

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И. Н. Безкоровайная

« 16 » июня 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Фотосинтетическая активность и пигментный состав хвои *Pinus sibirica* в
горах Центрального Алтая

05.03.06 – Экология и природопользование

05.03.06.01 – Экология

код – наименование направления

| | | |
|----------------------|--|---|
| Научный руководитель | <u>доцент, канд. биол. наук</u> подпись, дата | <u>Н.В. Пахарькова</u> инициалы, фамилия |
| Выпускник | _____ подпись, дата | <u>Т.А. Тимирева</u> инициалы, фамилия |
| Нормоконтролер | _____ подпись, дата | <u>П.А. Красноперова</u> инициалы, фамилия |

Красноярск 2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| Глава 1 Обзор литературы..... | 4 |
| 1.1 Особенности фотосинтетического аппарата хвои <i>Pinus sibirica</i> | 4 |
| 1.2 Горные леса..... | 8 |
| 1.3 Температура и осадки..... | 14 |
| Глава 2 Район, методы и объекты исследования..... | 17 |
| 2.1 Район исследования..... | 17 |
| 2.2 Объекты исследования..... | 22 |
| 2.3 Методы исследования..... | 23 |
| Глава 3 Результаты исследования..... | 27 |
| Заключение..... | 34 |
| Список использованных источников..... | 36 |
| Приложение А Двухфакторный дисперсионный анализ содержания хлорофилла <i>a</i> в хвое..... | 46 |
| Приложение Б Двухфакторный дисперсионный анализ средней скорости электронного транспорта при уровне фотосинтетически активной радиации 845 в хвое..... | 47 |
| Приложение В Двухфакторный дисперсионный анализ средних величин реального квантового выхода при уровне фотосинтетически активной радиации 845 в хвое..... | 48 |

ВВЕДЕНИЕ

В высоких широтах основным ограничителем является дефицит температуры, приводящий к сокращению вегетационного периода [4]. Актуальность данной работы заключается в изучении в летний период фотосинтетического аппарата исследуемого вида хвойных *Pinus sibirica* Du Tour в экосистеме Государственного природного биосферного заповедника «Катунский».

Цель выпускной квалификационной работы – изучение фотосинтетической активности *Pinus sibirica* в летний период на верхней границе леса в горах Центрального Алтая (на территории Государственного природного биосферного заповедника «Катунский»).

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить фотосинтетическую активность сосны сибирской путем измерения параметров флуоресценции хлорофилла хвои деревьев, произрастающих на разной высоте над уровнем моря.
2. Провести количественный анализ пигментного состава и содержания воды в клетках хвои в разных точках трансекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы:

Проведенные исследования выявили различия по величине частных спектрофотометрических характеристик хвои *Pinus sibirica* на разных высотах точек трансекты Катунского хребта:

1. Сравнительный анализ уровня пигментов в зависимости от места произрастания деревьев обнаружил, что наибольшее содержание фотосинтезирующих пигментов было на низких высотах в более пологой части склона (хлорофилла *a* 0,81 мг/г, сумма хлорофиллов – 1,20 мг/г), по сравнению с верхней границей леса (хлорофилла *a* 0,52 мг/г, сумма хлорофиллов – 0,75 мг/г) в средней части трансекты. У единичных деревьев на вершине отмечено повышение содержания хлорофиллов (хлорофилла *a* 0,98 мг/г, сумма хлорофиллов – 1,46 мг/г), что можно объяснить большим количеством влаги в почве, поступающей с осадками и туманом. Отношение содержания хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* оставалось примерно на одном и том же уровне.
2. Фактическое содержание воды в хвое уменьшалось от нижних точек (0,73 в однолетней хвое и 0,60 в двухлетней хвое) на средних высотах (0,40 в однолетней хвое и 0,27 в двухлетней хвое) и резко возрастало на высших точках (0,60 в однолетней хвое и 0,40 в двухлетней хвое). Вероятно, в нижних точках трансекты водный стресс смягчается влиянием влаги, которая приносится с реки Мульты, а на вершине наблюдается повышение уровня осадков по градиенту высоты, а также увеличение частоты присутствия деревьев в облачном покрове.
3. Средняя скорость электронного транспорта при уровне фотосинтетически активной радиации (ФАР) 845 также велика в нижней части трансекты (41,58) и на вершине (48,38), и уменьшена

на среднем участке (19,32). Изменения величины реального квантового выхода $Y(II)$, характеризующего долю энергии, используемой комплексами ФС II на электронный транспорт у адаптированного на свету листа, имели сходный характер. Скорость электронного транспорта в клетках однолетней хвои в летний период в значительной степени зависит от количества воды в хвое (коэффициент корреляции 0,71), а двухлетней - от содержания хлорофилла (коэффициент корреляции 0,76).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Академия наук СССР. Сезонное развитие природы центральных областей Европейской территории РСФСР в 1961 и 1962 гг.. - М. : Издательство «Наука», 1964. - 200 с.
2. Бендер, О. Г. Широтная изменчивость структурно-функциональных показателей хвои кедра сибирского *ex situ* / О. Г. Бендер, А. П. Зотикова // Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий : Всероссийская научная конференция с международным участием и школа для молодых ученых (Петрозаводск, 21-26 сентября 2015 г.) : тезисы докладов. - Петрозаводск, 2015. - С. 66.
3. Буторина, Т. Н. О корреляции некоторых феноиндикаторов с температурой / Т. Н. Буторина, Е. А. Крутовская // Труды государственного заповедника «Столбы». - Вып. II. - 1958. - С. 70-101.
4. Ваганов, Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. - Новосибирск : Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 1996. - 246 с.
5. Веселовский, В. А. Люминесценция растений: Теоретические и практические аспекты / В. А. Веселовский, Т. В. Веселова. - М.: Наука, 1990. - 200 с.
6. Волгушева, А. А. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла а хлоропластов коры деревьев тополя, растущих в разных районах города Улан-Батор / А. А. Волгушева, О. В. Яковлева, И. В. Конюхов и др. // Математика. Компьютер. Образование / НИЦ Регулярная и хаотическая динамика. – Москва ; Ижевск, 2009. - Т. 2. - С. 180–197.
7. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу : учеб. пособие для студ. вузов / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под редакцией И. П. Ермакова. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 256 с.

8. Гаевский, Н. А. Использование переменной и замедленной флуоресценции хлорофилла для изучения фотосинтеза растений / Н. А. Гаевский, В. Н. Моргун // Физиол. Раст. - 1993.- Т.40, №4. -С. 136-145.
9. Гирс, Г. И. Продукционный процесс сосняков Красноярской лесостепи / Г. И. Гирс, В. Д. Стаканов // Лесоведение. - 1986. - № 3. - С. 34-41.
10. Главное управление охотничьего хозяйства и заповедников при совете министров РСФСР. Материалы к изучению природных экосистем центральной лесостепи Русской равнины. - Воронеж.: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1977. - 500 с.
11. Говинджи Фотосинтез : В 2-х т. Пер. с англ. / Говинджи. – М.: Мир, 1987. - Т. 1. – 728 с.
12. Головкин, Т. К. Сезонные изменения состояния фотосинтетического аппарата трех бореальных видов хвойных растений в подзоне средней тайги на европейском северо-востоке / Т. К. Головкин, Я. Н. Яцко, О. В. Дымова // Хвойные бореальной зоны. - 2013. - Т. 30. - № 1-2. - С. 73-78.
13. Згуровская, Л. Н. Исследования хвои *Pinus silvestris* L. и *Pinus sibirica* (Rupr.) Maug. на болотах разных типов / Л. Н. Згуровская // Ботанический журнал. - 1965. - Т. 50, №2. - С. 234-237.
14. Зотикова, А. П. Структура и функция ассимиляционного аппарата кедра сибирского в горах Центрального Алтая / А. П. Зотикова, О. Г. Бендер // Биология. - 2009. - № 1. - С. 80-89.
15. Козубов, Г. М. Некоторые особенности адаптации хвойных к экстремальным условиям Севера / Г. М. Козубов // Вопросы адаптации растений к экстремальным условиям Севера. - Петрозаводск, 1975. - С. 89-104.
16. Моисеев, П. А. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала / П. А.

Моисеев, М. Ван дер Меер, А. Риглинг, И. Г. Шевченко // Экология. - 2004. - № 3. - С. 1-9.

17. Пахарькова, Н. В. Изменение пигментного состава хвои под влиянием загрязнения среды // Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды : учеб. пособие / Н. В.Пахарькова; под общ. ред. Г. А. Сорокиной. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 148 с.

18. Пахарькова, Н. В. Различия в акклимационных стратегиях сосны обыкновенной и ели сибирской на загрязнение воздушной среды / Н. В. Пахарькова, О. П. Калякина, А. А. Шубин, Ю. С. Григорьев, С. В. Пахарьков, Г. А. Сорокина // Хвойные бореальной зоны. - 2010. - № 3. - С. 231-236.

19. Рубин, А. Б. Биофизические методы в экологическом мониторинге / А. Б. Рубин // Соросовский образовательный журнал. - 2000. - Т. 6, № 4. - С. 7-13.

20. Садовничая, Е. А. Радиационный режим горных лесов Сибири / Е. А. Садовничая. - Новосибирск : Наука, 1985. - 126 с.

21. Собчак, Р. О. Влияние условий высокогорья на анатомо-физиологические показатели сосны сибирской / Р. О. Собчак, А. П. Зотикова // Вестник Томского государственного университета. - 2009. - № 326. - С. 200-202.

22. Сорокина, Г. А. Влияние насекомых-филлофагов и загрязнения атмосферы на фотоассимиляционную функцию городских тополевых насаждений / Г. А. Сорокина, О. В. Тарасова, Ю. С. Григорьев // Вестник КГУ. Ест. Науки. - 2005. - № 5. - С.113-116.

23. Терешин, Ю. А. Влияние затенения на ассимиляционный аппарат и рост сосны обыкновенной / Ю. А. Терешин, Н. С. Завьялова, В. И. Юшков // Экология и физиология основных лесобразующих видов Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. - С. 54-71.

24. Тужилкина, В. В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение / В. В. Тужилкина // Экология. - 2009. - № 4. - С. 243-248.
25. Хантемиров, Р. М. Изменения климата и формирование возрастных поколений лиственницы на полярной границе леса на Ямале / Р. М. Хантемиров, А. Ю. Сурков, Л. А. Горланова // Экология. - 2008. - №5. - С. 323-328.
26. Ходасевич, Э. В. О состоянии фонда пигментов и пластид в онтогенезе листа хвойных / Э. В. Ходасевич // Проблемы биосинтеза хлорофиллов. - Минск, 1971. - С. 173-198.
27. Шиятов, С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. - М.: Наука, 1986. - 136 с.
28. Яковлева, О. В. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла в листьях травянистых растений, растущих в разных экологических условиях / О. В. Яковлева, Е. В. Талипова, Г. П. Кукарских, Т. Е. Кренделева, А. Б. Рубин // Биофизика. - 2005. - Т. 50, № 6. - С. 1112-1119.
29. Государственный природный биосферный заповедник «Катунский» (ГПБЗ «Катунский») [Электронный ресурс] : на сайте размещены различные материалы для ознакомления. - Режим доступа: <http://gotoaltay.ru/>
30. Государственный природный биосферный заповедник «Катунский» [Электронный ресурс] : на сайте размещены различные материалы для ознакомления. - Режим доступа: <http://www.katunskiy.ru/>
31. Дед Алтай. Базы отдыха, активные туры [Электронный ресурс] : на сайте предоставляется информация ознакомительного характера. - Режим доступа: <http://ded-altai.ru/>
32. Aber, J. Forest processes and global environmental change: predicting the effects of individual and multiple stressors / J. Aber, R. P. Neilson, S. McNulty, J. M. Lenihan, D. Bachelet, R. J. Drapek // BioScience. – 2001. – Vol. 51. – P. 735-751.

33. Adams, W. W. Chlorophyll fluorescence as a tool to monitor plant response to the environment / W. W. Adams, B. Demming-Adams // In: Papageogiou G, Govindjee (eds) Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis / Advances in photosynthesis and respiration / Springer. - Dordrecht. – 2004. – Vol. 19. – P. 583-604.
34. Baptist, F. Interaction of carbon and nitrogen metabolisms in alpine plants / F. Baptist, I. Aranjuelo // In: Lütz C (ed.), Plants in Alpine Regions-Cell Physiology of Adaption and Survival Strategies. Springer Wien New York. - Wien, Austria, 2012. – pp. 121–134.
35. Bassow, S. L. The response of temperate tree seedlings grown in elevated CO₂ to extreme temperature events / S. L. Bassow, K. D. McConnaughay, F. A. Bazzaz // Ecological Applications. - 1994. - Vol. 4. - P. 593–603.
36. Bligny, R. Specificities of metabolite profiles in alpine plants / R. Bligny, S. Aubert // Lütz C. (ed.). In: Plants in Alpine Regions. Wein: Springer-Verlag, 2012. - pp. 99–120.
37. Blumthaler, M. Increase of solar UV radiation with altitude / M. Blumthaler, W. Ambach, R. Ellinger // J Photochem Photobiol B: Biol. – 1997. - Vol. 39(2). - P. 130–134.
38. Blumthaler, M. Solar Radiation of the High Alps / M. Blumthaler // In: Cornelius Lütz (eds) Plants in Alpine Regions. Springer-Verlag/Wien. – 2012. - pp. 11-20.
39. Brooks, J. R. Responses of boreal conifers to climate fluctuations: Indications from tree ring widths and carbon isotope analyses / J. R. Brooks, L. B. Flanagan, J. R. Ehleringer // Canadian Journal of Forest Research. - 1998. - Vol. 28. - P. 524–533.
40. Castro, M. Factors controlling atmospheric methane consumption by temperate forest soils / M. Castro, P. A. Steudler, J. M. Melillo, J. D. Aber, R. D. Bowden // Global Biogeochemical Cycles. - 1995. - Vol. 9. - P. 1–10.
41. Cavender-Bares, J. From leaves to ecosystems: using chlorophyll fluorescence to access photosynthesis and plant function in ecological studies / J.

Cavender-Bares, F. A. Bazzaz // In: Papageogiou G, Govindjee (eds) Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis / Advances in photosynthesis and respiration / Springer. – Dordrecht, 2004. – Vol. 19. – P. 737-755.

42. Evans, J. R. Acquisition and diffusion of CO₂ in higher plant leaves / J. R. Evans, F. Loreto // In: Leegood RC, Sharkey TD, von Caemmerer S (eds) Photosynthesis: physiology and metabolism / Kluwer Academic Publishers. – Dordrecht ; Boston ; London, 2000. – Vol. 9. - pp. 332–351.

43. Feierabend, J. Photoinactivation of catalase occurs under both high- and low-temperature stress conditions and accompanies photo inhibition of PS II / J. Feierabend, C. Schaaf, B. Hertwig // Plant Physiol. – 1992. - Vol. 100. - P. 1554–1561.

44. Graumlich, L. Long-term records of growth and distribution of conifers: Integration of paleoecology and physiological ecology / L. J. Graumlich, L. B. Brubaker // In Smith WK, Hinckley TM, eds. Ecophysiology of Coniferous Forests. San Diego: Academic Press. - 1995. - P. 37–62.

45. Guak, S. Effects of elevated CO₂ and temperature on cold hardiness and spring bud burst and growth in Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii*) / S. Guak, D. M. Olszyk, L. H. Fuchigani, D. T. Tingey // Tree Physiology. - 1998. - Vol. 18. - P. 671–679.

46. Hansen, A. J. Global change in forests: Responses of species, communities and biomes / A. J. Hansen, R. P. Neilson, V. H. Dale, C. H. Flather, L. R. Iverson, D. J. Currie, S. Shafer, R. Cook, P. J. Bartlein // BioScience. - 2001. - Vol. 51. - P. 765–779.

47. Jones, H. Snow ecology: an interdisciplinary examination of snow-covered ecosystems / H. Jones, J. Pomeroy, D. A. Walker, R. Hoham // Cambridge University Press. - Cambridge, 2000.

48. Korner, C. Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems / C. Korner // Springer Verlag. – Berlin ; Heidelberg, 2003.

49. Kozłowski, T. T. Growth control in woody plants / T. T. Kozłowski, S. G. Pallardy // Academic Press. – San Diego, 1997.

50. Kuhn, M. Rain and snow at high elevation. The interaction of water, energy and trace substances / M. Kuhn // In: Lütz, Cornelius: Plants in Alpine regions. Cell physiology of adaption and survival strategies / Springer. - Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York ; Berlin, 2012. - pp. 1 - 10.
51. Lambers, H. Plant physiological ecology / H. Lambers, F. S. Chapin III, T. L. Pons // Springer. - New York, 1998.
52. Larcher, W. Bioclimatic temperatures in the High Alps / W. Larcher // In Plants in Alpine Regions: Cell Physiology of Adaption and Survival Strategies; Lutz, C., Ed.; Springer. - Berlin, Germany, 2012. - pp. 21–27.
53. Linn, D. M. Effects of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils / D. M. Linn, J. W. Doran // Soil Science Society of America Journal. - 1984. – Vol. 48. – P. 1267–1272.
54. Loehle, C. Height growth rate tradeoffs determine northern and southern range limits for trees / C. Loehle // Journal of biogeography. - 1998. – Vol. 25. – P. 735–742.
55. Loehle, C. Model based assessments of climate change effects on forests: A critical review / C. Loehle, D. LaBlanc // Ecological Modeling. - 1996. - Vol. 90. – P. 1–31.
56. Lütz, C. Physiological and ultra structural changes in alpine plants exposed to high UV and to high ozone / C. Lütz, H. Seidlitz // In: Lütz C (ed) Plants in alpine regions: cell physiology of adaptation and survival strategies / Springer. - Berlin, 2012. – pp. 29–42.
57. Lütz, C. Plants in Alpine regions, cell physiology of adaptation and survival strategies / C. Lütz // Springer Wien New York. – 2012. - 212 p.
58. Martinez, I. Disentangling the formation of contrasting tree-line physiognomies combining model selection and Bayesian parameterization for simulation models / I. Martinez, T. Wiegand, J. J. Camarero, E. Batllori, E. Gutierrez // The American Naturalist. - 2011. - V. 177. - P. 136–152.

59. Melis, A. Photo system-II damage and repair cycle in chloroplasts: what modulates the rate of photo damage in vivo? / A. Melis // Trends Plant Sci. – 1999. – V. 4. – P. 130–135.
60. Murata, N. Photo inhibition of photo system II under environmental stress / N. Murata, S. Takahashi, Y. Nishiyama, S. I. Allakhverdiev // Biochim Biophys Acta. – 2007. – V. 1767. – P. 414–421.
61. Murchie, E. H. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications / E. H. Murchie, T. Lawson // Journal of experimental botany. – 2013. – V. 13. – P. 3983-3998.
62. Niyogi, K. K. Photo protection revisited: genetic and molecular approaches / K. K. Niyogi // Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. – 1999. – V. 50. – P. 333–359.
63. Ort, D. R. A photo protective role of O₂ as an alternative electron sink in photosynthesis? / D. R. Ort, N. R. Baker // Cur Op Plant Biol. – 2002. – V. 5. – P. 193–198.
64. Ottander, C. Seasonal changes in Photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris* / C. Ottander, D. Campbell, G. Öquist // Planta. - 1995. - V. 197. - P. 176-183.
65. Reily, R. H. Nutrient dynamics and nitrogen trace gas flux during ecosystem development in montane rain forest / R. H. Reily, P. M. Vitousek // Ecology. - 1995. – V. 76. – P. 292–304.
66. Robakowski, P. Species-specific acclimation to strong shade modifies susceptibility of conifers to photoinhibition / P. Robakowski // Acta Physiol. Plantarum. - 2005. - V. 27. №3A. - P. 255-263.
67. Schreiber, U. Continuous recording of photochemical and nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer / U. Schreiber, U. Schliwa, W. Bilger // Photosynthesis Research. - 1986. – V. 10. – P. 51-62.

68. Skoop, J. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content / J. Skoop, M. D. Jawson, J. W. Doran // Soil Science Society of America Journal. - 1990. – V. – 54. – P. 1619–1625.
69. Smith-McKenna, E. K. Cascading effects of feedbacks, disease, and climate change on alpine treeline dynamics / E. K. Smith-McKenna, G. P. Malanson, L. M. Resler, L. W. Carstensen, S. P. Prisley, D. F. Tomback // Environmental Modelling & Software. - 2014. - V. 62. - P. 85–96.
70. Streb, P. Photosynthesis and antioxidative protection in alpine herbs / P. Streb, H. Cornic // In: Lutz C, ed. Plants in alpine regions. Wien: Springer. - 2012. – P. 75–97.
71. Takahashi, S. How do environmental stresses accelerate photoinhibition? / S. Takahashi, N. Murata // Trends Plant Sci. – 2008. – V. 13. – P. 178–182.
72. Tjoelker, M. G. Temperature and ontogeny mediate growth response to elevated CO₂ in seedlings of five boreal tree species / M. G. Tjoelker, J. Oleksyn, P. B. Reich // New Phytologist. – 1998. – V. 140. – P. 197–210.
73. van Kooten, O. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology / O. van Kooten, J. F. H. Snel // PhotosynthRes. – 1990. – V. 25. – P. 147–150.
74. Wallentin, G. Understanding alpine tree line dynamics: An individual-based model / G. Wallentin, U. Tappeiner, J. Strobl, E. Tasser // Ecological Modelling. - 2008. - V. 218. - P. 235–246.
75. Walz, H. GmbH junior-PAM chlorophyll fluorometer Operator's Guide / H. Walz // Heinz Walz GmbH 2.154 / 12.07 1. Edition: December 07 Erhard Pfundel Heinz Walz GmbH. – 2007. - 62 p.
76. Wayne, P. M. Elevated CO₂ ameliorates birch response to high temperature and frost stress: Implications for modeling climate-induced geographic range shifts / P. M. Wayne, E. G. Reekie, F. A. Bazzaz // Oecologia1. - 1998. – V. 14. – P. 335–342.

77. Wintermans, J. E. G. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll *a* and *b* and their phaeophytins in ethanol / J. E. G. Wintermans, A. De Mots // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 1965. – V. 109. – P. 448-453.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА А В ХВОЕ

| Хлорофилл а | точка 1 | точка 2 | точка 3 | точка 4 | точка 5 | точка 6 | точка 7 | точка 8 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| хвоя 1 года | 1,08 | 1,50 | 1,06 | 0,53 | 1,00 | 0,84 | 0,85 | 0,94 |
| хвоя 2 года | 0,81 | 0,80 | 0,74 | 0,52 | 0,67 | 0,77 | 0,61 | 0,98 |

| <i>ИТОГИ</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> | | |
|--------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|-------------------|----------------------|
| хвоя 1 года | 8 | 7,81 | 0,98 | 0,07 | | |
| хвоя 2 года | 8 | 5,90 | 0,74 | 0,02 | | |
| точка 1 | 2 | 1,89 | 0,95 | 0,03 | | |
| точка 2 | 2 | 2,30 | 1,15 | 0,24 | | |
| точка 3 | 2 | 1,80 | 0,90 | 0,05 | | |
| точка 4 | 2 | 1,05 | 0,52 | 0,00 | | |
| точка 5 | 2 | 1,68 | 0,84 | 0,05 | | |
| точка 6 | 2 | 1,61 | 0,80 | 0,00 | | |
| точка 7 | 2 | 1,46 | 0,73 | 0,03 | | |
| точка 8 | 2 | 1,93 | 0,96 | 0,00 | | |
| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
| Строки | 0,23 | 1 | 0,23 | 8,37 | 0,02 | 5,59 |
| Столбцы | 0,47 | 7 | 0,07 | 2,48 | 0,13 | 3,79 |
| Погрешность | 0,19 | 7 | 0,03 | | | |
| Итого | 0,89 | 15 | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАНСПОРТА ПРИ УРОВНЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ 845 В ХВОЕ

| | точка 1 | точка 2 | точка 3 | точка 4 | точка 5 | точка 6 | точка 7 | точка 8 |
|--------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| хвоя 1 года | 38,69 | 33,76 | 33,97 | 15,80 | 11,60 | 14,63 | 17,08 | 39,04 |
| хвоя 2 года | 41,58 | 42,99 | 38,33 | 19,32 | 14,07 | 17,11 | 25,82 | 48,38 |
| <i>ИТОГИ</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> | | | | |
| хвоя 1 года | 8 | 204,57 | 25,57 | 139,07 | | | | |
| хвоя 2 года | 8 | 247,60 | 30,95 | 179,17 | | | | |
| точка 1 | 2 | 80,27 | 40,13 | 4,17 | | | | |
| точка 2 | 2 | 76,74 | 38,37 | 42,63 | | | | |
| точка 3 | 2 | 72,30 | 36,15 | 9,53 | | | | |
| точка 4 | 2 | 35,12 | 17,56 | 6,20 | | | | |
| точка 5 | 2 | 25,67 | 12,83 | 3,04 | | | | |
| точка 6 | 2 | 31,74 | 15,87 | 3,07 | | | | |
| точка 7 | 2 | 42,90 | 21,45 | 38,23 | | | | |
| точка 8 | 2 | 87,42 | 43,71 | 43,56 | | | | |
| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> | | |
| Строки | 115,74 | 1 | 115,74 | 23,35 | 0,00 | 5,59 | | |
| Столбцы | 2193,01 | 7 | 313,29 | 63,21 | 0,00 | 3,79 | | |
| Погрешность | 34,70 | 7 | 4,96 | | | | | |
| Итого | 2343,44 | 15 | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНИХ ВЕЛИЧИН РЕАЛЬНОГО КВАНТОВОГО ВЫХОДА ПРИ УРОВНЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ 845 В ХВОЕ

| | точка 1 | точка 2 | точка 3 | точка 4 | точка 5 | точка 6 | точка 7 | точка 8 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| хвоя 1 года | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,11 |
| хвоя 2 года | 0,09 | 0,12 | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,08 | 0,07 | 0,14 |

| <i>ИТОГИ</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
|--------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
|--------------|-------------|--------------|----------------|------------------|

| | | | | |
|-------------|---|------|------|------|
| хвоя 1 года | 8 | 0,52 | 0,06 | 0,00 |
| хвоя 2 года | 8 | 0,70 | 0,09 | 0,00 |

| | | | | |
|---------|---|------|------|------|
| точка 1 | 2 | 0,14 | 0,07 | 0,00 |
| точка 2 | 2 | 0,22 | 0,11 | 0,00 |
| точка 3 | 2 | 0,20 | 0,10 | 0,00 |
| точка 4 | 2 | 0,10 | 0,05 | 0,00 |
| точка 5 | 2 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |
| точка 6 | 2 | 0,11 | 0,05 | 0,00 |
| точка 7 | 2 | 0,12 | 0,06 | 0,00 |
| точка 8 | 2 | 0,25 | 0,12 | 0,00 |

| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|

| | | | | | | |
|-------------|------|----|------|-------|------|------|
| Строки | 0,00 | 1 | 0,00 | 21,33 | 0,00 | 5,59 |
| Столбцы | 0,01 | 7 | 0,00 | 20,06 | 0,00 | 3,79 |
| Погрешность | 0,00 | 7 | 0,00 | | | |
| Итого | 0,02 | 15 | | | | |

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.Н. Безкоровайная

подпись инициалы, фамилия

« 16 » июня 2020г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Фотосинтетическая активность и пигментный состав хвои *Pinus sibirica* в горах
Центрального Алтая

05.03.06 – Экология и природопользование

код – наименование направления

05.03.06.01 – Экология

код – наименование профиля

Научный руководитель



доцент, канд.биол.наук Н.В.Пахарькова

подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

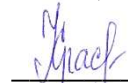


Т.А. Тимирева

подпись, дата

инициалы, фамилия

Нормоконтролер



16.06.2020

П.А. Красноперова

подпись, дата

инициалы, фамилия

Красноярск 2020