

Методика учета растительной массы борщевика Сосновского

Константин Сергеевич Моренко,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Сергей Содномович Доржиев,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, dss.61@mail.ru;

Елена Геннадьевна Базарова,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Борщевик Сосновского – крупное травянистое растение, вид рода Борщевик семейства Зонтичные. С середины XX века растение культивировали в СССР как силосное. Впоследствии выяснилось, что оно легко дичает и проникает в естественные экосистемы, практически полностью разрушая их. Борщевик Сосновского внесен в Отраслевой классификатор сорных растений Российской Федерации. От количества зеленой массы зависят затраты материальных и трудовых ресурсов на его уничтожение. (Цель исследования) Связать количество зеленой массы с параметрами растения, которые легко могут быть измерены в полевых условиях. (Материалы и методы) Выбрали биометрический метод оценки для использования в математической модели. Применяли этот метод для выявления корреляционных связей между количеством зеленой массы и параметрами растения. Не учитывали вегетационный период растений в текущем варианте методики оценки их зеленой массы. (Результаты и обсуждение) Выбрали в качестве параметров растений борщевика Сосновского параметры розетки (диаметр и высоту) и параметры растения (диаметр стебля на половине высоты растения и высоту растения). Описали способ оценки густоты стояния растений и прогнозирования зеленой массы как одного растения, так и целого участка. Предложили метод оценки количества растений, основанный на среднем расстоянии между ними. (Выводы) Методику можно использовать в полевых условиях для оценки количества зеленой массы борщевика Сосновского с помощью только измерительной ленты и вычислительного устройства, а также определить затраты на его уничтожение или переработку.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, зеленая масса, сорняк, борьба с сорной растительностью.

Для цитирования: Моренко К.С., Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Методика учета растительной массы борщевика Сосновского // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N3(36). С. 107-111.

Method of Accounting of the Heracleum Sosnovskyi Plant Mass

Konstantin S. Morenko,

Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Sergey S. Dorzhiev,

Ph.D.(Eng.), head of laboratory, leading researcher, dss.61@mail.ru;

Elena G. Bazarova,

Ph.D.(Eng.), leading researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Heracleum Sosnovskyi* is a large herbaceous plant species of the genus *Heracleum* of the Umbelliferae. Since the middle of the XX century the plant was cultivated in the USSR as silage. Later it has been revealed that it is easily wild and penetrates into natural ecosystems, almost completely destroying them. *Heracleum Sosnovskyi* is included in the Branch Classifier of Weeds of the Russian Federation. The amount of green mass depends on the cost of material and labor resources for its weeding. (Research purpose) The research purpose is binding the amount of green mass to plant parameters that can be easily measured in the field. (Materials and methods) We have chosen a biometric estimation method for use in a mathematical model. This method was used to identify the correlations between the weight of green mass

and plant parameters. We did not take into account the vegetation period of plants in the current version of the methodology for assessing their green mass. (Results and discussion) We have chosen as parameters of the *Heracleum Sosnowskyi* the next: diameter and height of the rosette, and the parameters of the plant: diameter of the stem at half height of the plant and height of the plant. We described a method for estimating the density of plants standing by area to predict the green mass relative to the area, for use in conjunction with the estimation of the mass of one plant. The article proposes a method based on the average distance between plants to estimate the number of plants. (Conclusions) The method can be used to estimate the amount of green mass of *Heracleum Sosnowskyi* in the field using only measuring tape and a computing device and determine the cost of its destruction or processing.

Keywords: *Heracleum Sosnowskyi*, green mass, weed, weed control.

For citation: Morenko K.S., Dorzhiev S.S., Bazarova E.G. Metodika ucheta rastitel'noy massy borshchevika Sosnovskogo [Method of accounting of the *Heracleum Sosnowskyi* plant mass]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N3(36). 107-111 (In Russian).

Борщевик Сосновского (лат. *Heracleum sosnowskyi*) – это крупное травянистое растение, относится к роду Борщевик семейства Зонтичные. Двулетник или многолетник, монокарпик. Очень крупное растение – его высота составляет обычно более 1 м, но во многих местах могут встречаться экземпляры высотой до 4 м. Стебель бороздчато-ребристый, шероховатый, частично ворсистый, пурпурный или с пурпурными пятнами, несет очень крупные тройчато-или перисто-рассеченные листья обычно желтовато-зеленого цвета длиной 1,4-1,9 м. Корневая система – стержневая, основная масса корней располагается в слое до 30 см, отдельные корни достигают глубины 2 м.

Соцветие – крупный (до 50-80 см в диаметре) сложный зонтик, состоящий из 30-75 лучей. Цветки белые или розовые; наружные лепестки краевых цветков в каждом зонтичке сильно увеличены. Каждое соцветие имеет от 30 до 150 цветков. Цветет с июля по август, плоды созревают с июля по сентябрь.

Плоды обратнояцевидные или широкоэллиптические, длиной до 10-12 мм и шириной до 8 мм, по спинке усажены длинными, а у основания – шиповатыми волосками. Масса 1000 семян 12-16 г. Срок сохранения всхожести семян – 2 года [1-3].

С середины XX века растение культивировали в СССР как силосное [4]. Впоследствии выяснилось, что оно легко дичает и проникает в естественные экосистемы, практически полностью разрушая их [5]. Листья и плоды богаты эфирными маслами, содержащими фуранокумарины – фотосенсибилизирующие вещества, которые при попадании на кожу способны повысить чувствительность ее клеток к ультрафиолету, что может привести к буллезному дерматиту, протекающему по типу ожога. Эти обстоятельства побудили отказаться от попыток промышленного культивирования.

В декабре 2014 г. коды продукции борщевика Сосновского (зеленая масса и семена) исключены из

Общероссийского классификатора продукции, с 1 января 2015 г. борщевик утратил статус сельскохозяйственной культуры, с декабря 2015 г. борщевик Сосновского внесен в Отраслевой классификатор сорных растений Российской Федерации под номером 5506.

Для эффективной борьбы с такой сорной растительностью необходимо знать хотя бы приблизительно количество зеленой массы, ведь от этого напрямую зависят затраты материальных и финансовых ресурсов. Использование такого показателя, как количество гектаров под сорной растительностью, не до конца отражает масштаб проблемы, поскольку высота растений может сильно отличаться от места к месту, как и затраты ресурсов на их уничтожение или переработку [6].

Цель исследования – связать количество зеленой массы с параметрами растения, которые легко могут быть измерены в полевых условиях.

Материалы и методы. Существуют методы оценки зеленой массы борщевика Сосновского с помощью спутниковых снимков и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Оценка с помощью спутниковых снимков представляет собой достаточно дорогостоящий метод, в то же время погодные условия и фиксированная траектория движения спутника сильно сокращают возможности оценки зеленой массы на конкретном участке.

Использование БПЛА позволяет не зависеть от погодных условий, в частности, от облачности и дает возможность, как и спутниковый снимок, оценить только площадь, занятую растениями, иногда установить их количество. Такие снимки не помогут определить высоту растения, от которой прямо пропорционально зависит количество зеленой массы, и затраты материальных средств на ее уничтожение.

Принятые в геоботанике и агрометеорологии методы учета урожая растительной массы в основном

опираются на взятие образцов (укосов или «модельных» кустов), их отжиме и взвешивании (измерении) с последующим пересчетом на единицу площади или густоту стояния растений на единицу площади. Эти методы отличаются трудоемкостью и малой эффективностью.

В настоящей работе мы предлагаем более простой и действенный метод, обладающий достаточной точностью учета зеленой массы борщевика Сосновского для создания технических средств быстрого учета, в том числе для оперативного полевого определения количества зеленой массы.

После анализа в настоящей работе выбран биометрический метод. Этот метод основан на выявлении корреляционных связей между весом зеленой массы и различными параметрами растения.

Следует особо отметить, что в первом варианте методики оценки зеленой массы растений не учитывают их вегетационный период. Несмотря на то, что период вегетации вероятно оказывает существенное влияние на связь линейных размеров растения с количеством его зеленой массы, процедура определения периода вегетации может оказаться достаточно трудной задачей, особенно для неспециалистов в области ботаники.

При разработке биометрической методики определения зеленой массы мы стремились отыскать такие параметры растения, учет которых в полевых условиях обеспечивал бы оперативность, простоту измерений (в том числе с помощью разрабатываемых дистанционных технических средств) и был доступен для наблюдателя без специальной подготовки.

Результаты и обсуждение. Выбрали следующие параметры растений борщевика Сосновского (строчными буквами обозначили размеры розетки, прописными буквами обозначили размеры растения):

d – диаметр розетки в горизонтальной плоскости; если розетка в горизонтальной плоскости отличается от окружности по форме, то в качестве диаметра выбирается наименьший из размеров;

h – высота розетки; выбирается расстояние от основания розетки до горизонтальной линии, соединяющей самые отдаленные точки розетки;

H – высота растения от почвы до самой верхней части растения;

D – диаметр стебля; оценивается на половине высоты растения.

На рисунке 1 приведена схема определения параметров растения.

Масса растения находится в функциональной зависимости от этих параметров:

$$m = f(H, D, h, d). \quad (1)$$

Выяснение этой функциональной зависимости стало следующим этапом научного исследования.

Определение функциональной зависимости будет производиться методами корреляционно-регрессионного анализа после получения статистических данных о количестве зеленой массы на единичное растение [7, 8].

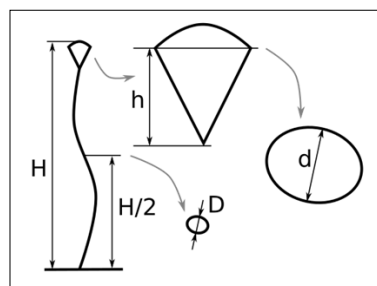


Рис. 1. Схема измерения параметров растения
Fig. 1. Scheme of measurement of plant parameters

Важно также определить не просто вес растения, но и густоту стояния растений по площади, чтобы прогнозировать зеленую массу относительно площади земли, как это принято при учете урожайности.

Для определения густоты растений необходимо измерить их количество на единице площади. Когда растения невысокие и расположены достаточно густо, то можно довольно точно определить их количество, но в случае с высокими растениями их количество может быть небольшим и сильно отличающимся на отдельных участках. Например, на одном образце площадью 1 м^2 растений может быть 3, а на другом – 5. Такой подход требует измерения на нескольких участках, которые к тому же должны вдаваться в заросли борщевика Сосновского.

Мы предлагаем другой метод, основанный на среднем расстоянии между растениями. Суть метода состоит в измерении количества растений вдоль прямой линии, а затем расчет среднего количества растений на единичной площади.

Очевидно, что при измерении количества растений, они не будут стоять строго вдоль линии измерений (рис. 2).

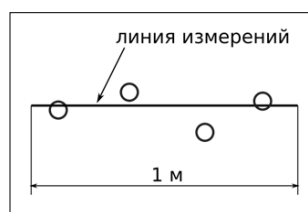


Рис. 2. Схема измерения количества кустов на один погонный метр

Fig. 2. Scheme of measuring the number of plants per linear meter

Количество кустов на один погонный метр определим как n . Примем в качестве предположения, что растения равномерно расположены по территории.

Количество кустов на 1 м^2 можно определить по формуле:

$$N = n_r n_c, \quad (2)$$

где $n_r = n$ – количество кустов в ряду;

n_c – количество рядов кустов.

Поскольку мы предположили, что кусты расположены равномерно и на равных расстояниях, схема их расположения может выглядеть, как на рисунке 3.

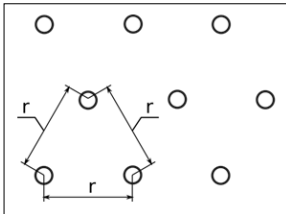


Рис. 3. Гипотетическое расположение кустов по площади

Fig. 3. Hypothetical placement of the plants in the area

Тогда расстояние между рядами будет в $\sqrt{2}/3$ раз меньше, чем между растениями в ряду, а количество рядов составит

$$n_c = \frac{3}{\sqrt{2}} n_r \approx 2,12 n_r \quad (3)$$

Количество кустов на площади 1 м^2 можно определить по количеству их на 1 пог. м :

$$N = 2,12 n^2. \quad (4)$$

Данный подход позволяет не заходить в заросли растений и требует только наличия простого инструмента – измерительной ленты. Чтобы повысить точность измерений, подсчет кустов лучше проводить на территории протяженностью 10 м , а затем пересчитать эту величину на 1 м .

Далее количество зеленой массы на единичной площади можно определить произведением количества кустов на массу одного куста:

$$M = mN, \text{ кг/м}^2. \quad (5)$$

Полученное значение показывает количество зеленой массы на единице территории. Простым умножением на общую площадь (которую можно определить с помощью спутникового снимка или беспилотного летательного аппарата) можно получить количество зеленой массы на рассчитываемом участке. Чтобы оценить необходимый для этого бюджет, следует умножить удельные затраты по уничтожению растения на это количество массы.

Выводы. Методика позволяет в полевых условиях с помощью только измерительной ленты и вычислительного устройства оценить количество зеленой массы борщевика Сосновского, определить затраты на его уничтожение или переработку. Дан-

ная методика может быть адаптирована для оценки зеленой массы других растений с учетом их ботанических особенностей, в том числе для оценки резерва пастбищных угодий.

Библиографический список

1. Губанов И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2003. С. 631-632.
2. Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Захожий И.Г. Анализ мероприятий по ликвидации нежелательных зарослей борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) на территории Российской Федерации // *Российский журнал биологических инвазий*. 2018. N3. С. 44-61.
3. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // *Защита и карантин растений*. 2014. N3. С. 12-18.
4. Шмакова А.Г., Сидоров Ф.Ф., Добрякова Г.А. Оценка кормовых достоинств силоса из борщевика Сосновского. Ленинград: Лениздат. 1970. 16 с.
5. Dangerous plant *H. sosnowskyi*. Lietuvos valstybinių parkų ir rezervatų asociacija. 2007. July 24. 15-18.
6. Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Биоэтанол из зеленой массы борщевика Сосновского // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2012. N2(2). С. 10-16.
7. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: 4-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика. 2002. 480 с.
8. James E. Gentle. *Theory of Statistics*. USA. Virginia: George Mason University. 2013. 917.

References

1. Gubanov I.A. *Ilyustrirovannyy opredelitel' rasteniy Sredney Rossii*. T. 2: Pokrytosemennyye (dvudol'nyye: razdel'nolepестnyye) [Illustrated identifier of plants in Central Russia. Vol. 2: angiosperms (dicotyledons: separate)]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 2003. 631-632 (In Russian).
2. Dal'ke I.V., Chadin I.F., Zakhozhii I.G. Analiz meropriyatiy po likvidatsii nezhelatel'nykh zarosley borshchevika Sosnovskogo (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) na territorii Rossiyskoy Federatsii [Analysis of measures for the elimination of the unwanted bushes of *Heracleum sosnowskyi* Manden on the territory of the Russian Federation]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy*. 2018. N3. 44-61 (In Russian).
3. Luneva N.N. Borshchevik Sosnovskogo v Rossiyskoy Federatsii [*Heracleum sosnowskyi* Manden in the Russian Federation]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2014. N3. 12-18 (In Russian).
4. Shmakova A.G., Sidorov F.F., Dobryakova G.A. Otsenka kormovykh dostoinstv silosa iz borshchevika Sosnovskogo

-
- [The feed silo advantages of *Heracleum Sosnowskyi*]. Leningrad: Lenizdat. 1970. 16 (In Russian).
5. Dangerous plant *H. sosnowskyi*. Lietuvos valstybinių parkų ir rezervatų asociacija. 2007. July 24. 15-18 (In Lithuanian).
 6. Dorzhiyev S.S., Bazarova E.G. Bioetanol iz zelenoy massy borshchevika sosnovskogo [Bioethanol from green mass of *Heracleum Sosnowskyi*]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2012. N2(2). 10-16 (In Russian).
 7. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. Obshchaya teoriya statistiki [Theory of statistics]. 4-e iss., revised and extended. Moscow: Finansy i Statistika. 2002. 480 (In Russian).
 8. James E. Gentle. Theory of Statistics. USA. Virginia: George Mason University. 2013. 917 (In English).

Статья поступила в редакцию 03.04.2019

Статья принята к публикации 25.05.2019