

Максим Вячеславович Симахин

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, младший научный сотрудник лаборатории культурных растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ассистент, аспирант кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Россия, Москва
E-mail: Simakhin1439@yandex.ru

Виктория Александровна Крючкова

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории культурных растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат биологических наук, Россия, Москва
E-mail: vkrychkova@mail.ru

Александр Викторович Исачкин

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, старший научный сотрудник лаборатории культурных растений, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Россия, Москва
E-mail: isachkinalex@mail.ru

Анастасия Михайловна Покиньерера

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, младший научный сотрудник лаборатории культурных растений, Россия, Москва
E-mail: Anastasia00774@mail.ru

Виталий Геннадиевич Донских

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, младший научный сотрудник лаборатории культурных растений, Россия, Москва
E-mail: Donskih.65@yandex.ru

Анастасия Владимировна Евтюхова

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, младший научный сотрудник лаборатории культурных растений, Россия, Москва
E-mail: Gbs.aevtyukhova@mail.ru

Елена Анатольевна Козлова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Россия, Москва
E-mail: Elena_ak@bk.ru

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У КУЛЬТИВАРОВ *PINUS MUGO* TURRA ДЛЯ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

Цель исследования – доказательство значимости некоторых морфологических признаков у Pinus mugo методом дисперсионного анализа для определения культиваров вида. Задачи исследования: осуществить отбор морфологических признаков, потенциально возможных определять декоративность; определить влияние генотипа культиваров на изменчивость морфологических признаков; определить изменчивость культиваров Pinus mugo в зависимости от морфологических признаков; оценить степень важности каждого морфологического признака; дать рекомендации по использованию морфологических признаков. Рассмотрены предположительно важные при определении культиваров признаки, такие как: длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта, длина чешуевидных листьев брахибластов, длина чешуевидных листьев ауксибластов, длина ауксибласта текущего года, индекс овальности верхушечной почки, индекс овальности боковой почки, высота в 10-летнем возрасте, максимальная ширина в 10-летнем возрасте и расстояние от основания до окружности максимального диаметра. Результаты проведенных по каждому признаку отдельно дисперсионного

ных анализов показали, что исследуемые культивары достоверно и сильно влияют на изменчивость изучаемых морфологических признаков. Установлено, что комплекс изучаемых признаков является значимым для определения культиваров *Pinus mugo*, таких как: *Little Lady*, *Litomysl*, *Kissen*, *Mops*, *Trompenburg*, *Winter Gold*, *Ophir* и *Gnom*. Доказано, что, используя данный комплекс морфологических признаков, можно с высокой степенью точности определять культивары *Pinus mugo*, рассмотренные в ходе исследования. В отношении культиваров, которые не приняли участие в исследовании, можно предположить, что изученный комплекс признаков будет также полезен при их определении. Более точно утверждать это возможно только при условии исследования с использованием большего количества культиваров. В проведенном исследовании способ оценки значимости признаков показал высокую результативность.

Ключевые слова: *Pinus mugo* Turra, дисперсионный анализ, морфологические признаки, ауксипласт, брахибласт, ассимилирующие листья.

Maxim V. Simakhin

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, junior staff scientist of the laboratory of cultivated plants, Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, assistant, post-graduate student of the chair of decorative gardening and lawn science, Russia, Moscow
E-mail: Simakhin1439@yandex.ru

Victoria A. Kryuchkova

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, leading staff scientist of laboratory of cultivated plants, Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, associate professor of the chair of decorative gardening and lawn science, candidate of biological sciences, Russia, Moscow
E-mail: vkryuchkova@mail.ru

Alexander V. Isachkin

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, senior staff scientist of the laboratory of cultivated plants, Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, professor of the chair of decorative gardening and lawn science, Russia, Moscow
E-mail: isachkinalex@mail.ru

Anastasia M. Pokinchereda

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, junior staff scientist of laboratory of cultivated plants, Russia, Moscow
E-mail: Anastasia00774@mail.ru

Vitaly G. Donskikh

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, junior staff scientist of laboratory of cultivated plants, Russia, Moscow, E-mail: Donskih .65@yandex.ru

Anastasia V. Evtyukhova

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, junior staff scientist of laboratory of cultivated plants, Russia, Moscow
E-mail: Gbs .aevtyukhova@mail.ru

Elena A. Kozlova

Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, associate professor of the chair of decorative gardening and lawn science, Russia, Moscow
E-mail: Elena_ak@bk.ru

THE ASSESSMENT OF THE SIGNIFICANCE OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN *PINUS MUGO* TURRA CROPS FOR THEIR DETERMINATION BY THE METHOD OF DISPERSION ANALYSIS

*The research objective was to prove the importance of some morphological features in *Pinus mugo* by method of the dispersive analysis for the definition of kultivar of the variety. The study considered the traits presumably important in the identification of cultivars, such as the length of assimilating leaves in the upper part of the auxiblast, the length of assimilating leaves in the middle part of the auxiblast and the length of assimilating leaves in the lower part of the auxiblast, the length of scaly leaves of the brachyblasts, the length of the scale-like leaves of the auxiblasts, the length of the current auxiblast. years, apical bud ovality index, lateral bud ovality index, height at 10 years of age, maximum width at 10 years of age, and the distance from the base to the circumference of the maximum diameter. The results of the analysis of variance carried out for each trait separately showed that the studied cultivars significantly and greatly affect the*

variability of the studied morphological traits. It follows from this statement that the complex of the studied traits is significant for identifying *Pinus mugo* cultivars, such as: Little Lădy, Litomysl, Kissen, Mops, Trompenburg, Winter Gold, Ophir, and Gnom. Thus, it has been proved that using this complex of morphological characteristics; it is possible to determine with a high degree of accuracy the *Pinus mugo* cultivars considered in the study. With regard to the cultivars that were not used in the study, it can be assumed that the studied complex of traits would also be useful in their identification. It is possible to assert more precisely only on condition of the research using more cultivars. In the study conducted the method for assessing the significance of features showed high productivity.

Keywords: *Pinus mugo* Turra, analysis of variance, morphological characteristics, auxiblast, brachyblast, assimilating leaves.

Введение. *Pinus mugo* Turra представляет собой стланик, небольшое кустовидное дерево или одноствольное дерево высотой от 1 до 8 м с буровато-серой, отслаивающейся неравномерными пластинками корой стволиков. Культивары *Pinus mugo* отличаются широкой нормой реакции морфологических признаков структурных органов, таких как: ауксибласты, брахибласты и габитус. В связи с этим появляется проблема в подборе признаков, которые максимально точно позволят определять культивары [1–3].

Дисперсионный, или вариантный, анализ (analysis of variance) представляет собой в настоящее время самостоятельную и очень важную главу биологической статистики. Сущность его заключается в установлении роли отдельных факторов в изменчивости того или иного признака. Одной из важнейших моделей дисперсионного анализа является связь между генотипом и признаком, устанавливающая влияние генотипа на изменчивость изучаемого признака. Доказанность влияния генотипа и его «мощности» в сравнении с другими регулируемыи и нерегулируемыи факторами уточняет норму реакции генотипа (чем она выше, тем норма ниже и наоборот). В том случае, когда рассматривается модель «Влияние генотипа на несколько признаков», технически проводится серия дисперсионных анализов. Серия соответствует в таком случае количеству признаков. Результат полученной серии гипотетически должен содержать три очевидных исхода [4, 5]. Первый исход (случай), когда доказано достоверное влияние генотипа на изменчивость всех признаков и оно сильное. В таком случае не без основания можно предположить, что признаки сильно зависят от сортовой принадлежности растения, что означает важность признаков как источников для определения таксонов. Второй исход, когда у части признаков не установлено достоверное влияние генотипа на их изменчивость, а у другой части установлено, и оно до-

вольно сильное. В таком случае для определения рационально использовать признаки второй группы. Третий случай, когда у признаков не установлено достоверное влияние генотипа на их изменчивость либо установлено, но слабое. В таком случае признаки непригодны для определения и, возможно, необходимо использовать другие.

Цель исследования: доказательство значимости некоторых морфологических признаков у *Pinus mugo* методом дисперсионного анализа для определения культиваров вида.

Задачи исследования: осуществить отбор морфологических признаков, потенциально возможных определять декоративность; определить влияние генотипа культиваров на изменчивость морфологических признаков; определить изменчивость культиваров *Pinus mugo* в зависимости от морфологических признаков; оценить степень важности каждого морфологического признака; дать рекомендации по использованию морфологических признаков [6].

Объект и методы исследования. Объектом исследования послужили растения *Pinus mugo* 8–12-летнего возраста следующих культиваров *P. mugo*: Little Lădy, Litomysl, Kissen, Mops, Trompenburg, Winter Gold, Ophir и Gnom. Исследование проведено в питомнике «Сезоны» Московской области в течение 2018–2019 гг. в одинаковых почвенно-климатических условиях и условиях выращивания. У каждого культивара рассмотрено от двух до пяти экземпляров. В исследовании рассмотрены морфологические признаки органов, определяющих декоративные качества изучаемых культиваров. Признак «длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксибласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в верхней трети приростов текущего года. Признак «длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в средней трети приростов текуще-

го года. Признак «длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в нижней трети приростов текущего года. Признак «длина чешуевидных листьев брахибластов» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах на брахибластах, расположенных в средней части приростов текущего года. Признак «длина чешуевидных листьев ауксибластов» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в средней части приростов текущего года. Признак «длина ауксибласта текущего года» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в средней части кроны на приростах текущего года. Признак «индекс овальности верхушечной почки», задающий степень сжатия верхушечной почки, определялся как отношение ширины в средней части верхушечной почки на ее длину; длина и ширина определялись совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах. Признак «индекс овальности боковой почки», задающий степень сжатия боковой почки, определялся как отношение ширины в средней части боковой почки на ее длину; длина и ширина определялись совокупно по 30 наблюдениям

в миллиметрах. Признак «высота в 10-летнем возрасте» определялся по 2–10 растениям каждого культивара в сантиметрах в 10-летнем возрасте. Признак «максимальная ширина в 10-летнем возрасте» определялся по 2–10 растениям каждого культивара в сантиметрах в 10-летнем возрасте. Последний признак «расстояние от основания до окружности максимального диаметра» определялся как расстояние от основания кроны до горизонтально отложенного отрезка, имеющего максимальную длину в пределах кроны; наблюдения по данному признаку проводились на 2–10 растениях в сантиметрах в 10-летнем возрасте.

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам проведенных дисперсионных анализов на установление влияния генотипа культиваров на изменчивость изучаемых морфологических признаков выяснилось, что генотип достоверно и сильно влияет на изменчивость всех изученных признаков. Результаты дисперсионных анализов данных об изменчивости морфологических признаков в зависимости от генотипа культивара приведены в сводной таблице.

Результаты однофакторных дисперсионных анализов данных об изменчивости культиваров *Pinus mugo* в зависимости от морфологических признаков

Источник вариации	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	p, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина хвоинки в верхней части ауксибласта, мм								
Общая	57290	239	-	267	-	-	-	
Факториальная	47652	7	6807	226	163,87	2,01	2,64	84
Случайная	9638	232	42	42	-	-	-	16
Длина хвоинки в средней части ауксибласта, мм								
Общая	65659	239	-	304	-	-	-	
Факториальная	51855	7	7408	245	124,51	2,01	2,64	80
Случайная	13804	232	59	59	-	-	-	20
Длина хвоинки в нижней части ауксибласта, мм								
Общая	68453	239	-	318	-	-	-	
Факториальная	55665	7	7952	263	144,27	2,01	2,64	83
Случайная	12787	232	55	55	-	-	-	17
Длина чешуевидных листьев брахибластов, мм								
Общая	640	239	-	3	-	-	-	
Факториальная	212	7	30	1	16,36	2,01	2,64	34
Случайная	429	232	2	2	-	-	-	66
Длина чешуевидных листьев ауксибласта, мм								
Общая	369	239	-	2	-	-	-	
Факториальная	105	7	15	0	13,18	2,01	2,64	29

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Случайная	264	232	1	1	-	-	-	71
Длина ауксибласта текущего года, мм								
Общая	369	239	-	2	-	-	-	
Факториальная	105	7	15	0	13,18	2,01	2,64	29
Случайная	264	232	1	1	-	-	-	71
Индекс овальности верхушечной почки								
Общая	148	239	-	1	-	-	-	
Факториальная	111	7	16	1	100,46	2,01	2,64	77
Случайная	37	232	0	0	-	-	-	23
Индекс овальности боковой почки								
Общая	30	239	-	0	-	-	-	
Факториальная	7	7	1	0	9,96	2,01	2,64	23
Случайная	23	232	0	0	-	-	-	77
Высота в 10-летнем возрасте, см								
Общая	1556445	239	-	7399	-	-	-	
Факториальная	1535928	7	219418	7311	2481,10	2,01	2,64	99
Случайная	20517	232	88	88	-	-	-	1
Максимальная ширина в 10-летнем возрасте, см								
Общая	810473	239	-	3831	-	-	-	
Факториальная	763504	7	109072	3629	538,75	2,01	2,64	95
Случайная	46970	232	202	202	-	-	-	5
Расстояние от основания до окружности максимального диаметра, см								
Общая	431889	239	-	2053	-	-	-	
Факториальная	425399	7	60771	2025	2172,38	2,01	2,64	99
Случайная	6490	232	28	28	-	-	-	1

Примечания: SS – суммы квадратов отклонений наблюдений от средних арифметических; df – число степеней свободы; ms – средние квадраты; σ^2 – дисперсия; F – эмпирическое значение критерия Фишера; F_{05} – теоретическое значение критерия Фишера на 5 % уровне значимости; F_{01} – теоретическое значение критерия Фишера на 1 % уровне значимости; p – доля влияния фактора, %.

Выводы. Таким образом, проведенные по каждому признаку отдельно дисперсионные анализы показали, что изменчивость культиваров достоверно и сильно влияет на изучаемые морфологические признаки.

Отобраны морфологические признаки, потенциально возможные определять декоративность; определена достоверность влияния генотипа культиваров на изменчивость морфологических признаков, таких как длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта, длина чешуевидных листьев брахибластов, длина чешуевидных листьев ауксибластов, длина ауксибласта текущего года, индекс овальности верхушечной почки, индекс овальности боковой почки, высота в 10-летнем возрасте, максимальная ширина в 10-летнем возрасте и расстояние от основания до окружно-

сти максимального диаметра; определены следующие степени (доли) влияния культиваров *Pinus mugo* на изменчивость морфологических признаков: длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксибласта (p = 84 %), длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта (p = 80 %) и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта (p = 83 %), длина чешуевидных листьев брахибластов (p = 34 %), длина чешуевидных листьев ауксибластов (p = 29 %), длина ауксибласта текущего года (p = 29 %), индекс овальности верхушечной почки (p = 77 %), индекс овальности боковой почки (p = 23 %), высота в 10-летнем возрасте (p = 99 %), максимальная ширина в 10-летнем возрасте (P = 95 %) и расстояние от основания до окружности максимального диаметра (p = 99 %); оценена степень важности каждого морфологического признака. Изменчивость таких морфологических признаков, как длина ассими-

лирующих листьев в верхней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта, индекс овальности верхушечной почки, высота в 10-летнем возрасте, максимальная ширина кроны в 10-летнем возрасте, а также расстояние от основания до окружности максимального диаметра в высокой степени определяется изменчивостью генотипа. А изменчивость длины чешуевидных листьев брахибластов, длины чешуевидных листьев ауксибластов и индекс овальности в высокой степени определяются иными факторами. Определение долей влияния фактора на признаки показало, что длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксибласта, длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксибласта, индекс овальности верхушечной почки, высота в 10-летнем возрасте, максимальная ширина кроны в 10-летнем возрасте, а также расстояние от основания до окружности максимального диаметра являются важными признаками при определении изучаемых культиваров, таких как: Little Lady, Litomysl, Kissen, Mops, Trompenburg, Winter Gold, Ophir и Gnom. А по признакам «длина чешуевидных листьев брахибластов», «длина чешуевидных листьев ауксибластов» и «индекс овальности» определение культиваров менее точное. Менее точные признаки возможно использовать в качестве уточняющих, когда следует определять близкие морфологически культивары. Более точные признаки следует использовать в качестве основополагающих.

В отношении культиваров, которые не приняли участие в исследовании, можно предположить, что изученный комплекс признаков будет также полезен при их определении. Более точно утверждать возможно только при условии исследования с использованием большего количества культиваров.

Литература

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», номер госрегистрации 18-118021490111-5.

1. Артемов В.А. Морфогенез побегов *Pinaceae* (вступление в микрофенологию). Сыктывкар, 1976. 56 с.
2. Василевич С.Н. Морфогенез стелющихся и прямостоячих форм *Pinus sibirica* Du Tour (*Pinaceae*) на интразональных границах распространения // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. Красноярск, 2013. Т. 6, № 3. С. 275–289.
3. Матюхин Д.Л., Симахин М.В. Определитель видов и форм сосен: учеб. пособие. М.: Цифровичок, 2019. 262 с.
4. Исачкин А.В., Крючкова В.А. Компьютерные технологии в биометрии. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. 105 с.
5. Исачкин А.В., Крючкова В.А. Основы научных исследований в садоводстве. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 95 с.
6. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.

Literatura

1. Artjomov V.A. Morfogenez pobegov Pinaceae (vstuplenie v mikrofenologiju). Syktyvkar, 1976. 56 s.
2. Vasilevich S.N. Morfogenez steljushhihsja i prjamostojachih form Pinus sibirica Du Tour (Pinaceae) na intrazonal'nyh granicah rasprostraneniya // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Ser. Biologija. Krasnojarsk, 2013. T. 6, № 3. S. 275–289.
3. Matjuhin D.L., Simahin M.V. Opredelitel' vidov i form sosen: ucheb. posobie. M.: Cifrovichok, 2019. 262 s.
4. Isachkin A.V., Krjuchkova V.A. Komp'juternye tehnologii v biometrii. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2014. 105 s.
5. Isachkin A.V., Krjuchkova V.A. Osnovy nauchnyh issledovanij v sadovodstve. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2012. 95 s.
6. Shmidt V.M. Matematicheskie metody v botanike. L.: Izd-vo LGU, 1984. 288 s.