

ВРЕМЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛЕСОСТЕПИ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОМОНИТОРИНГА И ИНТРОДУКЦИИ РАСТЕНИЙ¹

© 2002 Л.М. Кавеленова,² С.А. Розно³

Анализируя погодные условия 1991–2001 гг. (на примере г. Самары), авторы демонстрируют заметную неоднородность, от года к году, климатических условий лесостепи по ряду значимых для растений показателей. Обсуждается значение такой изменчивости для интродукции растений и практики биомониторинга.

Введение

Природно-климатические условия в качестве важнейших факторов, слагающих среду обитания растительного организма, не только определяют особенности развития естественной растительности. Характеризуясь в большей или меньшей степени временной неоднородностью, то есть изменчивостью погодных условий по годам, климатический фактор приобретает дополнительное значение в аспекте изучения и охраны биологического разнообразия растений.

Не нуждается в дополнительных подтверждениях тот хорошо известный факт, что неоднородность погодных условий лесостепи относит, например, Самарскую область к районам рискованного земледелия [1, 2]. В настоящем сообщении мы хотели бы затронуть два момента, определяющие существенное значение неоднородных климатических условий лесостепи, а именно — города Самары. Во-первых, рассматривая различные типы насаждений в аспекте их значимости для биомониторинга состояния окружающей среды, мы сталкиваемся с тем, что неодинаковые погодные условия, присущие разным вегетационным периодам, могут повысить либо снизить значимость отдельных индикат. Во-вторых, для растений-интродуцентов, которые в области своего естественного произрастания могут быть адаптированы к несколько иным климатическим условиям, чем те, что свойственны району их выращивания в культуре, контраст сменяющих друг друга вегетационных периодов может сделать невозможным само устойчивое развитие и, следовательно, успех интродукции.

¹ Представлена доктором биологических наук профессором Н.М. Матвеевым.

² Кавеленова Людмила Михайловна (biotest@ssu.samara.ru), кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

³ Розно Светлана Алексеевна (sambg@ssu.samara.ru), ботанический сад Самарского государственного университета, 443086, Самара, Московское шоссе, 36.

Как известно, климатические условия города Самары, как и Самарской области в целом, формируются под влиянием воздушных масс суши и характеризуются как континентальный климат умеренных широт. Характерны жаркое, солнечное лето (среднемесячная температура июля $+20.4^{\circ}$), холодная и продолжительная зима (средняя температура января -13.5°) и умеренное количество осадков. Каждый третий, а иногда и второй год наблюдается летняя засуха [3].

Климат г. Самары обнаруживает неоднородность условий как в пространственном, так и во временном аспекте. Его временная гетерогенность определяется изменчивостью от года к году ведущих климатических показателей, в первую очередь количества и режима выпадения осадков [2, 3]. Другая отчетливо выявляющаяся особенность нашего климата, которую мы постараемся далее продемонстрировать,— существенная изменчивость в различные годы наблюдений суммы активных температур и самой продолжительности комфортного для вегетации растений периода. Поскольку данные черты климата существенно влияют на развитие растений, мы укажем на некоторые важные моменты, которые следует учитывать.

Методика

Чтобы лучше представить некоторые черты, определяющие временную гетерогенность климатических условий г. Самары, мы проанализировали данные наблюдений Приволжского УГМС за период 1991–2001 гг., которые регулярно представлялись ботаническому саду Самарского государственного университета [4–14]. Эти данные были использованы нами для построения климатодиаграммы традиционного вида, предложенной Г.Вальтером [15] (рис. 1). Кроме того, данные [4–14] были использованы для расчета гидротермического коэффициента Селянинова, выполнения некоторых приемов статистической обработки данных и подготовки иллюстративного материала.

Результаты и их обсуждение

Возникновение аридных условий, визуально обнаруживаемое на климатодиаграмме, когда кривая температур проходит выше кривой осадков, в зависимости от года в условиях Самары бывает выражено либо сравнительно кратким отрезком вегетационного периода (1996, 1999, 2000 гг.), сроки наступления которого год от года не совпадают, либо может захватить почти весь вегетационный период (1995, 1998 годы). Напротив, вегетационные периоды могут характеризоваться отчетливо выраженной гумидностью на всем либо почти всем протяжении, как это было свойственно 1993, 1994, 2000 годам. Представим некоторые особенности погоды, важные с точки зрения таких условий существования растительных организмов, как обеспеченность осадками и особенности температурного режима (табл. 1).

Хотя принято считать, что засухи в Среднем Поволжье наблюдаются каждый второй–третий год, описываемый период характеризовался, вероятно, наличием трех вегетационных периодов, которые однозначно определяются как засушливые (1992, 1995, 1998 гг.). Существенная изменчивость климатических условий в различные годы наблюдений проявлялась не только в сроках возникновения либо продолжительности такого периода (рис. 1), не только в степени выраженности засушливых условий, но и в изменении от года к году суммы активных

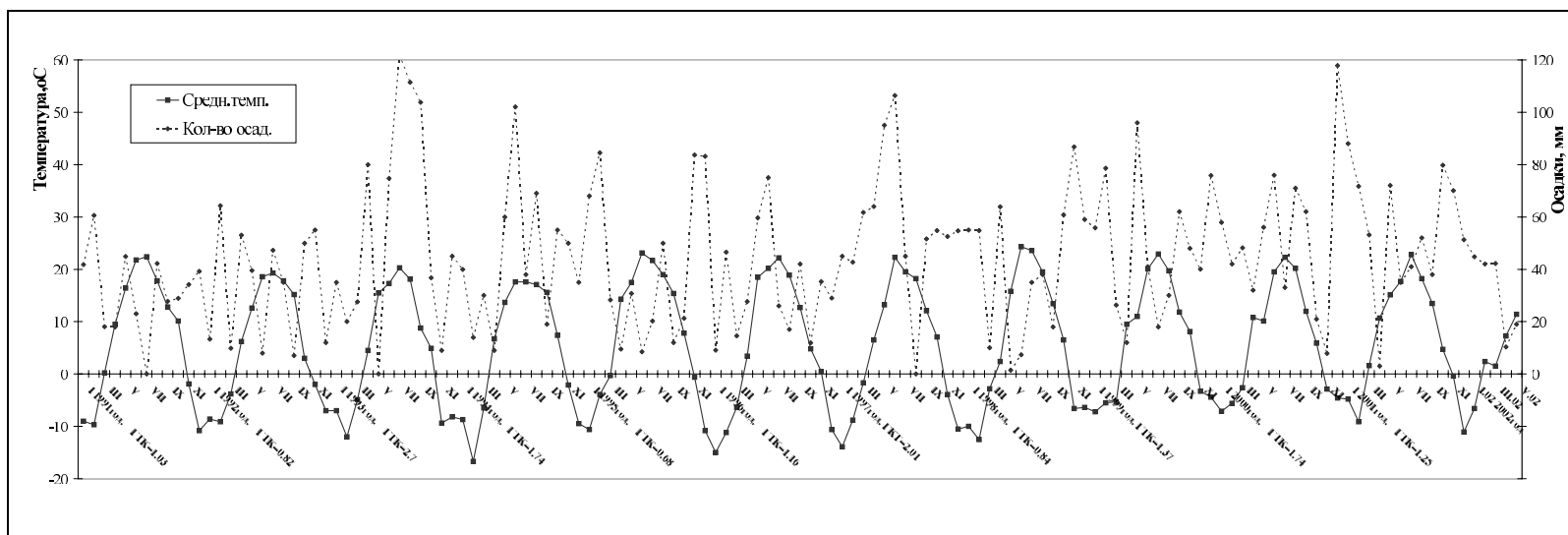


Рис. 1. Климадиграмма условий г. Самары по данным наблюдений Приволжского УГМС за 1991–2001 гг.

Таблица 1

**Особенности выпадения осадков и температурного режима г. Самары
в отдельные годы в период 1991–2001 гг. (по данным [4–14])**

Годы	Осадки за вегет. период, мм	Мин. сумма акт. темп.	Макс. сумма акт. темп.	Ср. сумма акт. темп.	ГТК Селянинова
1991	211,8	1885	2215	2050	1,0
1992	145,0	1590	1930	1760	0,8
1993	465,8	1600	1860	1730	2,7
1994	282,6	1500	1750	1625	1,7
1995	158,2	2185	2500	2342,5	0,7
1996	231,3	1820	2180	2000	1,2
1997	362,3	1625	1980	1802,5	2,0
1998	173,0	1905	2225	2065	0,8
1999	259,0	1700	2090	1895	1,4
2000	330,0	1732	2067	1899,5	1,7
2001	241,0	1734	2110	1922	1,3
Норма	245,5	1640	2015	—	—

температур выше 50 °С либо количества осадков, выпавших в течение вегетационного периода (всего года). Наиболее изменчивым оказался уровень выпадавших осадков, иначе говоря, вегетационные периоды трех лет (1992, 1995 и 1998) характеризовались дефицитом осадков по сравнению с нормой, для трех других лет отмечалось примерное соответствие норме (1996, 1999 и 2001), оставшиеся два года имели избыточные по уровню осадков вегетационные периоды (1997 и 2000). По сумме активных температур в течение вегетационного периода наиболее резко выделялись 1995 и 1998, заметно превосходившие средний многолетний уровень как по нижнему, так и по верхнему уровню сумм (табл. 1). Еще одним способом выявления аридности либо гумидности условий конкретного вегетационного периода может служить гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который вычисляется как отношение удесятеренной суммы осадков за вегетационный период к сумме активных температур. Для одной и той же территории г. Самары в анализируемый отрезок времени значения ГТК варьировались от 0,7 до 2,7, что также выражало существенную неоднородность вегетационных периодов в отношении гидротермического режима.

Выполнив для массива данных (среднемесячных показателей температуры и количества осадков за 1991–2001 гг.) статистическую обработку, мы выяснили, что различные месяцы в течение года характеризуются неодинаковой стабильностью погодных условий с точки зрения многолетней динамики (рис. 2). Так, наиболее высокие значения коэффициентов вариации для количества осадков фиксировались в пределах вегетационного периода, достигая своего максимума в летние месяцы (значения коэффициента вариации до 80%). Напротив, температурный режим обнаруживал наибольшую вариабельность в марте и ноябре (коэффициент вариации выше 90%), был весьма изменчивым в начале и конце зимы, характеризовался наибольшей стабильностью в летние месяцы (максимально выраженной в августе, коэффициент вариации 5%). Это указывает еще на одну важную составляющую климатической неоднородности — высокую изменчивость термических условий в начале и конце вегетационного периода, которая определит разные сроки начала и конца вегетации, неодинаковую скорость прохождения растениями данных отрезков вегетационного периода.

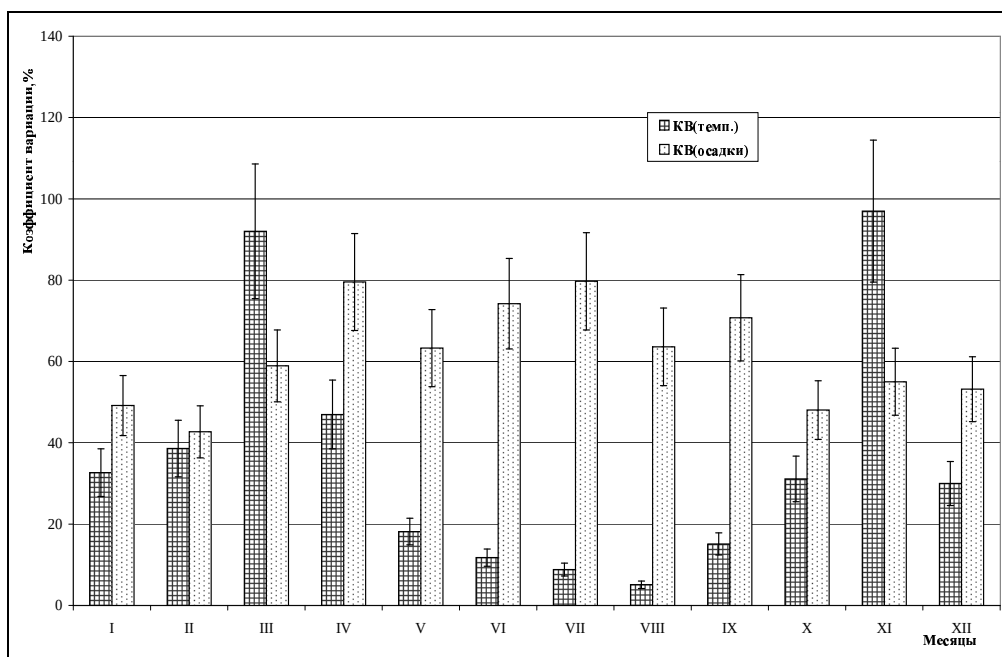


Рис. 2. Значения коэффициента вариации для среднемесячных значений температуры и осадков в г. Самаре (по данным 1991–2001 гг.)

В качестве метеорологических показателей, с помощью которых можно проиллюстрировать неоднородность условий климата лесостепи, используем продолжительность периодов с различным температурным режимом. Известно, что для характеристики температурных условий года метеорологи пользуются выделением дат перехода среднесуточных температур через 0, 5 и 10 °С в весенний и осенний период [4–14].

Между весенней и осенней датами перехода через 0 °С находится безморозный период, в пределах которого среднесуточные температуры не принимают отрицательных значений, но тем не менее возможны заморозки. В различные годы анализируемого нами периода времени (1999–2001 гг.) продолжительность этого безморозного отрезка составляла от 187 до 243 дней, при средней длительности 221 сутки. Весенние и осенние даты перехода через 5 (10 °С) ограничивают интервал времени, в течение которого среднесуточные температуры не опускаются ниже 5 (10 °С). Эти периоды в анализируемые годы составляли 175–215, в среднем 190 дней и 132–195, в среднем 160 дней (для 5 и 10 °С соответственно). Наибольшим уровнем изменчивости характеризовалась продолжительность периода с температурами, превышающими 10 °С (коэффициент вариации 12%).

Погода вегетационных и зимних периодов в отрезок 1991–2001 гг. обнаружила ряд особенностей, среди которых присутствовали как аномальные ситуации, наблюдавшиеся единично за ряд лет, так и показатели, близкие к среднегодовой норме (табл. 2).

Обратим внимание еще на одну особенность наших климатических условий — весьма выраженную разницу температур как в пределах суток, так и внутри декадную. Среди показателей температурного режима, используемых метеорологами для характеристики погодных условий декады, используются минимальная ($T_{\text{макс}}$), максимальная ($T_{\text{мин}}$), средняя температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), минимальная

Таблица 2

**Особенности погоды вегетационных и зимних периодов в г. Самаре,
1991–2001 гг. (по данным [4–14])**

Особенности вегетационных периодов	Особенности зимних периодов
1991 г. Сумма активных температур на 155–275 °С выше многолетней	1990/1991. Весь осенне-зимний период характеризовался аномально теплой погодой
1992 г. Прохладная погода и дефицит осадков	1991/1992. Повышенный температурный режим, обилие снегопадов, высокий снежный покров
1993 г. Пониженный температурный режим и обилие осадков	1992/1993. Аномально теплая погода с частыми интенсивными оттепелями и практически полным отсутствием сильных зимних морозов (ниже 30–35 °С)
1994 г. За последние 20 лет наблюдений сходным было лето в 1976, 1978, 1983, 1989 гг. Пониженный температурный режим летнего периода	93/94. Чередование волн тепла и холода, аномально холодные ноябрь и февраль
1995 г. Повышенный температурный режим и дефицит осадков	94/95. Зимний период сопровождался теплой погодой, в течение 37–52 дней наблюдались оттепели
1996 г. В мае две декады сохранялась аномально жаркая сухая погода. За 80 лет в первую декаду мая сходный температурный режим отмечался только в 1957, 1962 и местами в 1967 гг.	95/96. Неустойчивый температурный режим, дефицит осадков
1997 г. Вегетационный период близок к обычному. Лишь 6–14 дней с T выше 30 °С	96/97. Повышенный температурный режим, количество осадков 221 мм при норме 255 мм
1998 г. Аномально жаркий и засушливый вегетационный период. Число дней с суховеями 50–81, 63–84 дня температура воздуха была 30 °С и выше	97/98. Неустойчивый температурный режим с многократной сменой теплых и холодных воздушных масс. Температура опускалась до –20° и ниже 28–38 раз
1999 г. Неустойчивый температурный режим, от 20 до 32 дней с экстремальными температурами выше +30 °С	98/99. Повышенный температурный режим, из 9 декад 8 с положительной аномалией, обильными снегопадами, длительным сохранением высокого снежного покрова
2000 г. В целом умеренно-теплая погода	99/2000. В целом повышенный температурный режим
2001 г. Неустойчивая погода с преобладанием положительной аномалии. Сумма осадков в среднем в пределах нормы. Засушливый июль	2000/2001. Повышенный температурный режим с частыми и глубокими оттепелями, обильными осадками, высоким снежным покровом

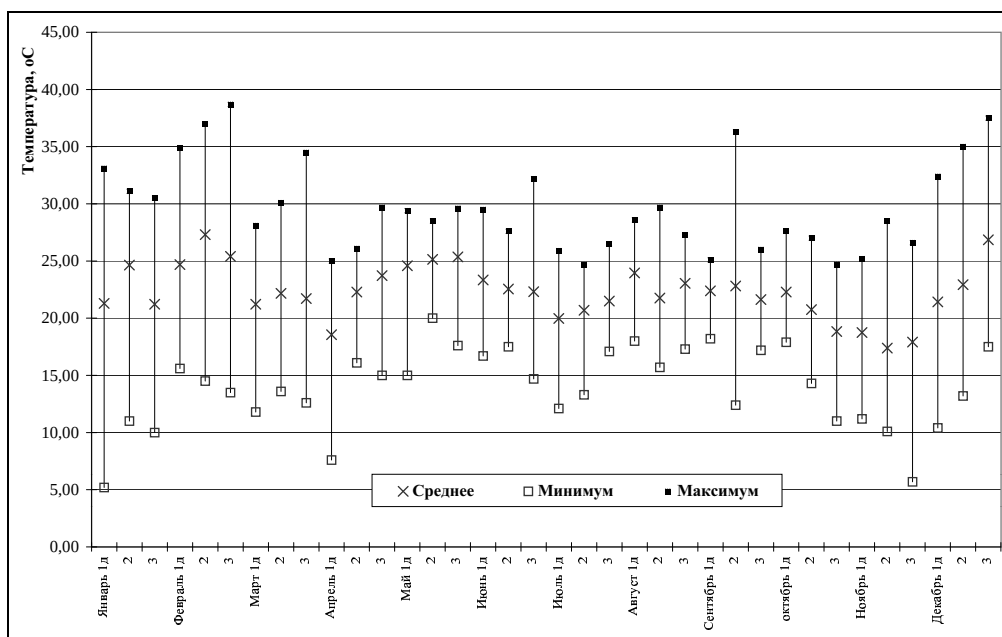


Рис. 3. Средние значения максимальной декадной разницы температур для г. Самары (1991–2001 гг.)

температура на поверхности почвы ($T_{\text{мин.пов.}}$) и температура почвы на глубине 20 см ($T_{20\text{ см}}$). Сопоставляя названные показатели, соответствующие одной декаде, мы неизменно отмечали, что минимальное значение присуще температуре на поверхности почвы. Исходя из этого, в качестве оценочного показателя, позволяющего судить о мере контрастности температурных условий, мы попытались использовать условный показатель — **максимальную декадную разность температур**, которую оценивали как разность между наибольшим ($T_{\text{макс}}$) и наименьшим ($T_{\text{мин.пов.}}$) из названных показателей. Применив данный подход, мы установили, что в различные месяцы подекадная максимальная разность температур может составлять от 5 до 40 °C, в среднем от 17 до 27 °C (рис. 3). Это означает, что среда обитания растительных организмов характеризуется значительными временными (затрагивающими интервалы от суток до нескольких дней) либо пространственными (приземный слой почвы — поверхность почвы — толщина почвенного горизонта) температурными градиентами. Температурный фактор в данном проявлении, вероятно, будет осложнять условия существования растений.

Таким образом, климатические условия г. Самары на фоне общих признаков континентального климата умеренных широт демонстрируют существенную изменчивость по годам. Это относится к количеству выпадающих осадков, продолжительности и срокам возникновения засушливых условий внутри вегетационного периода (и за его пределами). Изменчивость обнаруживают также продолжительность вегетационного периода, отрезков с определенным температурным режимом (выше 0, 5, 10 °C) в его пределах, сумма активных температур и быстрота ее накопления. Высоким уровнем изменчивости характеризуются температурные условия весеннего и осеннего периода.

Перечисленные выше параметры, определяющие условия существования растений, несомненно, влияют на особенности их развития в конкретный год наблюдений. Так, они могут изменять сроки прохождения фенофаз, формировать условия

температурных стрессов при воздействии экстремально высоких и низких температур, благоприятствовать росту, развитию, накоплению фитомассы и формированию ее компонентов либо, напротив, негативно влиять на эти процессы.

Исходя из возможностей использования высших растений в качестве объектов биоиндикации, мы должны учитывать неминуемые различия между показателями роста, развития, обмена веществ растений в разные вегетационные периоды. Так, отслеживая в качестве показателя стрессовой нагрузки (в том числе и стресса, вызванного техногенным загрязнением воздуха [16]) накопление пролина в тканях растений, мы будем фиксировать совершенно различные уровни данного показателя в годы с различным температурным режимом. Так, повышенная концентрация пролина должна была в норме отмечаться в листьях растений на фоне температурных условий летних периодов 1991, 1995, 1998 гг., а уже вторично рост данного показателя мог вызываться загрязнением воздуха в определенных точках городской среды. Накопление вторичных метаболитов, например, водорастворимых фенольных соединений, также может происходить с неодинаковой активностью в зависимости от гидротермических особенностей вегетационного периода [17]. Не только метаболические, но и ростовые показатели растений (в частности, уровень флуктуирующей асимметрии листовых пластинок, как это нами было показано для березы повислой, [18]) обнаруживают зависимость от условий сезона наблюдений. Иными словами, в континентальном климате лесостепи в урбосреде, формируя систему биомониторинга, следует учитывать возможность несовпадения уровня количественных признаков растений по годам, а следовательно, и неодинаковую меру выраженности индицируемых тенденций (например, изменений под влиянием техногенного загрязнения) в различные годы наблюдений.

Что касается интродукции растений в условия лесостепи с ее континентальным климатом, то ее успех определяется температурными режимами зим и условиями увлажнения во время вегетационного периода. Специфика климатических условий г. Самары, которую мы детально анализировали ранее, создает для растений-интродуцентов ряд моментов, лимитирующих нормальный рост и развитие. Это зимние оттепели, порой способствующие сходу снегового покрова, и следующие за ними морозные периоды, поздние весенние и ранние осенние заморозки, засушливые и экстремально жаркие условия в летнее время.

В результате действия низких температур зимой в различной степени повреждаются (подмерзают) однолетние и многолетние побеги (у орехов черного и грецкого, скумпии, бузины голубой, пихты белой, самшита, хеномелеса японского, алычи и целого ряда других растений), цветочные почки (у абрикоса обыкновенного, персика европейского, форзиций, лещин). В отдельные годы от морозов полностью погибают растения кизильника горизонтального, пираканты огненной, экзохорды, однако за проанализированный нами отрезок времени столь морозных условий не наблюдалось, и главным негативным фактором в данном ряду было все же резкое чередование "мягких" температур оттепелей и следующих за ними снижений температуры.

Весенние заморозки, которые в анализируемый период могли отмечаться в последний раз до 4 апреля – 14 мая и 13 апреля – 24 мая (последние заморозки в воздухе и на почве соответственно), также выступают в качестве одного из негативных факторов, затрудняющих развитие интродуцентов. Так, они обычно приводят к повреждению листьев (орех грецкий и другие виды этого рода, лимонник, актинидия), гибели цветочных почек, бутонов и раскрывшихся цветков (орехи, лещины, абрикос, яблони), наиболее сильные заморозки вызывают отмира-

ние молодых побегов (орехи). В результате ценные и привлекательные растения, перспективные с позиций их практического использования, не формируют плодов ежегодно.

В начале вегетационного периода скорость накопления суммы активных температур непосредственно влияет на сроки (абрикос) и длительность цветения (абрикос, сирени, яблони), развитие листьев и рост побегов, созревание плодов. В засушливых и экстремально жарких летних условиях у интродуцентов из районов с более влажным климатом отмечаются ожоги листьев (бархаты амурский и японский, орехи, дубы), иногда могут происходить преждевременное пожелтение листьев и преждевременный листопад. У хвойных растений при засухе не формируется полноценно развитых семян (сосна веймутова, сосна гибкая).

Отметим также, что предшествовавший зимовке вегетационный период в случае резкой или длительной умеренной засухи мог помешать нормальной подготовке растений к зимнему покою (сезоны 1991, 1992, 1995 гг.). Воздействие низких температур в начале зимы особо сказывалось также после осеннего дефицита осадков засухи 1998 г., когда резкое снижение температур произошло на фоне иссушенной почвы.

Наличие ряда особенностей климата, затрудняющих развитие интродуцентов, как и несхожесть климатических условий различных лет (вегетационных периодов) в г. Самаре, означают успешное прохождение всех фаз вегетации растениями-интродуцентами — в отдельные годы, и серьезное их угнетение (повреждение) в другие годы. Такое положение делает, для целого ряда растений, лесостепь с ее континентальным климатом своего рода "районом рискованной интродукции". Возникает необходимость в осуществлении дополнительных агротехнических мероприятий, направленных на повышение устойчивости интродуцентов и способствующих их защите от неблагоприятных погодных условий. Сильно повреждаемые хотя бы в отдельные годы растения не могут рассматриваться в качестве основы для создания насаждений различного типа в новых для них природно-климатических условиях.

Таким образом, в силу несовпадения погодно-климатических условий разных лет в континентальном климате лесостепи при создании системы биомониторинга необходимо учитывать изменчивость количественных признаков растений в различные годы наблюдений. Эти же черты климата затрудняют развитие ряда растений-интродуцентов, мешая их многолетнему успешному росту и развитию. Понимание их уязвимости должно способствовать выработке особых приемов агротехники, с одной стороны, и продуманному использованию их в насаждениях — с другой.

Литература

- [1] Куйбышевская область. Историко-экономический очерк. Куйбышев: Кн. изд-во, 1957. 495 с.
- [2] Природа Куйбышевской области. Куйбышев: Кн.изд-во, 1991. 461 с.
- [3] Климат Куйбышева / Под ред. д-ра геогр. наук Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 224 с.
- [4] Агromетeоролoгический обзор за 1990/1991 сельскохозяйственный год. Самара, 1991. 52 с.
- [5] Агromетeоролoгический обзор за 1991/1992 сельскохозяйственный год. Самара, 1992. 51 с.

- [6] Агрометеорологический обзор за 1992/1993 сельскохозяйственный год. Самара, 1993. 52 с.
- [7] Агрометеорологический обзор за 1993/1994 сельскохозяйственный год. Самара, 1994. 56 с.
- [8] Агрометеорологический обзор за 1994/1995 сельскохозяйственный год. Самара, 1995. 56 с.
- [9] Агрометеорологический обзор за 1995/1996 сельскохозяйственный год. Самара, 1996. 61 с.
- [10] Агрометеорологический обзор за 1996/1997 сельскохозяйственный год. Самара, 1997. 57 с..
- [11] Агрометеорологический обзор за 1997/1998 сельскохозяйственный год. Самара, 1998. 56 с.
- [12] Агрометеорологический обзор за 1999/2000 сельскохозяйственный год. Самара, 2000. 61 с.
- [13] Агрометеорологический обзор за 1998/1999 сельскохозяйственный год. Самара, 1999. 60 с.
- [14] Агрометеорологический обзор за 2000/2001 сельскохозяйственный год. Самара, 2000. 60 с.
- [15] Вальтер Г. Растительность земного шара. М.: Прогресс, 1975. 426 с.
- [16] Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судачкова, И.В. Шеин, Л.И. Романова и др. Новосибирск: Наука, 1997. 176 с.
- [17] Кавеленова Л.М., Лищинская С.Н., Карандаева Л.Н. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды (на примере г. Самары) // Химия растительного сырья. 2001. №3. С. 91–96.
- [18] Пакшаева И.Н., Кавеленова Л.М. Некоторые особенности проявления асимметрии листовой пластинки березы повислой в условиях г. Самара // Самарская Лука. Бюл. 12/02. Самара, 2002. С. 166–173.

THE TEMPORAL VARIABILITY OF FOREST-STEPPE CLIMATE CONDITIONS AND ITS SIGNIFICANCE FOR BIOLOGICAL MONITORING AND PLANT INTRODUCTION⁴

© 2002 L.M. Kavelenova,⁵ S.A. Rozno⁶

The investigation based on the analysis of 1991–2001 weather conditions in Samara shows the variability from year to year of main forest-steppe climate features significant for plants. The influence of such variability on plant introduction and biomonitoring is discussed.

Поступила в редакцию 21/XI/2002.

⁴ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. N.M. Matveyev.

⁵ Kavelenova Ludmila Michailovna (biotest@ssu.samara.ru), Dept. of Ecology, Botany and Environmental Protection, Samara State University, Samara, 443011, Russia.

⁶ Rozno Svetlana Alexandrovna (sambg@ssu.samara.ru), Botanical Garden, Samara State University, Samara, 443011, Russia.