

гармоничную не только в эколого-экономическом, но и в этнокультурном отношении.

Библиографический список

1. Материалы для создания природного парка «Озеро Ая» в Алтайском районе: отчет АГУ / М.М. Силантьева, Н.Л. Ирисова, Д.М. Безматерных, О.Н. Барышникова, Н.Г. Прудникова, О.Н. Жихарева и др. – Барнаул: Рукопись, 2002.
 2. Сузик Г.И. Развитие туризма в Алтайском районе: проблемы, перспективы / Г.И. Сузик // Состояние, проблемы и

перспективы развития туризма на Алтае. Экологическая безопасность как фактор инвестиционной привлекательности территории: матер. регион. науч.-практ. конф. (Алтайский район, 8 апреля 2005 г.). – Барнаул: АзБука, 2005. – С. 78-96.

3. Прудникова Н.Г. Организация рекреационных территорий (на примере переходных зон Алтая) / Н.Г. Прудникова, О.Н. Барышникова, М.М. Силантьева // Географ. и природоп. Сиб.: сб. научн. ст.; под ред. Г.Я. Барышникова. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. – Вып. 8. – С. 184-191.



УДК 631.524.02:581.525.5

**И.Г. Боярских,
Т.А. Кукушкина**

**ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА
ЦЕННЫХ ДЛЯ ИНТРОДУКЦИИ ПРИЗНАКОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ**

Ключевые слова: жимолость, изменчивость, популяции, плоды, горечь, полиморфизм, флавонолы, активный разлом, тектоника.

Жимолость синяя относится к молодым садовым культурам. Высокая зимостойкость, регулярность плодоношения и ранние сроки созревания высоковитаминных плодов являются ценными качествами, способствующими более широкому ее распространению и введению в культуру.

Важным фактором, сдерживающим интродукцию жимолости, является ее низкая продуктивность. Это связано, прежде всего, с тем, что в селекцию вовлекались в основном образцы камчатского и приморского происхождения. В этих районах преобладают растения со съедобными, лишенными горечи плодами, тогда как в большей части ареала вкус плодов жимолости горький и они не съедобны [1]. Однако у большинства сортов дальневосточного происхождения в условиях Западной Сибири под воздействием континентального климата происходит снижение продуктивности [2].

Использование в селекции отборных форм алтайской жимолости дает возможность решить задачу по получению

высокоурожайных сортов [3]. Однако доминирование горькоплодности в потомстве создает определенные трудности для использования в селекции исходного материала жимолости из алтайских природных популяций [4]. Полученные на основе алтайских исходных форм сорта Сириус, Бархат, Селена и другие характеризуются высокой продуктивностью, скороплодностью, повышенным содержанием Р-активных веществ, низкой осыпаемостью, но из-за присутствия горечи в плодах могут использоваться только для переработки. В то же время в литературе есть указания на то, что в природных алтайских популяциях встречаются отдельные растения со сладкими плодами [5], выявление которых становится важной задачей интродукции и в дальнейшем селекции *L. caerulea*.

Целью данной работы были изучение популяционной изменчивости плодов *L. caerulea* в природных популяциях Горного Алтая, характеризующихся неоднородностью геологической среды, оценка степени воздействия на неё локальных факторов, связанных с активной тектонической деятельностью, отбор перспективных форм для создания интродукционной популяции и сохранения генетического разнообразия этого ценного вида.

Район, объекты и методы исследований

Исследования проводились в Кош-Агачском районе Республики Алтай у подножия Северо-Чуйского хребта, на границе с Курайской межгорной котловиной, в долине р. Ак-Туру, на высотах 1650-2100 м над ур.м. (рис. 1). Участок характеризуется высокой сейсмической активностью (связан с эпицентральной частью Чуйского землетрясения 2003 г. подновляющимися тектоническими разломами).

В результате геофизических исследований были выявлены 1 и 2 аномальные зоны разломов, а также магнитная аномалия, связанная с Кокоринским дацит-риолитовым субвулканическим комплексом [6]. После выявления магнитных аномальных зон в исследованном районе были выбраны экологически сходные участки в зонах разломов и вне зон, в разной степени удаленных от них (табл. 1).

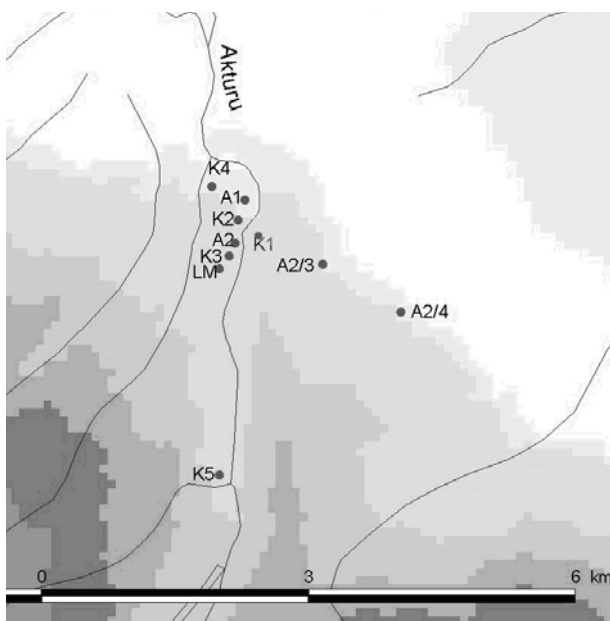


Рис. 1. Долина р. Ак-Туру (Северо-Чуйский хр.):

A1, A2, A2/3, A2/4 – точки отбора проб на разломах; LM – точка отбора на магнитной аномалии; K1-5 – пробы жимолости в фоновых условиях

Для изучения внутривидовой изменчивости плодов жимолости на каждом участке случайным образом отбирали по 20-40 растений. У каждого образца оценивали вкусовые качества и морфометрические признаки плодов. Вкус плодов оценивали органолептическим методом

по 5-балльной шкале вкусовых вариаций, основанной на степени горечи в плодах. Описание формы плодов проводили по Классификатору [7]. Для оценки амплитуды изменчивости использовали унифицированную шкалу уровней изменчивости С.А. Мамаева, согласно которой амплитуда изменчивости оценивается по величине коэффициента вариации (V) [8]. Уровень изменчивости считается очень низким при V < 7%, низким – при V = 8-12%, средним – при V = 13-20%, повышенным при V = 21-30%, высоким – при V = 31-40% и очень высоким – при V > 40%.

Содержание флавонолов в листьях определяли спектрометрическим методом [9] с помощью 2%-ного спиртового раствора хлористого алюминия, который образует комплекс с флавонолами. Интенсивность желтого раствора измеряли на спектрофотометре СФ-26, количество флавонолов – по графику, построенному по рутину.

Для проверки статистически значимого различия формы плодов и показателей частоты встречаемости вкусовых вариаций нами использовался критерий χ^2 , для коэффициента вариации, средних показателей размера и индекса формы плодов – критерий Стьюдента [10].

Результаты исследований

Анализ результатов оценки вкусовых форм плодов жимолости показал, что в изученных микропопуляциях частота встречаемости образцов с плодами горького вкуса различается и зависит от их близости расположения к аномальным зонам тектонического разлома (рис. 2). На участках, находящихся непосредственно в зонах магнитных аномалий, встречаемость растений, у которых преобладает горький вкус плодов (4-5 баллов), составляет всего 0-11,5%. На долю безгоречных образцов (1-2 балла) приходится от 42,9 до 74,1%. В микропопуляциях, расположенных между аномальными зонами и на границе с ними, увеличивается встречаемость горькоплодных образцов и уменьшается процент растений с плодами без горечи.

Достоверно отличается (табл. 2) по степени горечи от всех контрольных участков микропопуляция в зоне локальной магнитной аномалии (ЛМ), A1 и A2 – по частоте встречаемости горькоплодных образцов от контрольных участков K3, K4 и K5.

Изучение изменчивости формы плодов на этих участках также показало неоднородность микропопуляций по этому признаку (рис. 3). В целом в исследуемом районе, как и в других популяциях жимолости Горного Алтая, чаще встречаются растения с овальной формой плодов, однако их доля различается в зависимости от близости расположения микропопуляций к зонам с магнитными аномалиями.

Для по парного сравнения критерия χ^2 аномальных и контрольных участков мы объединили доли по принципу выравниваемости формы: 1-я группа – округлая, овальная, удлинненно-овальная и цилиндрическая; 2-я группа – яйцевидная, обратно-яйцевидная, колокольчатая, каплевидная, кувшиновидная и веретеновидная.

Таблица 1

Эколого-географические особенности микропопуляций *L. caerulea* в долине р. Ак-Туру

Название популяции	Местонахождение	Рельеф, растительность
1-я аномальная зона разлома (А1)	Северо-Чуйский хр., северн. макросклон, левый берег р. Ак-Туру, просека, северо-восточный склон, 1760-1780 м над ур.м.	Долинный кедрово-елово-лиственничный лес. Подлесок средней густоты, невысокий, представлен <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Cotoneaster melanocarpus</i> , <i>Cotoneaster uniflora</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Spiraea media</i> и <i>Spiraea ehamaedrifolia</i> . Травянистый покров низкорослый и пятнистый, основной фон образует разнотравье: <i>Helictotrichon rubescens</i> , <i>Geranium pseudosibiricum</i> , <i>Carex macroura</i> , <i>Poa annua</i> , <i>Bupleurum multinerve</i> , <i>Bupleurum aureum</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Artemisia macrantha</i> и <i>Artemisia sericea</i> . Всего встречается до 35 видов. Зеленомошнубрусничные сообщества приурочены к микропонижениям и среди подлеска
2-я аномальная зона разлома (А2)	левый берег р. Ак-Туру, 1845-1855 м над ур.м.	
Контроль 1 (К1)	правый берег р. Ак-Туру, 1830 м над ур.м.	
Контроль 2 (К2)	левый берег р. Ак-Туру, 1870-1880 м над ур.м.	
Контроль 4 (К4)	левый берег р. Ак-Туру, 1810-1830 м над ур.м.	
Локальная магнитная аномалия (ЛМ)	левый берег р. Ак-Туру, 1904 м над ур.м.	Долинный лиственнично-кедровый лес, в подлеске преобладают <i>Betula rotundifolia</i> и <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> . Остальные виды <i>Cotoneaster uniflora</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Salix reticulata</i> встречаются единично. В разреженном травяно-кустарничковом покрове (30%) участвуют <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Cerastium lithosperumifolium</i> , <i>Aegopodium alpestre</i> , <i>Equisetum hyemale</i> , <i>Viola altaica</i> , <i>Festuca altaica</i> , <i>Empetrum androgynum</i> . Моховой и лишайниковый покров обильный и сплошь покрывает почву плотным и упругим слоем в 7-10 см
Контроль 3 (К3)	левый берег р. Ак-Туру, 1890-1920 м над ур.м.	
Контроль 5 (К5)	левый берег р. Ак-Туру, 2060-2100 м над ур.м.	

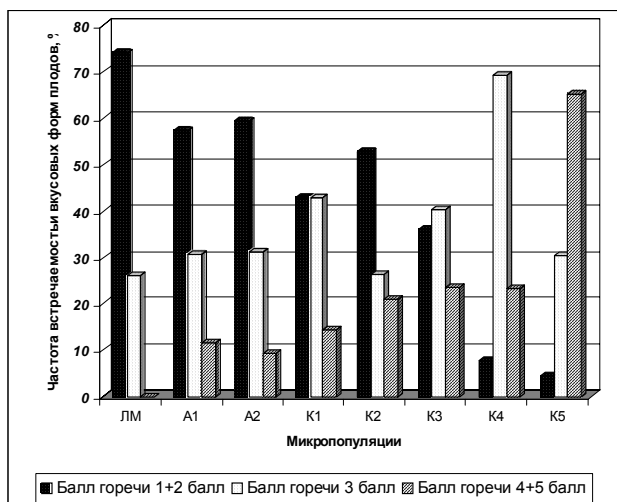


Рис. 2. Распределение растений *L. caerulea* в микропопуляциях долины р. Ак-Туру по кусковым формам плодов

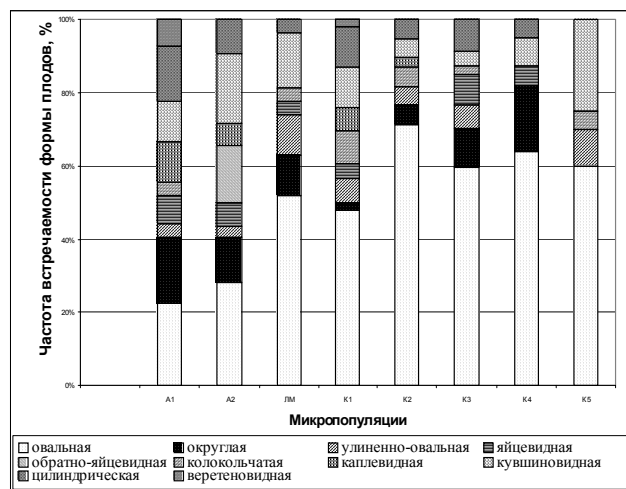


Рис. 3. Распределение растений *L. caerulea* в микропопуляциях долины р. Ак-Туру по форме плодов

Таблица 2

Значения критерий χ^2 на аномальных и тестовых участках между показателями частоты встречаемости вкусовых вариаций плодов

	К1	К2	К3	К4	К5
A1	4,4	3,3	10,1	56,4	82,9
A2	5,5	5,2	12,7	59,8	89,1
ЛМ	26,9	24,6	39,6	96,7	127,4

Примечание. Выделенные жирным шрифтом значения критерия χ^2 превышают их критическое значение, что говорит о наличии существенной разницы между частотой встречаемости разных форм в данном варианте сравнения. Критическое значение критерия $\chi^2_{0,05} = 5,99$, $\chi^2_{0,01} = 9,2$.

Таблица 3

Значения критерий χ^2 на аномальных и тестовых участках между показателями частоты встречаемости различной формы плодов

	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5
A1	1,4	19,5	16,6	19,9	2,5
A2	4,3	27,3	24,1	27,8	6,1
LM	2,7	2,9	1,8	3,1	1,6

Примечание. Выделенные жирным шрифтом значения критерия χ^2 превышают их критическое значение, что говорит о наличии существенной разницы между частотой встречаемости разных форм в данном варианте сравнения. Критическое значение критерия $\chi^2_{0,05} = 3,84$, $\chi^2_{0,01} = 6,64$, $\chi^2_{0,001} = 10,8$.

В результате получилось, что на участке A2 форма плодов достоверно отличается от всех контрольных участков меньшей выравненностью, асимметричностью; на A1 – от контрольных участков K2, K3 и K4; в зоне LM плоды не отличаются по степени выравненности от плодов в контрольных зонах (табл. 3). Вероятно, локальная магнитная аномалия характеризуется другим, в сравнении с зонами разлома, характером воздействия на растения.

Неоднородность по степени фенотипического полиморфизма формы плодов и их вкусовых вариаций на участках в зоне простираения разлома связана, по всей видимости, с различной степенью активности геохимического и геофизического воздействия в разных его точках.

Согласно проведенным ранее исследованиям с увеличением абсолютной высоты в горных районах наблюдается уменьше-

ние средней массы плодов жимолости [1]. Анализ данных, полученных при изучении изменчивости морфометрических признаков плодов жимолости в долине р. Ак-Туру, показал некоторое нарушение этой закономерности (табл. 4).

Самые мелкие плоды отмечены на участке A1, здесь наблюдалась и наибольшая вариабельность, как по длине, так и по ширине плода (повышенный и очень высокий уровни изменчивости). Микропопуляция A2 также характеризуется мелкими плодами, но они более выровнены по размерам. Для растений в зоне локальной аномалии характерны мелкие плоды более округлой формы (значение индекса плода здесь наименьшее), уровень изменчивости низкий. На контрольных участках, расположенных вне зоны разломов, плоды более крупные. С увеличением высоты наблюдается тенденция к их уменьшению.

Таблица 4

Изменчивость морфометрических признаков плодов

Название популяции	Число растений	Длина плода		Ширина плода		Индекс плода	
		среднее, мм	V, %	среднее, мм	V, %	среднее, мм	V, %
1-я зона разлома	26	13,0±0,76	29,4	8,1±0,67	41,2	1,70±0,09	26,3
2-я зона разлома	32	13,1±0,40	16,6	8,5±0,29	17,9	1,60±0,07	23,9
Локальн. магн. аномалия	27	13,7±0,39	14,6	9,6±0,15	8,2	1,44±0,05	17,1
Контроль 2	38	14,8±0,44	18,8	9,5±0,28	18,1	1,60±0,04	16,4
Контроль 3	47	14,8±0,36	16,9	9,7±0,19	13,6	1,52±0,03	15,1
Контроль 5	23	14,3±0,39	12,3	9,7±0,31	14,1	1,50±0,06	17,9

Дисперсионный анализ морфометрических признаков показал, что для длины плодов ANOVA (5, 182) = 3,2, ширины – ANOVA (5, 182) = 4,6, индекса – ANOVA (5, 182) = 2,4. Это говорит о достоверном влиянии месторасположения участков с вероятностью 99% на длину и ширину плодов и с вероятностью 95% на индекс плодов.

По длине плодов достоверные отличия существуют между А2 и всеми контрольными участками. Между А1 и контрольными участками разница также достоверна за исключением К5, где, как и в случае сравнения изменчивости формы плодов, ухудшение экологических условий с увеличением высоты способствует закономерному уменьшению размеров плодов. По ширине плодов аномальные зоны разлома А1 и А2 достоверно отличаются от контрольных участков. Локальная магнитная аномалия по морфометрическим показателям плодов существенных различий с контрольными зонами практически не имеет.

Вариабельность всех морфометрических признаков на участке А1 достоверно выше, чем на контрольных участках. На участке А2 существует различие с ближайшими контрольными участками по индексу формы. В зоне локальной магнитной аномалии плоды достоверно отличаются наименьшей вариабельностью по ширине (выровнены по ширине).

Широко известно и отмечено для многих видов растений, что наибольший уровень внутривидовой изменчивости наблюдается в наиболее неблагоприятных для данного вида условиях [8]. Уменьшение размеров плодов и увеличение уровня изменчивости морфометрических и качественных признаков указывают на вероятность угнетающего воздействия аномальных зон разломов на развитие растений.

К важнейшим ответным реакциям растений на стрессовое воздействие среды относится физиолого-биохимическая перестройка метаболических процессов в тканях растений. Считается, что увеличение концентрации флавоноидных веществ является одним из механизмов адаптации растений к неблагоприятным или необычным факторам внешней среды. Интерес к флавоноидам очень велик в связи с широким спектром их биологического действия и антиоксидантной активностью. Флавоноиды являются восстанавливающими агентами и вместе с другими природными соединениями (каротиноидами, аскорбиновой кислотой) защищают клетки от окислительного стресса [11]. Многочисленными исследованиями отмечаются лечебные свойства плодов жимолости, обу-

словленные высоким содержанием в её плодах биофлавоноидов, которое часто снижается при интродукции [12].

На данном этапе исследований нами был проведен сравнительный анализ суммарного содержания флавонолов в листьях растений жимолости из 1-й аномальной зоны разлома и контрольных участков К4 и К5. Установлено, что содержание флавонолов в сумме (в процентах на абсолютно сухую массу) составляет на участке А1 – 5,7%, К4 – 3,6, К5 – 3,8%, что свидетельствует об усилении биосинтеза общей суммы флавонолов под воздействием факторов, связанных с тектонической активностью.

Известно, что активные зоны тектонических разломов являются каналами, по которым происходит подъем глубинных жидкостей и газов, включая радон, на поверхность земли. Они изменяют химический состав почв и приземной атмосферы вдоль разломов, могут оказывать мутагенное воздействие на биоту [13].

Приуроченность сладкоплодных популяций *L. caerulea* к районам с высокой тектонической активностью (Камчатка, Курильские острова, Забайкалье), а также проведенные нами исследования позволили предположить наличие связи между активными геологическими процессами и массовым фенотипическим проявлением рецессивного признака жимолости. Стрессовые литосферные воздействия также инициируют физиолого-биохимическую перестройку и адаптационные процессы, ведущие к увеличению формового разнообразия.

Многими авторами отмечается влияние геохимической и геофизической активности на увеличение генетического полиморфизма, видового разнообразия и массового проявления эндемизма [13]. Концентрацию больших эндемичных групп, видов и разновидностей растений на отдельных участках (нередко совпадающими с зонами активных разломов) отмечал и Н.И. Вавилов [14], который был склонен объяснять такие скопления природным разнообразием и относительной изоляцией участков в условиях контрастного горного рельефа. С этим отчасти можно согласиться, но не исключено влияние и еще одного фактора – возможного мутагенного воздействия активного разломообразования [13].

В процессе исследований нами проводился отбор форм, выделяющихся комплексом хозяйственно-ценных признаков, большинство из них (20 образцов) перенесены в условия интродукции (г. Новосибирск). В последующие (2005-2008) годы

оценка вкусовых характеристик плодов показала отсутствие горечи у всех вступивших в плодоношение образцов. Это говорит о сохранении этого признака при изменении экологии произрастания растений.

Вывод

Привлечение в коллекцию природных образцов из тектонически активных зон позволяет формировать культурные популяции с высоким уровнем внутривидовой изменчивости. Обеспечение генетического полиморфизма в интродукционной популяции создает базу для дальнейшего отбора на увеличение продуктивности, улучшение вкусовых и лечебных качеств плодов.

Библиографический список

1. Скворцов А.К. Голубые жимолости: Ботаническое изучение и перспективы культуры в средней полосе России / А.К. Скворцов, А.Г. Куклина. – М.: Наука, 2002. – 160 с.
2. Боярских И.Г. Результаты эколого-географического испытания сортообразцов *Lonicera caerulea* / И.Г. Боярских // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2006. – № 5. – С. 32-38.
3. Жолобова З.П. Жимолость: история, состояние и перспективы культуры в Сибири / З.П. Жолобова, Г.А. Прищепина. – Барнаул: АГАУ, 2003. – 108 с.
4. Плеханова М.Н. Возможности и перспективы гибридизации жимолости / М.Н. Плеханова // Селекция и сортоизучение ягодных культур. – Мичуринск: ВНИИС, 1987. – С. 162-167.
5. Коропачинский И.Ю. Деревья и кустарники Тувинской АССР / И.Ю. Коропачинский, А.В. Скворцова. – Новосибирск: Наука СО, 1966. – 184 с.
6. Боярских И.Г. Особенности внутривидовой изменчивости *Lonicera*

caerulea L. – жимолости синей в условиях активных геодинамических процессов Горного Алтая / И.Г. Боярских, А.В. Шитов // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: матер. Междунар. конф. – Горно-Алтайск: РИО ГОУ ВПО «Горно-Алтайский государственный университет», 2008. – Т. 2. – С. 19-25.

7. Плеханова М.Н. Классификатор рода *Lonicera* L. подсекции *Caeruleae* Rehd. (Жимолость) / М.Н. Плеханова. – Л.: ВИР, 1988. – 25 с.

8. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 283 с.

9. Беликов В.В. Методы анализа флавоноидных соединений / В.В. Беликов, М.С. Шрайбер // Фармация. – 1970. – № 1. – С. 66-72.

10. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

11. Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1996. – 45 с.

12. Стрельцина С.А. Состав биологически активных фенольных соединений сортов жимолости в условиях северо-западной зоны плодоводства РФ / С.А. Стрельцина, А.А. Сорокин, М.Н. Плеханова, Е.В. Лобанова // Аграрная Россия. – 2006. – № 6 – С. 67-72.

13. Трифонов В.Г. Активная тектоника и геоэкология / В.Г. Трифонов // Проблемы геодинамики литосферы: тр. ГИН РАН. – М.: Наука, 1999. – Вып. 511. – С. 44-62.

14. Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции / Н.И. Вавилов. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 60 с.



УДК 631.436

С.В. Макарычев,
И.А. Бицошвили

РЕЖИМЫ ТЕПЛА И ВЛАГИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПОД ЦВЕТОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Ключевые слова: теплофизические свойства, влажность, температура, чер-

нозем выщелоченный, цветочные культуры.