

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ КСИЛЕМЫ СТВОЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ АРХАНГЕЛЬСКА

N.V. Kilyusheva, P.A. Feklistov,
A.Y. Kilyushev, N.V. Ovsyannikova

THE TEMPERATURE OF THE XYLEM OF PINE TRUNK (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
IN SUBURBAN FORESTS OF ARKHANGELSK

Килюшева Н.В. – соиск. каф. ботаники, общей экологии и природопользования Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: n.volkova@narfu.ru

Феклистов П.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. ботаники, общей экологии и природопользования Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: feklitov@narfu.ru

Килюшев А.Ю. – магистрант каф. лесной таксации и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: yorick282@yandex.ru

Овсянникова Н.В. – канд. с.-х. наук, зам. лесничего Приморского участкового лесничества Архангельского лесничества – филиала ФГКУ «Управление лесного хозяйства и природопользования» Министерства обороны России, г. Архангельск. E-mail: n.volkova@narfu.ru

Kilyusheva N.V. – Applicant, Chair of Botany, General Ecology and Environmental Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: n.volkova@narfu.ru

Feklistov P.A. – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Botany, General Ecology and Environmental Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: feklitov@narfu.ru

Kilyushev A.Yu. – Magistrate Student, Chair of Forest Valuation and Forest Management, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: yorick282@yandex.ru

Ovsyannikova N.V. – Cand. Agr. Sci., Deputy Forest Warden, Seaside Local Forest Area, Arkhangelsk Forest Area – Branch of FGKU "Management of Forestry and Environmental Management", Ministry of Defence of RF, Arkhangelsk. E-mail: n.volkova@narfu.ru

Изучение теплового обмена растений с окружающей средой является актуальным, так как одним из основных факторов, определяющих развитие растения, является количество теплоты, получаемое им из окружающей среды в результате радиационного и конвективного теплообмена, поэтому получение тепловых характеристик растительного покрова можно выделить как важнейшую из ряда задач. Температурный режим сосны на Севере изучен крайне слабо. В связи с этим мы поставили перед собой задачу исследовать температурные характеристики ксилемы стволов сосны обыкновенной. Исследования проводились на 10 пробных площадях, расположенных в Приморском районе Архангельской области (северная подзона тайги). Пробные площади закладывались в сосняках черничных. Для из-

мерения температуры использовался портативный цифровой мультиметр. Измерение температуры стволов производилось у шейки корня и на высоте 1,3 м, на глубине 50 мм, а также была измерена температура воздуха рядом с учетными деревьями. Приведены данные о возможности использования температуры ствола в качестве диагностики состояния деревьев. Это особенно важно, когда видимых признаков ослабления не наблюдается. По результатам исследования ослабленные и усыхающие деревья характеризуются более высокими температурами. Прослеживается изменение температуры ствола для категорий здоровых деревьев в течение трех летних месяцев, выявляется изменение температуры в зависимости от категории санитарного состояния дерева, а также от высоты измере-

ния. Значительное влияние на температуру стволов деревьев наряду с другими факторами оказывает степень их ослабления, реализуемая через изменение параметров водного тока по стволу дерева. Вместе с тем рассмотрено влияние возраста деревьев на температуру ствола. Выявлено уменьшение температуры у корневой шейки и температуры на высоте груди с увеличением возраста деревьев.

Ключевые слова: температура ствола, шейка корня, категория состояния, сосна обыкновенная, возраст дерева.

The study of heat exchange of plants with the environment is relevant, since one of the main factors determining the development of plants, is the quantity of heat received from the environment as a result of radiation and convective heat transfer, and the thermal characteristics of the vegetation cover can be identified as the most important of the several tasks. The temperature of pine in the North is poorly studied. In this regard, we have set ourselves the task to investigate the temperature characteristics of the xylem of the trunks of pine. The research was carried out on 10 sample plots, located in Primorsky district of Arkhangelsk region (Northern taiga subzone). Plots were in blueberries pine forests. The data was achieved on the possibility of using temperature as the trunk of trees diagnostics. This is particularly important when visible signs of weakening are not observed. The results of the study showed that weakened and drying trees were characterized by higher temperatures. The observed change in the temperature of the barrel for categories of healthy trees during three summer months, revealed a temperature change depending on the category the sanitary condition of the tree, and from the height measurement. A significant impact on the temperature of tree trunks along with other factors provides the degree of attenuation, to be implemented through changing the parameters of the water current on the trunk of the tree. Just consider the influence of tree age on the temperature of the barrel. The reduction of temperature at the root collar and the temperature at chest height with increasing age of trees was revealed.

Keywords: *temperature of the trunk, the neck of the root, the category of state, pine tree, the age of the tree.*

Введение. Температурный режим деревьев имеет очень большое значение для протекания физиологических процессов. Действие высоких температур особо сказывается в период вегетации. В результате этих температур поврежденные части растений теряют тургор, становятся дряблыми, растение увядает и засыхает. Заморозки же вызывают у растений ряд заболеваний, вследствие чего прочность древесины уменьшается. Солнечная тепловая энергия передается дереву путем инсоляции, через воздух и почву. Тепловой обмен складывается из конвекции, теплопроводности и в основном из теплопередачи с помощью излучения [1]. Деревья – пойкилотермные организмы, поэтому температура окружающего воздуха играет особенно важную роль. Если она превышает температуру деревьев, то к нагреванию излучением добавляется нагревание путем конвекции. В противном случае будут иметь место потери тепла [2]. Установлено, что стволы древесных пород защищены по-разному: у березы температура камбия быстро меняется в соответствии с колебаниями температуры наружного воздуха, в то время как у сосны она более постоянна благодаря лучшим теплозащитным свойствам коры. Суточный ход температуры деревьев коррелирует с суточным ходом солнечной радиации и температурой воздуха и смещен во времени. Это связано с теплоемкостью, теплопроводностью, теплоотдачей, диаметром, расходом воды деревом, степенью жизнеспособности и другими показателями. При одинаковом притоке тепла извне динамика изменения температуры ствола отражает жизнеспособность дерева как целостной биологической системы [3]. У одиночно стоящих деревьев весной и осенью поверхность стволов больше нагревается в дневные часы, особенно с южной стороны, температура камбия здесь может быть до 20 °С выше, чем с северной стороны, где она приближена к температуре окружающего воздуха. Скорость расхода и тока воды определенно соотносятся с уровнем жизнеспособности дерева.

Температурный режим стволов деревьев обусловлен температурой корнеобитаемого

слоя почвы, притоком тепла извне, скоростью водного тока и его температурой, расходом воды на транспирацию, категорией жизнеспособности дерева. Иные факторы менее значительны [4].

Исследователями отмечено, что температура дерева в области кроны ближе к температуре воздуха, а в области комля – к температуре почвы, но величины экспериментально полученных градиентов превышают теоретические. Причиной такого расхождения в данных является неоднозначность определения скорости движения пасоки [5]. Тепловые методы оценки состояния деревьев обладают перспективой дистанционного получения информации. Температура служит «сигналом» для прорастания семян. Сумма активных температур влияет на биологическую активность и глубину гумификации в почве органического вещества [6]. Таким образом, тепловой режим – важный экологический параметр почв, во многом определяющий их экологические функции (питание, водоснабжение, окислительно-восстановительные условия и пр.). Превышение температурой ствола температуру воздуха может указывать на возрастание физиологической активности дерева и является защитным механизмом от воздействия крайних температур [7].

Визуальный метод не обеспечивает надежности и объективности оценки деревьев. При оценке состояния дерева по внешним морфологическим признакам ошибка достигает 50 % [8]. В настоящее время существует потребность в нахождении современных способов диагностики физиологического состояния деревьев, позволяющего осуществить контроль, прогноз и оценку лесных экосистем на устойчивость [9]. Одно из новых направлений в получении информации о физиологическом состоянии и жизнеспособности дерева основано на оценке тепловых параметров и подразумевает наличие тесной связи между состоянием деревьев, водным режимом и температурой стволов [10].

Цель исследований: изучение тепловых характеристик сосны обыкновенной в пригородных лесах Архангельска.

Для выполнения поставленной цели предусматривалось решение следующих **задач:** определение температурных показателей стволов деревьев различных категорий жизнеспособности, классов возраста, на разной высоте ствола

и выявление зависимости с температурой окружающего воздуха.

Объекты, методы и результаты исследований. Исследования проводились на территории Приморского района Архангельской области, расположенного в северной подзоне тайги. Пробные площади закладывались на территории Северодвинского лесничества, Исакогорского и Новодвинского участков лесничеств Архангельского лесничества.

Для измерения температуры выбирались учетные деревья разного жизненного состояния. На основании действующих «Санитарных правил в лесах РФ», утвержденных Приказом МПР России от 27.12.2005 № 350, выделяют 6 категорий состояния (жизнеспособности) деревьев: 1 – деревья без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – сухой текущего года (усохшие в текущем году); 6 – сухой прошлых лет [11]. Первую и вторую категорию жизнеспособности мы объединили в одну категорию условно здоровых деревьев, потому что они схожи по своим биоморфологическим признакам и оценке состояния.

Для измерения температуры использовался портативный цифровой мультиметр Mastech MY 62 [12]. Страна-производитель – Тайвань. Базовая погрешность – 0,5 %. Цифровой мультиметр Mastech MY-62 измеряет величины силы постоянного и переменного тока, постоянного и переменного напряжения, сопротивления, коэффициента усиления биполярных транзисторов, температуры и емкости конденсаторов. Он обладает возможностью измерять температуру окружающей среды в диапазоне от -20 °C до $1\ 000$ °C. Высокое входное сопротивление не вносит погрешности при измерениях величин и говорит о высокой точности прибора. Выбор пределов измерения величин производится вручную путем установки нужного положения многопозиционного переключателя.

С помощью мультиметра MY-62 можно проверять полупроводниковые диоды и прозванивать электрические цепи. Результаты измерений выводятся на крупный цифровой 3 1/2-разрядный ЖК-дисплей. Чтобы получить относительно стабильные во времени результаты, электроды вживляли вдоль радиуса ствола. Для этого в объектах сверлили шурфы диаметром 5 мм. Электроды представляли собой стальные стержни, изолированные до поверхности кон-

такта (4,5 мм) и соединенные с прибором посредством гибкого провода [13]. Измерение температуры стволов производилось у шейки корня и на высоте 1,3, на глубине 50 мм, а также была измерена температура воздуха рядом с учетными деревьями. Измерения проводились в период интенсивного роста в июне – августе.

Измерения температуры ткани проводились в дневное время в солнечную и пасмурную погоду, у различных категорий состояния, выявленных на данной пробной площади, с целью установления взаимосвязи полученных показателей. На каждой пробной площади методом случайного отбора выбирались 15 учетных деревьев. Шурфы сверлились с северной части стволов в местах, защищенных от прямого воздействия солнечных лучей, на различной высоте: у шейки корня и на высоте 1,3 м, III и IV классов возраста.

Температура стволов сосны изменяется с высотой (табл. 1). Температура ствола у шейки корня меньше температуры на высоте 1,3 м на 1–2 °С, кроме этого у шейки корня она ниже температуры воздуха, а на высоте груди – выше. По всей вероятности, это определяется температурой поглощаемой из почвы воды. В течение года, а особенно в период вегетации дерева, температура почвы, передаваемая водными растворами, в значительной мере регулирует внутреннюю температуру дерева. Из почвы в ствол поступает вода, холоднее температуры воздуха, а затем по мере передвижения по стволу она нагревается и ее температура становится выше. Можно предположить, что чем выше по стволу, тем будет выше температура ствола. При передвижении воды на 1 метр она нагревается, а с ней и древесный ствол, на 0,38 °С.

Таблица 1

Температурные показатели стволов сосны (категория состояния – здоровые)

Период	Температура, °С		Средняя температура воздуха, °С
	у корневой шейки	на высоте 1,3 м	
Июнь	17,7	19,5	19,0
Начало июля	19,4	21,4	20,8
Середина июля	25,8	26,8	23,6
Конец июля	30,6	31,6	24,4
Август	22,4	23,9	22,8

Между температурой ствола на высоте груди и температурой воздуха выявлена высокая прямая линейная связь. Коэффициент корреляции составляет: для июня – $r = 0,98 \pm 0,01$; начала июля – $r = 0,93 \pm 0,06$; середины июля – $r = 0,96 \pm 0,03$; конца июля – $r = 0,97 \pm 0,02$; для августа – $r = 0,99 \pm 0,01$.

Температура стволов сосны не совпадает с температурой воздуха, но синхронно изменяется в течение вегетационного сезона. Однако температура ствола у шейки корня всегда ниже температуры на высоте 1,3 м (рис.).

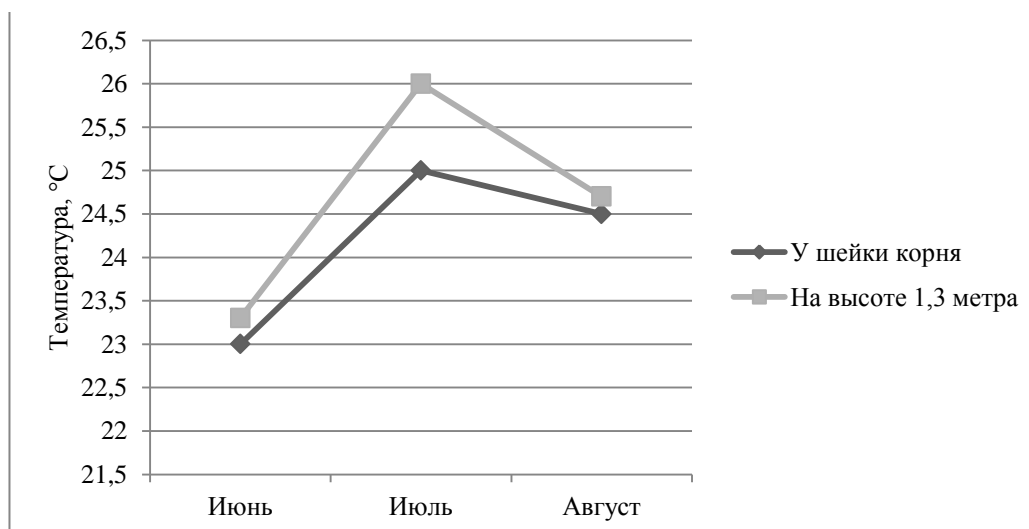
В среднем за изученный временной интервал разница в температурах составляет 0,5°. Вероятно, это связано с высокими теплоизолирующими свойствами коры сосны и, соответственно, с низкой степенью прогревания.

Наблюдается существенное различие в температурах стволов деревьев сосны разных категорий жизнеспособности (табл. 2) в течение трех летних месяцев. Проведенные нами ис-

следования показали, что сохраняется существенное различие в температурах стволов деревьев различных рангов жизнеспособности в течение всего лета. У шейки корня различия в температурах ствола минимальные, но у усыхающих деревьев прослеживается более высокая температура. Вероятно, это связано с тем, что усыхающие деревья практически не поглощают воды корнями, а соответственно имеют ослабленный водный ток.

На высоте груди (1,3 м) тенденция увеличения температуры ствола по мере ослабления прослеживается наиболее четко, и разница достигает у здоровых и сильно ослабленных деревьев 2–3 °С, а у здоровых и усыхающих – 6–7 °С.

Таким образом, значительное влияние на температуру стволов деревьев наряду с другими факторами оказывает степень их ослабления, реализуемая через изменение параметров водного тока по стволу дерева.



Изменение температуры стволов сосны в течение летнего сезона

Таблица 2

Температура стволов деревьев сосны различного состояния

Категория состояния деревьев	Средняя температура, °C	
	у корневой шейки	на высоте 1,3 м
Здоровые	23	23,2
Ослабленные	24	24,4
Сильно ослабленные	24,3	25,2
Усыхающие	30,1	29,7

Рассматривая изменение температуры по стволу в высоту, можно отметить, что для деревьев всех категорий характерно увеличение температуры на 1,5–2 °C. Имеются также данные о том, что температура в области кроны ближе к температуре воздуха, а в области комля – к температуре почвы. Пониженная температура стволов по сравнению с температурой окружающего воздуха в подготовительный к вегетации период является защитным механизмом от преждевременной физиологической активности. Когда же происходит биохимическая перестройка, подготовка к видимому росту, дерево защищается от возможных кратковремен-

ных отрицательных температур повышением температуры ствола.

Самая высокая температура отмечена у усыхающих деревьев – 30,1 и 29,7 °C у корневой шейки и на высоте груди соответственно. Следовательно, температуру стволов можно использовать для диагностики их состояния. Это особенно важно, так как иногда видимых признаков ослабления не наблюдается.

При оценке температуры ствола относительно возраста деревьев было выявлено уменьшение температуры у корневой шейки и температуры на высоте груди с увеличением возраста (табл. 3).

Таблица 3

Показатели температуры в соответствии с изменением возраста древостоя в течение летнего сезона

Возраст	Среднедекадная температура, °C	
	у корневой шейки	на высоте 1,3 м.
III класса возраста	25,4	26,8
IV класса возраста	24,4	25,7

Наибольшие показатели температуры наблюдаются у деревьев III класса возраста (средневозрастные).

Выводы

1. Температура ствола у корневой шейки ниже температуры ствола на высоте 1,3 м. Разница в температурах составляет 0,5 °С.

2. Ослабленные и усыхающие деревья характеризуются более высокими температурами. Разница температур в сравнении со здоровыми достигает 1–2 и 6–7 °С соответственно.

3. Выявлено уменьшение температуры у корневой шейки и температуры на высоте груди с увеличением возраста деревьев.

Литература

1. Борисов Ю.П. Инфракрасное излучение. – М., 1976. – 56 с.
2. Леконт Ж. Инфракрасное излучение. – М., 1958. – 584 с.
3. Карасев В.Н. Физиология растений: учеб. пособие. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2001. – 304 с.
4. Карасев В.П., Карасева М.А. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности деревьев хвойных пород // Лесной журнал. – 2004. – № 4. – С. 27–32.
5. Радченко С.И. Температурные градиенты среды и растения. – М., 1966. – 389 с.
6. Орлов Д.С., Лозановская И.Н., Попов П.Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 100 с.
7. Тюкавина О.Н. Температурный режим сосны обыкновенной в условиях г. Архангельска // Вестн. САФУ. – 2015. – № 2. – С. 73–79.
8. Рутковский И.В., Кишенков Ф.В. Применение электрофизиологических методов в лесовыращивании // Лесоведение и лесоводство. – 1980. – Вып. 3. – 40 с.
9. Маторкин А.А. Совершенствование методов отбора деревьев хвойных пород при формировании насаждений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Йошкар-Ола, 2009. – 23 с.
10. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. – 176 с.

11. Правила санитарной безопасности в лесах: постановление Правительства РФ от 27.12.2005 г. № 350. – М., 2005.
12. Электрические поля термического происхождения в природной древесине / Н.Ю. Евсикова [и др.] // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC – 2006): мат-лы междунар. науч.-техн. конф. – М.: МИРЭА, 2006. – Ч. 3. – С. 87–89.
13. Сканирование электрического поля в стволах древесных растений как метод выявления жизненного состояния / Н.Ю. Евсикова, Н.Н. Матвеев, О.М. Корчагин [и др.] // Лесн. журн. – 2008. – № 6. – С. 43–49.

Literatura

1. Borisov Ju.P. Infrakrasnoe izluchenie. – M., 1976. – 56 s.
2. Lekont Zh. Infrakrasnoe izluchenie. – M., 1958. – 584 s.
3. Karasev V.N. Fiziologija rastenij: ucheb. posobie. – Joshkar-Ola: Izd-vo MarGTU, 2001. – 304 s.
4. Karasev V.P., Karaseva M.A. Jekologo-fiziologicheskaja diagnostika zhiznesposobnosti derev'ev hvojnyh porod // Lesnoj zhurnal. – 2004. – № 4. – S. 27–32.
5. Radchenko S.I. Temperaturnye gradienty sredy i rastenija. – M., 1966. – 389 s.
6. Orlov D.S., Lozanovskaja I.N., Popov P.D. Organicheskoe veshhestvo pochv i organicheskie udobrenija. – M.: Izd-vo MGU, 1985. – 100 s.
7. Tjukavina O.N. Temperaturnyj rezhim sosny obyknovennoj v uslovijah g. Arhangel'ska // Vestn. SAFU. – 2015. – № 2. – S. 73–79.
8. Rutkovskij I.V., Kishenkov F.V. Primenenie jektrofiziologicheskikh metodov v lesovyvashivanii // Lesovedenie i lesovodstvo. – 1980. – Vyp. 3. – 40 s.
9. Matorkin A.A. Sovershenstvovanie metodov otbora derev'ev hvojnyh porod pri formirovanii nasazhdenij: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. – Joshkar-Ola, 2009. – 23 s.
10. Kolovskij R.A. Bioelektricheskie potencialy drevesnyh rastenij. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1980. – 176 s.

11. Pravila sanitarnoj bezopasnosti v lesah: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.12.2005 g. № 350. – M., 2005.
12. Jelektricheskie polja termicheskogo proishozhdenija v prirodnoj drevesine / N.Ju. Evsikova [i dr.] // Fundamental'nye problemy radiojelektronnogo priborostroenija (INTERMATIC – 2006): mat-ly mezhdunar. nauch.-tehn. konf. – M.: MIRJeA, 2006. – Ch. 3. – S. 87–89.
13. Skanirovanie jelektricheskogo polja v stvolah drevesnyh rastenij kak metod vyjavlenija zhiznennogo sostojanija / N.Ju. Evsikova, N.N. Matveev, O.M. Korchagin [i dr.] // Lesn. zhurn. – 2008. – № 6. – S. 43–49.



Н.Н. Дмитриев, Ш.К. Хуснидинов

МЕТОДИКА УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

N.N. Dmitriev, Sh.K. Khusnidinov

ACCELERATED METHOD OF DETERMINATION OF LEAF AREA OF CROPS BY COMPUTER TECHNOLOGY

Дмитриев Н.Н. – асп. каф. агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодёжный. E-mail: brianbaitano@mail.ru

Хуснидинов Ш.К. – д-р с.-х. наук, проф. каф. агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодёжный. E-mail: agro@igsha.ru

Dmitriyev N.N. – Post-Graduate Student, Chair of Agroecology, Agrochemistry, Physiology and Protection of Plants, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk Region, Irkutsk District, Settlement Molodyoznny. E-mail: brianbaitano@mail.ru

Husnidinov Sh.K. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Agroecology, Agrochemistry, Physiology and Protection of Plants, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk Region, Irkutsk District, Settlement Molodyozhny. E-mail: agro@igsha.ru

Приведен краткий сравнительный анализ применяемых методик определения площади листьев изучаемых растений: метод нанесения контуров листьев на миллиметровую бумагу, метод высечек, метод промеров, планиметрический метод. Раскрыты их достоинства и недостатки: метод нанесения контуров листьев на миллиметровую бумагу – метод точен, но очень продолжителен по времени, метод высечек – метод удобен и достаточно быстр, однако неприменим к некоторым культурам и имеет погрешности, метод промеров – доступный, быстрый и простой, с большими погрешностями измерений, планиметрический метод – точный и удобный метод, требующий наличия сложного дорого-

стоящего оборудования. Разработана методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с использованием сканера. Суть метода: на сканер кладется плотная прозрачная пленка, на пленку раскладываются листья исследуемого растения, поверхность которых должна быть предварительно просушена. Листья плотно прижимаются к стеклу экспонирования крышкой сканера. Листовые пластинки сканируются. Полученный результат сохраняется в виде бинарного изображения (двухцветного, иногда называемого черно-белым). Полученное бинарное изображение загружается в программу APFill Ink&Toner Coverage Meter, запускается расчет площади