

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

Елена Евгеньевна Орлова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Москва

E-mail: Eeorlova1973@mail.ru

Иван Иванович Тазин

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Москва

E-mail: 89100009410@mail.ru

Светлана Витальевна Тазина

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат биологических наук, доцент, Россия, Москва

E-mail: 89100009420@mail.ru

Инна Николаевна Зубик

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Россия, Москва

E-mail: zubikof@mail.ru

Анастасия Михайловна Покиньючерда

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

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ РАЗЛИЧИЯ КУЛЬТИВАРОВ *PINUS MUGO TURRA*
ПО КОМПЛЕКСУ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
МЕТОДОМ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА**

В данной работе рассматривается один из способов оценки различия некоторых культиваров Pinus mugo Turra по совокупности морфологических признаков. В статье рассмотрены предположительно важные при определении культиваров признаки, такие как длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксипласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксипласта и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксипласта, длина чешуевидных ли-

стьев 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 дисперсионных анализов показали, что исследуемые культивары достоверно влияют на изменчивость изучаемых морфологических признаков. Из этого утверждения следует, что изученные культивары, такие как *Little Lady*, *Litomysl*, *Kissen*, *Mops*, *Trompenburg*, *Winter Gold*, *Ophir* и *Gnom*, выборочно достоверно отличаются друг от друга по всем изучаемым морфологическим признакам. Таким образом, целесообразно будет предположить, что чем больше достоверно доказанных суммарных отличий между парами изучаемых культиваров по экспериментальным морфологическим признакам, тем сильнее культивары отличаются друг от друга и тем проще их определять. И наоборот, чем меньше достоверно доказанных суммарных отличий между парами изучаемых культиваров по экспериментальным морфологическим признакам, тем меньше культивары отличаются друг от друга и тем сложнее их определять. В настоящей работе рассмотрены все возможные варианты отличий и сходств культиваров по изучаемым признакам.

Ключевые слова: *Pinus tugo Turra*, дисперсионный анализ, морфологические признаки, ауксибласт, брахибласт, ассимилирующие листья.

Maxim V. Simakhin

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of 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 chair of decorative gardening and lawn science, Russia, Moscow
E-mail: Simakhin1439@yandex.ru

Elena E. Orlova

Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, associate professor of the chair of decorative gardening and lawn science, candidate of agricultural sciences, Russia, Moscow
E-mail: Eeorlova1973@mail.ru

Ivan I. Tazin

Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, associate professor of the chair of decorative gardening and lawn science, candidate of agricultural sciences, Russia, Moscow
E-mail: 89100009410@mail.ru

Svetlana V. Tazina

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, associate professor, Russia, Moscow
E-mail: 89100009420@mail.ru

Inna N. Zubik

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

Anastasia M. Pokinchereda

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

Vitaly G. Donskikh

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

Anastasia V. Evtyukhova

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

THE RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DIFFERENCE OF *PINUSMUGO* TURRA CROPS BY THE COMPLEX OF DIAGNOSTIC MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS BY THE METHOD OF DISPERSIVE ANALYSIS

The study examines one of the ways to assess the difference between some Pinusmugo Turra cultivars in terms of a set of morphological characteristics. The study discusses the traits that are supposedly important in the identification of the 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 the scaly leaves of the brachyblasts, the length of the scale-like leaves of the auxiblasts, the length of the current auxiblast, years, apical kidney ovality index, lateral kidney ovality index, height at 10 years of age, maximum width at 10 years of age, and distance from the base to the circumference of the maximum diameter. The results of the analysis of the variance carried out on each trait separately showed that the studied cultivars significantly affected the variability of the studied morphological traits. It follows from this statement that the studied cultivars, such as Little Lädý, Litomyšl, Kissen, Mops, Trompenburg, Winter Gold, Ophir, and Gnom, selectively significantly differ from each other in all the studied morphological characteristics. Thus, it would be expedient to assume that the more reliably proven total differences between the pairs of studied cultivars in terms of experimental morphological characters, the more the cultivars differ from each other and the easier it is to determine them. And vice versa, the fewer the reliably proven total differences between the pairs of the studied cultivars by experimental morphological characteristics, the less cultivars differ from each other and the more difficult it is to determine them. In this work, all possible variants of differences and similarities of cultivars for the studied traits are considered. The work was carried out within the framework of a state assignment.

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. Причем одна группа культиваров может представлять собой случай параллелизма, когда они по многим параметрам идентичны. Другая группа культиваров будет иметь сильные отличия друг от друга. В связи с этим появляется проблема установления степени различия культиваров между собой исходя из рассмотренных морфологических признаков [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 и оценке различий между вариантами

в исследовании. Одной из важнейших моделей дисперсионного анализа является связь между генотипом и признаком, устанавливающая влияние генотипа на изменчивость изучаемого признака, и, как следствие, оценка различий между генотипами. Доказанность влияния генотипа и его «мощности» в сравнении с другими регулируемыми и нерегулируемыми факторами уточняет норму реакции генотипа (чем она выше, тем норма ниже, и наоборот). В том случае, когда рассматривается модель «Оценка различий генотипов по нескольким признакам», технически проводится серия дисперсионных анализов. Серия соответствует в таком случае количеству признаков [4, 5].

Введем новый параметр – коэффициент различия, отвечающий за степень попарного различия генотипов исходя из совокупности рассматриваемых признаков. Пусть k – пара генотипов, у которых определяется разница; n – количество признаков, по которым определялась разница у k пары генотипов; l – количество признаков, по которым k -е пары генотипов дос-

товерно различаются. Тогда коэффициент различия определяется как отношение количества признаков, по которым k -е пары генотипов достоверно различаются (l) на количество признаков, по которым определялась разница у k пары генотипов (n).

Цель исследования. Оценка степени различия культиваров *Pinus mugo* Turra по комплексу диагностических морфологических признаков методом дисперсионного анализа.

Задачи исследования: отобрать морфологические признаки, потенциально возможные для определения декоративности; определить влияние генотипа культиваров на изменчивость морфологических признаков; установить уровни различий культиваров между собой по рассматриваемым признакам; установить культивары, которые наиболее сильно различаются по набору признаков [6].

Объекты и методы. Объектом исследования послужили растения *Pinus mugo* 8–12-летнего возраста следующих культиваров: *P. mugo* 'Little Lady', *P. mugo* 'Litomysl', *P. mugo* 'Kissen', *P. mugo* 'Mops', *P. mugo* 'Trompenburg', *P. mugo* 'Winter Gold', *P. mugo* 'Ophir' и *P. mugo* 'Gnom'. Исследования проведены 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, определяющие декоративные качества изучаемых культиваров. Признак «Длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксипласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в верхней трети приростов текущего года. Признак «Длина ассимилирующих листьев в средней части ауксипласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в средней трети приростов текущего года. Признак «Длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксипласта» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в нижней трети приростов текущего года. Признак «Длина чешуевид-

ных листьев брахибластов» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах на брахибластах, расположенных в средней части приростов текущего года. Признак «Длина чешуевидных листьев ауксипластов» определялся совокупно по 30 наблюдениям в миллиметрах в средней части приростов текущего года. Признак «Длина ауксипласта 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 и их обсуждение. По результатам проведенных дисперсионных анализов на установление влияния генотипа культиваров на изменчивость изучаемых морфологических признаков выяснилось, что генотип достоверно влияет на изменчивость всех изученных признаков. Результаты дисперсионных анализов данных об изменчивости морфологических признаков в зависимости от генотипа культивара приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1

**Результаты однофакторных дисперсионных анализов данных об изменчивости
культураров *Pinus tugo* в зависимости от морфологических признаков**

Источник вариации	SS	Df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	p ⁱⁿ , %	HCP ₀₅
Длина хвоинки в верхней части ауксипласта, мм									
Общая	57290	239	-	267	-	-	-	-	-
Факториальная	47652	7	6807	226	163,87	2,01	2,64	84	5,06
Случайная	9638	232	42	42	-	-	-	16	-
Длина хвоинки в средней части ауксипласта, мм									
Общая	65659	239	-	304	-	-	-	-	-
Факториальная	51855	7	7408	245	124,51	2,01	2,64	80	6,06
Случайная	13804	232	59	59	-	-	-	20	-
Длина хвоинки в нижней части ауксипласта, мм									
Общая	68453	239	-	318	-	-	-	-	-
Факториальная	55665	7	7952	263	144,27	2,01	2,64	83	5,83
Случайная	12787	232	55	55	-	-	-	17	-
Длина чешуевидных листьев, мм									
Общая	640	239	-	3	-	-	-	-	-
Факториальная	212	7	30	1	16,36	2,01	2,64	34	1,07
Случайная	429	232	2	2	-	-	-	66	-
Длина чешуевидных листьев ауксипласта, мм									
Общая	369	239	-	2	-	-	-	-	-
Факториальная	105	7	15	0	13,18	2,01	2,64	29	0,84
Случайная	264	232	1	1	-	-	-	71	-
Длина ауксипласта текущего года, мм									
Общая	369	239	-	2	-	-	-	-	-
Факториальная	105	7	15	0	13,18	2,01	2,64	29	12,52
Случайная	264	232	1	1	-	-	-	71	-
Длина ауксипласта текущего года, мм									
Общая	148	239	-	1	-	-	-	-	-
Факториальная	111	7	16	1	100,46	2,01	2,64	77	0,31
Случайная	37	232	0	0	-	-	-	23	-
Индекс овальности верхушечной почки									
Общая	30	239	-	0	-	-	-	-	-
Факториальная	7	7	1	0	9,96	2,01	2,64	23	0,25
Случайная	23	232	0	0	-	-	-	77	-
Индекс овальности боковой почки									
Общая	1556445	239	-	7399	-	-	-	-	-
Факториальная	1535928	7	219418	7311	2481,10	2,01	2,64	99	7,38
Случайная	20517	232	88	88	-	-	-	1	-
Высота в 10-летнем возрасте, максимальная ширина в 10-летнем возрасте, см									
Общая	810473	239	-	3831	-	-	-	-	-
Факториальная	763504	7	109072	3629	538,75	2,01	2,64	95	11,17
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	4,15
Случайная	6490	232	28	28	-	-	-	1	-

Результаты дисперсионных анализов показали, что установлено достоверное влияние генотипа на изменчивость морфологических признаков, соответственно по каждому из признаков найдется хотя бы одна достоверно отли-

чающаяся пара культиваров. Достоверность определяется с помощью НСР₀₅. В таблице 2 рассчитаны коэффициенты различия между всеми парами культиваров по всем экспериментальным признакам.

Таблица 2

Коэффициенты различия между парами культиваров по морфологическим признакам

Культивар	Little Lädý	Litomysl	Kissen	Mops	Trompen-Burg	Winter Gold	Ophir	Gnom
Little Lädý	-	0,55	0,82	0,64	0,73	0,55	0,73	0,82
Litomysl	-	-	0,45	0,36	0,82	0,82	0,64	0,82
Kissen	-	-	-	0,73	0,91	0,91	0,82	0,91
Mops	-	-	-	-	0,82	1,00	0,64	0,82
Trompenburg	-	-	-	-	-	0,73	0,55	0,73
Winter Gold	-	-	-	-	-	-	0,73	0,55
Ophir	-	-	-	-	-	-	-	0,55
Gnom	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма коэффициентов	4,82	4,45	5,55	5,00	5,27	5,27	4,64	5,18

Выводы. Таким образом, отобраны морфологические признаки, полезные для определения декоративности, такие как длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксипласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксипласта и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксипласта, длина чешуевидных листьев брахипластов, длина чешуевидных листьев ауксипластов, длина ауксипласта 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; определили достоверность влияния генотипа культиваров на изменчивость морфологических признаков, таких как длина ассимилирующих листьев в верхней части ауксипласта, длина ассимилирующих листьев в средней части ауксипласта и длина ассимилирующих листьев в нижней части ауксипласта, длина чешуевидных листьев брахипластов, длина чешуевидных листьев ауксипластов, длина ауксипласта 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; установлены уровни различий культиваров между собой по рассматриваемым признакам путем нахождения коэффициентов различия; по результатам нахождения коэффициентов различия выяснилось, что культивар *P. mugo* 'Kissen' с суммой коэффициентов различия 5,55 сильнее всех отличается от других культиваров, а *P. mugo* 'Litomysl' с суммой коэффициентов различия 4,45 имеет самое слабое отличие от всех других культиваров.

Литература

1. Артемов В.А. Морфогенез побегов Pinaceae (вступление в микрофенологию). Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1976. – 56 с.
2. Велисевич С.Н., Хуторной О.В., Горошкевич С.Н. Морфогенез стелющихся и прямостоячих форм Pinus sibirica Du Tour (Pinaceae) на интразональных границах распространения // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2013. № 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.: 1984. 288 с.
- stojachih form Pinus sibirica Du Tour (Pinaceae) na intrazonal'nyh granicah rasprostraneniya // Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo universiteta. Biologija. 2013. № 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. 95s.
6. Shmidt V.M. Matematicheskie metody v botanike. L. 1984. 288 s.

Literatura

1. Artemov V.A. Morfogenez pobegov Pinaceae (vstuplenie v mikrofenologiju). Syktyvkar: Komi filial AN SSSR, 1976. – 56 s.
2. Velisevich S.N., Hutornoj O.V., Goroshkevich S.N. Morfogenez steljushhihsja i prjamo-

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.

