

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ СЫРЬЯ *LEDUM PALUSTRE* (ERICACEAE) НА КЛЮЧЕВОМ УЧАСТКЕ

© О. В. Созинов¹

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
¹ E-mail: ledum@list.ru

На примере ресурснозначимых популяций багульника болотного *Ledum palustre* проведена сравнительная апробация точечного метода и метода пробных площадей по оценке урожайности лекарственного сырья на ключевом участке. Значения урожайности багульника, полученные на одном и том же болотном массиве точечным методом и методом пробных площадей, различаются на 30 % и более. Разработаны варианты регрессионных уравнений, позволяющие с помощью учета проективного покрытия багульника болотного определить урожайность лекарственного сырья. Выявлена корреляционная связь урожайности багульника с типом леса, возрастом и бонитетом древостоя.

Ключевые слова: методика, проективное покрытие, точечный метод, урожайность, пробная площадь, ключевой участок, *Ledum palustre*.

В ботаническом ресурсоведении для оценки урожайности (ресурсной продуктивности, плотности запаса) лекарственного растительного сырья используют три основных метода: метод учетных площадок, метод модельных экземпляров и метод проективного покрытия [1]. Первый метод самый трудоемкий и точный, третий — менее затратный и относительно быстрый с возможностью разработки экспресс-оценки запаса сырья лекарственного растения через выявление связи урожайности с проективным покрытием вида [2—4]. Данные методы используются как при оценке запасов на конкретных зарослях, так и на ключевых участках [1].

Если при использовании данных методов, которые зависят от жизненной формы изучаемого вида и его сырьевой части, в оценке продуктивности конкретных популяций мы получаем достаточно точные и репрезентативные данные, то при работе на ключевых участках возникает проблема корректности экстраполяции данных: «...если серия мелких площадок была заложена в пределах пробной площади 20 × 20 м, то все выводы, полученные в результате статистической обработки, могут быть экстраполированы только на данную площадь» [5].

Один из путей решения вопроса репрезентативности данных в оценке урожайности с помощью ключевых участков — это применение точечного мето-

да (метода уколов) [6, 7]. Суть метода заключается в том, что в исследовании применяется наименьшая учетная площадка — точка (точечный квадрат). В поле точки обозначаются различными способами: узлами на натянутом шнуре; пересечениями сетки, натянутой на учетной площадке; проколами и касанием спицами растений (на стойке или колесе); прицелом в оптическом визире [6]. На основе данных, полученных точечным методом, отмечают покрытие отдельных видов, определяющееся как доля (%) точек, на которых отмечено присутствие того или иного вида [8]. Есть данные, показывающие корреляционную зависимость между результатами исследований по весу сухого вещества и точечным методом [6]. Но многие авторы указывали, что в связи с тем что иглы имеют диаметр, а не являются математическими точками, существует опасность ошибки при работе точечным методом, которая зависит от архитектоники конкретных видов растений [8]. Тем не менее по сравнению с глазомерным методом учета обилия растений точечный метод дает более надежные результаты [9].

В предыдущей работе мы [10] с помощью информационных технологий оценили корректность определения проективного покрытия растений точечным методом при различном количестве точек, а также определение площади точек при масштабировании вплоть до площади 1 км². Нами определено, что число маршрутных ходов и точек на ходе, позволяющее получить точность учета проективного покрытия растений в пределах погрешности $\pm(5—10)$ %, составляет 5—8 и 20—25 соответственно. Разработан алгоритм использования точечного метода на больших территориях с учетом наличия площади у точки. Соответственно на 1 км² площадь точки составила 6.25 м² [10]. Данный методический подход дает возможность получать репрезентативные данные по урожайности с ключевых участков и создавать ресурсные карты с большой разрешающей способностью.

В настоящей работе мы поставили перед собой задачу в натуральных условиях оценить эффективность использования модифицированного точечного метода при оценке урожайности багульника болотного *Ledum palustre* L. на ключевом участке.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в Гродненском р-не Гродненской обл. Беларуси на территории республиканского ландшафтного заказника «Озеры». Главный землепользователь — Гродненский лесхоз. Болотный массив «Чертово» с одноименным дистрофным озером находится в западной части заказника и представляет собой заболоченное понижение площадью около 1 км², окруженное золовыми грядами. Ключевой участок представлял собой в доминирующем большинстве сосняки сфагновые IV—V (V^a) класса бонитета, высотой 8—16 м, возраста 70—120 лет в А₄—А₅ типах лесорастительных условий (очень бедные влажные и сырые почвы) площадью 1 км², что является приемлемым при оценке запасов багульника методом ключевых участков [11].

По таксационным данным Гродненского лесничества и спутниковым снимкам GoogleMaps (maps.google.com), определен контур болотного массива. Методической основой для исследования являлись маршрутные ходы на основе градусной сетки, которые разместили в программе OziExplorer с фиксированным шагом, что дает высокий уровень рандомизации. Использовали два метода для оценки урожайности багульника в пределах ключевого участка.

I — точечный метод: в узлах градусной сетки, с шагом 4", отметили 100 точек, каждую из которых в натуральных условиях находили с помощью GPS-навигатора (точность позиционирования $\pm(2-3)$ м), закладывали учетную площадку 6.25 м² и глазомерно оценивали обилие и методом проективного покрытия — урожайность [1].

II — метод пробных площадей: в узлах градусной сетки, с шагом 15", отметили 15 точек, каждую из которых в натуральных условиях находили с помощью GPS-навигатора, и закладывали пробную площадь 400 м². На каждой пробной площади делали геоботаническое описание фитоценоза [12]. На 20 учетных площадках по 1 м², заложенных по диагоналям пробной площади, получили данные по проективному покрытию и урожайности багульника методом учетных площадок [1].

Свежесобранное сырье (облиственные побеги текущего прироста багульника) сушили воздушно-теневым способом.

Для выявления связи проективного покрытия и массы сырья багульника и связи параметров багульника с эколого-ценотическими факторами проводили корреляционный и регрессионный анализы в программе Statistica 8.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных двумя методическими подходами данных по ресурсной продуктивности багульника показал существенное различие ($P = 0.002$) в результатах. Средняя урожайность багульника на ключевой участок, полученная II методом пробных площадей, составила 19.05 ± 0.9 г/м² (относительная ошибка 5 %, уровень вариабельности 88 %), тогда как результат I метода — 13.3 ± 1.4 г/м² (относительная ошибка 10 %, уровень вариабельности 102 %) при сходной встречаемости 97—98 % и варьировании проективного покрытия багульника от 1 до 60 % — I методом и от 0.5 до 45 % при учете урожайности II методом. Высокий уровень изменчивости урожайности объясняется значительным размахом обилия вида при контагиозном распределении ценопопуляций [4]. Оценка урожайности по выделам определенного типа леса (данные лесотаксации) показала, что наиболее продуктивны по лекарственному сырью багульника фитоценозы в пушицево-сфагновых биотопах с закономерным уменьшением ресурсной продуктивности модельного вида по мере улучшения бонитета древостоя (см. таблицу).

Эколого-ценотическая и ресурсная характеристика *Ledum palustre* в различных типах леса ключевого участка

Coenotic and resource characteristics of *Ledum palustre* in pine forests of different type in the key area

Тип соснового лесов Pine forest type	Возраст древостоя, лет Stand age, years	Бонитет, класс Stand quality class	Полнота древостоя Completeness of the stand	Урожайность (возд.-сух.), г/м ² Productivity (dry) g / m ²	
				I метод method I	II метод method II
<i>Pinetum eriophoroso-sphagnosum</i>	50—85	Va	0.5—0.7	19.1 \pm 2.0	31.6 \pm 2.5
<i>P. fruticoso-sphagnosum</i>	50—120	IV—V	0.5—0.8	7.5 \pm 1.4	17.8 \pm 1.1
<i>P. polytrichosum</i>	45—140	III	0.6—0.7	1.1 \pm 0.2	6.2 \pm 0.7
<i>P. myrtillosum</i>	50	I	1	0.6	—

Принципиальные различия в двух способах учета ресурсной продуктивности багульника заключаются в размещении учетных площадок (или только в пробных площадях, или равномерно по всему ключевому участку), их площади и количестве, методах учета урожайности. Точечный метод дает более детальные, репрезентативные результаты по урожайности багульника в пределах ключевого участка, учитывая мозаичность и комплексность растительного покрова.

Сравнение полученных результатов с данными регионов, находящихся в зоне южной тайги и широколиственных лесов, показало их относительное сходство по урожайности багульника (воздушно-сухое сырье): Гомельская обл.: сосняки черничные 1.2 г/м², пушицево-сфагновые сосняки 50.1, сосняки долгомошные 0.2, сосняки черничные 1.2 г/м² [13]; Псковская обл.: сосняки черничные 3.0—16.0, сосняки долгомошные и багульниковые 15—25 г/м² [14]; Горьковская (Нижегородская) обл.: сосняк осоково-сфагновый 6.9 г/м², сосняк сфагновый 20.2, сосняк долгомошный 8.3, сосняк черничный 1.8 г/м² [15]; Московская обл.: сосняки кустарничково-сфагновые 21.2—48.0 г/м² сырого сырья [16]. Сходство с обобщающими данными по урожайности багульника европейской части СНГ отмечено по нижнему пределу урожайности (сырая масса, выход сухого сырья 35 %): сосняк багульниково-сфагновый 49 г/м², сосняк пушицево-сфагновый 21, сосняк кустарничково-сфагновый 27.5 г/м² [3].

Выявлена корреляционная связь урожайности багульника с типом леса ($r = 0.77—0.81$, $r^2 = 0.60$, $\eta^2 = 61\%$, $P < 0.05$) и бонитетом ($r = 0.65—0.77$, $r^2 = 0.40$, $\eta^2 = 71\%$, $P < 0.05$), что подтверждает результаты [3]. Отмечено, что корреляционная связь выше при использовании данных I метода, тогда как степень влияния факторов на урожайность в большей степени проявляется в результатах, полученных II методом.

Также выявлена прямолинейная корреляционная связь между проективным покрытием багульника (по данным I метода) и типом леса ($r = 0.83$), бонитетом древостоя ($r = 0.77$) и синхронная отрицательная изменчивость урожайности и обилия багульника при увеличении возраста древостоя ($r = -0.80$).

Использование регрессионного уравнения И. Л. Крыловой и Л. И. Прокошевой [3] для южной группы багульника (южная тайга, хвойно-широколиственные и широколиственные леса европейской части СНГ) показало несоответствие теоретических и экспериментальных данных, что подтверждает наличие различий «весовой стоимости» 1 % проективного покрытия багульника в различных популяциях и сообществах [2] и свидетельствует о необходимости разработки региональных регрессионных уравнений связи проективного покрытия и урожайности багульника.

Анализ регрессионной прямолинейной зависимости воздушно-сухой фитомассы побегов багульника от его проективного покрытия позволил создать уравнения, позволяющие с различным уровнем точности оценить ресурсную продуктивность на ключевом участке через обилие модельного вида (рис. 1, 2):

$$m_I = -8.0319 + 7.1602 \times P_1, r = 0.93, r^2 = 0.87, F_{1.96} = 646.6, \\ \text{стандартная ошибка оценки} — 30.6,$$

$$m_{II} = 3.9793 + 1.5759 \times P_2, r = 0.88, r^2 = 0.77, F_{1.229} = 794.9, \\ \text{стандартная ошибка оценки} — 7.5,$$

где m_I — урожайность, полученная I методом, г/6.25 м²; P_1 — проективное покрытие на 6.25 м², %; m_{II} — урожайность, полученная II методом, г/м², P_2 — проективное покрытие на 1 м², %.

Данные регрессионные уравнения являются корректными при проективном покрытии багульника от 1% до 50—60 %.

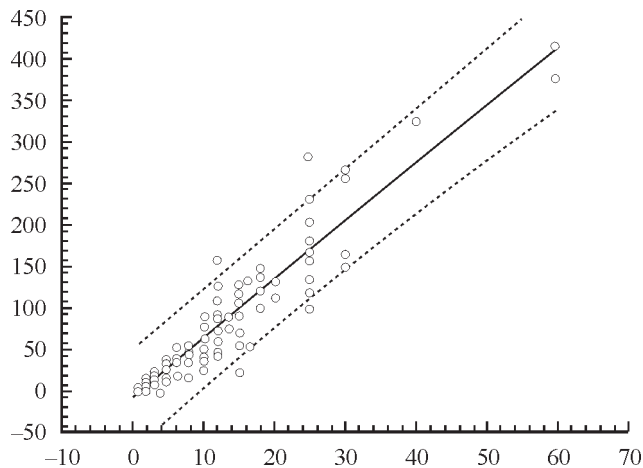


Рис. 1. Регрессионная зависимость фитомассы побегов *Ledum palustre* от его проективного покрытия (I метод).

По оси абсцисс — проективное покрытие, %; по оси ординат — воздушно-сухая фитомасса, г/6.25м². Сплошная линия — линия регрессии, пунктирная линия — доверительный интервал прогноза 0.95.

Fig. 1. The regression dependence of phytomass of shoots of *Ledum palustre* from its projective cover (I method).

X-axis — projective cover, %; y-axis — air-dry phytomass, g/6.25m². Solid line — the regression line, dotted line — prediction bands 0.95.

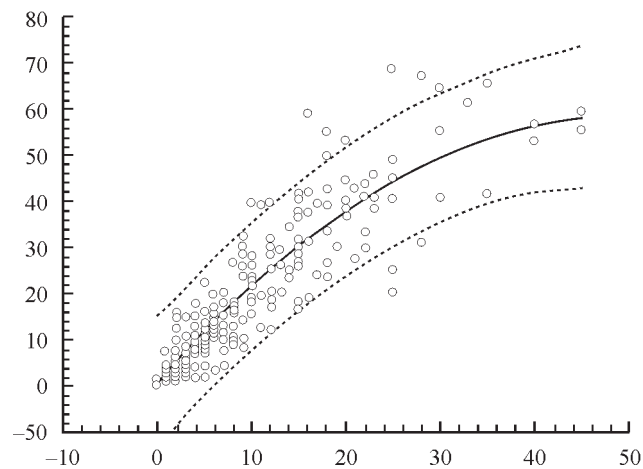


Рис. 2. Регрессионная зависимость фитомассы побегов *Ledum palustre* от его проективного покрытия (II метод).

По оси абсцисс — проективное покрытие, %; по оси ординат — воздушно-сухая фитомасса, г/м². Сплошная линия — линия регрессии, пунктирная линия — доверительный интервал прогноза 0.95.

Fig. 2. The regression dependence phytomass of shoots of *Ledum palustre* from its projective cover (II method).

X-axis — projective cover, %; y-axis — air-dry phytomass, g/m². Solid line — the regression line, dotted line — prediction bands 95 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов полевой апробации модифицированного точечного метода по оценке урожайности багульника болотного *Ledum palustre* L. в пределах одного ключевого участка площадью 1 км² в условиях Гродненского района Беларуси показал, что точечный метод учета урожайности багульника на ключевых участках с более детальной оценкой ресурсной продуктивности дает более низкие значения урожайности (на 30 % и более), чем метод пробных площадей. С помощью точечного метода достаточно устойчиво выявляется достоверная связь урожайности и проективного покрытия багульника с эколого-ценотическими факторами ($r = 0.6—0.8$). Регрессионные уравнения имеют региональную специфику, и выявление урожайности через проективное покрытие позволяет ускорить определение сырьевой продуктивности багульника. При оценке серии ключевых участков возможно создание экспресс-метода оценки урожайности и соответственно запасов сырья багульника с выходом на мониторинг запасов лекарственного растительного сырья на конкретной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буданцев А. Л., Харитоновна Н. П. Ресурсоведение лекарственных растений. СПб., 1999. 56 с.
2. Крылова И. Л. О возможности использования проективного покрытия для определения урожайности лекарственных растений // Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения. Петрозаводск, 1975. С. 107—112.
3. Крылова И. Л., Прокошева Л. И. Эколого-ценотическая характеристика и урожайность багульника в европейской части СССР // Раст. ресурсы. 1982. Т. 27, вып. 1. С. 3—13.
4. Федоров Н. И., Жигунова С. Н., Михайленко О. И. Методологические основы оптимизации ресурсного использования лекарственной флоры Южного Урала. М., 2013. 212 с.
5. Василевич В. И. Требования, необходимые для получения достоверных данных в работах по биологической продуктивности // Бот. журн. 1969. Т. 54, № 1. С. 111—117.
6. Браун Д. Методы исследования и учета растительности. М., 1957. 316 с.
7. Полевая геоботаника. Т. III. М.; Л., 1964. 532 с.
8. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике. Л., 1969. 232 с.
9. Ипатов В. С. Сравнение методов определения роли вида в структуре травяного покрова дубового леса // Бот. журн. 1962. Т. 47, № 3. С. 359—368.
10. Созинов О. В., Бузук Г. Н. Оптимизация геоботанического метода уколов в условиях масштабирования площади учета // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2014. Т. 28, № 17. С. 64—69.
11. Григорьева Л. М. Ресурсы лекарственных растений юго-восточных районов Тюменской области и вопросы их рационального использования: Автореф. дис. ... канд. фармац. наук. СПб., 1996. 24 с.
12. Ипатов В. С., Мишин Д. М. Описание фитоценоза. СПб., 2008. 71 с.
13. Паламарчук А. С., Бондаренко В. Е., Хилькевич В. А., Юрченко А. М. Запасы лекарственных растений в некоторых типах сосновых лесов Гомельской области // Раст. ресурсы. 1975. Т. 11, вып. 1. С. 15—23.
14. Макеенко С. Г. Лекарственные растительные ресурсы Псковской области, их исследование и использование: Автореф. дис. ... канд. фармац. наук. Ставрополь, 1973. 24 с.
15. Левинова В. Ф., Олешко Г. И., Борисова Н. А., Зеленина М. В. Запасы сырья *Ledum palustre* L. в сосняках Заволжья (Горьковская обл.) // Раст. ресурсы. 1986. Т. 22, вып. 1. С. 51—53.

16. Крылова И. Л., Прокошева Л. И. Багульник болотный // Биол. флора Моск. обл. 1995. Вып. 10. С. 174—186.

Поступило 23 X 2014

THE IMPROVEMENT OF THE METHOD TO EVALUATE
THE *LEDUM PALUSTRE* RESOURCE PRODUCTIVITY
IN THE KEY AREA

© O. V. Sozinov¹

V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS, St. Petersburg
Yanka Kupala Grodno State University, Republic of Belarus

¹ E-mail: ledum@list.ru

SUMMARY

The point frame method and sample area method were compared for evaluation of crude herbal remedy productivity on the key area (Grodno region, Belarus) in a model of *Ledum palustre* L.

I — point method: placed 100 accounting sites to 6.25 m² during the key area for the coordinate grid at interval of 4". We estimated the abundance of *L. palustre* measurement with naked eye, and his yield by the method of projective coverage.

II — method of plots: placing 15 plots on 400 m² in the nodes coordinate grid at interval of 15". In each plot on 20 registration sites of 1 m² data on the projective cover and yield of *L. palustre* method of accounting areas obtained.

The values of the yield of wild rosemary, obtained by point method and method of plots differ in the same peatland by 30 % or more. The obtained results are comparable to varying degrees with the other authors data.

Variants of regression equations developed, which allows using accounting *L. palustre* projective cover the yield of medicinal raw materials determine. The correlation of *L. palustre* productivity and forest type, age and growth class of stand was revealed.

Key words: methods, projective cover, point method, yield, sample area, key area, *L. palustre*.

REFERENCES

1. Budantsev A. L., Kharitonova N. P. Economy botany of medicinal plants. SPb., 1999. 56 s. (In Russian)
2. Krylova I. L. The possibility of using projective cover to determine the yield of medicinal plants // Resursy yagodnyh i lekarstvennyh rasteniy i metody ih izucheniya. Petrozavodsk, 1975. S. 107—112. (In Russian)
3. Krylova I. L., Prokosheva L. I. Ecological-coenotic characteristics and yield of wild rosemary in the European part of the USSR // Rastitelnye resursy. 1982. T. 27, vyp. 1. S. 3—13. (In Russian)
4. Fedorov N. I., Zhigunova S. N., Mihailenko O. I. Metodologicheskie osnovy optimizatsii resursnogo ispolzovaniya lekarstvennoy flory Yuzhnogo Urala [Methodological bases of optimization of resource use medicinal flora of the Southern Urals]. Moscow, 2013. 212 s. (In Russian)
5. Vasilevich V. I. Requirements necessary to obtain reliable data in the work on the biological productivity // Botanicheskiy Zhurnal. T. 54, № 1. S. 111—117. (In Russian)

6. Braun D. Metody issledovaniya i ucheta rastitelnosti [Methods of surveying and measuring vegetation]. Moscow, 1957. 316 s. (In Russian)
7. Field geobotany. T. III. Moscow; Leningrad, 1964. 532 s. (In Russian)
8. Vasilevich V. I. Statisticheskie metody v geobotanike [Statistical methods in geobotany]. Leningrad, 1969. 232 s. (In Russian)
9. Ipatov V. S. Comparison of methods for the determination of role species in the sward structure oak forest // *Botanicheskiy Zhurnal*. 1962. T. 47, № 3. S. 359—368. (In Russian)
10. Sozinov O. V., Buzuk G. N. Optimization Geobotanical Method injections in a zoom area accounting // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo GU. Seriya Estestvennye nauki*. 2014. T. 28, № 17. S. 64—69. (In Russian)
11. Grigorejva L. M. Resources of medicinal plants in southeastern Tyumen region and the problems of their rational use: Avtoref. dis. ... kand. farm. nauk. SPb., 1996. 24 s. (In Russian)
12. Ipatov V. S., Mirin D. M. Opisanie fitocenoza [Description of phytocenosis]. SPb., 2008. 71 s. (In Russian)
13. Palamarchuk A. S., Bondarenko V. E., Hilkevich V. A., Yurchenko A. M. Stocks of medicinal plants in certain types of pine forests of the Gomel region // *Rastitelnye resursy*. 1975. T. 11, vyp. 1. S. 15—23. (In Russian)
14. Makeenko S. G. Medicinal plant resources of the Pskov region, their study and use: Avtoref. dis. ... kand. farm. nauk. Stavropol, 1973. 24 s. (In Russian)
15. Levinova V. F., Oleshko G. I., Borisova N. A., Zelenina M. V. Stocks of raw materials *Ledum palustre* L. in pine forests east of the Volga (Gorky region) // *Rastitelnye resursy*. 1986. T. 22, vyp. 1. C. 51—53. (In Russian)
16. Krylova I. L., Prokosheva L. I. Labrador tea // *Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti*. 1995. Vyp. 10. S. 174—186. (In Russian)

Раст. ресурсы, вып. 2, 2015

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОАНТОЦИАНИДИНОВ КОНДЕНСАЦИЕЙ С 4-(N,N-ДИМЕТИЛАМИНО)КОРИЧНЫМ АЛЬДЕГИДОМ

© О. А. Ёршик,¹ Г. Н. Бузук

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,
Республика Беларусь

¹ E-mail: SLAWAVGMU@mail.ru

В качестве спектрофотометрического реагента для определения проантоцианидинов растений предложен 4-диметиламинокоричный альдегид. Показано, что в кислой среде этот реагент вступает в реакцию конденсации с проантоцианидинами растений с образованием окрашенных продуктов. Найдены оптимальные условия проведения реакции. Разработана методика спектрофотометрического определения проантоцианидинов сабельника болотного *Comarum palustre* и туи западной *Thuja occidentalis*.

Ключевые слова: 4-диметиламинокоричный альдегид, флаван-3-ол, проантоцианидин, спектрофотометрия.

Выделение и количественное определение проантоцианидинов является трудной задачей из-за совместного присутствия в растительных объектах про-