



DOI: 10.21178/2079–6080.2025.3.33  
УДК 630\*165.5:630\*164.6

## Феноритмика *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в условиях г. Воронежа

© Ю.В. Чекменева, В.Д. Дорофеева, С.И. Дегтярева

### Phenorhythmics of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in Voronezh

**Yu. V. Chekmeneva V.D. Dorofeeva, S.I. Degtyareva** (Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov)

The features of the phenological development of vegetative and generative organs of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco trees of different sexual types were studied of the conditions of Voronezh, during the abnormally warm 2020, and in the next 2021. The timing of the onset of phenophases was compared with the three-year period of 2002–2004, the weather conditions of which corresponded to the climatic norm. Dichogamy was found to be different in the “flowering” of macrostrobiles and microstrobiles within the crown of trees: protoandria was noted in 2020, protogynia in 2021. The analysis of the dependence of the seasonal growth of shoots of trees of different sexual types on the weather conditions of the growing seasons of 2020 and 2021 was carried out. It has been established that the growth of shoots depends more on the temperature regime than on the humidification conditions of the current year. In individuals of different sexual types, a positive correlation was noted with a very high binding strength ( $r = 0.892–0.999$ ) of the increase in annual shoots from the average daily temperature of the current growing season. The correlation with relative humidity was negative and weak ( $r = -0.076–0.316$ ). Analysis of the growth of shoots in accordance with the sexual type of trees showed that female trees differ in the minimum seasonal growth ( $63.28 \pm 3.63$  mm, 2020, and  $55.28 \pm 2.9$  mm, 2021) in comparison with male trees ( $t_f = 3.4–4.28 > t_{st} = 2.0$ ) and mixed types ( $t_f = 2.35–5.95 > t_{st} = 2.0$ ). Phenotypic variability of annual growth is associated with individual tree differences and weather and climatic conditions. The amplitude of variability in the growth of male and female trees varies at an average level ( $Cv = 18.5–19.4$  %), in mixed trees it increases to high ( $Cv = 21.6$  %). According to the combination of phenological and production features, taking into account their variability, trees have been identified that have the most productive combination of features that can be used in further breeding with the subsequent selection of the most adaptive plants.

**Keywords:** Phenological development, sexual tree type, phenotypic variability, seasonal growth, introductent, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, ideotype

**Феноритмика *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в условиях в г. Воронежа**

**Ю.В. Чекменева В.Д. Дорофеева, С.И. Дегтярева**

В условиях г. Воронежа изучены особенности фенологического развития вегетативных и генеративных органов деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco разного полового типа в период аномально теплого 2020 года и в следующем 2021 году. Проведено сравнение сроков наступления фенофаз с периодом 2002–2004 гг., когда погодные условия соответствовали климатической норме. Установлена диогогамия – разновременность в «цветении» макростробилов и микростробилов в пределах кроны: в 2020 г. отмечена протоандрия, в 2021 г. – протогиния. Анализ зависимости сезонного роста побегов от погодных условий вегетационных периодов 2020 и 2021 годов показал, что прирост в большей степени зависит от температурного режима, чем от условий увлажненности года. У растений разного полового типа отмечена положительная корреляция с очень высокой силой связи ( $r = 0,892 - 0,999$ ) прироста побегов от среднесуточной температуры текущего вегетационного периода. Отрицательной и слабой оказалась корреляция с относительной влажностью воздуха ( $r = -0,076 \dots -0,316$ ). Деревья женского типа отличаются минимальным сезонным приростом ( $63,3 \pm 3,6$  мм – 2020 г., и  $55,3 \pm 2,9$  мм – 2021 г.) в сравнении с деревьями мужского ( $t_{\phi} = 3,4 - 4,3 > t_{st} = 2,0$ ) и смешанного типов ( $t_{\phi} = 2,4 - 6,0 > t_{st} = 2,0$ ). Фенотипическая изменчивость годичного прироста связана с индивидуальными отличиями деревьев и погодно-климатическими условиями. Амплитуда изменчивости прироста деревьев мужского и женского полового типа варьирует на среднем уровне ( $Cv = 18,5 - 19,4$  %), у смешанного типа возрастает до высокого ( $Cv = 21,6$  %). По сочетанию фенологических и продукционных признаков, с учетом их изменчивости выделены деревья, обладающие наиболее продуктивным сочетанием признаков, которые могут быть использованы в дальнейшей селекции с последующим отбором наиболее адаптивных растений.

**Ключевые слова:** Фенологическое развитие, половой тип дерева, фенотипическая изменчивость, сезонный прирост, интродуцент, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, идеотип

Чекменева Юлия Владимировна – доцент кафедры ботаники и дендрологии, канд. с-х. наук

E-mail: yuliya-chekmeneva@yandex.ru

Дорофеева Валентина Дмитриевна – доцент кафедры ботаники и дендрологии, канд. с-х. наук

E-mail: bot-fiz.rast@yandex.ru

Дегтярева Светлана Ивановна – доцент кафедры ботаники и дендрологии, канд. биол. наук

E-mail: bot-fiz.rast@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

### Введение

Текущие глобальные изменения климата обуславливают необходимость повышения устойчивости лесных и городских насаждений [5, 18]. Сезонный ритм растения – коэволюционное приспособительное свойство, которое обеспечивает сопряженность процессов роста и развития с климатической ритмикой [15]. Результаты фенологических наблюдений над интродуцированными видами имеют большое индикационное значение [2, 4], так как они позволяют выявить зависимость растений от среды и оценить их адаптационный потенциал. Важной задачей является изучение реакции уже успешно применяемых интродуцентов в меняющихся климатических условиях. Исследование особенностей адаптации видов вне их ареала способствует выявлению пластичности растений, форм, биотипов. Каждое дерево имеет определенный фенотип, на формирование которого оказывает влияние комплекс биотических и абиотических факторов. Согласно концепции идеотипа [17] предполагается, что существует идеальный фенотип культуры, который наиболее производителен в определенных условиях. В связи с этим идеотип не является статичным, и во многих случаях имеются ограничения в прогнозировании результата [16]. Идеотип играет определенную роль в селекции сельскохозяйственных культур, и с разработкой модели сорта у древесных растений (*Malus* spp., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L.) концепция расширилась [19]. Селекция по идеотипу может дополнять традиционные подходы к разведению, приводя к увеличению генетической изменчивости [20]. Так как конечная цель определяется для разных мест и ситуаций, ожидается, что характеристики идеотипа будут различаться в разных средах. Выявление наиболее устойчивых, отличающихся экологической пластичностью растений, с целью получения идеотипа – модели сорта для региона культивирования является актуальной задачей.

Цель работы – исследовать специфику фенологического развития деревьев псевдотсуги Мензиса разного полового типа в аномально теплый по погодным условиям 2020 г. в г. Воронеже.

Задачи исследования: 1) выявить особенности фенологического развития генеративных органов у деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco разного полового типа; 2) сравнить наблюдаемую динамику развития псевдотсуги с периодом, соответствующим по погодным условиям средним многолетним данным; 3) изучить индивидуальную изменчивость по характеру сезонного прироста однолетних побегов; 4) выявить перспективные растения по сочетанию признаков: фенологического (полное протекание фенологических фаз) и продукционного (стабильный сезонный прирост).

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, родиной которой является Северная Америка. В качестве интродуцента этот вид представляет практический интерес для лесоразведения и озеленения в условиях Центрально-Черноземного региона [13].

Обследованы девять деревьев этой породы 40–49-летнего возраста, растущие на расстоянии 10 метров друг от друга в рядовой посадке вдоль автодороги в Центральном районе г. Воронежа.

Категория состояния деревьев определялась по специальной шкале [12].

Фенологические наблюдения выполнялись с марта по октябрь согласно методике Н.Е. Булыгина [2]. Половой тип дерева определялся по соотношению количества микро- и макростробилов [11]. Полученные результаты обработаны с применением программ Microsoft Excel, Statistica 13.0.

Для анализа фенотипической изменчивости использованы линейные параметры сезонного прироста однолетних побегов, который определялся замером на 10 модельных

ветвях каждого дерева. Рассчитаны средние значения со среднеквадратическими отклонениями ( $M \pm \sigma$ ), ошибки среднего  $m_M$ , относительные ошибки среднего  $Pm$  и коэффициенты вариации  $Cv$ . Для определения наличия статистически значимых различий между средними был использован  $t$  – тест Стьюдента для независимых выборок с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$ . Полученные фактические значения  $t$ -статистики ( $t_\phi$ ) сопоставлялись с критическими значениями ( $t_{st}$ ) из таблицы распределения Стьюдента. При выполнении условия  $t_\phi > t_{st}$  различия между средними значениями считались статистически значимыми. Уровень изменчивости морфологических признаков оценивался по эмпирической шкале С.А. Мамаева [9]. Дополнительно для выявления взаимосвязи изменений признаков с

метеоусловиями использован коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ).

### Результаты и их обсуждение

Воронеж находится в Центрально-Черноземном районе, который характеризуется умеренно-континентальным климатом. Продолжительность вегетационного периода колеблется от 180 до 190 дней. Средняя норма осадков 572 мм, за вегетационный период выпадает 270–315 мм. В период с мая по сентябрь часто наблюдаются засухи. По данным интернет-портала World-weather [1] средняя температура летних месяцев составляет: +23 °С – в июне, +26 °С – в июле, +25 °С – в августе. В холодные месяцы года температура опускается до –3 °С в декабре, –6 °С – в январе и –5 °С – в феврале (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика климата г. Воронежа

Год	Среднемесячная температура, °С											
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2002	–9	–5	+2	+7	+13	+19	+22	+28	+24	+17	+8	+2
2003	–7	–5	–1	+6	+9	+21	+18	+23	+22	+17	+9	+2
2004	–2	–2	–3	+4	+11	+17	+20	+23	+25	+18	+10	+2
2019	+1	–6	–3	+4	+14	+22	+27	+23	+24	+20	+14	+4
2020	–4	+1	–1	+10	+12	+17	+26	+28	+26	+23	+16	+4
2021	–3	–3	–6	+2	+13	+20	+25	+29	+30	+16	+11	+5
Климатическая норма, °С	–3	–6	–5	+2	+12	+20	+23	+26	+25	+19	+10	+3
	Осадки, мм											
2019	25	47	19	46	33	91	12	100	25	14	70	40
2020	28	35	79	20	18	75	65	30	7	2	35	53
2021	36	76	58	14	67	61	98	21	10	99	6	40
Климатическая норма, мм	48	42	39	38	41	48	61	58	52	51	51	43

Наблюдения проведены за ростом побегов *P. menziesii* (Mirb.) Franco в аномально теплый 2020 год и следующий за ним 2021 г.

Сравнение сроков наступления фенофаз выполнено на основании данных за трехлетний период с 2002 по 2004 гг., так как среднемесячные температуры этих лет были близки

к климатической норме. По данным интернет-портала Гисметео в Воронеже в зимний период 2019 года и весенний 2020 года отмечена аномально теплая погода. Средняя температура января имела положительное значение (+1 °С) и оказалась выше нормы на 4 градуса. Средняя температура марта больше со-

ответствовала апрелю. Летний сезон стал вторым по засушливости за последние двадцать лет [1].

Половой тип у деревьев *P. menziesii* (Mirb.) Franco определен по соотношению микростробил к макростробилам. Соотношение стробилов у женских особей варьирует от 4:1

до 25:1, у смешанных – от 30:1 до 70:1, у мужских – от 80:1 до 130:1. Как правило, у деревьев женского типа семеносящий ярус занимает 80–90 % кроны, у смешанного типа – около 60 %, у мужского – менее 30 % [11]. Распределение деревьев по половому типу приведено в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

№ дерева	Половой тип	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Категория состояния	Балл урожайности
1	жен.	49	20	48	2	-
2	жен.	41	12	24	1	5
3	смеш.	40	14	29	1	4
4	муж.	46	16	36	1	2
5	жен.	46	15	28	2	4
6	смеш.	47	18	38	2	5
7	смеш.	47	16	37	2	5
8	смеш.	46	17	42	2	4
9	муж.	41	15	34	1	2

Вегетация псевдотсуги Мензиса начинается с набухания генеративных почек. Опыление происходит до разверзания ростовых почек в конце апреля – начале мая. Весна 2020 года была ранней, с неустойчивой погодой. Снеготаяние было завершено очень быстро – к концу марта. Обычная его продолжительность составляет примерно 29 дней: с конца второй декады марта до середины второй декады апреля. В 2020 г. наиболее ранние сроки набухания генеративных почек наблюдались у деревьев смешанного и мужского типов (27–29 марта), у деревьев женского типа это происходило значительно позднее – 4.04 и даже 10.04 (табл. 3).

Развержание генеративных почек наступило в начале апреля у деревьев № 6 смешанного (01.04) и № 4 мужского типа (04.04), в конце первой декады апреля (10.04) у деревьев № 2, № 3 женского и № 7 смешанного типа. В начале второй декады апреля (12.04) – у деревьев № 5 женского, № 8 смешанного и № 9 мужского типа (14.04). В этот период в апреле часто отмечаются заморозки, 15 апреля тем-

пература опустилась до 0 °С, пошел снег с дождем. Похолодание продлилось до 18 апреля, 19 апреля потеплело до +7 °С. На фоне похолодания протекала фенофаза «обособление стробилов». Раннее наступление фазы отмечено у деревьев № 6 смешанного (10.04) и № 4 мужского (12.04) типа. К середине второй декады апреля (14–15.04) зафиксировано у деревьев № 3, № 7 смешанного и № 2, № 5 женского типа. Поздняя дата – конец второй декады апреля (19.04) отмечена у деревьев № 8 смешанного и № 9 мужского типа.

Обособление мегастробилов началось позже на несколько дней, по сравнению с микростробилами. Через 2 дня (14.04) мегастробилы обособились у дерева № 4 мужского типа, через 4–5 дней (19.04) – у деревьев № 2 женского и № 3 смешанного типа, через 6 (20.04) – у дерева № 5 женского типа. Таким образом, расхождение во времени между началом обособления мужских и женских стробилов составило от 2 до 6 дней. Следовательно, в 2020 году отмечена протоандрия – ран-

нее прохождения фенофаз микростробиллов по сравнению с мегастробилами. Явление диогогамии, проявляющееся как протоандрия и протогиния у сосны обыкновенной, наблюдали В.А. Кублик с соавторами [7], по их данным тип «цветения» деревьев зависит от их клоновой принадлежности. Об обусловленности проявления протоандрии и протогинии у

видов рода орех (*Juglans*) от погодных-климатических условий указано в исследованиях П.П. Дорофеева [6]. Протоандрия у однодомных раздельнополых древесных растений, согласно данным Н.Е. Булыгина [2], связывается с сухой и жаркой погодой, предшествующей цветению, что соответствует погодным условиям 2020 года в г. Воронеже.

Таблица 3  
Фенологическое развитие генеративных органов деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco различного полового типа

№ дерева, половой тип	2020 г.	2021 г.	Средняя дата за период	
			2020–2021 гг.	2002–2004 гг.
<i>Набухание почек (♂, ♀)</i>				
1-жен.	-	11.04	-	13.04
2-жен.	04.04	11.04	08.04	-
3-смеш.	04.04	11.04	08.04	17.04
4-муж.	29.03	11.04	05.04	14.04
5-жен.	10.04	11.04	11.04	17.04
6-смеш.	27.03	11.04	04.04	11.04
7-смеш.	29.03	11.04	05.04	-
8-смеш.	29.03	11.04	05.04	-
9-муж.	29.03	11.04	05.04	-
Средняя фенодата в насаждении			06.04 (♂, ♀)	14.04 (♂, ♀)
<i>Разверзание почек</i>				
1-жен.	-	25.04 ♂	-	17.04
2-жен.	14.04 ♀; 10.04 ♂	25.04 ♂	18.04 ♂	-
3-смеш.	10.04 ♀	25.04 ♂	-	22.04
4-муж.	04.04 ♂	20.04 ♀; 25.04 ♂	15.04 ♂	19.04
5-жен.	15.04 ♀; 12.04 ♂	20.04 ♂	16.04 ♂	22.04
6-смеш.	01.04 ♂	20.04 ♂	11.04 ♂	16.04
7-смеш.	10.04 ♂	25.04 ♂, ♀	18.04 ♂	-
8-смеш.	14.04 ♂	22.04 ♀; 24.04 ♂	19.04 ♂	-
9-муж.	14.04 ♂	19.04 ♂, ♀	17.04 ♂	-
Средняя фенодата в насаждении			16.04 ♂	19.04 ♂, ♀
<i>Обособление на побегах микро- и мегастробиллов</i>				
1-жен.	-	23.04 ♀; 26.04 ♂	-	-
2-жен.	19.04 ♀; 15.04 ♂	26.04 ♀; 26.04 ♂	23.04 ♀; 21.04 ♂	-
3-смеш.	19.04 ♀; 14.04 ♂	23.04 ♀; 26.04 ♂	21.04 ♀; 20.04 ♂	-
4-муж.	14.04 ♀; 12.04 ♂	22.04 ♀; 25.04 ♂	18.04 ♀; 19.04 ♂	-
5-жен.	20.04 ♀; 14.04 ♂	22.04 ♀; 26.04 ♂	21.04 ♀; 20.04 ♂	-
6-смеш.	10.04 ♂	25.04 ♀; 22.04 ♂	16.04 ♂	-

№ дерева, половой тип	2020 г.	2021 г.	Средняя дата за период	
			2020–2021 гг.	2002–2004 гг.
7-смеш.	14.04 ♂	26.04 ♀; 23.04 ♂	19.04 ♂	-
8-смеш.	19.04 ♂	22.04 ♀; 26.04 ♂	23.04 ♂	-
9-муж.	19.04 ♂	22.04 ♀; 25.04 ♂	22.04 ♂	-
Средняя фенодата в насаждении			21.04 ♀; 20.04 ♂	22.04 ♀; 20.04 ♂
<i>Начало «цветения»</i>				
1-жен.	-	25.04 ♀; 29.04 ♂	-	18.04 ♀; 19.04 ♂
2-жен.	19.04 ♂; 24.04 ♀	29.04 ♀; 01.05 ♂	27.04 ♀; 25.04 ♂	-
3-смеш.	21.04 ♀; 16.04 ♂	25.04 ♀; 01.05 ♂	23.04 ♀; 24.04 ♂	23.04 ♀; 24.04 ♂
4-муж.	19.04 ♀; 14.04 ♂	25.04 ♀; 30.04 ♂	22.04 ♀; 22.04 ♂	21.04 ♀; 22.04 ♂
5-жен.	24.04 ♀; 17.04 ♂	25.04 ♀; 01.05 ♂	25.04 ♀; 24.04 ♂	21.04 ♀; 24.04 ♂
6-смеш.	13.04 ♂	24.04 ♀; 27.04 ♂	20.04 ♂	16.04 ♀; 20.04 ♂
7-смеш.	17.04 ♂	29.04 ♀; 01.05 ♂	24.04 ♂	-
8-смеш.	25.04 ♂	25.04 ♀; 29.04 ♂	27.04 ♂	-
9-муж.	23.04 ♂	25.04 ♀; 01.05 ♂	27.04 ♂	-
Средняя фенодата в насаждении			24.04 ♀; 24.04 ♂	23.04 ♀; 21.04 ♂
<i>Окончание «цветения»</i>				
1-жен.	-	7.05 ♀; 03.05 ♂	-	24.04 ♀; 25.04 ♂
2-жен.	03.05 ♀; 25.04 ♂	8.05 ♀; 04.05 ♂	06.05 ♀; 30.04 ♂	-
3-смеш.	01.05 ♀; 24.04 ♂	7.05 ♀; 03.05 ♂	04.05 ♀; 29.04 ♂	26.04 ♀; 28.04 ♂
4-муж.	30.04 ♀; 22.04 ♂	8.05 ♀; 03.05 ♂	04.05 ♀; 28.04 ♂	23.04 ♀; 25.04 ♂
5-жен.	02.05 ♀; 28.04 ♂	7.05 ♀; 04.05 ♂	05.05 ♀; 01.05 ♂	26.04 ♀; 28.04 ♂
6-смеш.	21.04 ♂	7.05 ♀; 02.05 ♂	27.04 ♀; 27.04 ♂	23.04 ♀; 25.04 ♂
7-смеш.	24.04 ♂	8.05 ♀; 04.05 ♂	30.04 ♂	-
8-смеш.	30.04 ♂	8.05 ♀; 02.05 ♂	01.05 ♂	-
9-муж.	30.04 ♂	8.05 ♀; 04.05 ♂	02.05 ♂	-
Средняя фенодата в насаждении			30.04 ♀; 03.05 ♂	26.04 ♀; 25.04 ♂

Примечание. ♀ – макростробилы (женские стробилы); ♂ – микростробилы (мужские стробилы).

Начало «цветения» у микростробилов означает начало их пыления, когда при потряхивании ветвей из мужских стробилов вылетает пыльцевое облачко. Раннее наступление фенофазы зафиксировано у деревьев № 6 смешанного (13.04) и № 4 мужского (14.04) типа. Промежуточные сроки установлены у деревьев № 3 смешанного (16.04), № 5 женского (17.04), № 7 смешанного (17.04) и № 2 (19.04) женского типа. Позднее наступление фенофазы отмечено у деревьев № 9 мужского типа (23.04) и № 8 смешанного (25.04). Различия по времени начала цветения между ранней и промежуточ-

ной феноформой составило 3–5, между промежуточной и поздней 7–8, между ранней и поздней – 10–11 дней. Раннее окончание «цветения» микростробилов зафиксировано у деревьев № 6 смешанного (21.04) и № 4 мужского типа (22.04). Промежуточные сроки отмечены у деревьев № 3 смешанного (24.04), № 2 женского и № 7 смешанного (25.04), поздние – у деревьев № 5 женского (28.04), № 8 смешанного и № 9 мужского (30.04) типа. Продолжительность пыления у деревьев ранней феноформы составила 9 дней, у промежуточной – 7–9, и у поздней – 7–12 дней.

В 2020 году отмечена особенность в сезонном развитии микростробилов. Фенофаза «обособление» наложилась на фазу «цветение микростробилов». У деревьев поздней феноформы — № 9 мужского типа с желтыми микростробилами, № 8 смешанного типа с красными, а также у дерева промежуточной феноформы № 3 смешанного типа с красными микростробилами отмечено, что мужские стробилы остались закрытыми почечными чешуйками до половины длины.

У деревьев промежуточной формы № 7 смешанного и № 5 женского типа с красными микростробилами, они были закрыты на одну треть. Полностью обособленными, по форме и размерам близки к «цветущим» были микростробилы деревьев ранней феноформы — № 6 смешанного типа с желтыми и № 4 мужского типа с красными микростробилами. Также, после периода похолодания, который проходил с 15 по 18 апреля, отмечено единичное (до 10 %) повреждение низкой температурой микростробил деревьев № 6 и № 8 смешанного типа в нижней части крон с северо-западной стороны. Визуально оно проявлялось частичным побурением микроспорофиллов по оси стробила. К началу мая (01.05), когда у деревьев закончился период пыления, в кроне дерева № 7 смешанного типа отмечено раскрытие мужских генеративных почек, которые так и остались в фазе «разверзания микростробилов». При отрыве и растирании почек отмечено, что стробилы под почечными чешуйками были высохшими и из них высыпалась пыльца.

Начало «цветения» мегастробилов характеризуется тем, что они полностью освободились от почечных чешуй, заняли вертикальное положение на ветвях в кроне, а семенные чешуйки широко раскрыты. Женское «цветение» у деревьев № 2 женского, № 3 смешанного, № 4 мужского, № 5 женского типа в 2020 году было единичным. Фаза началась у разных деревьев в близкие сроки — с 19 по 24 апреля. Продолжительность «цветения» мегастробилов составила 9 дней у дерева № 5 женского (с

24.04 по 02.05), 10 дней у дерева № 2 женского (с 24.04 по 03.05) и 12 дней у деревьев № 3 смешанного (с 21.04 по 01.05) и № 4 мужского типа (с 19.04 по 30.04). В кроне деревьев отмечена неодновременность разверзания женских генеративных почек. Начало фенофазы в первую очередь отмечается с юго-восточной экспозиции кроны. В 2020 году разобщение между женским и мужским цветением в пределах крон деревьев составило от 6 до 8 дней.

В 2021 году среднемесячная температура марта составила  $-2^{\circ}\text{C}$ . Начало апреля (3.04) было прохладным, но соответствовало норме — днем было  $+4^{\circ}\text{C}$ , утром шел дождь со снегом. К началу второй декады (11.04) температура поднялась до  $+11^{\circ}\text{C}$ , но по ночам еще опускалась до  $0^{\circ}\text{C}$ . В этот период началось набухание генеративных почек. Продлилась эта фаза до конца второй декады апреля, и с 19.04 по 25.04 при дневной температуре  $+11^{\circ}\text{C}$  и ночной  $+6^{\circ}\text{C}$  началась фаза разверзания генеративных почек. Обособление мега- и микростробилов в насаждении прошло примерно в одни сроки (с 22 по 26 апреля). «Цветение» мегастробилов началось раньше на 3–7 дней в зависимости от дерева (с 24 по 29 апреля), по сравнению с микростробилами (с 27.04 по 01.05). Соответственно в 2021 году отмечена протогиния, которая, по нашему мнению, была обусловлена холодной и влажной погодой в период, предшествующий цветению. Кроме того, разница по времени между ранней, промежуточной и поздней группами в сроках цветения была небольшой — с интервалом в два дня между соседними феноформами и в четыре дня — между ранней и поздней. Следовательно, в весенний сезон, близкий к климатической норме, различие между фенологическими формами (ранней, средней и промежуточной) сокращается с 10 до 4 дней.

В 2021 году «цветение» микростробилов наложилось на «цветение» мегастробилов, при этом мегастробилы были в рецептивной фазе, в кроне расположены вертикально, с широко расставленными семенными чешуйками. То есть, отмечена тенденция к синхрон-

ному типу «цветения», что обеспечивает перепыление в группе растений. Закончилось «цветение» мегастробиллов в конце первой декады мая (7–8.05), «цветение» микростробиллов – раньше на 4–5 дней. Сокращение сроков пыления с 6–12 дней в 2020 году до 3–5 дней в 2021 году связано с дождливой погодой в начале мая. Продолжительность «цветения» макростробиллов была примерно одинакова: в 2020 г. – 10–12 дней, в 2021 г. – 10–14 дней. Смыкание семенных чешуй и заложение шишек в 2020 г. отмечено в начале первой декады мая (01–05.05), в 2021 г. – почти в середине мая (14.05). Созревание шишек в 2020 г. происходило в первой декаде сентября, в 2021 г. – в конце второй декады.

В отдельные годы сезонные явления наступают с большими или меньшими отклонениями от средних многолетних сроков, поэтому проведено сравнение средних сроков наступления фенодат в годы наблюдений (2020–2021 гг.) с периодом с 2002 по 2004 г. Отмечена тенденция сдвига в наступлении фенофазы «набухание почек». В период 2020–

2021 гг. она наступила раньше на 8 дней (6 апреля), по сравнению с 19-летней давностью (14 апреля). Даты разверзания почек (16.04 и 19.04), обособления стробиллов (21.04 ♀; 20.04 ♂ и 22.04 ♀; 20.04 ♂), начала цветения (24.04 ♀, ♂ и 21.04 ♂; 23.04 ♀) более стабильны, средние многолетние отличаются на 1 день. Сроки окончания «цветения» сдвигаются на 5 дней позднее для «цветения» мегастробиллов 30.04 ♀ и 26.04 ♀, и на 9 дней – для цветения микростробиллов 03.05 ♂ и 25.04 ♂. По нашему мнению, это связано с погодноклиматическими условиями во время цветения: сменяющиеся периоды тепла и похолодания, из-за которых фенофаза удлиняется. Каждой фенофазе соответствует свой температурный режим, обуславливающий даты начала, окончания и общую продолжительность периода [10].

Сезонный прирост однолетних побегов определялся замером на 10 модельных ветвях каждого дерева. В 2020 году прирост побегов изменялся от 55,75 до 137,45 мм, в 2021 году – от 32,5 до 100,8 мм (табл. 4).

Таблица 4

Сезонный прирост побегов *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

№ дерева, половой тип	Прирост побегов						Категория состояния, балл
	2020 г.			2021 г.			
	$M \pm m$ , мм	$Pm$ , %	$Cy$ , %	$M \pm m$ , мм	$Pm$ , %	$Cy$ , %	
1-жен.	60,2 ± 3,7	6,1	20,3	58,4 ± 2,9	5,6	19,2	2
2-жен.	55,8 ± 2,9	5,2	17,1	81,9 ± 3,3	4,1	13,0	1
3-смеш.	109,9 ± 5,7	5,2	19,5	95,9 ± 4,3	4,3	12,9	1
4-муж.	87,3 ± 4,6	5,3	17,3	100,8 ± 5,5	5,5	18,1	1
5-жен.	73,9 ± 4,3	5,8	20,8	35,0 ± 2,5	7,1	25,4	2
6-смеш.	137,4 ± 8,6	6,3	19,8	86,4 ± 6,4	7,4	28,5	2
7-смеш.	71,7 ± 4,6	6,4	24,2	32,5 ± 0,8	2,8	9,5	2
8-смеш.	69,0 ± 4,4	6,4	22,9	66,7 ± 3,8	5,7	19,1	2
9-муж.	75,2 ± 4,6	6,1	20,4	59,5 ± 3,4	5,7	18,9	1

Одинаково стабильным приростом в 2020 и 2021 годы отличались деревья № 1 женского ( $t_{\phi} 0,37 < t_{sr} 2,0$ ) и № 8 смешанного типа

( $t_{\phi} 0,57 < t_{sr} 2,0$ ). Достоверно больший прирост в 2021 году имели деревья № 2 женского типа ( $t_{\phi} 3,77 > t_{sr} 2,0$ ) и № 4 мужского типа ( $t_{\phi} 2,04 >$

$t_{st} 2,0$ ). У пяти деревьев в группе в 2021 г. показатели прироста снизились по сравнению с предыдущим годом: № 3 женского типа ( $t_{\phi} 4,97 > t_{st} 2,0$ ) и № 9 мужского типа ( $t_{\phi} 2,39 > t_{st} 2,0$ ), № 5 женского типа

( $t_{\phi} 6,39 > t_{st} 2,0$ ) и № 7 смешанного типа ( $t_{\phi} 6,29 > t_{st} 2,0$ ). Наибольшая интенсивность роста побегов отмечается с начала мая до середины июня. После этого срока скорость прироста снижается (рис. 1 и 2).

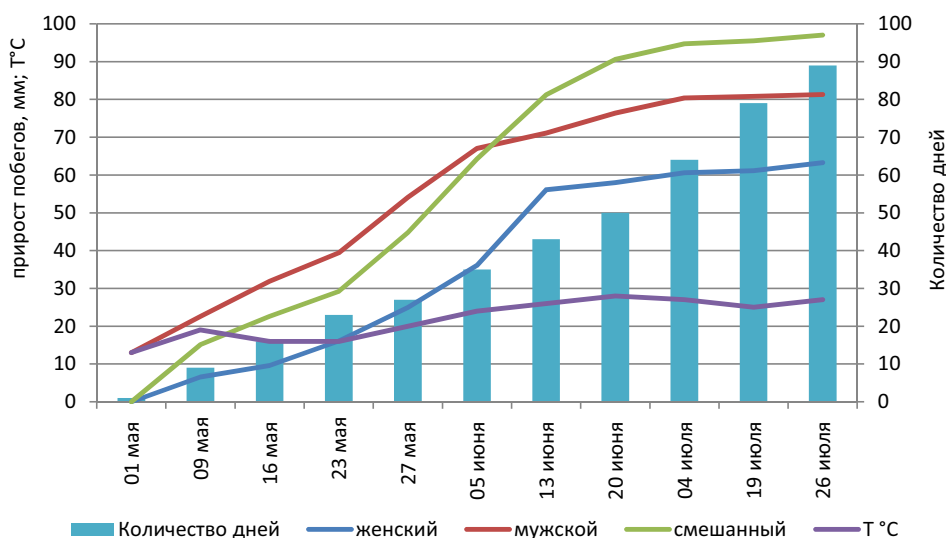


Рис. 1. Прирост побегов деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco разного полового типа в 2020 г.

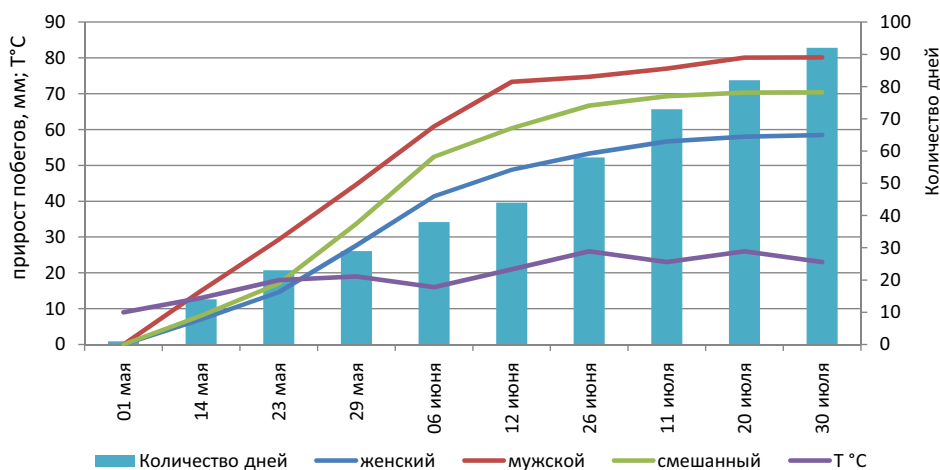


Рис. 2. Прирост побегов деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco разного полового типа в 2021 г.

Известно, что динамика роста побегов существенно зависит от температуры и влажности [2]. Так как в течении периода роста боковых побегов в вегетационные сезоны 2020–2021 гг. осадки выпадали крайне неравномер-

но (в мае 2020 года выпало осадков более чем в 1,6 раза больше нормы, а с начала лета до осени наблюдалась засуха), то для анализа в качестве показателя взята влажность воздуха на высоте двух метров от земли [1].

Для выявления взаимосвязей, зависимости между приростом побегов деревьев разных типов, температурой воздуха и относи-

тельной влажностью рассчитана корреляционная матрица в программе Statistica 13.0 (табл. 5).

Таблица 5

## Корреляционная матрица

Переменная	Коэффициент корреляции (2020 г.)				
	Женский тип	Мужской тип	Смешанный тип	Температура воздуха, °С	Влажность, f
Женский тип	1,000	0,974	0,994	0,948	-0,224
Мужской тип	0,974	1,000	0,990	0,937	-0,076
Смешанный тип	0,994	0,990	1,000	0,952	-0,149
Температура воздуха, °С	0,948	0,937	0,952	1,000	-0,124
Влажность, f	-0,224	-0,076	-0,149	-0,124	1,000
Переменная	Коэффициент корреляции (2021 г.)				
	Женский тип	Мужской тип	Смешанный тип	Температура воздуха, °С	Влажность, f
Женский тип	1,000	0,994	0,999	0,896	-0,118
Мужской тип	0,994	1,000	0,994	0,906	-0,080
Смешанный тип	0,999	0,994	1,000	0,892	-0,106
Температура воздуха, °С	0,896	0,906	0,892	1,000	-0,316
Влажность, f	-0,118	-0,080	-0,106	-0,316	1,000

Установлено, что прирост побегов в большей степени зависит от температурного режима, чем от условий увлажнения текущего года. У особей разного полового типа отмечена положительная корреляция с очень высокой силой связи ( $r = 0,892 - 0,999$ ) прироста однолетних побегов от среднесуточной температуры текущего вегетационного периода. Отрицательной и слабой оказалась корреляция с относительной влажностью воздуха ( $r = -0,076...-0,316$ ). Полученные результаты подтверждают обратное взаимодействие влажности и температуры воздуха, так как с изменением температуры изменяется и количество испарения и влаги. Влажность увеличивается по мере того, как температура снижается и воздух приближается к точке росы. При повышении температуры относительная влажность воздуха падает.

По данным С.М. Лазаревой [8], на примере сезонного прироста видов *Picea* в Левобереж-

ном Заволжье указывается, что даже очень сильная засуха в период набухания—разверзания почек, не влияет на величину текущего прироста. Для формирования максимально длинного побега более важны условия увлажнения, складывающиеся в предшествующий вегетационный период. Данное утверждение согласуется со сведениями А.В. Веретенникова [3]: *P. menziesii* относится к растениям с преформированным типом побегов, для которых характерен фиксированный рост. У таких растений число узлов, междоузлий и зачатков заложено в почке, и весной следующего года происходит лишь увеличение их размеров. Кроме того, ежегодный прирост также зависит не только от температуры текущего, но и от температуры лета предыдущего года. Так как в этот период закладывается хвоя в почках, а размеры побега будущего года становятся как бы запрограммированными в зависимости от количества хвои в почках. Но необходимым условием высокой

биологической продуктивности растения является достаточно высокий уровень влажности почвы и воздуха в течение всего вегетационного периода. Засушливые условия, по мнению С.С. Саксонова [14], отрицательно сказываются на формировании полноценно развитых семян, а также мешают нормальной подготовке растений к зимнему покою.

Средние значения величин годичного прироста побегов деревьев, в соответствии с половым типом, варьируют в широких пределах – от 32,5 до 137 мм в течение двух лет. Различие обусловлено особенностями конкрет-

ных деревьев. Снижение прироста в 2021 году у деревьев № 3 смешанного, № 5 женского, № 6 смешанного, № 7 смешанного, № 9 мужского типа, вероятно, связано с индивидуальной реакцией растений на засушливые условия предшествующего вегетационного периода 2020 года.

Анализ прироста побегов в соответствии с половым типом деревьев (табл. 6) показал, что деревья женского типа отличаются минимальным сезонным приростом в сравнении с деревьями мужского ( $t_{\phi} 3,4 - 4,28 > t_{st} 2,0$ ) и смешанного типов ( $t_{\phi} 2,35 - 5,95 > t_{st} 2,0$ ).

Таблица 6

Сезонный прирост побегов *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в соответствии с половым типом деревьев

Половой тип	Прирост побегов					
	2020 г.			2021 г.		
	$M \pm m$ , мм	$Pm$ , %	$Cv$ , %	$M \pm m$ , мм	$Pm$ , %	$Cv$ , %
Женский	63,3 ± 3,6	5,7	19,4	55,3 ± 2,9	5,6	19,2
Мужской	81,3 ± 4,6	5,7	18,85	80,1 ± 4,4	5,6	18,5
Смешанный	97,0 ± 5,8	6,1	21,6	70,4 ± 3,8	5,1	17,5

Прирост деревьев мужского и смешанного типов в зависимости от года был различным: в 2020 году максимальное его значение отмечено у деревьев смешанного типа, по сравнению с деревьями мужского типа ( $t_{\phi} 2,35 > t_{st} 2,0$ ), а в 2021 году прирост оказался на одинаковом уровне ( $t_{\phi} 1,43 < t_{st} 2,0$ ).

При изучении индивидуальной фенотипической изменчивости с дифференциацией деревьев по половому типу установлено, что в течение двух лет прирост побегов варьирует на одинаково среднем уровне у деревьев женского ( $Cv = 19,2 - 19,4$  %) и мужского типов ( $Cv = 18,5 - 18,9$  %). У особей смешанного типа амплитуда изменчивости возрастает со среднего до повышенного уровня ( $Cv = 17,5 - 21,6$  %).

#### Выводы

По результатам фенологических наблюдений за развитием генеративных побегов *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в 2020–2021 годах сделан ряд выводов.

1. В зависимости от погодных-климатических условий изменяется тип диогамии. Протоандрия проявляется, если «цветению» предшествует ранняя и теплая весна (2020 г.). Прохладная и влажная погода обусловила в 2021 г. проявление протогинии.

2. Отмечено более раннее наступление фенофазы «набухание почек» в развитии генеративной сферы – на 8 дней по сравнению с периодом 2002–2004 годов, который по погодным условиям соответствовал климатической норме. Нарушение сезонной ритмики в аномально теплый 2020 год проявилось в незавершении фенофазы «обособление микростробиллов» у большинства деревьев, кроме ранней феноформы № 4 мужского и № 6 смешанного типа. По нашему мнению, это связано с нестабильными температурными условиями – похолоданием до 0 °C в период протекания фазы.

3. В 2020 году, с теплой зимой и ранней, теплой весной, у деревьев отмечается макси-

мальная разновременность «цветения» мега- и микростробиллов в пределах растения и группы. Временной разрыв составил 3–5 дней между ранней (№ 6 женского, № 4 мужского) и промежуточной (№ 2 женского, № 3 смешанного, № 5 женского, № 7 смешанного типа) фенологическими формами; 7–8 дней между промежуточной и поздней (№ 8 смешанного, № 9 мужского), и 10–11 дней между ранней и поздней. Разобщение в «цветении» между микро- и макростробилами составило 6–8 дней.

4. В 2021 году, с холодной зимой и весной, соответствующей климатической норме, различие по срокам наступления фенофаз между феноформами сокращается до 2 дней у соседних феноформ и до 4 дней – между крайними. Расхождение по времени «цветения» между макро- и микростробилами – до 4 дней. К моменту рецептивности мегастробиллов происходит синхронизация с периодом пыления микростробиллов, что обеспечивает процесс перепыления деревьев в группе.

5. Наблюдается уменьшение периода пыления с 6–12 дней (2020 г.) до 3–5 дней (2021 г.), который в большей степени зависит от погодных условий (дождливая погода). Продолжительность женского цветения более стабильна и составляет 10–12 и 10–14 дней.

7. Выделены деревья, обладающие наиболее продуктивным сочетанием признаков, отличающиеся стабильным сезонным приростом, которые могут быть использованы в дальнейшей селекции с последующим отбором наиболее адаптивных растений: № 1 и № 2 женского типа промежуточной феноформы, № 8 смешанного типа поздней феноформы и № 4 мужского типа ранней феноформы.

Сведения об особенностях фенологического развития генеративных органов деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco разного полового типа, различных феноформ позволят проводить целенаправленный отбор по генеративным особенностям деревьев для регулирования «цветения» и контролируемого опыления.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архив погоды в Воронеже. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=34123> (дата обращения: 14.11.2024).
2. Бульгин, Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями / Н.Е. Бульгин. – Л. : ЛТА, 1979. – 96 с.
3. Веретенников, А.В. Физиология растений : Учебник / А.В. Веретенников. – М. : Академический Проект, 2003. – 480 с.
4. Волчанская, А.В. Индикационное значение сезонной динамики редких растений дендрофлоры России в Санкт-Петербурге / А.В. Волчанская, Г.А. Фирсов // Вестник Удмуртского университета. – 2014. – Вып. 1. – С. 34–41.
5. Гребенюк, Г.Н. Современная динамика климата и фенологическая изменчивость северных территорий / Г.Н. Гребенюк, В.П. Кузнецова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11–5. – С. 1063–1077. – EDN PKWQJ.
6. Дорофеев, П.П. Культура орехоплодных в Молдавии / П.П. Дорофеев. – Кишинев : Гос. изд-во Молдавии. – 1950. – 76 с.
7. Кублик, В.А. Закономерности формирования урожая семян на семенных плантациях сосны обыкновенной в Ульяновской области / В.А. Кублик, Б.П. Чураков, Н.А. Митрофанова, С.В. Кублик // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2015. – № 3. – С. 117–127.
8. Лазарева, С.М. Рост боковых побегов и продолжительность жизни хвои видов *Picea* в Левобережном Заволжье / С.М. Лазарева // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. 32, № 5–6. – С. 44–49. – EDN TUIPQB.
9. Мамаев, С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений : Труды института экологии растений и животных УНЦ АН СССР / П.Л. Горчаковский. Том 94. – Свердловск : Уральский научный центр академии наук СССР, 1975. – С. 3–14. – EDN WZZZYX.

10. Минин, А.А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения / А.А. Минин. – М. : Издательство АВФ/АБФ. – 2000. – 160 с.
11. Некрасова, Т.П. Биологические основы семеношения кедра сибирского / Т.П. Некрасова // Новосибирск : Наука. – 1972. – 274 с.
12. О правилах санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 года № 607. – Москва, 2017. Приложение 1. Шкала категорий санитарного состояния деревьев [Электронный ресурс] : Доступ из правовой системы «КонсультантПлюс». – URL: <https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-09122020-n-2047/pravila-sanitarnoi-bezopasnosti-v-lesakh/prilozhenie-n-1/> (дата обращения: 09.09.2024).
13. Русин, Н.С. Рост и состояние интродукционных происхождений (форм) псевдотсуги Мензиса в условиях Центральной лесостепи / Н.С. Русин, С.Ю. Горевалова, В.И. Ширяев // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры : Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. В 2-х частях, Минск, Беларусь, 19–22 июня 2012 года / Редколлегия: В.В. Титок [и др.]. Часть 2. – Минск : Конфидо, 2012. – С. 170–174. – EDN YZALXB.
14. Саксонов, С.С. Влияние засух на приживаемость лесных культур / С.С. Саксонов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2020. – Т. 29, № 4. – С. 37–42. – DOI: 10.24411/2073–1035–20120–10354. – EDN GHLDXX.
15. Скрипчинский, В.В. Фотопериодизм – его происхождение и эволюция / В.В. Скрипчинский // АН СССР. Всесоюз. ботан. о-во. – Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. – 299 с.
16. Alonso, A.J. The role of the ideotype in future agricultural production. Hypothesis and theory / A.J. Alonso, Carbajal-Friedrich, Alexandra J. Burgess // *Plant Physiol.* – 2024. – 23 January 2024. *Sec. Environmental Interactions*. Vol. 2. – DOI: 10.3389/fphgy.2024.1341617 / <https://doi.org/10.3389/fphgy.2024.1341617>.
17. Donald, C.M. The breeding of crop ideotypes / C.M. Donald // *Euphytica.* – Vol. 17. 1968. – P. 385–403. – DOI: 10/1007/BF0056241.
18. Egerer, M. Multicultural gardeners and park users benefit from and attach diverse values to urban nature spaces / M. Egerer, Ordóñez Barona, Camilo & Lin, Brenda & Kendal, Dave // *Urban Forestry & Urban Greening.* – 2019. – Vol. 46. – P. 126445. – DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126445.
19. Leakey, R.R.B. The ideotype concept and its application to the selection of AFTP cultivars / R.R.B. Leakey, T. Page // *Forests, Trees and Livelihoods.* – 2006. – Vol. 16. – P. 5–16.
20. Reynolds, M. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies/ M. Reynolds, D. Bonnett, S. Chapman [et al.] // *J. Exp. Bot.* – 2011. – Vol. 62. – P. 439–452. – DOI: 10.1093/jxb/erq311.

## REFERENCES

1. Weather archive in Voronezh [website]: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=34123> (date of access: 14.11.2024). (In Russian).
2. Bulygin N.E. Phenological observations of woody plants. Leningrad, LTA, 1979, 96 p. (In Russian).
3. Veretennikov A.V. Plant Physiology. Textbook. Moscow, Academic Project, 2003, 480 p. (In Russian).
4. Volchanskaya A.V., Firsov G.A. Indicative value of seasonal dynamics of rare plants of Russian dendroflora in St. Petersburg. *Bulletin of the Udmurt University [Vestnik Udmurtskogo universiteta]*, 2014, vol. 1, pp. 34–41. (In Russian).
5. Grebenyuk G.N., Kuznetsova V.P. Modern climate dynamics and phenological variability of northern territories. *Fundamental research [Fundamental'nye issledovaniya]*, 2012, no. 11, pp. 1063–1077. EDN PKWQCJ. (In Russian).

6. Dorofeev P.P. Culture of nut-bearing plants in Moldova. Kishinev, State Publishing House of Moldova, 1950, pp. 116–121. (In Russian).
7. Kublik V.A., Churakov B.P., Mitrofanova N.A., Kublik S.V. Patterns of seed yield formation on Scots pine seed plantations in the Ulyanovsk region. *Ulyanovsk Medical and Biological Journal [Ul'janovskij mediko-biologicheskij zhurnal]*, 2015, no. 3, pp. 117–127. (In Russian).
8. Lazareva S.M. Shoot growth and lifespan of needles of *Picea* species in the Left-bank Trans-Volga region. *Conifers of the boreal zone [Hvojnye boreal'noj zony]*, 2014, vol. XXXII, no. 5–6. pp. 44–49. EDN TUIPQB. (In Russian).
9. Mamaev S.A. Basic principles of the methodology for studying intraspecific variability of woody plants. *Individual ecological and geographical variability of plants [Individual'naja jekologo-geograficheskaja izmenchivost' rastenij]*. Proceedings of the Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences / P.L. Gorchakovskiy. Vol. 94. Sverdlovsk, Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1975, pp. 3–14. EDN WZZZYX. (In Russian).
10. Minin A.A. Phenology of the Russian Plain: Materials and Summaries. Moscow, ABF/ABF Publishing House, 2000, 160 p. (In Russian).
11. Nekrasova T.P. Biological principles of Siberian pine seed production. Novosibirsk, Science, Siberian Branch, 1972, 274 p. (In Russian).
12. On the Rules of Sanitary Safety in Forests. Government Decree No. 607 dated May 20, 2017. Appendix 1. Scale of categories of sanitary condition of trees [Electronic resource]. *Access from the legal system "ConsultantPlus"*. URL: <https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-09122020-n-2047/pravila-sanitarnoi-bezopasnosti-v-lesakh/prilozhenie-n-1/> (date of access: 09.09.2024). (In Russian).
13. Rusin N.S., Gorevalova S.Ju., Shirjaev V.I. Growth and state of introduced origins (forms) of *Pseudotsuga menziesii* in the conditions of the Central forest-steppe. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Introduction, conservation and use of biological diversity of the world flora» [Introdukcija, sohranenie i ispol'zovanie biologicheskogo raznoobrazija mirovoj flory]*. Minsk, Belarus, June 19–22, 2012 / Editorial Board: V.V. Titok [et al.]. Minsk, Confido, 2012, part 2, pp. 170–174. (In Russian).
14. Saksonov S.S. The Impact of Droughts on the Survival of Forest Plants. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology [Samarskaja Luka: problemy regional'noj i global'noj jekologii]*, 2020, vol. 29, no. 4, pp. 37–42. EDN GHLDXK. (In Russian).
15. Skripchinsky V.V. Photoperiodism, its origin and evolution. Leningrad, Science, 1975, 299. p. (In Russian).
16. Alonso A.J. Carbajal-Friedrich, Alexandra J. Burgess. The role of the ideotype in future agricultural production. Hypothesis and theory. *Plant Physiol.*, 2024, 23 January, *Sec. Environmental Interactions*, vol. 2. DOI: / <https://doi.org/10/3389/fphgy.2024.1341617>.
17. Donald C. M. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 1968, no. 17, pp. 385–403. DOI: 10/1007/BF0056241.
18. Egerer M., Ordóñez C., Lin Brenda B., Kendal D. Multicultural gardeners and park users benefit from and attach diverse values to urban nature spaces. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2029, vol. 46, p. 126445. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126445.
19. Leakey R.R.B., Page T. The ideotyp concept and its application to the selection of AFTP cultivars. *Forests, Trees and Livelihoods*, 2006, vol. 16, pp. 5–16.
20. Reynolds M., Bonnett D., Chapman S., Furbank R., Manès Y., Mather D., Martin A.J. Parry. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *J. Exp. Bot.*, 2011, vol. 62, pp. 439–452. DOI: 10.1093/jxb/erq311.