

## Адаптация сезонных ритмов развития на примере дендроколлекций ФНЦ агроэкологии РАН



**Александра Викторовна Семенютина**  
Федеральный научный центр агроэкологии,  
комплексных мелиораций и защитного  
лесоразведения Российской академии наук  
Волгоград, Россия  
vnialmi@yandex.ru  
0000-0003-3250-6877



**Дарья Владимировна Сапронова**  
Федеральный научный центр агроэкологии,  
комплексных мелиораций и защитного  
лесоразведения Российской академии наук  
Волгоград, Россия  
sapronova.darya@mail.ru  
0000-0002-3559-3745



**Алия Шамильевна Хужахметова**  
Федеральный научный центр агроэкологии,  
комплексных мелиораций и защитного  
лесоразведения Российской академии наук  
Волгоград, Россия  
aliyasham@mail.ru  
0000-0001-5127-8844

Поступила в редакцию  
1.02.2020

Принята  
02.03.2020

Опубликована  
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.4

### **Аннотация**

Оценка успешности адаптации древесных растений к почвенным и годичным изменениям сезонных метеорологических условий засушливого региона произрастания на основе метода фенологических наблюдений позволяет выявить синхронность развития вегетативных и генеративных органов культивируемых растений.

Получены многолетние экспериментальные материалы (по 20-летним периодам: 1979, 1989, 2019 г.г.) по сезонному развитию 47 древесных растений, произрастающих на участках с каштановыми почвами в дендрокolleкциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (г. Камышин, Волгоградская область).

Выявлено, что для каждого вида характерен свой годичный цикл с определенной последовательностью и длительностью периодов роста и развития, размножения и т.д. Установлена сопряженность фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и важных фенофаз друг с другом, приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития.

Биоритмы растений связаны с анатомо-морфологическими, физиологическими, биохимическими признаками и свойствами, которые влияют на степень адаптации к экологическим факторам.

Установлены фенологические закономерности развития деревьев и кустарников необходимые для прогнозирования их перспективности для защитного лесоразведения и озеленения в условиях воздействия стресс-факторов и изменения климата. По анализу многолетних (60 лет) фенологических наблюдений, выявлено, что изменчивость дат наступления внутри фазы заметно ниже, чем между фазами развития. Это согласуется с энергетическими потребностями фенофаз развития в онтогенезе и видовой принадлежностью и географическим происхождением.

Выявленные закономерности между биоритмами растений и сезонными изменениями климатических факторов в условиях Волгоградской области. У большинства видов распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и среднесуточной температуры воздуха в пределах 5-10-15°C.

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18°C. Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение у всех растений укладывается за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21°C. Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму среднесуточной температуры воздуха + 24°C.

В последовательном ряду изученных фенофаз существуют определённые соотношения: каждая последующая начинается по завершении предыдущей; иногда возможно наложение фенофаз развития (вегетативных и генеративных органов).

### **Ключевые слова**

фенология, закономерности, адаптация, изменчивость, древесные виды, дендрологические коллекции

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0004 «Разработать научные основы и методы сохранения биоразнообразия древесных видов с целью отбора адаптированного генофонда хозяйственно ценных растений для формирования защитных лесных насаждений различного целевого назначения в степи и полупустыне» (№ госрегистрации АААА-А16-116032950058-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

### **Введение**

Одним из методов оценки успешности адаптации и акклиматизации новых видов является метод фенологических наблюдений. Он позволяет выявить синхронность развития вегетативных и генеративных органов культивируемых растений и оценить степень адаптации вида к почвенным и климатическим условиям произрастания.

Ряд авторов (Renner, 2018; Mijnsbrugge, 2019; Strømme, 2018) указывают на взаимосвязь сезонного развития с суммой эффективных температур. Помимо суммы положительных температур, для аридных регионов значение имеют показатели влагообеспеченности в летний период, т.к. дефицит влаги оказывает тормозящее влияние на ростовые процессы и сезонное развитие (Semenyutina, 2018; Tremi, 2019; Zohner, 2019; Jara-Guerrero, 2020).

Биоритмы связаны с анатомо-морфологическими, физиологическими, биохимическими и другими специфическими признаками и свойствами, позволившие видам приспособиться к той или иной среде (Miao, 2018; Torres-Ruiz, 2019). Сезонная периодичность в жизни растений выражена в умеренных и северных широтах в связи с контрастностью метеоусловий разных сезонов года (Wang, 2019; Flynn, 2018; Lv, 2020).

Многолетние исследования за древесными видами позволяют получить значительный объем данных об особенностях роста, сезонной периодичности в развитии (Kruzhilin, 2018), формировании генеративных органов, продуктивности, качеству семян (Babálová, 2018; Cortés-Flores, 2019; Segrestin, 2020), толерантности к стресс-факторам и выявить показатели, параметры которых находятся в функциональной зависимости между собой.

### Материалы и методы исследования

В дендрариях опытной сети ФНЦ агроэкологии РАН традиционно применяется система фенонаблюдений по методике Главного ботанического сада. По этой методике проводились фенонаблюдения в 1979, 1999 и 2019 гг. Климатические данные приведены по данным [www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm) (таблица 1).

Таблица 1. Показатели температуры воздуха и суммы выпавших осадков  
[[www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm)]

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха среднемесячная и годовая, °С	-11,6	-11,2	-5,4	6,2	15,4	19,7	22,0	20,3	13,9	5,8	-1,9	-8,3	5,4
1979	-12,4	-7,8	-1,8	4,0	19,4	19,7	21,4	23,1	16,2	5,9	-0,7	-3,5	7,0
1999	-5,1	-4,0	-1,3	11,1	13,3	22,4	25,2	22,5	15,0	9,5	-5,3	-1,3	8,5
2019	-8,4	-6,6	0,2	9,9	18,5	24,3	22,0	20,6	14,6	11,1	-0,1	-2,5	8,6
Среднемесячное и годовое количество осадков, мм	25	25	19	20	36	52	46	34	33	28	37	31	386
1979	37	60	27	53	12	91	32	2	19	24	41	18	417
1999	30	65	7	19	32	38	10	49	13	0,0	0,0	0,0	262
2019	58	7	52	34	33	2	102	9	11	23	2	19	351

Эффекты неравномерности в темпах сезонного развития (изменчивости наступления фенофаз: **РЛП** - распускание листовых почек, **ОБЛ** - облиствение, **КРП** - конец роста побегов, **ЛСТ** - массовый листопад, **НЦВ** - начало цветения, **КЦВ** - конец цветения, **ПЛД** - начало плодоношения, **ССТВ** - среднесуточная температура воздуха) растений включали изучение разногодично-временных фенологических закономерностей. Фактические даты прохождения фенофаз – число, месяц (графы 1 и 2), а также показатель универсальной временной шкалы (дней), приведены к точке отсчёта – предвегетационному месяцу (1 марта).

### Результаты и обсуждение

В таблице 2 показаны фактические даты прохождения фенофаз, а также показатель универсальной временной шкалы (дней).

Таблица 2. Среднемноголетние показатели фенологических наблюдений (Камышин, Волгоградская область)

Годы	Фенологические фазы						
	РЛП	ОБЛ	КРП	ЛСТ	НЦВ	КЦВ	ПЛД
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Larix sibirica</i>							
1979	23* 4** 54***	08* 5** 69***	10* 6** 102***	17* 9** 201***	29* 4** 60***	01* 6** 62***	29* 8** 182***
2019	19* 4** 50***	06* 5** 67***	20* 6** 111***	13* 10** 227***	24* 4** 55***	02* 6** 63***	13* 9** 197***
<i>Pinus ponderosa</i>							
1999	02* 5** 63***	08* 6** 100***	13* 6** 105***		23* 5** 84***	30* 5** 91***	20* 8** 173***
2019	25* 4** 56***	12* 5** 73***	02* 7** 124***		23* 5** 84***	02* 6** 94***	09* 9** 193***
<i>Pinus sylvestris</i>							
1999	03* 5** 64***	05* 6** 97***	10* 6** 102***		19* 5** 80***	24* 5** 85***	27* 9** 211***
2019	29* 4** 60***	13* 5** 74***	22* 6** 114***		11* 5** 72***	24* 5** 85***	12* 10** 226***
<i>Ulmus pumila</i>							
1979	05* 5** 66***	13* 5** 74***	05* 6** 97***	19* 9** 203***			23* 5** 84***
1999	30* 4** 61***	11* 5** 72***	01* 6** 93***	07* 10** 221***	20* 4** 51***	25* 4** 56***	21* 5** 82***
2019	22* 4** 53***	08* 5** 69***	18* 6** 110***	15* 10** 229***	21* 4** 52***	26* 4** 57***	25* 5** 86***
<i>Quercus borealis</i>							
1979	07* 5** 63***	18* 5** 79***	03* 6** 95***	19* 9** 203***	16* 5** 77***	18* 5** 79***	27* 9** 211***
1999	04* 5** 65***	12* 5** 73***	03* 6** 95***	20* 9** 204***	13* 5** 74***	18* 5** 79***	20* 9** 204***
2019	28* 4** 59***	20* 5** 81***	16* 6** 108***	22* 10** 236***	10* 5** 71***	18* 5** 79***	26* 9** 210***
<i>Quercus robur</i>							
1979	05* 5** 66***	15* 5** 76***	03* 6** 95***	09* 9** 193***	12* 5** 73***	16* 5** 77***	27* 9** 211***
1999	01* 5** 62***	08* 5** 69***	31* 5** 92***	10* 10** 224***	09* 5** 70***	12* 5** 73***	27* 9** 211***
2019	27* 4** 58***	14* 5** 75***	15* 6** 107***	20* 10** 234***	07* 5** 68***	13* 5** 74***	20* 9** 204***
<i>Celtis occidentalis</i>							
1979	04* 5** 65***	10* 5** 71***	27* 5** 88***	27* 9** 211***	12* 5** 73***	15* 5** 76***	05* 9** 189***
1999	01* 5** 62***	10* 5** 71***	02* 6** 94***	30* 9** 214***	08* 7** 69***	15* 5** 76***	23* 9** 207***
2019	30* 4** 61***	21* 5** 82***	03* 7** 125***	10* 10** 224***	10* 5** 71***	15* 5** 76***	18* 9** 202***
<i>Acer platanoides</i>							
1979	30 4 61		23 5 84	12 9 196	01 5 62	03 5 64	21 8 174
1999	26 4 57	07 5 66	22 5 83	30 9 214	29 4 60	03 5 64	18 9 202

2019	22 4 53	14 5 75	07 6 99	14 0 228	25 4 56	28 4 59	16 9 200
<i>Acer negundo</i>							
1979	30* 4** 61***	07* 5** 68***	12* 6** 104***	17* 10** 231***	01* 5** 62***	03* 5** 64***	27* 8** 180***
1999	25* 4** 56***	02* 5** 63***	31* 5** 92***	23* 10** 237***	27* 4** 58***	03* 5** 64***	20* 9** 204***
2019	17* 4** 48***	08* 5** 69***	12* 6** 104***	20* 10** 234***	26* 4** 57***	04* 5** 65***	17* 9** 201***
<i>Tilia platyphyllos</i>							
1979	09* 5** 69***	21* 5** 82***	27* 5** 88***	27* 8** 180***	21* 6** 113***	23* 6** 115***	30* 8** 183***
1999	01* 5** 62***	11* 5** 72***	10* 6** 102***	22* 9** 206***	17* 6** 109***	23* 6** 115***	26* 10** 239***
2019	28* 4** 59***	30* 5** 91***	18* 6** 110***	20* 10** 234***	20* 6** 112***	01* 7** 123***	15* 9** 199***
<i>Juglans nigra</i>							
1979	03* 5** 64***	25* 5** 76***	07* 6** 99***	27* 9** 211***	18* 5** 79***	26* 5** 87***	23* 9** 207***
1999	01* 5** 62***	13* 5** 74***	12* 6** 104***	27* 9** 211***	19* 5** 80***	25* 5** 86***	10* 9** 194***
2019	05* 5** 66***	08* 5** 69***	19* 6** 111***	12* 10** 226***	17* 5** 78***	26* 5** 87***	13* 9** 197***
<i>Fraxinus excelsior</i>							
1979	07 5 68	12 5 73	27 5 88	21 9 205	05 5 66	12 5 73	23 9 207
1999	05 5 66	20 5 81	29 5 90	02 0 216	03 5 64	08 5 69	27 0 241
2019	28 4 59	21 5 82	05 6 97	22 0 236	30 4 61	08 5 69	21 0 235
<i>Amelanchier ovalis</i>							
1979	30* 4** 61***	09* 5** 70***	27* 5** 88***	05* 10** 219***	09* 5** 70***	11* 5** 72***	20* 8** 112***
1999	25* 4** 56***	10* 5** 71***	30* 5** 91***	23* 10** 237***	05* 5** 66***	10* 5** 71***	30* 6** 122***
2019	17* 4** 48***	08* 5** 69***	25* 6** 117***	07* 10** 221***	05* 5** 66***	12* 5** 73***	26* 6** 118***

\* графа 1 – число, \*\* графа 2 – месяц, \*\*\* графа 3 количество дней от 1 марта

Показатель позволяет сравнивать сроки наступления фенофаз и интервалы между ними.

В таблице 3 приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития древесных видов: напротив каждой декады месяца указано число видов, вступивших в ту или иную фенофазу. В таблице также указаны солнечные и тепловые ресурсы соответствующей декады.

Таблица 3. Частотная характеристика фенофаз

Месяц	Декада	*	**	Фенологические фазы						
				РЛП	НЦВ	КЦВ	ОБЛ	КРП	ПЛД	ЛСТ
апрель	2	13,5	5...10	4	1					
	3	14,5	10...15	23	8	4				
май	1			19	17	11	16			
	2	15,5	15...18	1	11	8	25	1		
	3	16	18...21	0	5	14	6	3	4	
июнь	1				3	3	0	14	0	
	2				1	4		20	0	
	3	16,5	21...24		1	2		8	3	

июль	1				0	1		1	1	
	2	16	24...21			0		0	2	
	3								1	
август	1								2	
	2								3	
	3	14,5	21...18						8	
сентябрь	1	13,5	18...15						8	
	2	12,5	15...10						4	1
	3								6	5
октябрь	1	11,5	10...8						4	10
	2	11	8...5						1	15
	3	10	5...0						0	10

\*интенсивность солнечной радиации, часов; \*\*температура воздуха, Т°С

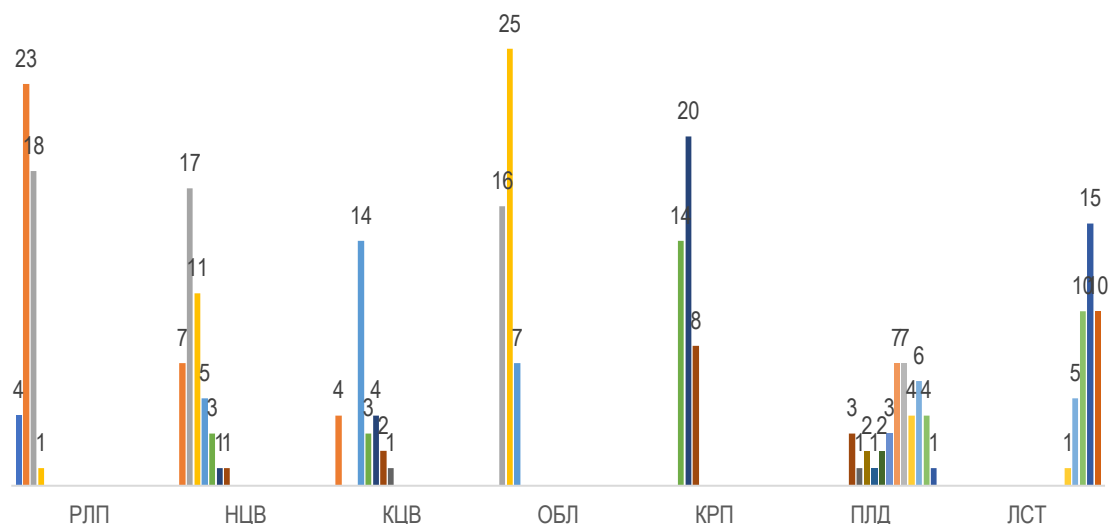
У большинства видов РЛП - распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и ССТВ в пределах 5-10-15 градусов Цельсия (рисунок 1).

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18 градусов.

Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение – наиболее комплексная фенофаза – все растения успевают за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21 градус - обзавестись полноценной листвой и включиться в процесс интенсивного фотосинтеза органических веществ, необходимых для выживания в последующие периоды года.

■ IV ■ IV2 ■ V ■ V2 ■ V3 ■ VI ■ VI2 ■ VI3 ■ VII ■ VII3 ■ VII2 ■ VIII ■ VIII2 ■ VIII3 ■ IX ■ IX2 ■ IX3 ■ X ■ X2 ■ X3



Условные обозначения: **РЛП** - распускание листовых почек, **ОБЛ** - облиствение, **КРП** - конец роста побегов, **ЛСТ** - массовый листопад, **НЦВ** - начало цветения, **КЦВ** - конец цветения, **ПЛД** - начало плодоношения

Рисунок 1. Частотная характеристика фенофаз сезонного развития древесных видов

Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму ССТВ + 24°С.

Плодоношение, наиболее растянутое во времени фенологическое событие, протекает с конца мая до конца октября. И даже уменьшение световых и тепловых ресурсов не являются препятствием: их ещё достаточно для протекания сложных биохимических процессов в органах и тканях растений.

Массовый листопад приходится на конец вегетационного периода года, когда и солнечная радиация уменьшается до 11-10 часов в сутки и температура воздуха снижается до 10-8-5 градусов. Снижается активность биохимических реакций. Одревеснение побегов и сбрасывание листьев служат целям защиты растений от морозов, повышению их зимостойкости.

Наибольшая частота фенологических событий приходится на первую декаду мая, предыдущую и последующую декады: 63, 35 и 46 дней соответственно.

Определённый интерес представляют и материалы по протяжённости, продолжительности фенологических фаз. В таблице 4 приводятся данные по продолжительности начального роста побегов / РЛП...ОБЛ/, активного роста побегов /ОБЛ...КРП/, продолжительности активного фотосинтеза и накопления органических веществ /ОБЛ...ЛСТ/, продолжительность цветения /НЦВ...КЦВ/ и продолжительность созревания плодов /КЦВ...ПЛД/. Эти материалы служат хорошим справочным пособием для полной биологической характеристики деревьев и кустарников дендрария.

Таблица 4. Продолжительность фенофаз древесных растений

Название видов	Продолжительность фаз, дней				
	начального роста листьев и побегов	активного роста побегов	активного фотосинтеза	цветения	созревания плодов
<i>Picea pungens</i>	26	30		11	93
<i>Picea abies</i>	14	32		9	74
<i>Larix sibirica</i>	12	46	147	6	129
<i>Juniperus virginiana</i>	17	36		11	114
<i>Juniperus communis</i>	15	41		10	110
<i>Pinus ponderosa</i>	26	24		9	90
<i>Pinus sylvestris</i>	23	23		7	134
<i>Armeniaca vulgaris</i>	11	26	148	6	67
<i>Cydonia oblonga</i>	12	56	158	7	129
<i>Phellodendron amurense</i>	13	29	137	9	96
<i>Betula papyrifera</i>	19	44	161	6	116
<i>Betula pendula</i>	14	39	156	4	123
<i>Ulmus laevis</i>	10	32	160	5	26
<i>Ulmus pumila</i>	12	28	146	5	27
<i>Gleditsia triacanthos</i>	17	37	142	11	116
<i>Carpinus betulus</i>	11	36	173	6	111
<i>Pyrus communis</i>	14	34	155	6	115
<i>Pyrus ussuriensis</i>	16	33	150	6	117
<i>Quercus borealis</i>	15	22	137	5	129
<i>Quercus robur</i>	11	25	144	5	134
<i>Celtis occidentalis</i>	12	27	141	5	123
<i>Acer platanoides</i>	14	18	142	3	130
<i>Acer campestre</i>	19	22	155	7	132
<i>Acer tataricum</i>	11	26	127	11	87
<i>Acer negundo</i>	9	36	131	5	131
<i>Tilia platyphyllos</i>	19	18	125	7	89
<i>Tilia cordata</i>	10	32	158	11	79
<i>Juglans regia</i>	11	29	154	10	80
<i>Juglans nigra</i>	9	32	143	8	112

<i>Robinia pseudoacacia</i>	20	17	155	14	110
<i>Populus tremula</i>	12	23	135	5	29
<i>Populus canadensis</i>	14	34	162	4	29
<i>Fraxinus lanceolata</i>	15	8	143	6	148
<i>Fraxinus excelsior</i>	15	8	140	7	157
<i>Crataegus arnoldiana</i>	21	29	161	5	91
<i>Crataegus submollis</i>	17	46	149	9	96
<i>Lonicera tatarica</i>	19	41	164	11	33
<i>Amelanchier ovalis</i>	15	29	156	5	45
<i>Viburnum lantana</i>	14	38	175	10	67
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	13	50	166	15	48
<i>Rosa rugosa</i>	18	47	161	17	45
<i>Syringa vulgaris</i>	14	45	180	20	104
<i>Cotinus coggygria</i>	19	23	162	11	36
<i>Ribes aureum</i>	13	44	170	17	33
<i>Chaenomeles maulei</i>	12	36	167	18	99
<i>Halimodendron halodendron</i>	10	48	157	8	62
<i>Philadelphus lemoinei</i>	16	36	159	16	70

Продолжительность начального периода роста в среднем составила 15 дней, продолжительность активного роста побегов - 25 дней, активного фотосинтеза - 153 дня, продолжительность цветения - 9 дней и созревания плодов - 92 дня. Самым растянутым во времени оказался период созревания плодов - от 25 до 185 дней. Он же является и самым видоопределяющим признаком: каждый вид, в силу генетической предопределённости, имеет свой набор биохимических реакций, определяющих начало, конец и продолжительность периода созревания плодов.

### Заключение

Получены многолетние экспериментальные материалы (по 20-летним периодам: 1979, 1989, 2019 г.г.) по сезонному развитию 47 древесных растений, произрастающих на участках с каштановыми почвами в дендрокolleкциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (г. Камышин, Волгоградская область).

Выявлено, что для каждого вида характерен свой годичный цикл с определенной последовательностью и длительностью периодов роста и развития, размножения и т.д. Установлена сопряженность фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и важных фенофаз друг с другом, приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития.

Выявленные закономерности между биоритмами растений и сезонными изменениями климатических факторов в условиях Волгоградской области. У большинства видов распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и среднесуточной температуры воздуха в пределах 5-10-15°C.

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18°C. Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение у всех растений укладывается за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21°C. Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму среднесуточной температуры воздуха + 24оС.

Между последовательным рядом фенофаз / РЛП...ОБЛ...КРТ...ЛСТ или НЦВ...КЦВ...ПЛД/ существуют определённые качественные соотношения: каждая последующая начинается по завершении предыдущей; наложение фенофаз возможно только в случае сопоставления фенофаз развития вегетативных и генеративных органов, когда возможно совмещение разнообразных функций и биохимических реакций внутри одного организма. Маркером биохимических реакций в органах и тканях



является наступление фенофаз в совокупности энергетических ресурсов внешней среды обитания для конкретного растения, рассматриваемого в качестве фенологического объекта.

Установлены фенологические закономерности развития деревьев и кустарников необходимые для прогнозирования их перспективности для защитного лесоразведения и озеленения в условиях воздействия стресс-факторов и изменения климата. По анализу многолетних (60 лет) фенологических наблюдений, выявлено, что изменчивость дат наступления внутри фазы заметно ниже, чем между фазами развития. Это согласуется с энергетическими потребностями фенофаз развития в онтогенезе и видовой принадлежностью и географическим происхождением.

### Список литературы

1. Babálová, D., Škvareninová, J., Fazekáš, J., & Vyskot, I. (2018). The dynamics of the phenological development of four woody species in south-west and central Slovakia. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051497>
2. Cortés-Flores, J., Cornejo-Tenorio, G., Urrea-Galeano, L. A., Andresen, E., González-Rodríguez, A., & Ibarra-Manríquez, G. (2019). Phylogeny, fruit traits, and ecological correlates of fruiting phenology in a Neotropical dry forest. *Oecologia*, 189(1), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4295-z>
3. Flynn, D. F. B., & Wolkovich, E. M. (2018). Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. *New Phytologist*, 219(4), 1353–1362. <https://doi.org/10.1111/nph.15232>
4. Jara-Guerrero, A., Espinosa, C. I., Méndez, M., la Cruz, M., & Escudero, A. (2020). Dispersal syndrome influences the match between seed rain and soil seed bank of woody species in a Neotropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/jvs.12894>
5. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
6. Lv, A.-L., Huo, Z.-G., & Yang, J.-Y. (2020). Phenological characteristics of representative woody plants at different altitude sites in Jinnan region and their response to climate change [晋南地区不同海拔高度典型木本植物物候特征及其对气候变化的响应]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 41(2), 65–75. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6362.2020.02.001>
7. Miao, Y., Chen, A., Liu, M., Wang, T., Zhao, X., Song, Z., ... Liu, Y. (2017). The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 23(5), 785–791. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1145.2016.11020>
8. Mijnsbrugge, K. V., & Janssens, A. (2019). Differentiation and non-linear responses in temporal phenotypic plasticity of seasonal phenophases in a common garden of *Crataegus monogyna* Jacq. *Forests*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/f10040293>
9. Renner, S. S., & Zohner, C. M. (2018). Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 165–182. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535>
10. Segrestin, J., Navas, M.-L., & Garnier, E. (2020). Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytologist*, 225(2), 740–753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>
11. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
12. Strømme, C. B., Julkunen-Tiitto, R., Olsen, J. E., & Nybakken, L. (2018). The dioecious *Populus tremula* displays interactive effects of temperature and ultraviolet-B along a natural gradient. *Environmental and Experimental Botany*, 146, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.013>
13. Torres-Ruiz, J. M., Kremer, A., Carins Murphy, M. R., Brodribb, T., Lamarque, L. J., Truffaut, L., ... Delzon, S. (2019). Genetic differentiation in functional traits among European sessile oak populations. *Tree Physiology*, 39(10), 1736–1749. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz090>

14. Trembl, V., Hejda, T., & Kašpar, J. (2019). Differences in growth between shrubs and trees: How does the stature of woody plants influence their ability to thrive in cold regions? *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.036>
15. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
16. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
17. Zohner, C. M., & Renner, S. S. (2019). Ongoing seasonally uneven climate warming leads to earlier autumn growth cessation in deciduous trees. *Oecologia*, 189(2), 549–561. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04339-7>
18. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Камышине. <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm>

## Adapting the seasonal rhythms of development on the example of dendrological collection of the federal scientific center of agroecology of the russian academy of sciences



**Alexandra V. Semenyutina**  
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex  
Melioration and Protective Afforestation of the  
Russian Academy of Sciences  
Volgograd, Russia  
vnialmi@yandex.ru  
0000-0003-3250-6877



**Darya V. Saprionova**  
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex  
Melioration and Protective Afforestation of the  
Russian Academy of Sciences  
Volgograd, Russia  
saprionova.darya@mail.ru  
0000-0002-3559-3745



**Aliya Sh. Khuzhakhmetova**  
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex  
Melioration and Protective Afforestation of the  
Russian Academy of Sciences  
Volgograd, Russia  
aliyasham@mail.ru  
ORCID 0000-0001-5127-8844

Received  
1.02.2020

Accepted  
02.03.2020

Published  
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.4

## Abstract

Assessment of the success of adaptation of woody plants to soil and annual changes in seasonal meteorological conditions of the arid growing region based on the method of phenological observations allows us to identify the synchronicity of the development of vegetative and generative organs of cultivated plants.

The years of experimental materials (for a 20-year period: 1979, 1989, 2019) seasonal development of 47 woody plant species growing in areas with brown soils in dendrological collection Nizhnevolzhsky station on selection of tree species, branch of Federal scientific center of agroecology of the Russian Academy of Sciences (Kamyshin, Volgograd oblast).

It is revealed that each species has its own annual cycle with a certain sequence and duration of periods of growth and development, reproduction, etc. The conjugation of prophase with the seasonal rhythm of climatic parameters and important prophase with each other is established, and the frequency characteristic of prophase of seasonal development is given.

Plant biorhythms are associated with anatomical, morphological, physiological, and biochemical characteristics and properties that affect the degree of adaptation to environmental factors.

The phenological patterns of trees and shrubs development necessary for predicting their prospects for protective afforestation and landscaping under the influence of stress factors and climate change are established. Based on the analysis of long-term (60 years) phenological observations, it was found that the variability of onset dates within the phase is significantly lower than between the development phases. This is consistent with the energy needs of phenophases of development in ontogenesis and species affiliation and geographical origin.

The revealed regularities between plant biorhythms and seasonal changes in climatic factors in the conditions of the Volgograd region. In most species, leaf budding begins and reaches its maximum when the sun shines for more than 13.5 hours a day and the average daily air temperature is between 5-10-15°C.

The maximum prophase of the beginning of flowering in woody plants is the duration of sunshine 14-16 hours a day at an air temperature within 10-18°C. The end of flowering is shifted a decade later at approximately the same parameters of solar radiation and air temperature.

The foliage of all plants is laid in three decades of May — this is 15-16 hours of sunshine and the air temperature is 15-21 °C. The end of the growth of runs occurs during the period of the year when solar radiation reaches a maximum of 16 hours per day and the air temperature is approaching the maximum of the average daily air temperature of + 24 °C.

In a series of studied prophase, there are certain relationships: each subsequent one begins at the end of the previous one; sometimes it is possible to overlap the prophase of development (vegetative and generative organs).

## Keywords

phenology, regularities, adaptation, variability, tree species, dendrological collections

The research was carried out within the framework of state task No. 0713-2019-0004 "To develop scientific bases and methods for preserving the biodiversity of tree species in order to select an adapted gene pool of economically valuable plants for the formation of protective forest stands for various purposes in the steppe and semi-desert" (state registration no. AAAA-A16-116032950058-8) financing of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

## Reference

1. Babálová, D., Škvareninová, J., Fazekaš, J., & Vyskot, I. (2018). The dynamics of the phenological development of four woody species in south-west and central Slovakia. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051497>
2. Cortés-Flores, J., Comejo-Tenorio, G., Urrea-Galeano, L. A., Andresen, E., González-Rodríguez, A., & Ibarra-Manríquez, G. (2019). Phylogeny, fruit traits, and ecological correlates of fruiting phenology in a Neotropical dry forest. *Oecologia*, 189(1), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4295-z>

3. Flynn, D. F. B., & Wolkovich, E. M. (2018). Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. *New Phytologist*, 219(4), 1353–1362. <https://doi.org/10.1111/nph.15232>
4. Jara-Guerrero, A., Espinosa, C. I., Méndez, M., la Cruz, M., & Escudero, A. (2020). Dispersal syndrome influences the match between seed rain and soil seed bank of woody species in a Neotropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/jvs.12894>
5. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
6. Lv, A.-L., Huo, Z.-G., & Yang, J.-Y. (2020). Phenological characteristics of representative woody plants at different altitude sites in Jinnan region and their response to climate change [晋南地区不同海拔高度典型木本植物物候特征及其对气候变化的响应]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 41(2), 65–75. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6362.2020.02.001>
7. Miao, Y., Chen, A., Liu, M., Wang, T., Zhao, X., Song, Z., ... Liu, Y. (2017). The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 23(5), 785–791. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1145.2016.11020>
8. Mijnsbrugge, K. V., & Janssens, A. (2019). Differentiation and non-linear responses in temporal phenotypic plasticity of seasonal phenophases in a common garden of *Crataegus monogyna* Jacq. *Forests*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/f10040293>
9. Renner, S. S., & Zohner, C. M. (2018). Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 165–182. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535>
10. Segrestin, J., Navas, M.-L., & Garnier, E. (2020). Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytologist*, 225(2), 740–753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>
11. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
12. Strømme, C. B., Julkunen-Tiitto, R., Olsen, J. E., & Nybakken, L. (2018). The dioecious *Populus tremula* displays interactive effects of temperature and ultraviolet-B along a natural gradient. *Environmental and Experimental Botany*, 146, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.013>
13. Torres-Ruiz, J. M., Kremer, A., Carins Murphy, M. R., Brodribb, T., Lamarque, L. J., Truffaut, L., ... Delzon, S. (2019). Genetic differentiation in functional traits among European sessile oak populations. *Tree Physiology*, 39(10), 1736–1749. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz090>
14. Treml, V., Hejda, T., & Kašpar, J. (2019). Differences in growth between shrubs and trees: How does the stature of woody plants influence their ability to thrive in cold regions? *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.036>
15. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
16. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
17. Zohner, C. M., & Renner, S. S. (2019). Ongoing seasonally uneven climate warming leads to earlier autumn growth cessation in deciduous trees. *Oecologia*, 189(2), 549–561. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04339-7>
18. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Камышине. <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm>