

УДК 631.352

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-68-81

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАВ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ИХ ИСПАРЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

С.А. Отрошко, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Шевцов, кандидат технических наук

В.М. Косолапов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

osa.granit@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF GRASS CONDITIONING BY DETERMINING THE AREA OF THEIR EVAPORATING SURFACE

S.A. Otroshko, Candidate of Agricultural Sciences

A.V. Shevtsov, Candidate of Technical Sciences

V.M. Kosolapov, Academician of RAS, Doctor of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

osa.granit@yandex.ru

Заготовка высококачественных объемистых кормов является необходимым условием увеличения продуктивности крупного рогатого скота. Качество сена, сенажа и силлажа напрямую зависит от разных факторов, прежде всего от фазы вегетации и способов ускорения провяливания, наиболее эффективным из которых является кондиционирование кормовых трав при скашивании. Кондиционирование трав различными рабочими органами позволяет значительно увеличить площадь их испаряющей поверхности и, соответственно, обеспечить ускоренную сушку и уменьшение потерь питательных веществ. Разработке эффективного и быстрого способа определения площади испаряющей поверхности кормовых трав посвящены данные исследования. Разработанный способ позволяет определить площадь испаряющей поверхности кормовых трав со сложной конфигурацией и неопределенным очертанием границ, в частности люцерны или клевера лугового, как целых, не поврежденных растений, так и деструктурированных разными способами механической обработки. Показатель величины площади испаряющей поверхности позволяет также выбрать оптимальный вариант технологического приема обработки трав для ускорения их провяливания. Патентованный метод способствует разработке новых машин и рабочих органов для увеличения площади испаряющей поверхности трав.

Ключевые слова: люцерна, клевер, обработка, кондиционирование, плющение, теребление, расщепление, взвешивание, мыльный раствор, смачивание, испаряющая поверхность, провяливание.

The preparation of high-quality bulky feed is a prerequisite for increasing the productivity of cattle. The quality of hay, haylage and drying silage directly depends on various factors, primarily on the growing phase and methods of accelerating sagging, the most effective of which is the conditioning of fodder grasses during mowing. Conditioning the grasses with various working elements allows you to signifi-

cantly increase the area of their evaporating surface and, accordingly, provide accelerated drying of herbs and reduce nutrient losses. Research data are devoted to the development of an effective and quick method for determining the evaporation surface area of forage grasses. Developed method makes it possible to determine area of evaporating surface of fodder grasses with complex configuration and indeterminate outline of borders, in particular alfalfa or meadow clover, both whole, not damaged plants, and destroyed by different methods of mechanical treatment. The value of the evaporation surface area also makes it possible to choose the best option for the processing of herbs to accelerate their sagging. The patented method contributes to the development of new machines and working bodies to increase the evaporation surface area of grasses.

Keywords: alfalfa, clover, processing, conditioning, flattening, embossing, splitting, weighing, soapy solution, wetting, evaporating surface, sagging.

Состояние вопроса. В настоящее время остро стоит проблема необходимости обеспечения крупного рогатого скота объемистыми кормами адекватными его генетическому потенциалу продуктивности — 6–7 тысяч кг надоя молока за лактацию, содержащего в 1 кг сухого вещества 10–11 МДж обменной энергии при 120–130 г переваримого протеина. Большая часть заготавливаемых кормов не удовлетворяет эти требования. Питательность 1 кг сухого вещества объемистых кормов составляет 8,6–8,7 МДж обменной энергии при наличии 10–11% сырого протеина.

Традиционные технологии переработки трав для заготовки объемистых кормов связаны со значительными потерями питательных веществ в период проявлявания и высокими затратами, обусловленными несовершенством технологических приемов и кондиционирующих устройств для обработки трав в направлении увеличения у них площади испаряющей поверхности, необходимой для уборки в сжатые сроки.

Существует множество способов определения площади листьев сельскохозяйственных растений, однако сведения о методах определения испаряющей поверхности скашиваемых необработанных (стебли и листья) и прокондициони-

рованных кормовых трав в технической литературе отсутствуют.

Известен планиметрический метод [1]. Средний образец пробы листьев взвешивают и раскладывают на движущейся ленте электронного прибора — планиметра. Прибор выдает площадь листьев в квадратных сантиметрах. Планиметрический метод достаточно точен, однако необходимое оборудование для проведения измерений этим методом не всегда является доступным и не может быть применимо для определения площади испаряющей поверхности целых растений кормовых трав.

Известен способ высечек [2], который осуществляется следующим образом. С 10–15 модельных растений отбирают и взвешивают пробу листьев. Складывают листья стопками и при помощи ручного сверла, имеющего вид металлической трубки определенного диаметра (от 5 до 25 мм) с заостренными краями, делают высечки по 5–10 штук с одного листа. Высечки берут так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки. После взвешивания высечек рассчитывают среднюю площадь одного листа в пробе (в см²).

Недостатком данного метода является то, что он не может быть применим для определения площади испаряющей

поверхности целых трав, то есть листьев вместе со стеблями.

Известен метод промеров, суть которого заключается в следующем. Из каждой пробы методом случайной выборки

выбирают по 10 зеленых листьев, взвешивают их и определяют площадь методом линейных измерений по длине и ширине. Площадь измеренных листьев определяют по формуле:

$$S = D_{\text{ср.}} \times Ш_{\text{ср.}} \times 0,7 \times n,$$

где S – площадь 10 листьев, см^2 ;

$D_{\text{ср.}}$ – средняя длина измеренных листьев, см ;

$Ш_{\text{ср.}}$ – средняя ширина измеренных листьев, см ;

n – число измеренных листьев;

0,7 – коэффициент для расчета площади листьев зерновых и некоторых других культур.

Данный метод подходит для листьев линейной формы [3; 4]. Точность получаемых результатов оставляет желать лучшего. С помощью этого метода невозможно определять площадь испаряющей поверхности всех кормовых трав.

В литературе имеются сведения о методе ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с использованием сканера [5]. По данным авторов, предлагаемый метод позволяет быстро и точно проводить измерения, при этом не требуется наличия дорогостоящего научного оборудования или сложных программных средств. Однако он не применим для определения площади испаряющей поверхности растений.

Известен способ определения листовой поверхности растений [6], включающий измерение параметров листьев. Вначале измеряют толщину листовых пластинок, затем определяют их объем и путем деления объема на среднюю толщину находят их площадь. Для измерения отбирают пробу листьев в количестве

20–30 г с 1 м^2 посевов, а толщину листовых пластинок определяют, по крайней мере, в четырех местах по длине листа и находят затем среднее их значение. Объем листьев определяют путем погружения их в мерный цилиндр, наполненный водой.

Однако данный способ не позволяет определить площадь испаряющей поверхности целых трав, то есть листьев вместе со стеблями.

Известен способ определения площади листовой поверхности растений [7], включающий определение массы листьев, нанесение на фотосинтезирующую поверхность листьев равного по толщине слоя жидкого вещества, определение массы нанесенного вещества. Для повышения точности при определении полной листовой поверхности, в частности хвои сосны, измеряют длину хвои, а в качестве жидкого вещества наносят вазелиновое масло и экспонируют хвою в вертикальном положении, после чего площадь ее поверхности рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{m}{0,034},$$

где S – площадь листовой поверхности, мм^2 ;

m – масса адсорбированного вещества, мг ;

0,034 – переводной расчетный коэффициент для вазелинового масла и хвои сосны.

Хвою экспонируют в течение промежутка времени, равного $\frac{1}{3}$ мин/см средней длины хвои сосны. Недостатком данного способа является то, что он предназначен для определения площади листовой поверхности только некоторых растений, в частности хвои сосны.

Известен способ определения общей листовой поверхности плодовых растений [8] путем определения площади листьев модельных ветвей и последующего перерасчета на все дерево. Недостатком данного способа является его сложность и то, что он применим для определения общей листовой поверхности только плодовых растений.

Известен способ определения площади фотосинтетической поверхности растения [9]. Растение накрывают сферическим электродом, а второй электрод подсоединяют к стеблю растения у его основания. Оба электрода включают в одно из плеч моста переменного тока и по показаниям вольтметра определяют электрическую емкость получившегося конденсатора растение – сферический электрод. Затем по зависимости между измеряемой емкостью и площадью листовой поверхности растения определяют площадь фотосинтетической поверхности растения.

Данный способ позволяет определить сразу всю площадь поверхности листьев и стебля одного растения, например томата (*Solanum pinelum*), в которых протекает фотосинтетический процесс. Однако данный способ сложен в исполнении, даже опасен, так как требует применения переменного тока и не может быть применим при определении площади испаряющей поверхности скашиваемых кормовых трав, тем более кондиционированных.

Известен способ определения площади листьев растений [10], включающий использование палеток и измерительных устройств. Палетки выполнены в виде прозрачных пластин из оргстекла, маркированных линиями-прорезями через один сантиметр, для формирования видимых равнобедренных трапеций единой высоты под пластиной на листе, при этом площадь листа определяют в квадратных сантиметрах, как сумму измеренных курвиметром длин средних линий трапеций. Данный способ является трудоемким и не применим для определения площади испаряющей поверхности стеблей скашиваемых растений традиционным способом и с использованием устройств ускоряющих влагоотдачу.

Известен способ измерения площади листьев у древесных растений [11]. Этот способ отличается высокой трудоемкостью практического применения.

Известен способ определения площади листовой поверхности кроны дерева [12], включающий определение массы кроны дерева и массы выборки, определение площади листовой поверхности выборки, по которым определяют площадь листовой поверхности кроны дерева. Площадь листовой поверхности выборки определяют как сумму площадей отсканированных поверхностей отдельных листьев выборки, а площадь поверхности каждого листа выборки определяют по соотношению черных и белых пикселей отсканированных листьев.

Недостатком данного способа являются большие временные затраты, требуемые на обмер и вычисление площади листовых пластин, низкая точность и, как следствие, низкая достоверность получаемых результатов. Кроме того, дан-

ный способ не может быть применим для определения площади испаряющей поверхности кормовых трав.

Известно устройство для измерения площади листьев растений [13], содержащее корпус с крышкой, установленные последовательно в корпусе под крышкой, матричный источник света, оптически прозрачный столик и фотоприемник, крышка установлена с возможностью перемещения относительно корпуса. Устройство снабжено механизмом защиты фотоприемника от светового потока в процессе установки листа растения, связанным с крышкой корпуса, кассетой с набором плоских оптических фильтров, укрепленной между источником света и столиком, фотоприемник выполнен в виде фотоэлектронного умножителя, предметный столик подпружинен относительно корпуса.

Недостатком данного устройства является его сложность и невозможность определения площади испаряющей поверхности трав.

Известно устройство для определения площади листа растений [14], характеризующееся тем, что включает равномерно светящийся экран с примыкающим к нему сменным светофильтром, кассету для помещения исследуемого листа и фотоприемник, регистрирующий часть света, прошедшего через кассету мимо поглощающего свет листа.

Недостатком данного устройства является то, что оно применимо только для определения площади отдельно взятых листьев растений и не может быть использовано для измерения испаряющей поверхности кормовых трав.

Таким образом, анализ литературных данных показал, что существуют раз-

личные методы определения площади листьев растений. К ним относятся: планиметрический метод; весовой метод; метод промеров; метод высечек; определение по линейным размерам; определение по линейным размерам посредством уравнений регрессии и другие.

В то же время методы определения величины площади всей испаряющей поверхности трав, особенно со сложной конфигурацией, таких как люцерна и клевер, а также деструктурированных трав для ускорения проявлявания отсутствуют. Рассчитать ее математически не представляется возможным.

В связи с вышеизложенным, разработка метода определения площади испаряющей поверхности скашиваемых трав для оценки эффективности их кондиционирования является актуальной.

Материалы и методы. Опыты проведены в лабораторных условиях на базе ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Для опытов использовали люцерну сорта Таисия в фазе бутонизации и клевер луговой, перспективный № 1217, диплоидный, среднеспелый, в фазе начала цветения.

Урожайность зеленой массы, состав травостоя, его высоту, а так же фазу развития растений устанавливали в соответствии с «Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» [15].

Плющение, а также плющение с изминанием стеблей растений через каждые 5 см в лабораторных условиях проводили с использованием изготовленных для этих целей специальных приспособлений (рис. 1). Теревление стеблей растений и расщепление вдоль стеблей осуществляли ножом вручную.



**Рис. 1. Приспособления для механического воздействия на стебли растений:
а – плющения; б – изминания через каждые 5 см**

Определение площади испаряющей поверхности осуществляли с использованием стеклянной прозрачной цилиндрической емкости объемом 10 л, заполненной смачивающей жидкостью — мыльным раствором (5 мл Fairy на 10 л воды).

Процесс измерения площади испаряющей поверхности осуществляли следующим образом.

Из листьев растений люцерны и клевера вырезали 10 листовых пластинок размером 2×1 см (площадь листовой пластинки с двух сторон — 4 см^2) с таким расчетом, чтобы центральная жилка листа была расположена по середине каждой пластинки. Взвешивали их в сухом и смоченном мыльным раствором состоянии. Полученную разницу в весе делили на 10 и на 4. Таким образом оп-

ределяли вес раствора, удерживаемого поверхностью 1 см^2 листа.

Затем образцы поврежденных разными способами растений и неповрежденных (контроль) массой по 100 г смачивали также в мыльном растворе. После выемки образцов из цилиндрической емкости давали стечь раствору, а затем взвешивали и определяли сколько раствора в граммах удержалось на каждом образце.

Взвешивание сухих и смоченных мыльным раствором листовых пластинок проводили на электронных весах E10640 Explorer OHAUS (рис. 2, а). Взвешивание сухих и смоченных целых растений с поврежденными и неповрежденными стеблями осуществляли на электронных весах «Олимп 1У», модель МГ15ВЖА (рис. 2, б).



а



б

**Рис. 2. Электронные весы для взвешивания листовых пластинок
и образцов трав в сухом и смоченном виде**

По отношению массы жидкости, удерживаемой испытуемым образцом клевера или люцерны, к массе жидкости, удерживаемой 1 см² листовой пластинки, определяли площадь испаряющей поверхности образца.

Образцы люцерны и клевера массой по 1000 г, обработанные разными механическими способами и контроль (необработанные растения) были уложены на провяливание для определения их динамики сушки.

Провяливание растений клевера и люцерны проводили в соответствии с «Методикой полевых опытов по провяливанию и сушке трав на сено и сенаж» [16], а также методических рекомендаций «Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов» [17].

Условия испытаний (температуру, относительную влажность воздуха, скорость его потоков) определяли с использованием термометра, психрометра и чашечного ручного анемометра МС-13. Относительную влажность воздуха определяли с использованием психрометрической таблицы, среднюю скорость воздушного потока — по графику зависимости числа делений шкалы N в секунду от средней скорости воздушного потока, входящего в приложение к паспорту анемометра МС-13. Отбор проб на влажность осуществляли в соответствии с ГОСТ 27262-87 [18]. Образцы высушивали в термошкафу при температуре

100–105 °С до постоянного веса в соответствии с ГОСТ 27548-87 [19].

Результаты исследований и их обсуждение. Опыты по определению площади испаряющей поверхности проводили на люцерне сорта Таисия в фазе бутонизации урожайностью 246 ц/га при средней высоте растений 78 см и облиственности 38%, а также клевере луговом перспективном № 1217, диплоидном, среднеспелом, в фазе начала цветения при высоте травостоя 75 см, урожайности 350 ц/га и облиственности 33%.

Образцы люцерны для опытов отбирали в ясную солнечную погоду при температуре воздуха +26 °С, относительной его влажности 51%, а образцы клевера в сухую, ясную погоду при температуре воздуха +22 °С.

Для изучения в лабораторных условиях приготовлены образцы трав разной степени деструкции с целью разработки рабочих органов по выявлению возможности увеличения площади, приближающейся к площади листовой поверхности. Среди них обработка плющением, плющением через каждые 5 см, тереблением стеблей, расщеплением вдоль стеблей растений, контроль (без обработки).

Определение площади испаряющей поверхности не обработанных растений (контроль) и образцов, обработанных разными механическими способами, осуществляли согласно ранее представленной методике по формуле:

$$\text{ИП} = \frac{\text{МО} - \text{СО}}{\text{Р}},$$

где ИП – площадь испаряющей поверхности, см²;

МО – вес мокрого (смоченного мыльным раствором) образца, г;

СО – вес сухого (не смоченного) образца, г;

Р – вес мыльного раствора, удерживаемого на 1 см² листа, г.

В лабораторных условиях ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» установлено, что на листовой пластинке люцерны сорта Таисия площадью 1 см² удерживается в среднем 0,0063 г смачивающей жидкости (мыльного раствора), а на лис-

товой пластинке клевера лугового диплоидного, среднеспелого № 1217 той же площади — 0,0053 г.

Результаты определения площади испаряющей поверхности люцерны и клевера представлены в таблицах 1 и 2.

1. Определение площади испаряющей поверхности люцерны сорта Таисия в фазе бутонизации

Варианты обработки растений люцерны	Вес сухих образцов, г	Вес образцов, смоченных мыльным раствором, г	Вес влаги, удерживаемой смоченными растениями, г	Площадь испаряющей поверхности, см ²
Без обработки (контроль)	103	119	16	2540
Плющенные	102	124	22	3492
Плющенные через каждые 5 см	100	116	16	2540
Теребленные	102	120	18	2857
С расщепленными вдоль стеблями	102	124	22	3492
Количество влаги, удерживаемое 1 см ² листовой пластинки, г	0,0063			

2. Определение площади испаряющей поверхности клевера лугового № 1217, диплоидного, среднеспелого

Варианты обработки растений люцерны	Вес сухих образцов, г	Вес образцов, смоченных мыльным раствором, г	Вес влаги, удерживаемой смоченными растениями, г	Площадь испаряющей поверхности, см ²
Без обработки (контроль)	100	118	18	3396
Плющенные	100	124	24	4528
Плющенные через каждые 5 см	100	1210	20	3774
Теребленные	100	120	20	3774
С расщепленными вдоль стеблями	100	120	20	3774
Количество влаги, удерживаемое 1 см ² листовой пластинки, г	0,0053			

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют о том, что все виды механической обработки увеличивают площадь испаряющей поверхности испытываемых образцов по сравнению с контролем.

Для определения влияния приращенной площади испаряющей поверхности люцерны и клевера в зависимости от деформации стеблей на ускорение провяливания был проведен опыт по определению динамики их сушки.

Полученные результаты (табл. 3, 4) свидетельствуют о том, что испаряе-

мость влаги за 1 час во всех вариантах обработки составила у люцерны от 5 до 6 г с 1 м², а у клевера от 3 до 5 г с 1 м².

Отсюда, зная, сколько влаги испаряется за 1 час от ее содержания в траве можно определить и выбрать оптимальное время (час) продолжительности провяливания того или иного вида корма до нужной влажности.

Результаты проведенных исследований дают основание для прогнозирования продолжительности провяливания (час) с использованием формулы:

$$\text{ПП} = \frac{W_H - W_K}{\text{ИВ}},$$

где ПП – продолжительность провяливания, час;

W_H – исходная влажность травы, %;

W_K – влажность силосной или сенажной массы, %;

ИВ – количество испаряемой влаги (%) за 1 час.

Выводы

1. В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» разработан и запатентован метод определения площади испаряющей

поверхности скашиваемых трав [20], которая определяется по следующей формуле:

$$\text{ИП} = \frac{M_0 - M_1}{P},$$

где ИП – площадь испаряющей поверхности, см²;

M_0 – вес мокрого (смоченного мыльным раствором) образца, г;

M_1 – вес сухого (не смоченного) образца, г;

P – вес мыльного раствора, удерживаемого на 1 см² листа, г.

2. Показатель величины ИП позволяет выбрать оптимальный вариант технологического приема кондиционирования трав для ускорения их провяливания.

3. Проверенные в лабораторных условиях приемы обработки трав (плющение, плющение с изминанием через 5 см, тербление стеблей, расщепление вдоль стеблей) обеспечивают увеличение испаряющей поверхности люцерны и кле-

вера на 12–27%, что свидетельствует о необходимости создания новых машин или рабочих органов для увеличения площади испаряющей поверхности.

4. ИП может быть применим в качестве критерия оценки технологических приемов и кондиционирующих устройств.

5. Для определения продолжительности провяливания предлагается формула:

$$\text{ПП} = \frac{W_H - W_K}{\text{ИВ}},$$

где ПП – продолжительность провяливания, час;

W_H – исходная влажность травы, %;

W_K – влажность силосной или сенажной массы, %;

ИВ – количество испаряемой влаги (%) за 1 час.

**3. Приращение площади испаряющей поверхности люцерны и ускорение провяливания трав
в зависимости от деструкции стеблей**

Варианты технологических приемов обработки люцерны	Обработывающие рабочие органы	Площадь испаряющей поверхности обработанных растений, м ² /кг	Влажность трав, %		Продолжительность провяливания, час	Испарилось влаги за период провяливания, г с 1 кг травы	Испарилось за 1 час				Приращение площади испаряющей поверхности к необработанной, м ²
			до провяливания	после провяливания			г с 1 кг массы травы	от всей массы травы, %	от всей содержащейся в растениях влаги, %	от 1 м ² площади испаряющей поверхности, г/м ²	
Целые растения	без обработки	2,540	77,67	44,98	26	326,9	12,57	1,25	1,62	4,95	0
Плющение	гладкими вальцами	3,492	77,67	32,27	25	454,0	18,46	1,85	2,25	5,20	0,950
	шевронными вальцами	3,016	77,67	37,90	25	398,7	15,93	1,59	1,97	5,29	0,476
Теребление	перетиранье руками	2,857	77,67	37,05	26	406,2	15,64	1,56	2,01	5,46	0,317
Расщепление	ножом вручную	3,492	77,67	23,77	26	539,1	20,73	2,07	2,67	5,93	0,950

4. Приращение площади испаряющей поверхности клевера и ускорение проявливания трав в зависимости от деструкции стеблей

Варианты технологических приемов обработки клевера	Обработывающие рабочие органы	Площадь испаряющей поверхности обработанных растений, м ² /кг	Влажность трав, %		Продолжительность проявливания, час	Испарилось влаги за период проявливания, г с 1 кг травы	Испарилось за 1 час				Приращение площади испаряющей поверхности к необработанной, м ²
			до проявливания	после проявливания			г с 1 кг массы травы	от всей массы травы, %	от всей содержащейся в растениях влаги, %	от 1 м ² площади испаряющей поверхности, г/м ²	
Целые растения	без обработки	3,326	72,96	45,45	26	275,2	10,58	1,06	1,45	3,18	0
Плющение	гладкими вальцами	4,528	72,96	33,30	26	393,6	15,14	1,51	2,07	3,35	1,13
	шевронными вальцами	3,774	72,96	36,07	26	368,9	14,19	1,42	1,94	3,76	0,378
Теребление	перетирающие руками	3,774	72,96	36,52	26	364,4	14,02	1,40	1,92	3,72	0,378
Расщепление	ножом вручную	3,774	72,96	25,72	26	472,4	18,17	1,82	2,49	4,81	0,378

Литература

1. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справ. пособие. – М. : Агропромиздат, 1991. – 299 с.
2. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. – М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1969. – 94 с.
3. Полевая геоботаника. Т. 1 / Под общ ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1959. – 444 с.
4. Физиология и биохимия растений. Лабораторный практикум: уч. пособие / С.А. Тарасенко, Е.И. Дорошкевич. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 196 с.
5. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 7. – С. 88–93.
6. А.с. 538694 SU, МКИ А01G 7/00. Способ определения листовой поверхности растений / А.С. Образцов (SU), В.М. Ковалев (SU). – 2150926/15; заявлено 01.07.1975; опубл. 15.12.1976, Бюл. № 46.
7. А.с. 1635942 SU, МКИ А01G 7/00, 23/00. Способ определения площади листовой поверхности растений / Б.И. Якушев (SU), Г.И. Кабашникова (SU). – 4691421/15; заявлено 07.04.1989; опубл. 23.03.1991, Бюл. № 11.
8. А.с. 1165300 SU, МКИ А01G 7/00. Способ определения общей листовой поверхности плодовых растений / А.С. Овсянников (SU), А.Н. Андреева (SU), Р.С. Овсянникова (SU). – 3644265/30 - 15; заявлено 22.07.1983; опубл. 07.07.1985, Бюл. № 25.
9. А.с. 1308257 SU, МКИ А01G 7/00. Способ определения площади фотосинтетической поверхности растения / И.Б. Беклемишев (SU). – 3883081/30-15; заявлено 23.01.1985; опубл. 07.05.1987, Бюл. № 17.
10. Патент 2145410 RU, МПК G01B5/26. Способ определения площади листьев растений / В.А. Потапов (RU), Л.В. Бобрович (RU), Н.А. Полянский (RU), Н.В. Андреева (RU). – 98103702/28; заявлено 02.03.1998; опубл. 10.02.2000.
11. Патент 2466351 RU, МПК G01B 5/26. Способ измерения площади листьев у древесных растений / П.М. Мазуркин (RU), Э.С. Щербакова (RU). – 2011123352/28; заявлено 08.06.2011; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 31.
12. Патент 2461179 RU, МПК А01G 7/00. Способ определения площади листовой поверхности кроны дерева / Г.В. Анисочкин (RU), И.В. Ерзин (RU). – 2010151713/13; заявлено 17.12.2010; опубл. 20.09.2012, Бюл. № 26.
13. А.с. 1753272 SU, МКИ G01B21/28. Устройство для измерения площади листьев растений / А.Ф. Алейников (SU), В.А. Золотарев (SU), А.К. Чередниченко (SU). – 4795474/28; заявлено 26.02.1990; опубл. 07.08.1992, Бюл. № 29.
14. Патент 216944 RU, МПК G01B 11/28. Устройство для определения площади листа растений / С.А. Набатников (RU), Н.В. Галкин (RU), Л.Ю. Мартиросян (RU), Д.Ю. Мартиросян (RU). – 2022115421; заявлено 08.06.2022; опубл. 10.03.2023, Бюл. № 7.
15. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов, Н.С. Каравянский, Г.Д. Харьков, М.С. Рогов, А.С. Шпаков, А.Б. Кузютин, В.В. Рудоман, Е.В. Клушина, Ж.А. Яртиева, В.В. Попков, Н.С. Шеховцова, И.А. Гришин, Т.И. Макарова, Т.С. Бражникова, Л.А. Трузина, Т.В. Прологова, В.Н. Мершева, Н.П. Волков, Н.В. Насонов, М.Д. Константинова, В.И. Остапов, В.М. Киреев, А.М. Бакланов, В.Б. Беляк, И.А. Вертоградская, А.Н. Уланов. – М. : Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.
16. Бондарев В.А., Панов А.А. Методика полевых опытов по провяливаю и сушке трав на сено и сенаж. – М. : РАСХН, ВИК, 1994. – 12 с.
17. Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов. Методические рекомендации / В.А. Бондарев, В.М. Косолапов. Ю.А. Победнов, А.А. Панов, Ю.Д. Ахламов,

- С.А. Отрошко, В.В. Попов, В.М. Соколов, В.П. Клименко, А.А. Мамаев. – М. : ФГУ РЦСК, 2008. – 6–7 с.
18. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 9 с.
 19. ГОСТ 27548-87. Корма растительные. Методы определения влаги. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 7 с.
 20. Патент 2843628 RU. Способ определения площади испаряющей поверхности трав / С. А. Отрошко (RU), В. М. Соколов (RU), А. В. Шевцов (RU), В. М. Косолапов (RU). – 2024104991: заявлено 27.02.2024; опубл. 17.07.2025, Бюл. № 20.

References

1. Posypanov G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozdukh: sprav. posobie. [Methods for Studying Biological Nitrogen Fixation in the Air. Reference manual]. *Moscow. Agropromizdat* [Moscow. Agropromizdat]. 1991. 299 p.
2. Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneishikh pokazatelei protsessov fotosinteticheskoi deyatel'nosti rastenii v posevakh [Methodological guidelines for recording and monitoring the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. *Moscow–Leningrad. Publishing house of VASKhNIL* [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences Publishing House]. 1969. 94 p.
3. Polevaya geobotanika [Field Geobotany]. Т. 1. Edited by E.M. Lavrenko, A.A. Korchagina. *Moscow–Leningrad. Izdatel'stvo AN SSSR* [Moscow–Leningrad. Publishing house AN SSSR]. 1959. 444 p.
4. Tarasenko S.A., Doroshkevich E.I. Fiziologiya i biokhimiya rastenii. Laboratornyi praktikum: uch. posobie [Plant Physiology and Biochemistry. Laboratory Workshop]. *Minsk, IVTs Minfina* [Minsk, Information and Computer Center of the Ministry of Finance]. 2017. 196 p.
5. Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Metodika uskorenogo opredeleniya ploshchadi listovoi poverkhnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s pomoshch'yu komp'yuternoï tekhnologii [A method for accelerated determination of the leaf surface area of agricultural crops using computer technology]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU]. 2016. № 7. P. 88–93.
6. Obraztsov A.S., Kovalev V.M. Sposob opredeleniya listovoy poverkhnosti rasteniy [Method for determining the leaf surface area of plants]. Copyright certificate USSR. No. 538694. 1976.
7. Yakushev B.I., Kabashnikova G.I. Sposob opredeleniya ploshchadi listovoy poverkhnosti rasteniy [Method for determining the leaf surface area of plants]. Copyright certificate USSR. No. 1635942. 1991.
8. Ovsyannikov A.S., Andreeva A.N., Ovsyannikova R.S. Sposob opredeleniya obshchey listovoy poverkhnosti plodovykh rasteniy [Method for determining the total leaf surface of fruit plants]. Copyright certificate USSR. No. 1165300. 1985.
9. Beklemishev I.B. Sposob opredeleniya ploshchadi fotosinteticheskoy poverkhnosti rasteniya [Method for determining the area of the photosynthetic surface of a plant]. Copyright certificate USSR. No. 1308257. 1987.
10. Potapov V.A., Bobrovich L.V., Polyanskiy N.A., Andreeva N.V. Sposob opredeleniya ploshchadi listev rasteniy [Method for determining the leaf area of plants]. Patent RF. No. 2145410. 1998.
11. Mazurkin P.M., Shcherbakova E.S. Sposob izmereniya ploshchadi listev u drevesnykh rasteniy [Method for measuring the leaf area of woody plants]. Patent RF. No. 2466351. 2012.
12. Anisochkin G.V., Erzin I.V. Sposob opredeleniya ploshchadi listovoy poverkhnosti krony dereva [Method for determining the leaf surface area of a tree crown]. Patent RF. No. 2461179. 2012.
13. Aleynikov A.F., Zolotarev V.A., Cherednichenko A.K. Ustroystvo dlya izmereniya ploshchadi listev rasteniy [Device for measuring the area of plant leaves]. Copyright certificate USSR. No. 1753272. 1992.

14. Nabatnikov S.A., Galkin N.V., Martirosyan L.Yu., Martirosyan D.Yu. Ustroystvo dlya opredeleniya ploshchadi lista rasteniy [Device for determining the leaf area of plants]. Patent RF. No. 216944. 2022.
15. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P., Karavyanskiy N.S., Kharkov G.D., Rogov M.S., Shpakov A.S., Kuzyutin A.B., Rudoman V.V., Klushina E.V., Yartieva Zh.A., Popkov V.V., Shekhovtsova N.S., Grishin I.A., Makarova T.I., Brazhnikova T.S., Truzina L.A., Prologova T.V., Mershevaya V.N., Volkov N.P., Nasonov N.V., Konstantinova M.D., Ostapov V.I., Kireev V.M., Baklanov A.M., Belyak V.B., Vertogradskaya I.A., Ulanov A.N. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami [Methodical guidelines for conducting field experiments with forage crops]. *Moscow. Rosselkhozakademiya [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences]*. 1997. 156 p.
16. Bondarev V.A., Panov A.A. Metodika polevykh opytov po provyalivaniyu i sushke trav na seno i senazh [Methodology of field experiments on withering and drying of grasses for hay and haylage]. *Moscow. RASKHN, VIK [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences, Williams All-Russian Research Institute of Feed]*. 1994. 12 p.
17. Bondarev V.A., Kosolapov V.M., Pobednov Yu.A., Panov A.A., Akhlamov Yu.D., Otroshko S.A., Popov V.V., Sokolkov V.M., Klimenko V.P., Mamaev A.A. Provedenie opytov po konservirovaniyu i khraneniyu obemistyykh kormov. Metodicheskie rekomendatsii [Conducting experiments on preserving and storing bulky feed. Methodological recommendations]. *Moscow. FGU RTSSK [Moscow. Federal Center for Agricultural Advisory Services]*. 2008. P. 6–7.
18. State Standard 27262-87. Korma rastitelnogo proiskhozhdeniya. Metody otbora prob [Feed of plant origin. Sampling methods]. *Moscow. Izdatelstvo standartov [Moscow. Publishing House of Standards]*. 1987. 9 p.
19. State Standard 27548-87. Korma rastitelnye. Metody opredeleniya vlagi [Plant feed. Methods for determining moisture]. *Moscow. Izdatelstvo standartov [Moscow. Publishing House of Standards]*. 1988. 7 p.
20. Otroshko S.A., Sokolkov V.M., Shevtsov A.V., Kosolapov V.M. Sposob opredeleniya ploshchadi isparayushchey poverkhnosti trav [Method for determining the evaporating surface area of grasses]. Patent RF. No. 2843628. 2025.