зон, одна из которых с  $pI$  5,10, обладала ингибиторной активностью по отношению к папаину.

Степень очистки каждого ингибитора папаина охарактеризована в таблице 1.

Таблица 1

Очистка белковых ингибиторов папаина из грены тутового шелкопряда

Стадия очистки	Общий белок, мг	Общая активность (усл.ед.)	Удельная активность (усл. ед./мг белка)	Выход%	Степень очистки
1. Экстракт (0,15 М NaCl)	317,00	276	0,87	100	1
2. Гель-фильтрация на TSK-HW-50					
Ингибитор I	16,20	87	5,87	31,52	6,75
Ингибитор II	12,60	54	4,29	19,56	4,93
3. Препаративное изоэлектрофокусирование в слое ультрадекса					
Ингибитор I	1,18	54	45,76	19,57	52,60
Ингибитор II	0,81	45	55,21	16,30	63,47

Применение метода препаративного изоэлектрофокусирования в слое ультрадекса позволило получить ингибиторы I и II в гомогенном состоянии (рис. 1).

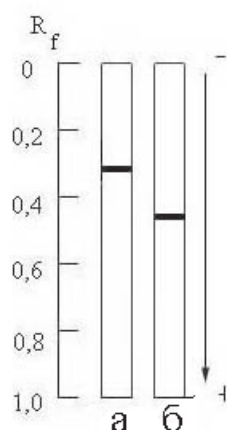


Рис. 1. Схемы электрофореграмм очищенных препаратов ингибиторов папаина и грены тутового шелкопряда: а – ингибитор I; б – ингибитор II.

Определение электрофоретическим методом в присутствии SDS молекулярной массы гомогенных препаратов ингибиторов I и II показало, что у ингибитора I молекулярная масса равна 35 кДа, а у ингибитора II – 31 кДа, что соответствует молекулярным массам большинства белковых ингибиторов протеиназ, охарактеризованных в тканях и органах тутового шелкопряда [1–5].

Выявление возможной протеиназы-мишени для эндогенных белковых ингибиторов папаина грены тутового шелкопряда. Поскольку эндогенная ингибиторная активность по отношению к папаину в нашем эксперименте тестировалась при значении pH инкубационной среды 3,0, то из всего спектра протеолитических ферментов грены наше внимание привлекла кислая цистеиновая протеиназа, активная при значении pH 3,0.

Эндогенная ингибиторная активность по отношению к папаину в нашем эксперименте тестировалась при значении pH инкубационной среды 3,0, то из всего спектра протеолитических ферментов в качестве возможной протеиназы -мишени наше внимание привлекла кислая цистеиновая протеиназа, активная при значении pH 3,0.

Обнаружено, что частично очищенные ингибиторы I, II, III и IV проявляют не одинаковую специфичность к очищенной цистеиновой протеиназе, равно как и к папаину (табл. 3). Так, ингибиторы II и III оказывают наибольшее ингибиторное

действие на протеолитическую активность протеиназы. Основываясь на этом можно считать, что именно ингибиторы II и III принимают основное участие в регуляции активности цистеиновой протеиназы с оптимумом рН 3,0, тем самым являясь одним из компонентов сложного белкового комплекса, участвующего в регулировании деградации запасных белков грены в эмбриогенезе тутового шелкопряда.

Таблица 2

*Влияние частично очищенных ингибиторов папаина из грены тутового шелкопряда на активность папаина и эндогенной цистеиновой протеиназы с оптимумом рН 3,0*

Протеиназа	Активность ингибитора, (% ингибирования)			
	ингибитор I	ингибитор II	ингибитор III	ингибитор IV
папаин	47,80	40,00	25,33	19,09
протеиназа с оптимумом рН 3,0	38,46	53,65	62,86	48,57

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко Н.В. Исследование комплекса белковых ингибиторов протеолитических ферментов тканей и органов тутового шелкопряда на заключительном этапе его личиночного развития. Дисс. канд. биол. наук. – М., 1999. – 141 с.
2. Boigegrain R. A., Matras H., Brehelin M., Paroutaud P. Insect immunity-2 proteinase-inhibitors from hemolymph of *Locusta migratoria* // Biochem. Biophys. Res. Commun., 1992, V. 189. Iss. 2. P. 790–793.
3. Jiang H., Mulnix A. B., Kanost M. R. Expression and characterization of recombinant *Manduca sexta* serpin-1 B and site-directed mutants that change its inhibitory selectivity // Insect Biochem. Molec. Biol. 1995. V. 25. Iss. 10. P. 1093–1100.
4. Kurioka A., Yamazaki M., Hirano H. Primary structure and possible functions of a trypsin-inhibitor of *Bombyx mori* // Eur. J. Biochem. 1999. V. 259. Iss. 1-2. P. 120–126.
5. Suzuki T., Natori Sh. Changes in the amount of sarcocystatin A, a new cysteine proteinase inhibitor, during the development of adult *Sarcophaga peregrina* // Insect Biochem. 1986. V. 16. Iss. 4. P. 589–595.



## УЧАСТИЕ ГОРМОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССАХ АДАПТАЦИИ ПШЕНИЦЫ К ЗАСОЛЕНИЮ NaCl

Засоление – один из важнейших стресс – факторов, лимитирующий рост и продуктивность [1–3].

Толерантность растений в условиях засоления выражается в способности выдерживать токсические и осмотические эффекты ионов соли в цитоплазме.

В процессах адаптации растительных организмов к воздействию факторов внешней среды большое значение имеет гормональное регулирование. Несмотря на ряд исследований, связанных с изучением роли фитогормонов в адаптационных реакциях растений, в отношении участия гормональной системы в защитно-приспособительных механизмах в условиях засоления данных практически нет. Такие центральные процессы энергетического обмена, как фотосинтез и дыхание, рассматривались в этой связи лишь в отдельных случаях на проростках [1–3]. Между тем изучение этих вопросов вносит вклад в проблему агроэкологии и представляет практический интерес.

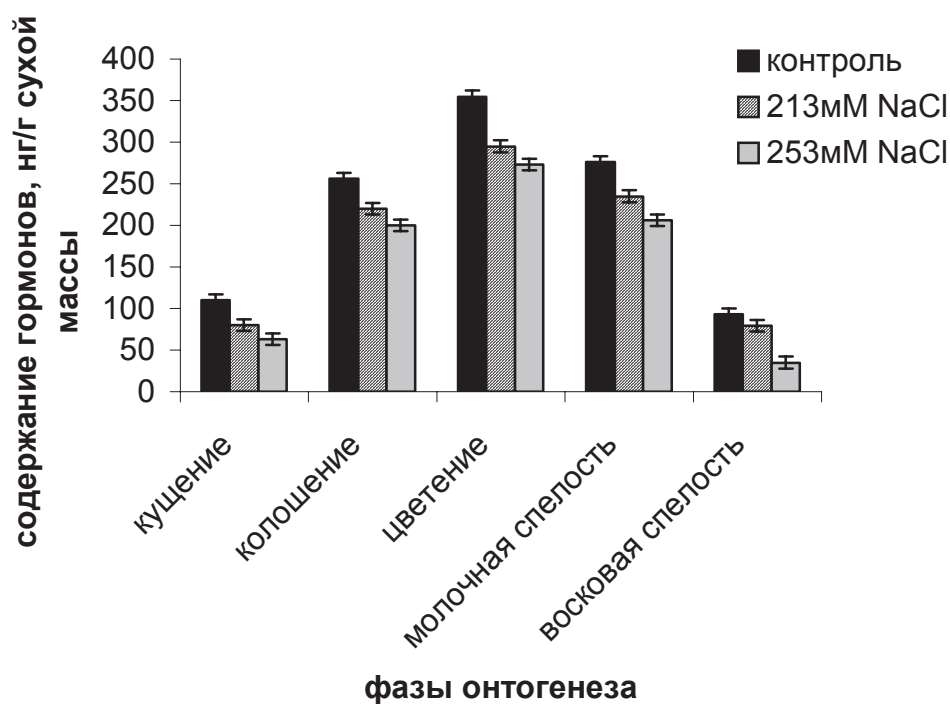
Целью работы служило выяснение характера физиологической ответной реакции пшеницы к условиям засоления NaCl и их роль в адаптации растений. Особое внимание, в этой связи, уделялось фитогормонам.

Опыты проводили на яровой пшенице (сорт МИС). Схема опыта: 1. контроль; 2. 213мМ NaCl; 3. 253мМ NaCl. На протяжении онтогенеза определяли интенсивность ростовых процессов (массу органов растений), количество свободных цитокининов (зеатина), ауксинов (ИУК), абсцизовой кислоты методом ИФА [4], содержание пигментов [5], ЧПФ [6]. Содержание пролина анализировали по модифицированному методу Л.Г. Калининной с соавторами [7] на спектрофотометре «Specord M 40», интенсивность дыхания и фотосинтеза манометрическим методом в аппарате Варбурга [8]. Растительные образцы отбирали в основные фазы онтогенеза, начиная с фазы трех листьев, в 4–кратной биологической и 3–кратной аналитической повторностях. Исследования проводили в течение 4 вегетационных периодов, что облегчило статистическую обработку.

Действие экстремальных факторов проявляется во многих метаболических реакциях растений, и в первую очередь отражается на состоянии фитогормональной системы [9, 10].

Анализ полученных данных позволяет, прежде всего, сопоставить изменение в онтогенезе гормонального баланса с темпами роста пшеницы. На протяжении вегетационного периода содержание зеатина, ауксина и отношение 3-ЗР+ИУК/АБК изменяется по одновершинной кривой с максимумом в фазы колошения и цветения. Повышение уровня цитокининов в первой половине вегетации может быть обусловлено увеличением объема корневой системы [11]. Содержание АБК в органах пшеницы в ходе онтогенеза непрерывно увеличивается (рис. 1).

## ЦИТОКИНИНЫ



## ИУК

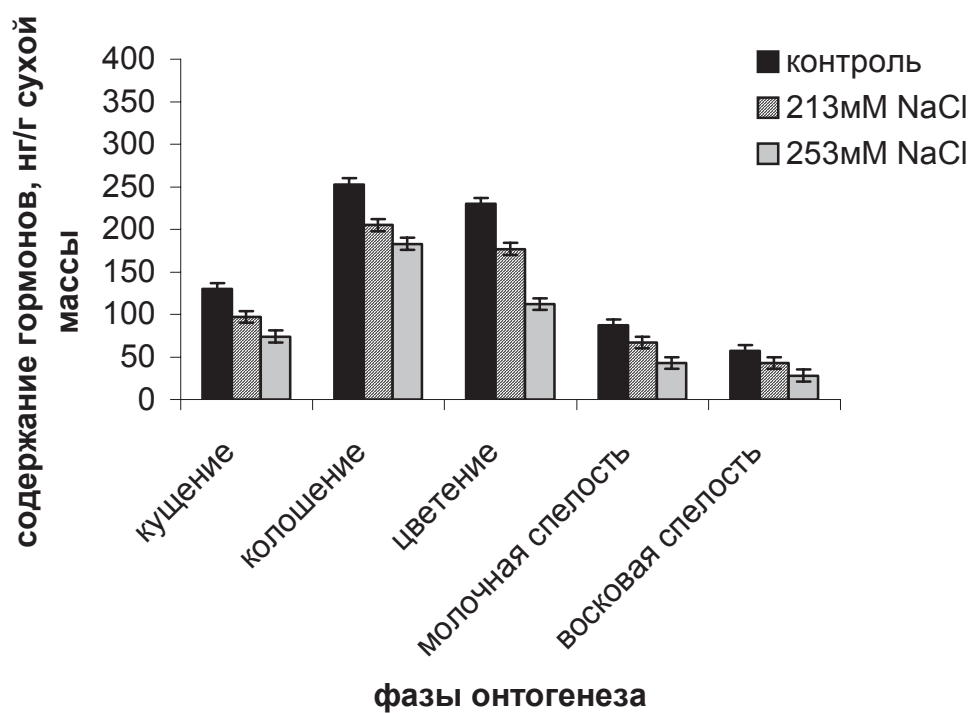


Рис. 1. Содержание эндогенных гормонов при различном уровне засоления NaCl, <sup>нг</sup>/г сухой массы

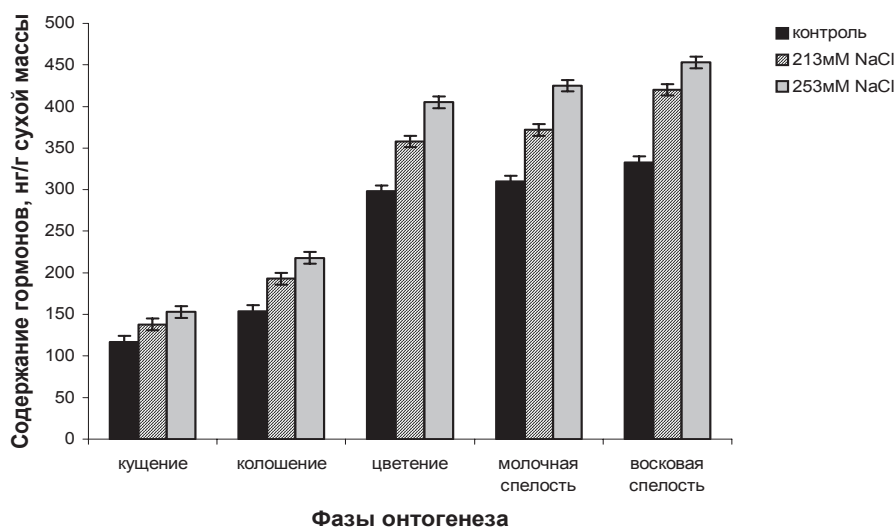


Рис. 1 (продолжение). Содержание эндогенных гормонов при различном уровне засоления NaCl,  $\text{нг/г}$  сухой массы

Динамике гормонального баланса в определенной степени соответствует изменение темпов роста пшеницы. В первой половине вегетации на фоне увеличения содержания зеатина и ИУК интенсивность ростовых процессов повышается. Во второй половине вегетационного периода снижение содержания ростстимулирующих гормонов и повышение уровня АБК сопровождается уменьшением темпов роста органов пшеницы. Это еще раз демонстрирует возрастающую роль АБК в процессах старения и перехода в состояние покоя [12] (рис. 2).

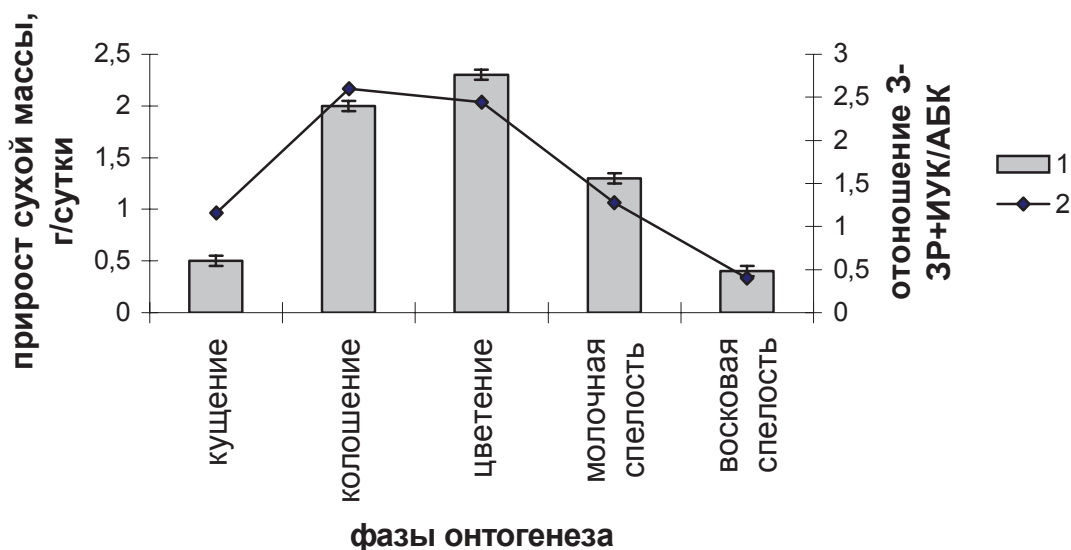


Рис. 2. Отношение 3-ЗР+ИУК/АБК и приросты сухой массы вегетативных органов пшеницы на протяжении онтогенеза. 1 – приросты сухой массы, г/сут.; 2 – отношение 3-ЗР+ИУК/АБК.

Изменение условий выращивания – внесение NaCl – заметно отразилось на гормональной ситуации и, как следствие, на темпах роста пшеницы. Особенно ярко это проявилось при высокой дозе NaCl (253 мМ). Растения этого варианта отличались резким снижением содержания зеатина, ИУК и повышенным уровнем АБК (рис. 1), что привело к уменьшению отношения 3-ЗР+ИУК/АБК. Вместе с тем большее отклонение в реакции фитогормональной системы от нормы (вариант без внесения NaCl) наблюдали в первые фазы (после внесения NaCl), тогда как к концу вегетации (фаза молочной спелости) действие соли сглаживалось.

Одним из проявлений действия фитогормонов является поддержание высокого уровня оводненности, что, в свою очередь, обеспечивает поддержание гомеостаза и взаимосвязей внутри растения посредством циркуляции воды в организме [13]. Наши определения показали снижение расходования уровня воды в условиях засоления NaCl (рис.3).

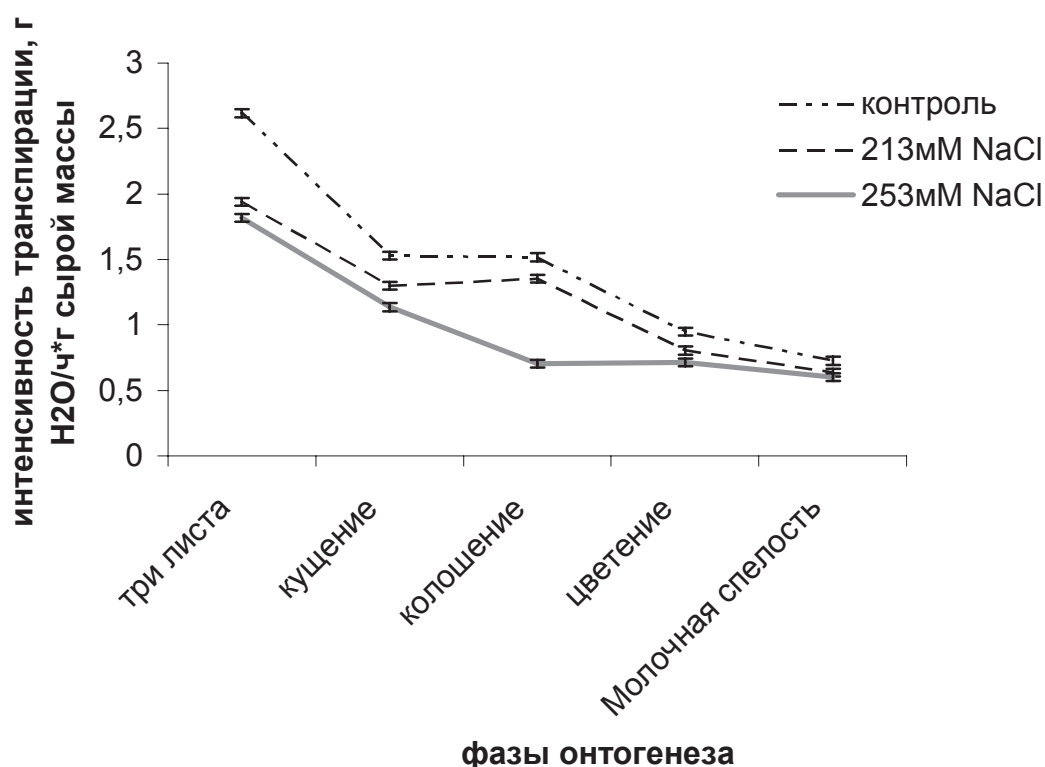


Рис 3. Изменение интенсивности транспирации пшеницы в условиях засоления NaCl, г H<sub>2</sub>O/ч\*г сырой массы

Сопоставление данных по расходованию воды с исследованиями гормонального статуса при засолении показывает, что изменения показателей водного обмена происходят на фоне накопления АБК. Роль АБК в снижении интенсивности транспирации неоднократно демонстрировалась [11–12], частично это связано с тем, что под влиянием АБК происходит закрывание устьиц [12]. Уменьшение расходования воды под влиянием NaCl можно рассматривать как защитно-приспособительную реакцию, подобные изменения в водном обмене в литературе отмечены при действии засухи [14]. Несмотря на снижение уровня расходования воды, растения, выращенные в условиях солевого стресса, характеризовались большим водным дефицитом по сравнению с контролем (рис. 4). Причем, увеличение соли в почве коррелировало с повышением водного дефицита ( $r = +0,7+0,83$ ).

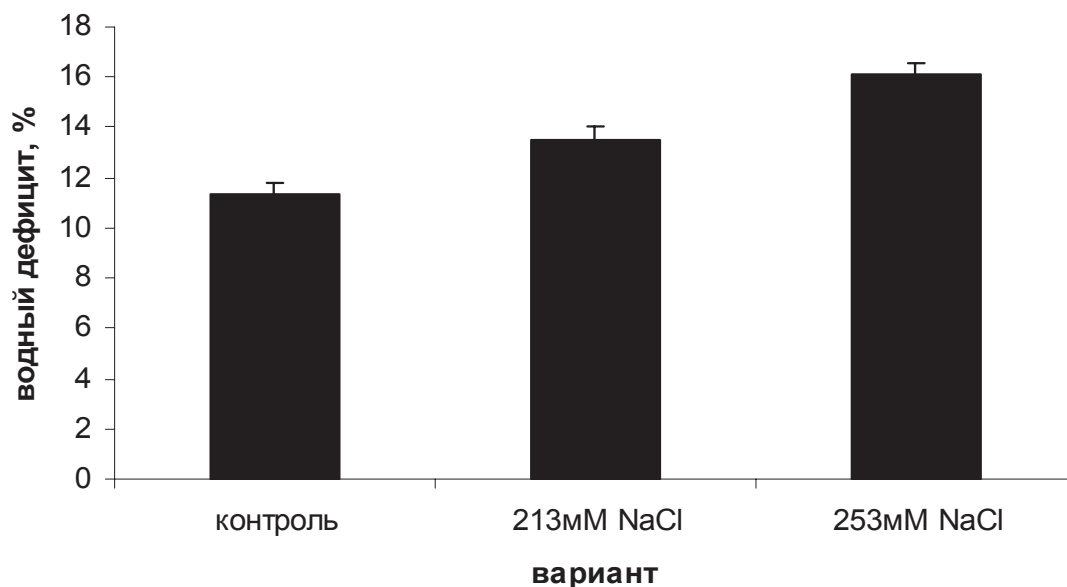


Рис. 4. Водный дефицит пшеницы в условиях засоления NaCl, %

В литературе неоднократно подчеркивается взаимосвязь водного обмена с напряженностью энергетических процессов [1, 13].

Чувствительным показателем физиологического состояния растений, отражающим в определенной степени интенсивность фотосинтеза, является содержание пигментов. В вариантах с внесением NaCl нами показано уменьшение содержания хлорофилла, при концентрации 213 мМ – на 15–20%, тогда как в варианте 253 мМ NaCl – на 30%. В условиях засоления снижается и фотосинтетическая активность. Такие изменения наблюдали как при определении интенсивности фотосинтеза по выделенному кислороду, так и по накоплению сухой массы (ЧПФ) (рис. 5).

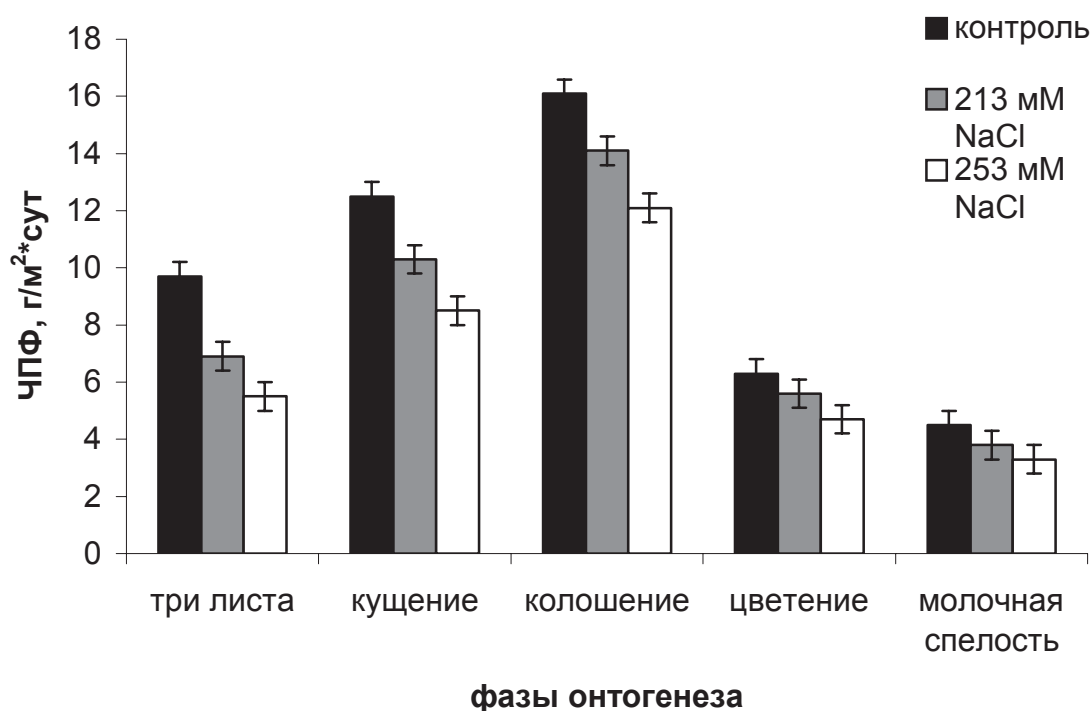


Рис. 5. Влияние различного уровня засоления NaCl на ЧПФ пшеницы, г/м²\*сут

Как следствие падения фотосинтеза показано уменьшение содержания сахаров (табл. 1).

Таблица 1  
Влияние различного уровня засоления NaCl на содержание сахарозы, мг/г сухой массы

фазы онтогенеза / вариант	контроль	213мМ NaCl	253мМ NaCl
три листа	0,836±0,043	0,660 ±0,031	0,376 ±0,048
%	100	79	45
кущение	1,126 ±0,041	0,901 ±0,028	0,777 ±0,031
%	100	80	69
колошение	2,531 ±0,035	2,075 ±0,028	1,746 ±0,030
%	100	82	69
цветение	1,755 ±0,041	1,298 ±0,055	0,938 ±0,031
%	100	74	56
молочная спелость	0,635 ±0,023	0,502 ±0,031	0,406 ±0,020
%	100	79	64

Важно отметить, что изменения показателей фотосинтетической активности в условиях солевого стресса происходили на фоне снижения отношения 3-ЗР+ИУК/АБК, которое в первую очередь связано с падением уровня цитокининов и ИУК.

Наряду с фотосинтезом процесс дыхания является важнейшим поставщиком энергетических эквивалентов и источником промежуточных соединений, обладающих высокой физиологической активностью. Одновременно в процессе дыхания образуются соединения, необходимые для процесса роста. В литературе разбирается вопрос о значении дыхания в процессе адаптации [8, 15]. В условиях засоления NaCl интенсивность дыхания пшеницы возрастает, особенно резко у проростков и в фазу 3-х листьев (рис. 5).

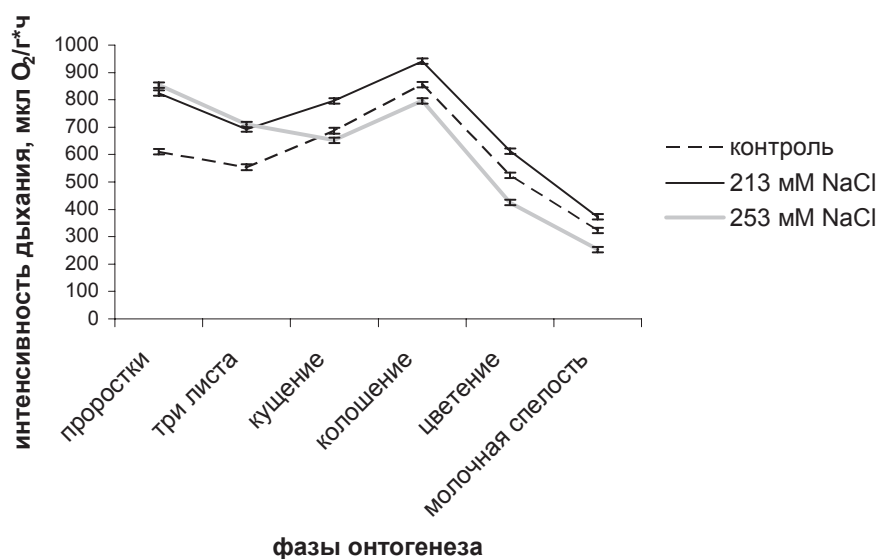


Рис. 5. Интенсивность дыхания растений пшеницы в процессе вегетации в зависимости от уровня засоления NaCl, мкл поглощенного O<sub>2</sub>/г\*ч

Важно отметить, что на интенсивность дыхания сказалось влияние концентрации NaCl как в отдельные фазы вегетации, так и в ходе онтогенеза. Так, если в варианте 213 мМ NaCl у проростков интенсивность дыхания повысилась на 30%, тогда как при концентрации 253 мМ NaCl – на 40% по сравнению с контролем. Вместе с тем в ходе вегетации у пшеницы в варианте 213 мМ NaCl интенсивность дыхания остается несколько выше контроля, то в варианте 253 мМ – интенсивность дыхания по мере развития растений снижается, что может быть связано, согласно литературным источникам, с токсическим действием NaCl на дыхательную активность митохондрий [3]. В настоящее время развиваются представления о функциональных составляющих процесса дыхания. Дыхание роста включает энергетические траты, связанные с ростом растений, процессами накопления биомассы. Дыхание поддержания включает энергетические траты, связанные с поддержанием уже существующей биомассы [8, 15]. Полученные данные указывают, что при засолении усиливается доля дыхания для целей репарации повреждения (рис. 6).

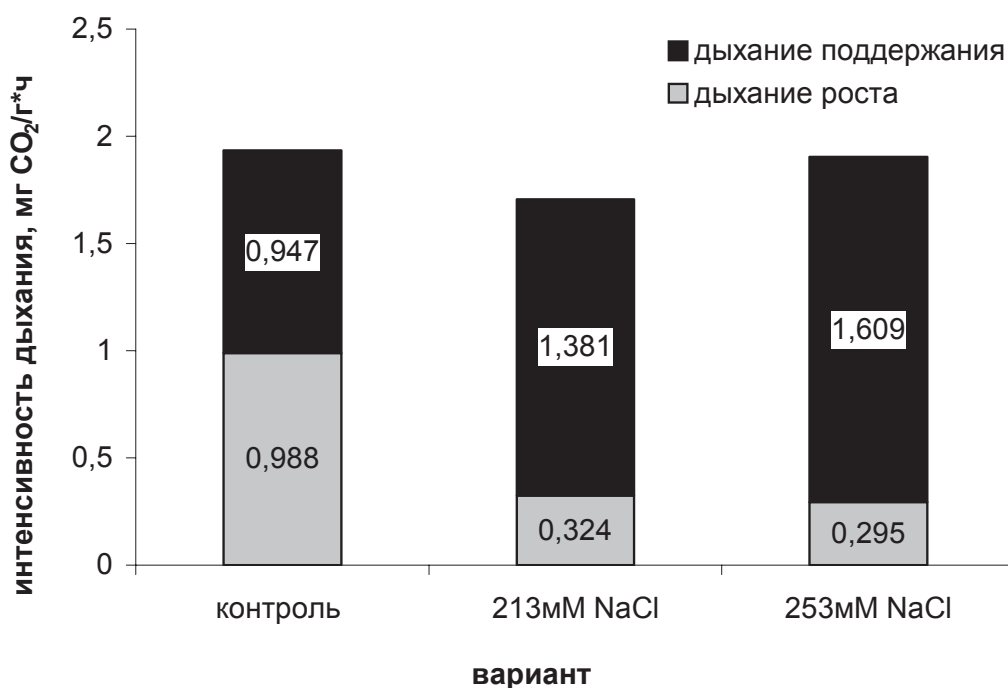


Рис. 6. Влияние засоления NaCl на функциональные составляющие дыхания, мг CO<sub>2</sub>/г\*ч

Засоление, как и засуха, приводит к осмотическому стрессу, благодаря уменьшению химической активности воды. Защитой от осмотического стресса является накопление растворимых органических веществ, в частности пролина. Согласно полученным данным при большей напряженности стресс-фактора (253 мМ) уровень пролина возрастает в большей степени (табл. 2). Можно полагать, что о величине стрессовой нагрузки NaCl можно судить по уровню накопления пролина.

Таблица 2

Влияние различного уровня засоления NaCl на накопление пролина в листьях пшеницы,  $\text{мкг} / \text{г сухой массы}$

вариант \ фазы онтогенеза	кущение		колошение		цветение	
		%		%		%
контроль	365,49±7,12	100	628,21±7,19	100	592,31±9,15	100
213мМ NaCl	562,95±10,14	154	847,84±5,35	135	713,53±7,18	120
253мМ NaCl	584,12±7,85	160	910,65±8,46	145	828,81±7,45	140

Интегральными процессами, в которых выражается напряженность реакций, протекающих в растительном организме, являются рост и продуктивность. В условиях засоления показано снижение как темпов роста, так и продуктивности (табл. 3–4).

Таблица 3

Динамика накопления сухой массы пшеницы в условиях засоления NaCl, (10 растений), г

вариант \ фазы онтогенеза	кущение		цветение		молочная спелость	
		%		%		%
контроль	2,084 ±0,06	100	31,34 ±0,15	100	40,06 ±0,13	100
213мМ NaCl	1,661 ±0,04	79	27,11 ±0,19	87	35,21 ±0,17	88
253мМ NaCl	1,563 ±0,07	75	24,85 ±0,13	80	32,81 ±0,15	82

Таблица 4

Продуктивность пшеницы разных сортов в условиях засоления NaCl

вариант	контроль	213мМ NaCl	253мМ NaCl
масса зерна, г/растение	2,31±0,03	1,82± 0,01	1,53± 0,03
масса 1000 зерен, г	45,31± 2,01	38,11± 3,46	32,31± 2,13
продуктивная кустистость	3,0	2,6	2,2

Таким образом, внешние условия, в том числе и засоление, являются пусковыми механизмами, включающими реагирование гормональной системы, важное значение при этом имеет падение содержания ростстимулирующих гормонов, снижение соотношения З-ЗР+ИУК/АБК. Проведенные исследования позволили выяснить взаимосвязь между изменением гормонального баланса и энергетическими процессами при действии хлорида натрия. Изменения в гормональном статусе пшеницы при засолении почвы являются не только результатом стрессового ответа, но и имеют приспособительное значение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962, 366 с.
2. Шевякова Н.И., Рошупкин Б.В., Парамонова Н.В., Кузнецов В.В. Стрессовый ответ клеток *Nicotiana sylvestris* L. на засоление и повышение температуры. Аккумуляция пролина, полиаминов, бетаинов и сахаров// Физиология растений, 1994, Т. 41, С. 558–565.
3. Кун И., Чжоу Г., Би Ю., Лян Х. Физиологические характеристики и альтернативный путь дыхания у двух сортов пшеницы, различающихся по солеустойчивости// Физиология растений, 2001, Т. 48, №5, С. 692–



- 698.
4. Кудоярова Г.Р. Иммунохимические исследования гормональной системы растений: регуляция роста и ответы на внешние воздействия. автореф. дис..... докт. биол. наук. СПб: ВИР, 1996, 48 с.
  5. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.Н. Малый практикум по физиологии растений. — М.: Высшая школа, 1975. — 392 с.
  6. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности// Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. — М.: Наука, 1972. — С. 511–527.
  7. Калинкина Л.Г. Накопление пролина и растворимых сахаров у микроводорослей при длительном солевом стрессе// Физиологические и биохимические основы солеустойчивости растений, Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума, Ташкент, 17–19 сентября 1986 г., С. 57.
  8. Семихатова О.А., Чулановская М.В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза растений. М. — Л.: Наука, 1965. — 168 с.
  9. Бахтенко Е.Ю., Платонов А.В. Роль абсцизовой кислоты в реакции растений на избыток влаги в почве// Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов. Воронеж, ВГУ, 1998, С. 28–32.
  10. Пустовойтова Т.Н., Ерёмин Г.В., Рассветаева Э.Г., Жданова Н.Е. Особенности засухоустойчивости плодовых полиплоидных растений// Сельскохозяйственная биология, 1983, 33, С. 129.
  11. Коркина Т.А., Поликарпов С.А., Якушкина Н.И. Особенности гормонального баланса двух сортов пшеницы и его изменение в онтогенезе// Доклады РАСХН, — 2001, — № 3, — С. 9–10.
  12. Кефели В.И., Коф Э.М., Власов П.В., Кислин Е.Н. Природный ингибитор роста — абсцизовая кислота. М.: Наука, 1989, 184 с.
  13. Жолкевич В.Н., Гусев Н.А., Капля А.В., Пахомова Г.И. Водный обмен растений. — М.: Наука, 1989, 256 с.
  14. Шматько И.Г., Григорюк И.А. Реакция растений на водный и высокотемпературный стрессы// Физиол. и биохим. культ. раст., 1992, Т.24, С. 3–14.
  15. Иванова Т.И., Юдина О.С. Дыхательный газообмен некоторых представителей галофитной флоры араратской долины// Физиология растений, 1992, Т. 39, вып. 5, С. 996–1001.

---

---

**Л.Д. Прусакова, Т.И. Куликова, Н.С. Ковальчук**  
Московский Государственный Областной Педагогический Институт,  
Орехово-Зуево

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭПИБРАССНОЛИДА

*It was shown the Influence epibrassinolide on capable to stimulate the development of the growing and physiological processes of the plant of the buckwheat in experience, with the following determination of capacity and quality got to product. The positive action epibrassinolide is noted on development of the plants of the buckwheat, increasing to their productivity on 30-40% and improvement quality fruit.*

Одним из способов реализации потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур является использование природных регуляторов роста нового поколения, позволяющих корректировать обменные процессы растений, повышать их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания [1,2]. Из этого ряда соединений особое внимание заслуживают brassinosteroids, обладающие плейотропным действием – регулировать рост, развитие, физиологические процессы, повышать устойчивость к стрессовым условиям, патогенным грибам и вирусам растений [3]. Это дает возможность использовать их как эффективное средство для повышения продуктивности растений. Практическая доступность данных регуляторов из стероидного сырья, стимулирующее действие brassinosteroids на рост и развитие растений в ничтожно малых концентрациях, исключительно малая токсичность, низкая норма расхода при высокой эффективности действия и экологическая безопасность позволили широко использовать эти соединения в растениеводстве [4].

Ранее было показано, что brassinosteroids стимулируют прорастание семян, рост листьев и стебля, индуцируют активность  $\beta$ -амилазы, регулируют синтез белка, гормональный и ионный баланс, повышают устойчивость растений к стрессовым факторам зерновых и овощных культур [5, 6,7].

В задачу настоящих исследований входила оценка влияния эпибрассинолида (ЭБ) на процессы роста и развития, содержание фотосинтетических пигментов, формирование плодов, реализацию потенциальной продуктивности растений гречихи.

Опыты проводились в 2003–2005 гг. на агробиологической станции МГОПИ, Орехово-Зуевский район. Растения гречихи сортов Молва и Дикуль опрыскивали эпибрассинолидом в концентрации  $10^{-9}$  М в фазу бутонизации – начало цветения. Повторность опыта 3-кратная, площадь учетной делянки 1 м<sup>2</sup>.

На основании проведенных исследований установлено стимулирующее действие ЭБ на рост и развитие растений, увеличение ассимилирующей поверхности, содержания фотосинтетических пигментов и продуктивности. Отмечено увеличение темпов роста вегетативных и генеративных органов у обоих сортов гречихи, что привело к ускорению на 5–7 дней прохождения этапов онтогенеза и созревания плодов, при этом выявлена сортоспецифичность действия ЭБ. Площадь листовой поверхности растений гречихи сорта Молва через 10 дней после обработки ЭБ возросла с 110,7 см<sup>2</sup> до 156,3 см<sup>2</sup>, а у сорта Дикуль с 172,5 см<sup>2</sup> до 230,0 см<sup>2</sup>. ЭБ вызывал увеличение содержания хлорофилла а и b растений гречихи у сорта Молва на 79,6% и 90,0% соответственно, и сорта Дикуль на 48,0% и 67,0%, что свидетельствует об

---

---

активации фотосинтетической деятельности. В опытных вариантах существенно изменилось число соцветий на главном побеге у сорта Диккуль с 6 шт. до 9 шт., на боковых побегах с 3 шт. до 5 шт., у сорта Молва на главном с 8 шт. до 10 шт., на боковых – с 6 шт. до 7 шт.

Таким образом, обработка растений эпибрассинолидом способствовала реализации потенциальной продуктивности гречихи за счет лучшего развития ассимиляционной поверхности, увеличения содержания фотосинтетических пигментов, формирования большего числа соцветий, которая проявилась в значительной прибавке массы и 1000 плодов, что привело к преодолению разнокачественности плодов и повышению урожая для сорта Диккуль в среднем на 40%, а для сорта Молва на 30% по сравнению с контролем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелуха В.С. Новый этап в развитии теории и практики фитогормональной регуляции растений. // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях. Тез. Докл. 6-й международн. Конф. (26–28 июня 2001 г.). М.: МСХА, 2001. С. 3–6.
2. Вакуленко В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. – 2004. – №1. – С. 24–26.
3. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами. // Агрехимия, 2005. №11. С. 76–86.
4. Хрипач В.А., Лахвич Ф.А., Жабинский В.Н. Брассиностероиды. Минск: Наука и техника, 1993. 287 с.
5. Прусакова Л.Д., Ежов М.Н., Сальников А.И. Использование эμισима, эпибрассинолида и униконазола для преодоления разнокачественности плодов гречихи // Аграрная Россия. 1999. №1(2). С. 41–43.
6. Ежов М.Н., Прусакова Л.Д., Колотовкина Я.Б. Влияние эμισима и эпибрассинолида на развитие побегов гречихи разных генотипов, // Физиология: перспективные исследования, связь с другими науками. Тез. доклад. Тамбов 2001 г. С. 58 – 61.
7. Прусакова Л.Д., Колотовкина Я.Б., Азаркович М.И, Хрипач В.А. Эпибрассинолид изменяет полипептидный состав плодов гречихи // ДАН РАН. 2004. Вып. 397. № 3. С. 1–3.

---

---

**Е.В. Никифорова**

Московский государственный областной университет  
г. Москва, Россия

## ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ БУРЫХ ЛЯГУШЕК ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

В настоящее время территория Московской области характеризуется как экстремальная экологическая зона. Мощные антропогенные воздействия на природу преобразуют естественные экосистемы, создают новые, антропогенные. Насыщение среды антропогенными факторами, приводит к резким изменениям условий обитания животных, создает новые условия для их жизни. В результате живые организмы и их сообщества оказываются обычно под одновременным воздействием многих факторов.

Интенсивность освоения природы значительно опередила степень ее изученности. Кроме этого, над значительной частью объектов живой природы, в том числе и над земноводными, вообще не ведется специализированный контроль.

Таким образом, изучение современного состояния популяций земноводных (бурых лягушек) в естественных и изменяющихся ландшафтах Московской области – актуальная проблема, от ее решения зависит рациональное использование природных ресурсов, их воспроизводство и охрана.

Для амфибий Подмосковья, находящихся в экстремальных условиях, вследствие высокого уровня урбанизации и антропогенного пресса, отмечается сокращение численности объясняемое сокращением подходящих мест размножения. При этом явно сокращается обилие даже самых обычных и распространенных видов – остромордой (*Rana arvalis*) и травяной (*R. temporaria*) лягушек [1,3,5,7]. Наряду со снижением видового разнообразия на освоенных территориях численность амфибий иногда возрастает. Так же, под влиянием хозяйственной деятельности человека происходят изменения в микроклимате биотопов, на комковатости почвы, характере растительного покрова и т.п., что негативно отражается на популяциях амфибий [6].

Материал для данной работы были собран в период с 2 декады мая по 1–2 декады июля 1998 –2005 гг. в г. Видное Московской области Ленинский района, в разнообразных ландшафтах окрестностей «Акатовской» биостанции Московского государственного областного университета (смешанный лес и суходольный луг). В этот период времени было проведено 1566 учета (поровну в каждом биотопе), отловлено и измерено 6145 лягушки, из них 3788 травяных и 1757 остромордых.

Лесной биотоп представлен липняком порослевого происхождения. Это одноярусное сообщество с небольшой сомкнутостью и бонитетом, в котором идет близкое к коренным сообществам восстановление. Коренным сообществом биотопа, вероятно, является ассоциация ельника с дубом и липой зеленчуковой. Биотоп расположен на пологом склоне моренных холмов в условиях эрозионно-холмистого рельефа. Почва дерново-средне- и слабоподзолистая легкосуглинистая. Древостой одноярусный высокоствольный. Основные лесообразователи – липа и ель. Присутствует дуб, береза и клен. Сомкнутость крон 0,6.

Кустарниковый ярус изрежен (0,2-0,3) в связи с высокой сомкнутостью древостоя. В подлеске преобладает жимолость, крушина, бересклет, рябина, есть малина и красная смородина. Травяной покров не густой, мозаичный, 3 – ярусный. В верхнем ярусе (h 40–50 см, покрытие 30–40%) хвощ лесной, щитовник мужской,

---

---

гравилат речной; средний подъярус образуют недотрога, сныть, живучка, таволга, скирда и лютик. В нижнем подъярусе (h до 20 см) зеленчук, медуница, вороний глаз, земляника. Нижний подъярус определяет облик покрова, так как в нем располагаются основные доминанты.

Луга района исследований заняты кормовыми травами и представлены разнотравно-злаковыми ассоциациями. Почва дерново-подзолистая. Луга окрестностей стационара активно используются под сенокос. Сроки сенокосов приходятся на июль и сентябрь. Источник влаги исследуемого биотопа – верховое увлажнение. Местность покатая, с уклоном в 13°, переходящая в первую надпойменную террасу. Первый ярус травостоя составляют кипрей, конский щавель, пижма, ежа, овсец, костер, тимopheевка; во втором ярусе участвуют полынь, бодяк, тысячелистник, нивяник, василек. В третьем ярусе: клевер, зверобой, подорожник, мышиный горошек, одуванчик, мятлик, лютик, ромашка, лапчатка, звездчатка. Ассоциация разнотравно-злаковая.

В исследованиях использовались наиболее распространенные и применяемые в настоящее время методы: учет на маршрутных линиях (метод трансект) и на пробных площадках.

Такого типа «абсолютный» учет позволяет определить видовой состав бесхвостых земноводных на исследуемой территории, установить сезонную и суточную активность, проследить изменение видового состава и соотношения видов амфибий по биотопам в течение ряда лет. Однако, несмотря на простоту маршрутного метода и широкое его применение [3, 6], Северцов (1993) считает его недостаточным для оценки численности земноводных. Таким образом, из сложившегося противоречия во мнении исследователей следует, что маршрутные учеты целесообразно проводить совместно с другими методами учетов, и данные маршрутных учетов лучше всего дополнять, сопоставлять и уточнять с данными учетов полученных на стационарных площадках и прямыми наблюдениями.

При учете регистрировались все встреченные на маршрутах особи каждого вида с указанием станции и времени. Для определения примерной плотности населения проводился 3-4 – кратный учет на постоянных площадках. При этом протяженность маршрутной линии составляла 2-3 км, а ее ширина от 2-3 до 6–8 м в зависимости от густоты травостоя. Учеты проводились круглосуточно, через каждые 2 часа. Наибольшее внимание уделялось учетам, проводившимся во время наибольшей активности животных (с наступлением вечерних сумерек и выпадением росы к ночи, предутренние и утренние часы).

Для более точного определения плотности населения бесхвостых амфибий, в каждом исследуемом биотопе (смешанный лес, суходольный луг) были заложены постоянные трансекты (общей длиной 100 и шириной 4 м), выделенные колышками, расположенными на расстоянии 5 м друг от друга по обе стороны учетной полосы (рис. 1). В течение 5–7 дней через каждые 2 часа проводился двумя учетчиками подсчет, определение и измерение на месте встреченных особей (что давало так же возможность судить о суточной активности и других сторонах экологии встреченных амфибий). Полученные результаты пересчитывались на площадь или 1 га по каждому виду для каждого биотопа в отдельности. Кроме общего числа встреченных животных и количества их на отдельных отрезках маршрута и трансектах, в начале, во время и в конце учета отмечалась температура воздуха, облачность, влажность, осадки, освещенность и другие характеристики погоды.

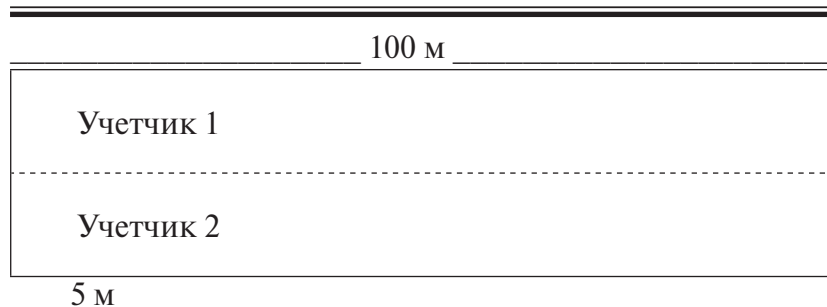


Схема учетной площадки и форма учета

С целью повышения надежности результатов наряду с линейным методом учета и трансектами использовался учет на пробных площадках, считающийся наиболее информативным методом количественного учета [10].

Учет на пробных площадках является, по существу, вариантом маршрутных учетов. Из литературных источников известно, что одним из первых в нашей стране этот метод был применен Станчинским (1931).

Площадки разбивались в исследуемых биотопах: смешанный лес, суходольный луг, с учетом предполагаемых мест обитания лягушек. «Абсолютный» учет проводился на участках площадью 400 м<sup>2</sup>, где выявлялись и активные и спрятавшиеся особи.

Проведенные нами исследования показали, что плотность населения травяной и остромордой лягушек характерна зависимостью от биотопа (табл. 1,2). В лесу преобладающим видом является травяная лягушка (*R. Temporaria*), так как этот вид предпочитает места с повышенной влажностью воздуха: в лесу влажность обычно выше, чем на лугу. На лугу плотность населения лягушек обоих видов примерно одинаковая.

Таблица 1

*Плотность населения травяной лягушки (R. Temporaria) в различных биотопах (по годам и месяцам наблюдения (экз./га))*

Месяц	Биотоп	Смешанный лес					Луг					
		Год	Возрастная группа				Итого	Возрастная группа				Итого
			I	II	III	IV		I	II	III	IV	
Май-июнь	1998	21	16	26	12	74	16	20	19	7	62	
	1999	3	16	28	4	51	8	16	44	32	100	
	2000	16	24	40	32	112	8	32	56	48	144	
	2001	2	13	15	49	79	6	11	26	19	62	
	2002	8	10	15	31	64	12	8	4	1	25	
	2003	5	6	3	3	17	2	1	2	-	5	
	2004	6	5	3	2	18	2	1	-	-	3	
	2005	5	5	2	-	12	1	-	1	-	2	
Июль	1998	125	16	19	36	196	48	19	4	13	84	
	1999	2	68	129	76	275	4	19	96	48	167	
	2000	42	24	48	45	159	52	16	19	26	113	
	2001	102	28	63	60	253	60	6	17	5	88	
	2002	91	40	55	17	203	40	11	28	3	82	
	2003	22	13	21	11	67	7	2	2	-	11	
	2004	20	14	15	8	57	4	1	-	-	5	
	2005	19	11	15	9	54	3	1	-	-	4	

Однако в некоторые годы на лугу чаще, чем в лесу, может встречаться и травяная лягушка. Такое явление в мае 1999 г. связано, вероятно, с температурными условиями: май 1999 г. отмечался необычайно низкими температурами с заморозками [9]; луг является более прогреваемым биотопом, чем лес, а значит, на лугу создаются более благоприятные условия температуры для амфибий, чей организм нормально функционирует при +13 о С - +27 о С. В мае 2000 г. большая встречаемость травяной лягушки на лугу, чем в лесу, объясняется достаточно высокой влажностью воздуха в дни наблюдений, что создает благоприятные условия для амфибий как в лесу, так и на лугу.

Повышение плотности популяций травяной и остромордой лягушек в июле по сравнению с маем связано с пополнением популяций за счет вышедших на сушу сеголеток. Эта же причина объясняет увеличение в июле численности 1 возрастной группы лягушек обоих видов.

Таблица 2

*Плотность населения остромордой лягушки (R. arvalis) в различных биотопах (по годам и месяцам наблюдения (экз./га)).*

Месяц	Биотоп	Смешанный лес					Луг					
		Год	Возрастная группа				Итого	Возрастная группа				Итого
			I	II	III	IV		I	II	III	IV	
Май-июнь	1998	5	5	13	5	28	16	16	16	13	61	
	1999	3	0	8	4	15	0	7	16	0	23	
	2000	8	16	16	32	72	48	48	24	16	136	
	2001	2	6	13	6	27	2	7	12	2	23	
	2002	2	10	24	8	44	1	-	1	-	2	
	2003	8	18	8	2	36	-	5	6	1	12	
	2004	7	16	8	2	33	2	3	3	-	8	
	2005	8	15	6	1	30	1	3	1	-	5	
Июль	1998	88	12	8	7	115	107	16	3	7	133	
	1999	0	20	40	32	92	0	16	44	12	72	
	2000	39	21	32	11	103	52	19	21	11	103	
	2001	18	8	15	4	45	9	4	17	2	32	
	2002	21	9	11	1	42	8	6	12	1	27	
	2003	29	9	12	2	52	8	1	3	1	13	
	2004	30	8	11	1	50	6	1	2	-	9	
	2005	28	9	11	-	48	4	-	-	-	4	

В целом полученные данные о численности и распределении лягушек обоих видов согласуются с приведенными ранее данными [3, 5]. Однако в июле плотность населения травяной и остромордой лягушек оказывается более высокой.

Кроме динамики изменения численности по сезонам прослеживается тенденция (в 2002 – 2003 гг.) к снижению численности обоих изученных видов и в смешанном лесу, и на лугу. По-видимому, это связано с усилением антропогенного пресса в исследованных биотопах.

Летом 2003 г. начались строительные работы по расширению Киевского шоссе на две полосы с каждой из сторон, а также увеличение придорожной зоны. Таким образом, биотоп суходольный луг, граничащий с Киевским шоссе, подвергся сильным антропогенным нагрузкам. В связи со строительными работами он уменьшился на 1/3, а оставшаяся часть была превращена в свалку и разрыта. Это привело к резкому сокращению численности бурых лягушек (*R. Temporaria*), (*R. arvalis*)

на суходольном лугу (2004–2005 гг.) (табл. 1,2). Но остромордые лягушки оказались более устойчивыми к антропогенному прессу, их количество чуть больше, чем травяных, видимо, это обусловлено тем, что суходольный луг для них является более предпочтительным местом обитания, чем для травяных лягушек. В смешанном лесу тенденция, которую мы наблюдали в 2002 – 2003 гг. была отмечена и в 2004 – 2005 гг.: численность двух изучаемых видов продолжает сокращаться.

В последние годы в последствие строительства (домов и дорог, которое ведется очень интенсивно) происходит частичное уничтожение репродуктивных водоемов, уничтожение поло-возрелых особей и их икры и головастиков. Изоляция и уничтожение природных коридоров, связывающих эти местообитания с основными массивами лесной зоны при всей возрастающей антропогенной нагрузке, в конечном итоге ведет к исчезновению земноводных.

При антропогенной трансформации экосистем земноводные служат индикатором их состояния. Это выражается в изменении видового состава и структуры населения амфибий [6]. Подобные качества могут быть использованы в целях экологического мониторинга и биоиндикации состояния окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Войтехов М.Я., Лещева Г.С., Флинт В.Е., Формозов Н.А., Гарушянц К.Ю. Короткие заметки о фауне земноводных и пресмыкающихся Москвы и Московской области // Земноводные и пресмыкающиеся Московской области (Мат-лы совещания по герпетофауне Москвы и Московской области, 9–10 ноября 1987 г. Москва). – М., 1989. – С. 43.
2. Иноземцев А.А., Николаев В.И. Наземные позвоночные животные района Крюковской биостанции МПУ // Влияние антропогенных факторов на структуру и функционирование экосистем, и их отдельные компоненты: Межвуз. сб. научных трудов. – М.: МПУ, 1993. – С. 76–95.
3. Кузьмин С.Л. Земноводные и пресмыкающиеся северо-запада Москвы // Земноводные и пресмыкающиеся Московской области (Мат-лы совещания по герпетофауне Москвы и Московской области, 9-10 ноября 1987 г. Москва). – М., 1989. – С. 48-60.
4. Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 1999. – 298 с.
5. Леонтьева О.А., Семенов Д.В. Герпетофауна Москвы и проблема выживания земноводных и пресмыкающихся (Vertebrata: Amphibia, Reptilia) на урбанизированных территориях // Животные в городе. Материалы научно-практической конференции. – Москва: ИПЭЭ РАН, 2000. – С. 59–61.
6. Перешкольник С.Л., Леонтьева О.А. Многолетние наблюдения за изменением герпетофауны Приокско-террасного государственного заповедника // Земноводные и пресмыкающиеся Московской области (Мат-лы совещания по герпетофауне Москвы и Московской области, 9-10 ноября 1987 г. Москва). – М., 1989.
7. Северцов А.Г., Сурова Г.С. Динамика численности бурой лягушки в Московской области. Звенигород // Земноводные и пресмыкающиеся Московской области (Мат-лы совещания по герпетофауне Москвы и Московской области, 9-10 ноября 1987 г. Москва). – М., 1989. – С. 81
8. Северцов А.С. О применимости маршрутных учетов для оценки численности травяной лягушки. // Зоол. жур. Т. 72. Вып.3. №3, 1993. – С. 138–143.
9. Соколова Т.Б. Погода на территории Российской Федерации. Метрология и гидрология, № 8, 1999.
10. Шляхтин Г.В., Голикова В.Л. Методика полевых исследований экологии амфибий и рептилий. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1986.



---



---

## Содержание

И.Г. Алексеева ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТКАНЯХ СТРЕССКОМПЕТЕНТНЫХ ОРГАНОВ И ОРГАНОВ-ЭМИШЕНЕЙ У ЛИЦ, СТРАДАЮЩИХ АЛКОГОЛИЗМОМ.....	3
А.Л. Иванов, А.А. Магулаева ЭНДЕМИКИ СЕМЕЙСТВА <i>APIACEAE</i> LINDL. ФЛОРЫ ТЕБЕРДИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА И ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ.....	7
Ф.Х. Биджиева, В.Г. Онипченко ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОЛИ <i>SIBBALDIA PROCUMBENS</i> В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ АЛЬПИЙСКИХ КОВРОВ.....	12
Н.И. Бондарева, А.П. Трунова ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЭМБРИОНОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕГО ФАКТОРА.....	19
Д.А. Арешидзе, Л.Д. Тимченко, Н.Н. Сивакова, Т.М. Макарова, Е.Л. Тинькова ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ГРУПП ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ).....	23
З.П. Блинова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМАТА КАЛИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ МОРКОВИ.....	27
А.П. Дубровин, Т.А. Снисаренко ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ЯДОВИТЫХ РАСТЕНИЙ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	32
Ю.Р. Мутыгуллина, Т.А. Снисаренко ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ РОДА ГВОЗДИКА ( <i>DIANTHUS</i> L.) В ПРЕДКАВКАЗЬЕ.....	41
Ю.К. Федотова, Т.А. Снисаренко ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>GERANIUM</i> L. ВО ФЛОРЕ ПРЕДКАВКАЗЬЯ.....	46
И.В. Медведева, Т.А. Снисаренко АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ <i>TRIFOLIUM PRATENSE</i> –КРАСНОГО ЛУГОВОГО КЛЕВЕРА В СИМБИОЗЕ С КЛУБЕНЬКОВЫМИ БАКТЕРИЯМИ.....	50
С.Е. Гаврилова, В.Т. Старикова, Д.А. Климачев БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ СЕРГИЕВО-ПОСАДСКОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	57
Д.А. Климачев, В.Т. Старикова, С.А. Кузнецова ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ.....	63
В.Н. Трофимов, О.В. Трофимова ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕКОМЫХ-КСИЛОФАГОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ..	73
А.П. Попов, И.Л. Цветков, А.С. Конищев БИОХИМИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД: ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ВЫБОР ТЕСТ-ОБЪЕКТА.....	87
Д.В. Ярыгин, И.Д. Крылова КОМПЛЕКС БЕЛКОВЫХ ИНГИБИТОРОВ ПАПАИНА В ГРЕНЕ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА.....	93
С.А. Кузнецова УЧАСТИЕ ГОРМОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССАХ АДАПТАЦИИ ПШЕНИЦЫ К ЗАСОЛЕНИЮ <i>NaCl</i> .....	96
Л.Д. Прусакова, Т.И. Куликова, Н.С. Ковальчук РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭПИБРАССНОЛИДА.....	105
Е.В. Никифорова ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ БУРЫХ ЛЯГУШЕК ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ....	107

Для публикации научных работ в выпусках серий «  
» принимаются статьи на русском языке. При этом публикуются научные материалы преимущественно докторантов, аспирантов, соискателей, преподавателей вузов, докторов и кандидатов наук.

- документ MS Word (с расширением doc);
- файл в формате rtf;
- текстовый файл в DOS или Windows-кодировке (с расширением txt).

Файл должен содержать построчно:

на русском языке	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ – прописными буквами Фамилия, имя, отчество (полностью) Полное наименование организации (в скобках – сокращенное), город (указывается, если не следует из названия организации) Аннотация (1 абзац до 400 символов) под заголовком Аннотация
на английском языке	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ – прописными буквами Имя, фамилия (полностью) Полное наименование организации, город Аннотация (1 абзац до 400 символов) под заголовком Abstract
на русском языке	Объем статьи – от 15 000 до 40 000 символов, включая пробелы Список использованной литературы под заголовком Литература

Формат страницы – А4, книжная ориентация. Шрифт Arial, цвет шрифта черный, размер не менее 14 пунктов, междустрочный интервал – полуторный.

Форматирование текста:

– любые действия над текстом («красные строки», центрирование, отступы, переносы в словах и т.д.) выделения слов полужирным, подчеркивания и использования маркированных и нумерованных (первого уровня) списков;

– , допускается только в тех случаях, если описать процесс в текстовой форме невозможно. В этом случае каждый объект не должен превышать указанные размеры страницы, а шрифт в нем не менее 12 пунктов. Возможно использование только вертикальных таблиц и рисунков. Запрещены рисунки, имеющие залитые цветом области, все объекты должны быть черно-белыми без оттенков. должны быть созданы с использованием компонента

**Microsoft Equation** или в виде четких картинок;

- ;
- объекты удаляются из статьи.

Абзацы должны быть отделены друг от друга пустой строкой (дополнительным «Enter»).

Обращаем особое внимание на *точность библиографического оформления* произведений печати в «Примечаниях» (литература в конце текста), на *выверенность статей* в компьютерных наборах и *полное соответствие* файла на дискете и бумажного варианта!

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей, хотя с точки зрения научного содержания авторский вариант сохраняется. Статьи, не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии серии не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой).

, . 24, , . 413.

«

»

# 4

Подписано в печать: 19.12.2006  
Формат бумаги 60x86 /<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «NewtonС».  
Уч.-изд. л. 7. Усл.п.л. 7,25. Тираж 500 экз. Заказ № 356.

105005, . , . 10- ,  
. 256-41-63, 265-41-62.