

ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

Проскуряков М.А., Зайченко О.П. и др. Хронобиологическая индикация уязвимости растений при изменении климата.

Статья. - Сборник «Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе». Доклады Международной научной конференции. –Алматы: ТОО «Издательство LEM» - 2013. – С. 136-139.

В статье рассмотрен опыт применения хронобиологического анализа для количественной оценки результатов уязвимости растений в динамике двадцатилетнего периода наблюдений. Показано, что применение хронобиологического анализа для исследования данных наблюдений по фазам развития растений позволяет учесть интегральное влияние на растения всей совокупности факторов, действующих в период изменения климата. При этом удастся выявить регулярную (систематическую) компоненту в поведении растений. Можно получать числовые оценки скорости, величины и направления смещения характеристик каждого показателя растений, а также обнаруживать такие сдвиги характеристик растений, которые угрожают их выживаемости, превышают их уровень адаптационной способности и свидетельствуют об их высокой чувствительности и уязвимости. На данной основе можно делать объективные экспертные заключения о биологической устойчивости растений и перспективах их практического использования в режиме меняющегося климата Земли.

Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.

ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ УЯЗВИМОСТИ РАСТЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

М.А. Проскуряков, О.П. Зайченко, И.В. Бабай, В.А. Масалова, С.В. Набиева,
А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова, И.В.Хусаинова

РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции»

г. Алматы, Республика Казахстан,

proskuryakov_137@mail.ru

Рассмотрены вопросы индикации уязвимости растений при изменении климата.

В период изменения климата вопросы оценки биологической устойчивости растений должны решаться по-новому. Ведь меняющийся климат будет влиять на их свойства, как в режиме времени, так и силы воздействия его факторов. И для того, чтобы получить возможность ориентироваться в результатах такого действия, необходима индикация уязвимости растений [1,2]. Без этого разработка рациональной системы их использования невозможна.

Целью данной публикации и ставилось показать возможности количественной индикации уязвимости растений в условиях меняющегося климата. В качестве примера рассмотрим результаты исследования развития лещины разнолистной (*Corylus heterophylla* Fisch), растущей на коллекционном участке в Главном ботаническом саду Института ботаники и фитоинтродукции РК (г.Алматы). Естественный ареал данного вида приурочен к юго-восточной части Забайкалья, югу Амурской области, Приморскому краю и восточной части Азии (Северному и Центральному Китаю, Корее и Японии). Фенологические наблюдения за его растениями проводились О.П.Зайченко. Анализ этих материалов и текст статьи выполнены М.А.Проскуряковым. В расчетах по статистической обработке данных участвовали научные сотрудники И.В.Бабай, В.А.Масалова, С.В.Набиева, А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова, И.В.Хусаинова.

Район исследований располагается у подножия хребта Заилийский Алатау в предгорной территории Северного Тянь-Шаня. Детальная характеристика условий обитания растений в этой местности опубликована в ряде работ [1,3-5]. Поэтому останавливаться на ней не будем. Отметим лишь, что по данным Казгидромета за период 1936-2005гг климат Казахстана значительно потеплел. Среднегодовая температура воздуха возросла в среднем на 0,31°C за каждые 10 лет[6]. Для объекта хронобиологического анализа соблюдалось постоянство участка и агротехники. Растения развивались при отсутствии взаимоотенения. В период вегетации плантация регулярно поливалась. Всем этим обеспечивалось соблюдение принципа единственного различия их существования – изменения температурного режима.

Для решения задачи количественного анализа уязвимости растения рассматривались как хронобиологическая процессуальная система, работающая в режиме времени изменения климата. Вход в эту систему – период жизни растений, т.е. временной интервал лет, в течение которого она функционирует. Конкретными состояниями периода жизни растений являются годы, охваченные наблюдениями (X). Выход системы – изучаемые свойства растений (Y). Путем корреляционного анализа связи между входом данной системы (периодом жизни растений) и ее выходом (свойствами растений) можно получать очень важные сведения о скорости, направлении и степени трансформации показателей растений[1,2]. При этом, в корреляционных таблицах нами применялась группировка данных по три года, т.к. тогда результаты анализа были лучше сопряжены с разнообразием циклических колебаний климата данной местности.

Результаты анализа фаз развития растений показали, что даты их наступления весьма тесно коррелируют с изученным периодом изменения климата. Теснота этой связи оказалась более 70% от полной неразрывной (корреляционные отношения находятся в пределах $0,703 \div 0,856$). Нулевая гипотеза об отсутствии связи отвергается на высоком уровне значимости, т.к. $t_{факт}$ во всех случаях больше $t_{табл.0,01}$. Следовательно, с вероятностью 99,9% можно констатировать наличие статистически значимой, близкой к функциональной, связи. Это подтверждается и коэффициентами детерминации, согласно которым по каждой изученной фазе развития растений более 50% доли вариации сроков их наступления определяется именно согласованным изменением Y по X. Все полученные результаты характеризуют высокую уязвимость изучаемых фенологических показателей развития растений лещины в данный период изменения климата и дают основания для анализа закономерностей регрессии систематической (регулярной) компоненты временного хода даты наступления фенофаз.

Построенные линии регрессии даты наступления изучаемых фаз развития растений лещины помещены на рис.1, а динамика величины смещения линий регрессии и скоростных режимов этого процесса дана в таблице 1. Анализ рис.1 позволяет констатировать, что в целом линии регрессии отражают очень существенную изменчивость характеристик фаз развития растений. Это выразилось в том, что за 20-летний период наблюдений имели место разные скоростные режимы и тенденции смещения даты наступления каждой фазы. Притом, каждая наблюдаемая фаза развития растений имела свою индивидуальную специфику изменения.

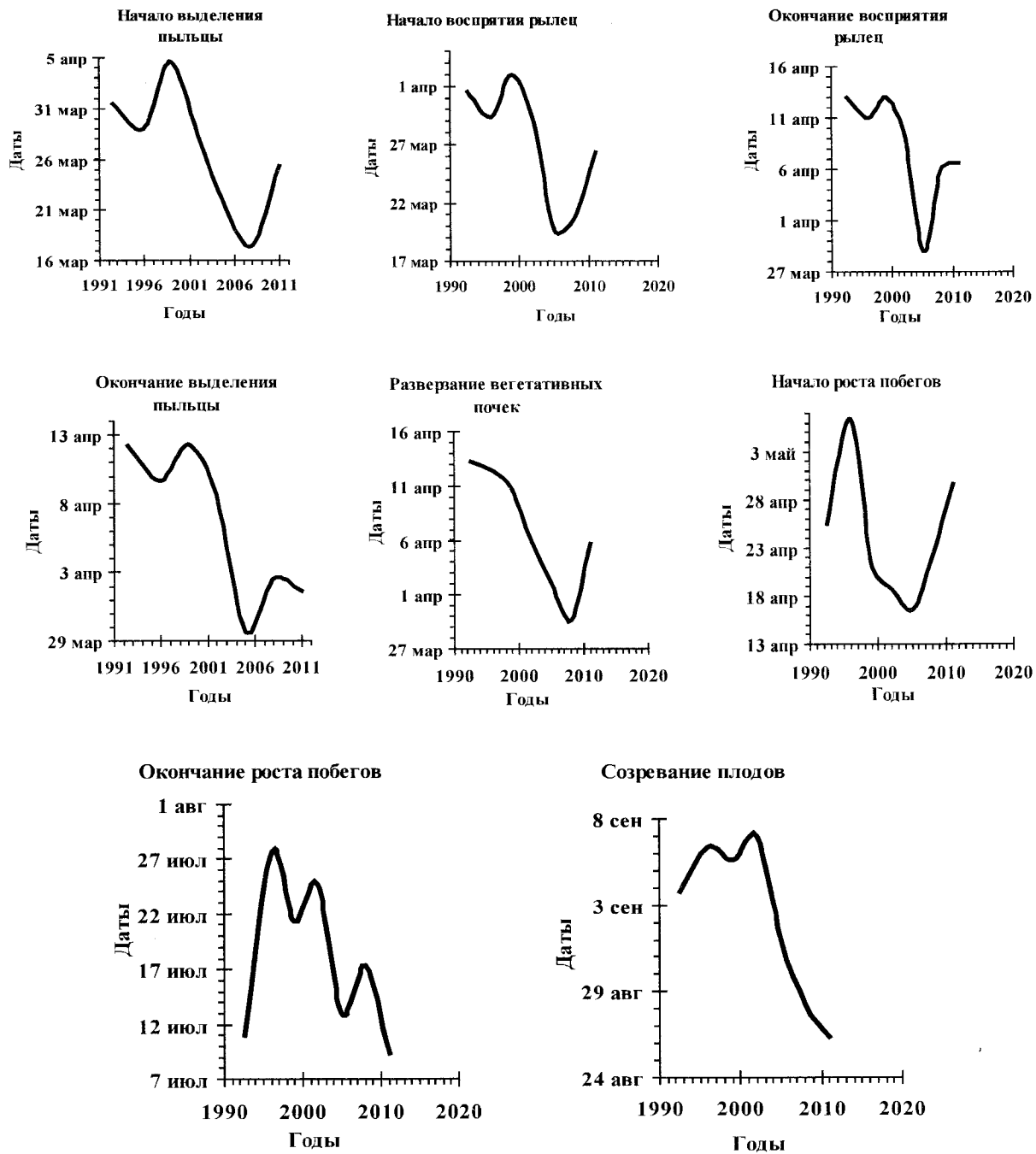


Рисунок 1 – Линии регрессии фаз развития *C. heterophylla* Fisch

Но, вместе с тем, представляется возможным отметить и ряд общих закономерностей их динамики. Так, при потеплении климата в определенные периоды изучения для всех весенних фаз развития оказалась выраженной динамика сильного смещения даты их наступления в раннюю сторону. Например, дата начала выделения пыльцы устойчиво смещалась в раннюю сторону в течение 9 лет (с 1999 по 2008 гг.). При этом сдвиг ее в раннюю сторону по времени наступления составил 18 дней, а скорость такого процесса достигала 2,3 дня в год. Фаза начала восприятия рылец с 1999 по 2005 год сместилась в раннюю сторону на 14 дней. При этом, скорость ее смещения в отдельные годы достигала 3,3 дня в год. Фаза окончания восприятия рылец с 1999 по 2005 гг. сместилась на 14 дней со скоростью до 3,7 дня в год. Фаза окончания выделения пыльцы сместилась с 1999 по 2005 гг. на 14 дней раньше со скоростью смещения достигавшей 3,3 дня в год. Фаза разверзания вегетативных почек сместилась в раннюю сторону за период с 1993 по 2008 гг. на 15 дней со скоростью до 1,3 дня в год. Фаза начала роста побегов сместилась с 1996 по 2005 год на 20 дней. При этом, в отдельные периоды скорость такого смещения достигала 5 дней в год.

Но, уже после отмеченного выше активного смещения в раннюю сторону, у весенних фаз развития имело место ярко выраженное возвратное смещение их сроков в более позднюю сторону. Это явление наблюдалось в фазах начала выделения пыльцы, начала восприятия рылец, окончания восприятия рылец, окончания выде-

ления пыльцы, разверзания вегетативных почек, начала роста побегов. То есть, у всех весенних фаз развития лещины, протекающих с марта по май включительно. Величина такого смещения у большинства фаз развития достигала 7-8 дней (см. фазу начала выделения пыльцы, фазу окончания восприятия рылец, фазу разверзания вегетативных почек, начала роста побегов). Притом, по ряду фаз развития растений скорость их смещения в позднюю сторону достигала 2,7 дня в год (см. таблицу 1). Все эти факты свидетельствуют о том, что после 2005г действие климатогенных факторов в весенние месяцы стало снова стимулировать эффект сдвига фаз развития в том же направлении, которое наблюдалось в предшествовавшие более холодные годы (см. материалы графиков за 1998 и смежные годы). Отсюда следует, что после 2005 года в весенние месяцы стала проявляться тенденция к похолоданию климата, что и фиксируют сами растения, как наиболее чувствительные индикаторы среды своего обитания.

Для ряда последующих фаз развития растений смещение их в раннюю сторону также имело место. Например, окончание роста побегов претерпевало неоднократные (после непродолжительных возвратных колебаний) сильные смещения в раннюю сторону в период с 1996 по 2011 гг. Фаза созревания плодов с 2002 года по 2011 гг. сместилась на 12 дней раньше и скорость такого смещения в отдельные годы достигала 2 дней в год. Однако после 2005г столь же существенного и ярко выраженного (как у весенних фаз) смещения этих фаз развития в сторону поздних сроков уже не наблюдалось. То есть, у фаз, протекающих в июле-августе (см., например, фазу созревания плодов в период с 2002 по 2011 гг.), тенденции к смещению в позднюю сторону не обнаружилось. И, следовательно, то, что эти фазы развития пока похолодания не отражают, с высокой чувствительностью как раз и иллюстрируется материалами выполненного хронобиологического анализа. Отсюда становится ясно, что для развития растений наиболее существенное значение имеют не среднегодовые и даже не посезонные изменения климатогенных факторов, а их состояние именно в те сроки, когда протекает каждая конкретная фаза.

Таблица 1 – Динамика смещения линий регрессии по фазам развития *C.heterophylla* Fisch

Фенологическая фаза	Диапазон лет анализируемого периода регрессии, гг.	Дата наступления фенофазы в начале и конце анализируемого периода	Направление и величина смещения фенофазы по периодам, в днях	Скорость смещения фаз развития, дней в год
1	2	3	4	5
Начало выделения пыльцы	1993-1996	31 март – 29 март	-2	-0,7
	1996-1999	29 март – 4 апр	6	2,0
	1999-2002	4 апр – 28 март	-7	-2,3
	2002-2005	28 март – 21 март	-7	-2,3
	2005-2008	21 март – 17 март	-4	-1,3
	2008-2011	17 март – 25 март	8	2,7
Начало восприятия рылец	1993-1996	31 март – 29 март	-2	-0,7
	1996-1999	29 март – 2 апр	4	1,3
	1999-2002	2 апр – 29 март	-4	-1,3
	2002-2005	29 март – 19 март	-10	-3,3
	2005-2008	19 март – 20 март	1	0,3
	2008-2011	20 март – 26 март	6	2,0
Окончание восприятия рылец	1993-1996	13 апр – 11 апр	-2	-0,7
	1996-1999	11 апр – 13 апр	2	0,7
	1999-2002	13 апр – 9 апр	-4	-1,3
	2002-2005	9 апр – 29 март	-11	-3,7
	2005-2008	29 март – 6 апр	8	2,7
	2008-2011	6 апр – 6апр	0	0,0
Окончание выделения пыльцы	1993-1996	12 апр – 9 апр	-3	-1,0
	1996-1999	9 апр – 12 апр	3	1,0
	1999-2002	12 апр – 8 апр	-4	-1,3
	2002-2005	8 апр – 29 март	-10	-3,3
	2005-2008	29 март – 2 апр	4	1,3
	2008-2011	2 апр – 1 апр	-1	-0,3
Разверзание почек	1993-1996	13 апр – 12 апр	-1	-0,3
	1996-1999	12 апр – 10 апр	-2	-0,7
	1999-2002	10 апр – 6 апр	-4	-1,3
	2002-2005	6 апр – 2 апр	-4	-1,3
	2005-2008	2 апр – 29 март	-4	-1,3
	2008-2011	29 март – 5 апр	7	2,3

1	2	3	4	5
Начало роста побегов	1993-1996	25 апр – 6 май	11	3,7
	1996-1999	6 май – 21 апр	-15	-5,0
	1999-2002	21 апр – 18 апр	-3	-1,0
	2002-2005	18 апр – 16 апр	-2	-0,7
	2005-2008	16 апр – 22 апр	6	2,0
	2008-2011	22 апр – 29 апр	7	2,3
Окончание роста побегов	1993-1996	14 июл – 27 июл	16	5,3
	1996-1999	27 июл – 21 июл	-6	-2,0
	1999-2002	21 июл – 24 июл	3	1,0
	2002-2005	24 июл – 13 июл	-11	-3,7
	2005-2008	13 июл – 17 июл	4	1,3
	2008-2011	17 июл – 9 июл	-8	-2,7
Созревание плодов	1993-1996	3 сен – 6 сен	3	1,0
	1996-1999	6 сен – 5 сен	-1	-0,3
	1999-2002	5 сен – 7 сен	2	0,7
	2002-2005	7 сен – 1 сен	-6	-2,0
	2005-2008	1 сен – 28 авг	-4	-1,3
	2008-2011	28 авг – 26 авг	-2	-0,7

Таким образом, как можно было убедиться на рассмотренных выше материалах, применение корреляционного и регрессионного анализа для исследования развития растений позволяет решать следующие, весьма актуальные, задачи.

- Осуществлять фильтрацию шума во временных рядах исходных погодических наблюдений и выявлять регулярную (систематическую) компоненту в поведении растений, которая детерминирована действием меняющегося климата, как совокупности погод за длительный период времени. При этом нужные результаты могут быть получены как при потеплении, так и похолодании, и даже без дорогостоящих метеонаблюдений.

- Получать числовые оценки скорости, величины и направления смещения регулярной компоненты характеристик каждого показателя растений и строить графические линии регрессии (или их аналитические формулы), которые с высокой чувствительностью отражают временной ход изменения показателей растений.

- Оценивать вариабельность, степень уязвимости и стабильность показателей растений в динамике их развития. Определять величины сдвигов характеристик показателей по времени изменения климата. Обнаруживать такие сдвиги характеристик растений, которые окажутся существенными, угрожают их выживаемости, превышают уровень их адаптационной способности и свидетельствуют об их высокой чувствительности и уязвимости.

- Выявлять основные типы адаптационной стратегии поведения растений в режиме времени изменения климатических условий и на этой основе делать объективные заключения об их биологической устойчивости, разрабатывать критерии для принятия объективного экспертного заключения о перспективности их практического использования.

Конечно, хронобиологический анализ не может в исчерпывающей мере раскрыть биологическую суть происходящих процессов. Но, как было показано на рассмотренном выше примере, он дает возможность учесть интегральное влияние на растения всей совокупности факторов, действующих в период меняющегося климата. Позволяет лучше увидеть и на количественном уровне выяснить реакцию характеристик растений. А без этого невозможно эффективно и экономично решать практические задачи растениеводства.

Литература

1. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. Т.18(1). Алматы. С. 2012.-228. <http://www.moip.msu.ru> , www.botsad.kz
2. Проскуряков М.А. Методика определения скорости и величины смещения характеристик растений при изменении климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. Тр. междунар. конф. 6-7 июня 2013. Алматы. 2013. www.botsad.kz
3. Чухахин В.М. Природное районирование Казахстана. Наука. Каз ССР. Алма-Ата. 1970. С. 262.
4. Джангалиев А.Д. Взаимосвязь яблоневых насаждений с почвенными условиями их произрастания. ВНИИТЭИСХ.М.1973. С. 152.
5. Тазабеков Т.Т. Плодородие горных и предгорных почв. Изд. Кайнар. Алма-Ата.1977. С. 190.
6. Второе Национальное сообщение Республики Казахстан Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана,2009. С. 190.