



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЮВЕНИЛЬНЫХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ КОНДИЦИОННЫХ СЕМЯН ПРИ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Евгений П. Петрищев¹✉, petrishchev.vgltu@mail.ru, 0000-0002-1395-3631

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

Для оценки результатов лесовосстановления и полноценного использования вышеуказанных алгоритмов и разработки новых необходимо знать степень взаимосвязи между биометрическими параметрами ювенильных деревьев сосны обыкновенной, выращенных из кондиционных семян. Дескриптивная статистика рассчитывалась для прямых и косвенных измерений биометрических характеристик единичных деревьев сосны обыкновенной (*container-grown 1+0, 2017 Fall plants, seed spectrometric separation*), выращенных из кондиционных семян, на линейном участке экспериментальной площади (51, 49' 45.605200" ; 39, 20' 33.046700"). Прямые измерения высоты и диаметра корневой шейки сеянцев проведены непосредственно в полевых условиях. Косвенные ImageJ-измерения биометрических параметров сеянцев проведены на основании маловысотных фотоизображений в плане, полученных с камеры, установленной на беспилотном летательном аппарате четырехроторной аэродинамической схемы. Корреляционные тесты Пирсона использовались для количественной оценки корреляции между высотой молодого дерева с диаметром корневой шейки и площадью кроны. Биометрические параметры составили: высота сеянцев – 53.9 ± 16.2 см (среднее \pm стандартное отклонение); диаметр корневой шейки – 7.7 ± 2.9 мм; коэффициент выносливости – 73.8 ± 17.8 ; площадь кроны – $(229.111 \pm 139.494) \cdot 10^3$ мм². Высота и диаметр корневой шейки сеянца сильно положительно коррелировали между собой ($r = 0.807$ при уровне значимости $p = 0.01$) и с площадью кроны ($r = 0.830$ и 0.875 соответственно при уровне значимости $p = 0.01$). Коэффициент выносливости имел обратную корреляцию с диаметром корневой шейки ($r = -0.621$ при уровне значимости $p = 0.01$), площадью кроны ($r = -0.407$ при уровне значимости $p = 0.01$) и не имел корреляционной связи с высотой сеянца.

Ключевые слова: кондиционные семена, ювенильные сеянцы, *Pinus sylvestris L.*, длина сеянца, диаметр корневой шейки, площадь кроны, коэффициент выносливости, лесовосстановление

Благодарности: Исследование выполнено в рамках договора о научно-исследовательской работе ВГЛТУ (регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 121092000080-7). Автор благодарит работников учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ за ценные замечания и организационно-методическую помощь в проведении исследований. Автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Петрищев Е. П. Исследование взаимосвязи биометрических параметров ювенильных сеянцев сосны обыкновенной из кондиционных семян при оценке результатов лесовосстановления / Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 4 (44). – С. 161–169. – Библиогр.: с. 167–169 (16 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/14>.

Поступила: 25.11.2021 **Принята к публикации:** 27.12.2021 **Опубликована онлайн:** 30.12.2021

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BIOMETRIC PARAMETERS OF SCOTS PINE JUVENILE SEEDLINGS FROM CONDITIONED SEEDS WHEN ASSESSING THE RESULTS OF REFORESTATION

Evgeniy P Petrishchev¹✉, petrishchev.vgltu@mail.ru,  0000-0002-1395-3631

¹ FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 394087, 8 Timiryazeva street, Voronezh, Russian Federation

Abstract

It is necessary to know the degree of relationship between the biometric parameters of Scots pine juvenile trees grown from conditioned seeds to assess the results of reforestation and the full use of the above algorithms and the development of new ones. Descriptive statistics were calculated for direct and indirect measurements of the biometric characteristics of single Scots pine trees (container-grown 1 + 0.2017 fall plants, seed spectrometric separation) grown from conditioned seeds on a linear plot of the experimental area (51. 49 '45.605200 " ; 39. 20 '33.046700"). Direct measurements of the height and diameter of the root collar of seedlings were carried out directly in the field. Indirect Image J-measurements of the biometric parameters of seedlings were carried out on the basis of low-altitude photographs in plan, obtained from a camera mounted on an unmanned aerial vehicle with a four-rotor aerodynamic scheme. Pearson correlation tests were used to quantify the correlation between young tree height with root collar diameter and crown area. Biometric parameters were as follows: seedling height - 53.9 ± 16.2 cm (mean \pm standard deviation); diameter of the root collar - 7.7 ± 2.9 mm; endurance coefficient - 73.8 ± 17.8 ; crown area - $(229.111 \pm 139.494) \times 103$ mm². The height and diameter of the root collar of the seedling strongly positively correlated with each other ($r = 0.807$ at the $p = 0.01$ significance level) and with the crown area ($r = 0.830$ and 0.875 , respectively, at the $p = 0.01$ significance level). The endurance coefficient had an inverse correlation with the diameter of the root collar ($r = -0.621$ at the significance level of $p = 0.01$), crown area ($r = -0.407$ at the significance level $p = 0.01$) and had no correlation with seedling height.

Keywords: conditioned seeds, juvenile seedlings, *Pinus sylvestris* L., seedling length, root collar diameter, crown area, endurance coefficient, reforestation

Acknowledgments: The research was carried out within the framework of the VSUFT Research Work Agreement (EGISU R&D registration number 121092000080-7). The author thanks the employees of the VSUFT educational and experimental forestry enterprise for valuable comments and organizational and methodological assistance in conducting research. The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Petrishchev E.P. (2021) Relationship investigation of biometric parameters of juvenile Scots pine seedlings from conditioned seeds in assessing the reforestation results. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 11, No. 4 (44), pp. 161-169 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/14>.

Received: 25.11.2021 **Revised:** 18.12.2021 **Accepted:** 27.12.2021 **Published online:** 30.12.2021

Введение

Набор данных, полученный Flora Donald с соавторами (2021) в Британском центре экологии и гидрологии, свидетельствует, что «посадочные проекты имели неоднозначный успех в решении задач восстановления и что проводился ограниченный последующий мониторинг [1]».

Концепция целевого растения TPC [2] (*Target Plant Concept*) устанавливает приоритеты во взаимодействии между элементами траектории лесовосстановления [3] начиная от автоматизированного питомника [4] до пересадки в поле [5]. Концепция подразумевает связь «между спектральными параметрами семян хвойных пород и молекулярными показателями сеянцев [6]» На протяжении всего процесса необходимо оценивать биометрические параметры целевого сеянца. Как правило, этими параметрами, определяемыми на основании прямых измерений [7,8], отражающими рост и развитие сеянца сосны обыкновенной в зависимости от внешних стрессоров, являются высота сеянца и диаметр корневой шейки.

Для оценки результатов лесовосстановления (биомассы единичного дерева) бесконтактным способом с помощью недорогих конструкций беспилотного летательного аппарата четырехроторной аэродинамической схемы [9] возможно использование алгоритмов: ITCD (*Individual Tree Crown Delineation*) [10], использующего дискретное вейвлет-преобразование (DWT); OPS (*open thermodynamic system*), оценивающего «фитомассу отдельного дерева путем деления фитомассы насаждения на количество деревьев [11]» или других.

Однако для оценки результатов лесовосстановления и полноценного использования вышеуказанных алгоритмов и разработки новых необходимо знать степень взаимосвязи между биометрическими параметрами ювенильных деревьев сосны обыкновенной, выращенных из кондиционных семян, что одновременно является целью исследования.

Материалы и методы

Экспериментальная площадь по апробации технологии получения сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) из кондиционированных по

спектрометрическим свойствам семян [12] расположена в Левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ рядом с кордоном Кожевнинский и соответствует $51^{\circ} 29' 40''$ северной широты и $39^{\circ} 12' 12''$ восточной долготы в географических координатах.

На экспериментальной площади выбирали характерные линейные участки (начальная координата строки для исследования задана GPS-координатами $51, 49' 45.605200''$; $39, 20' 33.046700''$) и оценивали для сеянцев (*container-grown 1+0, 2017 Fall plants, seed spectrometric separation*) следующие биометрические параметры:

1. На основе прямых измерений:

– диаметр корневой шейки в мм (*DKШ, stem diameter, root collar diameter, RCD*), имеющий самую сильную корреляцию с высотой сеянца [13] на ювенильном этапе онтогенеза;

– высоту сеянца в см (*Высота*), коррелирующую с «количеством игл на побеге [14]» и являющейся хорошей оценкой «фотосинтетической способности и транспирационной площади [14]» сеянца;

– отношение высоты сеянца к диаметру корневой шейки, в рамках данного исследования определенное как безразмерный коэффициент выносливости сеянца (*КэфВынос, sturdiness ratio, Seedling Sturdiness Quotient, SSQ*); высокие значения данного коэффициента могут указывать на большую восприимчивость сеянца к стрессорам ветра, засухи и морозов;

2. На основе косвенных измерений:

– диаметр кроны с высоты 1 м в мм в продольном (*Двдоль*) и поперечном (*Дпоперек*) направлениях относительно оси движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА);

– средний диаметр кроны (*ДК*) в мм как среднее арифметическое между диаметром кроны в продольном и поперечном направлениях;

– площадь кроны (*ПлощадьК*) в мм^2 , соответствующая прямым измерениям диаметра корневой шейки и высоты

Прямые измерения диаметра корневой шейки (*DKШ*) сеянца в мм проводили в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью цифрового штангенциркуля с точностью 0,1 мм, высо-

ты сеянца (*Высота*) в см – металлической линейкой с точностью 0,1 см.

Косвенные измерения на основе фотоизображений единичных деревьев в плане, полученных в видимом диапазоне длин волн на малой высоте (1 м) с помощью камеры, установленной на гироподвесе БПЛА четырехроторной аэродинамической схемы DJI Mavic 2pro, проводили на базе программного комплекса *ImageJ (IJ)* из пакета FiJI, ver. 1.53n [15] в следующем порядке.

Производили калибровку и масштабирование измерительного инструмента программы *IJ*, отложив на фотоизображении эталона 10 отрезков длиной 10 мм. Диаграмма распределения длины искомым отрезков в пикселях представлена на рис. 1, *а*. Далее в окне установки масштаба программы *IJ* вписали среднее значение $28,253 \text{ pix} = 10 \text{ мм}$, в результате чего масштаб составил $2,8253 \text{ пиксель мм}^{-1}$ (рис. 1, *б*), или $2,8 \text{ пиксель мм}^{-1}$, что вполне удовлетворяет заданной точности.

Для фотоизображений единичных деревьев в плане, полученных с помощью БПЛА, используя *IJ*-инструмент свободного выделения, ограничивали площадь кроны. После преобразования и масштабирования результаты площади кроны, а также диаметров кроны заносили в строку таблицы базы данных измерений для соответствующего молодого дерева, впоследствии добавленной в разработанную информационную базу данных лесного репродуктивного материала (FRM-library) [16].

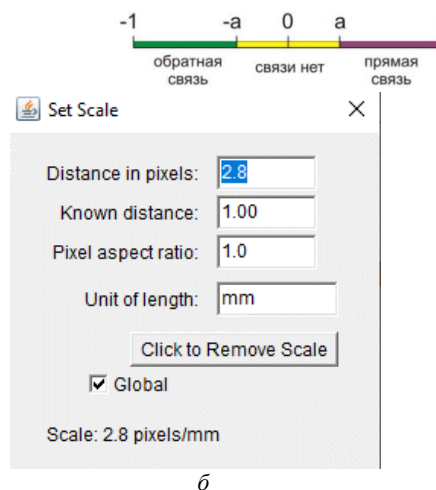
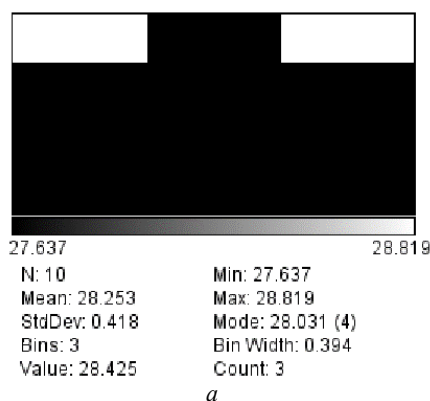


Рисунок 8. Диаграмма масштабирования *IJ*-измерительного инструмента (*а*) и масштаб (*б*) для косвенных измерений параметров кроны единичного молодого дерева сосны обыкновенной в плане

Figure 2. The scaling diagram of the *IJ*-measuring instrument (*a*) and the scale (*b*) for indirect measurements of the crown parameters of a single young Scots pine tree in the plan

Источник: собственная композиция автора/source: author's composition

Для всех сравниваемых количественных вариант биометрических параметров исследуемых молодых деревьев сосны обыкновенной устанавливали показатели описательной статистики, используя программу IBM SPSS Statistics, версия 25, визуализируя их *boxplot*-диаграммой. По результатам проверки нормальности распределения вариант с помощью частотных гистограмм для определения степени связи между вариантами использовали метод парных корреляций, характеризуемый коэффициентом Пирсона *r* и двусторонним критерием значимости *p*.

Результаты и обсуждение

Распределение вариант биометрических параметров молодых деревьев сосны обыкновенной при прямых и косвенных измерениях с использованием в качестве меры центральной тенденции среднего арифметического значения представлено в табл. 1 и на рис. 1.

Поскольку исследуемые переменные представляют собой количественные (метрические) величины, то оценку взаимосвязи между ними целесообразно производить на основании коэффициента корреляции *r* Пирсона (табл. 2, рис. 2), критические значения *a* которого для количества проведенных наблюдений ($N = 47$) и уровней значимости $p = 0,05, 0,01$ и $0,001$ находятся в пределах $a = 0,29; 0,37$ и $0,47$ соответственно.

Таблица 4

Дескриптивная статистика прямых и БПЛА-оптических измерений биометрических параметров единичного молодого дерева сосны обыкновенной (N = 47)

Table 4

Descriptive statistics of direct and UAV-optical measurements of biometric parameters of a single young Scots pine tree (N = 47)

Параметры Parameters	Минимум Minimum	Максимум Maximum	Среднее Mean		СКО SD	Дисперсия Dispersion
	Статистика Statistic	Статистика Statistic	Статистика Statistic	ошибка Std Error	Статистика Statistic	Статистика Statistic
Прямые измерения Direct measurements						
Высота, см Height, cm	18,5	97,5	53,9	2,4	16,2	260,9
ДКШ, мм RCD, mm	2,4	14,0	7,7	0,4	2,9	8,3
Косвенные измерения Indirect measurements						
КэфВыносЛ SSQ	47,0	119,0	73,8	2,6	17,8	318,376
Двдоль, мм Dalong, mm	82,0	937,0	580,7	34,8	238,3	56794,4
Дпоперек, мм Dacross, mm	49,0	976,0	586,2	33,3	228,5	52228,3
ДК, мм CD, mm	65,5	890,0	583,5	33,0	226,6	51326,9
ПлощадьК, 10 ³ мм ² SquareC, 10 ³ мм ²	3,746	489,357	229,111	20,347	139,494	194 · 10 ⁸

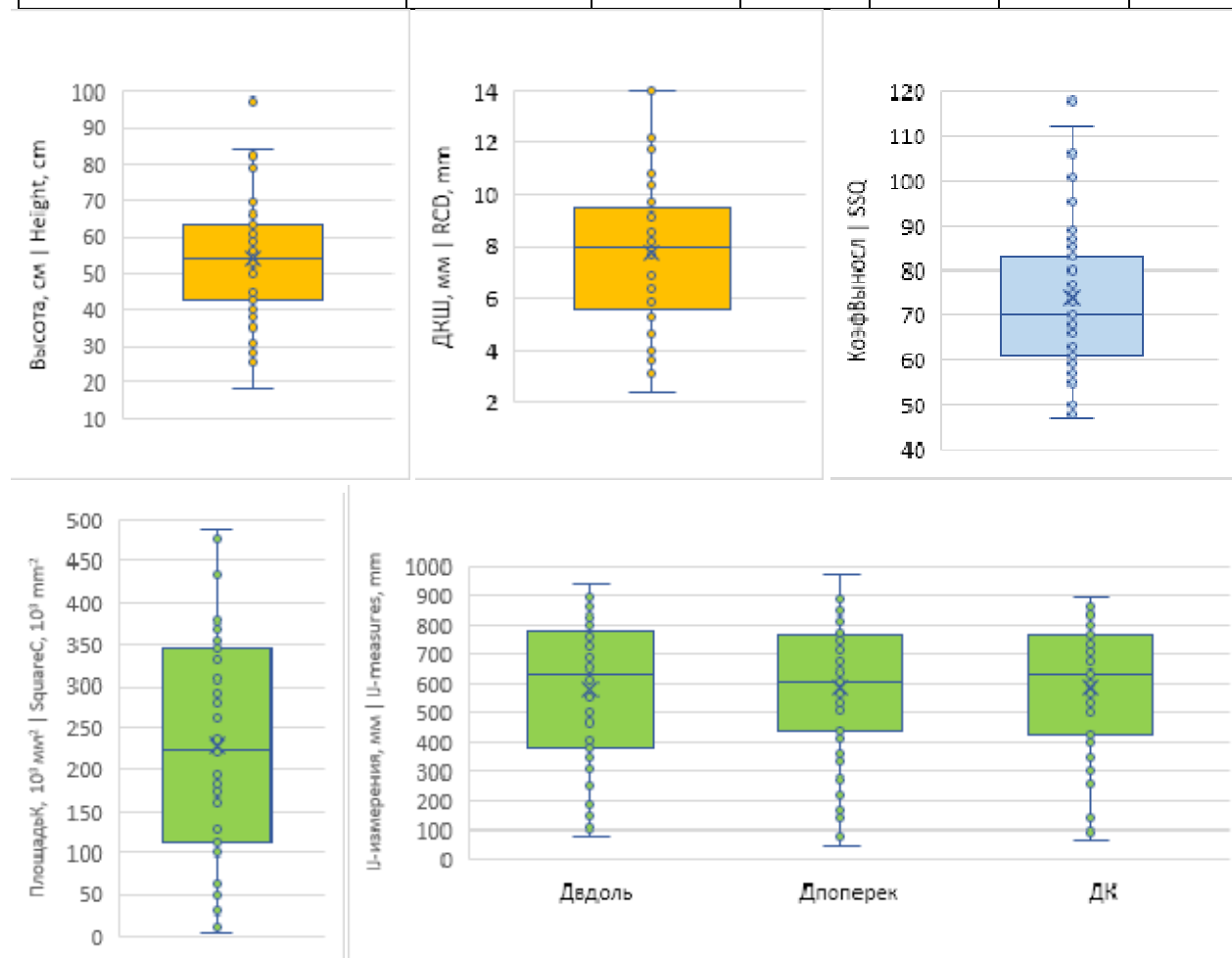


Рисунок 9. Диаграмма распределения вариантов биометрических параметров сеянцев сосны обыкновенной. Здесь точкой за пределами диаграммы показано выскочившее значение вариант (выброс), крестиком – среднее, средней линией в прямоугольнике – медиана, расстоянием между верхним и нижним вискером – размах, или разница максимального и минимального значения

Figure 3. Boxplot diagram of biometric parameters of Scots pine seedlings. Here, a dot outside the diagram shows the popped-out value option (outlier), a cross – the average, the median line in the rectangle, the distance between the upper and lower "whiskers" – the span, or the difference between the maximum and minimum values

Источник: собственная композиция автора / Source: author's composition

Таблица 5

Корреляционный анализ (r-Пирсон) биометрических параметров сеянцев сосны обыкновенной (*container-grown 1+0, 2017 Fall plants, seed spectrometric separation*), полученных на основе фотоизображения в плане, и прямых измерений

Table 5

Correlation analysis (r-Pearson) of biometric parameters of 3-year-old container-grown seedlings of Scots pine (*container-grown 1+0, 2017 Fall plants, seed spectrometric separation*), obtained on the basis of a plan image and direct measurements

Параметры Parameters		Высота Height	ДКШ RCD	КВ SSQ	Двдоль Dalong	Дпоперек Dacross	ДК CD	ПлощадьК SquareC
Высота Height	Корреляция Correlation	1	0,807**	-0,100	0,840**	0,794**	0,843**	0,830**
	Значимость Significance		0,000	0,504	0,000	0,000	0,000	0,000
ДКШ RCD	Корреляция Correlation	0,807**	1	-0,621**	0,817**	0,822**	0,845**	0,875**
	Значимость Significance	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
КВ SSQ	Корреляция Correlation	-0,100	-0,621**	1	-0,346*	-0,363*	-0,365*	-0,407**
	Значимость Significance	0,504	0,000		0,017	0,012	0,012	0,004
Двдоль Dalong	Корреляция Correlation	0,840**	0,817**	-0,346*	1	0,884**	0,972**	0,913**
	Значимость Significance	0,000	0,000	0,017		0,000	0,000	0,000
Дпоперек Dacross	Корреляция Correlation	0,794**	0,822**	-0,363*	0,884**	1	0,969**	0,932**
	Значимость Significance	0,000	0,000	0,012	0,000		0,000	0,000
ДК CD	Корреляция Correlation	0,843**	0,845**	-0,365*	0,972**	0,969**	1	0,951**
	Значимость Significance	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000		0,000
ПлощадьК SquareC	Корреляция Correlation	0,830**	0,875**	-0,407**	0,913**	0,932**	0,951**	1
	Значимость Significance	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	

** . Корреляция значима на уровне $p = 0,01$ (двухсторонняя).
Correlation is significant at the level of $p = 0.01$ (two-way)

* . Корреляция значима на уровне $p = 0,05$ (двухсторонняя).
Correlation is significant at the level of $p = 0.05$ (two-way)

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

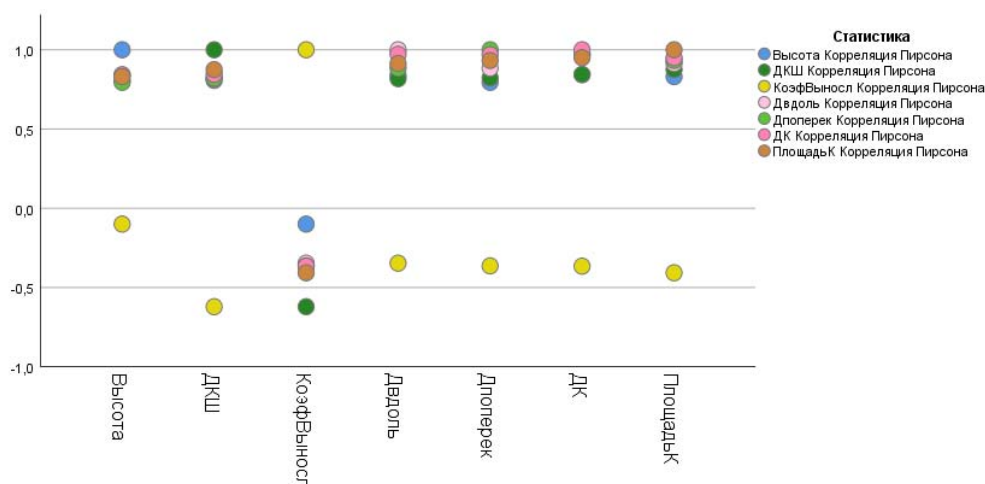


Рисунок 3. Диаграмма рассеяния коэффициентов корреляции Пирсона между биометрическими параметрами

Figure 3. Pearson correlation coefficients scatter-plot between biometric parameters

Источник: собственная композиция автора

Source: author's composition

Количественная мера совместной изменчивости двух переменных – высоты сеянцев и площади кроны, характеризуется сильной положительной связью $r = 0,843$ на уровне значимости $p = 0,01$.

Заключение

1. Для бесконтактного и быстрого прогнозирования и оценки результатов лесовосстановления (биометрических параметров единичного молодого дерева) на линейных участках сосны обыкновенной (1+0, container, 2017 Fall plants, seed spectrometric separation), полученных на основе маловысотных косвенных БПЛА-измерений, целесообразно использовать параметры диаметра и площади кроны в плане.

2. Коэффициент корреляции Пирсона между прямыми измерениями высоты и диаметра корне-

вой шейки сеянца сосны обыкновенной из кондиционных по спектрометрическому признаку семян составляет $r = 0,807$ при уровне значимости $p = 0,01$.

3. Коэффициенты корреляции Пирсона между высотой и площадью кроны, диаметром корневой шейки и площадью кроны сеянца сосны обыкновенной из кондиционных по спектрометрическому признаку семян составляют $r = 0,830$ и $0,875$ соответственно при уровне значимости $p = 0,01$; таким образом, наблюдается сильная положительная связь между биометрическими параметрами, определяющая неизменное увеличение одного параметра при увеличении другого.

Список литературы

1. Donald, F.; Purse, B. V.; Green, S. Investigating the Role of Restoration Plantings in Introducing Disease—A Case Study Using Phytophthora. *Forests* **2021**, *12*, 764, doi:10.3390/f12060764.
2. Davis, A.S.; Pinto, J.R. The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview. *Forests* **2021**, *12*, 1293, doi:10.3390/f12091293.
3. Fargione, J.; Haase, D.L.; Burney, O.T.; Kildisheva, O.A.; Edge, G.; Cook-Patton, S.C.; Chapman, T.; Rempel, A.; Hurteau, M.D.; Davis, K.T.; et al. Challenges to the Reforestation Pipeline in the United States. *Front. For. Glob. Chang.* **2021**, *4*, 1–18, doi:10.3389/ffgc.2021.629198.
4. Grossnickle, S.C.; Kiiskila, S.B.; Haase, D.L. Seedling Ecophysiology: Five Questions To Explore in the Nursery for Optimizing Subsequent Field Success. *Tree Plant. Notes* **2020**, *63*, 112–127.
5. Grossnickle, S.C. *Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings*; P.B. Cavers (University of Western Ontario), Ed.; NRC Research Press: Ottawa, Canada, 2000; ISBN 0660179598.
6. Ivetić, V.; Novikov, A.; Daneshvar, A.; Ahmadi-Afzadi, M. Correlation between the Spectrometric Parameters of Coniferous Seeds and the Molecular Indicators of Seedlings: Is It Possible to Apply It in Practice? *Environ. Sci. Proc.* **2020**, *3*, 18, doi:10.3390/IECF2020-08084.
7. Novikov, A.I.; Sokolov, S.V.; Drapalyuk, M.V.; Zelikov, V.A.; Ivetić, V. Performance of Scots Pine Seedlings from Seeds Graded by Colour. *Forests* **2019**, *10*, 1064, doi:10.3390/f10121064.
8. Novikov, A.I.; Ivetić, V. The effect of seed size grading on seed use efficiency and height of one-year-old container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Reforesta* **2018**, *6*, 100–109, doi:10.21750/REFOR.6.08.61.
9. Felix, Castro, F.; Spalevic, V.; Curovic, M.; Luiz Mincato, R. Comparing pixel- and object- based forest canopy gaps classification using low-cost unmanned aerial vehicle imagery. *Agric. For.* **2021**, *67*, 19–29, doi:10.17707/AgricultForest.67.3.02.
10. Safonova, A.; Hamad, Y.; Dmitriev, E.; Georgiev, G.; Trenkin, V.; Georgieva, M.; Dimitrov, S.; Iliev, M. Individual Tree Crown Delineation for the Species Classification and Assessment of Vital Status of Forest Stands from UAV Images. *Drones* **2021**, *5*, 77, doi:10.3390/drones5030077.
11. Lisitsyn, V.I.; Matveev, N.N.; Saushkin, V. V Ecological and physiological modelling of mixed stand dynamics. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2021**, *875*, 012042, doi:10.1088/1755-1315/875/1/012042.

12. Novikov, A.I.; Ivetić, V. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, *226*, 012043, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012043.
13. Ivetić, V.; Grossnickle, S.; Škorić, M. Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. *iForest - Biogeosciences For.* **2016**, *10*, 99–107, doi:10.3832/ifor1722-009.
14. Dumroese, K.; Landis, T.; Pinto, J.; Haase, D.; Wilkinson, K.; Davis, A. Meeting Forest Restoration Challenges: Using the Target Plant Concept. *Reforesta* **2016**, 37–52, doi:10.21750/REFOR.1.03.3.
15. Ferreira, T.; Rasband, W. *ImageJ User Guide*; 2020;
16. Novikov, A.I.; Ivetić, V.; Novikova, T.P.; Petrishchev, E.P. Scots Pine Seedlings Growth Dynamics Data Reveals Properties for the Future Proof of Seed Coat Color Grading Conjecture. *Data* **2019**, *4*, 106, doi:10.3390/data4030106.

References

1. Donald, F.; Purse, B. V.; Green, S. Investigating the Role of Restoration Plantings in Introducing Disease—A Case Study Using *Phytophthora*. *Forests* **2021**, *12*, 764, doi:10.3390/f12060764.
2. Davis, A.S.; Pinto, J.R. The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview. *Forests* **2021**, *12*, 1293, doi:10.3390/f12091293.
3. Fargione, J.; Haase, D.L.; Burney, O.T.; Kildisheva, O.A.; Edge, G.; Cook-Patton, S.C.; Chapman, T.; Rempel, A.; Hurteau, M.D.; Davis, K.T.; et al. Challenges to the Reforestation Pipeline in the United States. *Front. For. Glob. Chang.* **2021**, *4*, 1–18, doi:10.3389/ffgc.2021.629198.
4. Grossnickle, S.C.; Kiiskila, S.B.; Haase, D.L. Seedling Ecophysiology: Five Questions To Explore in the Nursery for Optimizing Subsequent Field Success. *Tree Plant. Notes* **2020**, *63*, 112–127.
5. Grossnickle, S.C. *Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings*; P.B. Cavers (University of Western Ontario), Ed.; NRC Research Press: Ottawa, Canada, 2000; ISBN 0660179598.
6. Ivetić, V.; Novikov, A.; Daneshvar, A.; Ahmadi-Afzadi, M. Correlation between the Spectrometric Parameters of Coniferous Seeds and the Molecular Indicators of Seedlings: Is It Possible to Apply It in Practice? *Environ. Sci. Proc.* **2020**, *3*, 18, doi:10.3390/IECF2020-08084.
7. Novikov, A.I.; Sokolov, S.V.; Drapalyuk, M.V.; Zelikov, V.A.; Ivetić, V. Performance of Scots Pine Seedlings from Seeds Graded by Colour. *Forests* **2019**, *10*, 1064, doi:10.3390/f10121064.
8. Novikov, A.I.; Ivetić, V. The effect of seed size grading on seed use efficiency and height of one-year-old container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Reforesta* **2018**, *6*, 100–109, doi:10.21750/REFOR.6.08.61.
9. Felix, Castro, F.; Spalevic, V.; Curovic, M.; Luiz Mincato, R. Comparing pixel- and object- based forest canopy gaps classification using low-cost unmanned aerial vehicle imagery. *Agric. For.* **2021**, *67*, 19–29, doi:10.17707/AgricultForest.67.3.02.
10. Safonova, A.; Hamad, Y.; Dmitriev, E.; Georgiev, G.; Trenkin, V.; Georgieva, M.; Dimitrov, S.; Iliev, M. Individual Tree Crown Delineation for the Species Classification and Assessment of Vital Status of Forest Stands from UAV Images. *Drones* **2021**, *5*, 77, doi:10.3390/drones5030077.
11. Lisitsyn, V.I.; Matveev, N.N.; Saushkin, V. V Ecological and physiological modelling of mixed stand dynamics. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2021**, *875*, 012042, doi:10.1088/1755-1315/875/1/012042.
12. Novikov, A.I.; Ivetić, V. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, *226*, 012043, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012043.
13. Ivetić, V.; Grossnickle, S.; Škorić, M. Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. *iForest - Biogeosciences For.* **2016**, *10*, 99–107, doi:10.3832/ifor1722-009.

14. Dumroese, K.; Landis, T.; Pinto, J.; Haase, D.; Wilkinson, K.; Davis, A. Meeting Forest Restoration Challenges: Using the Target Plant Concept. *Reforesta* **2016**, 37–52, doi:10.21750/REFOR.1.03.3.
15. Ferreira, T.; Rasband, W. *ImageJ User Guide*; 2020;
16. Novikov, A.I.; Ivetić, V.; Novikova, T.P.; Petrishchev, E.P. Scots Pine Seedlings Growth Dynamics Data Reveals Properties for the Future Proof of Seed Coat Color Grading Conjecture. *Data* **2019**, 4, 106, doi:10.3390/data4030106.

Сведения об авторе

✉ *Петрищев Евгений Петрович* – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vgltu@mail.ru.

Information about the author

✉ *Evgeniy P. Petrishchev* – Postgraduate Student (Tech.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, Voronezh 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vgltu@mail.ru.

✉ – Для контактов/Corresponding author