

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

И. П. КОЗЛОВСКАЯ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: k_irina@tut.by

Е. А. ГОЛОВАТАЯ

УО «Белорусский государственный университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: katerina-golovataya@yandex.ru

(Поступила в редакцию 14.09.2022)

Формирование различных структурных элементов в каждую из фаз роста и развития зерновых культур определяет величину урожая и его качество. Существует тесная взаимосвязь между фазами роста, этапами органогенеза и элементами продуктивности. Одним из основных условий программирования урожая является регистрация вегетативного состояния культуры. Анализ динамики роста и развития зерновых культур базируется на фенологических наблюдениях, при которых фиксируются сроки наступления фаз от посева до уборки урожая, определяется ряд качественных показателей для всесторонней оценки полноценности роста и развития растений. Проведение таких исследований должно осуществляться с использованием высокопроизводительных и точных методов.

Нами разработан и зарегистрирован электронный ресурс «Компьютерное определение площади ассимиляционного аппарата зерновых» (рег. номер 1142229145 от 17.07.2022 г.) Он позволяет определять площадь ассимиляционного аппарата зерновых культур с высокой точностью, выполнять большое количество исследований с минимальными затратами времени. Может быть использован при определении листового индекса, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, дыхания растений и их транспирации. Применение разработанной нами компьютерной программы существенно упрощает оценку роста и развития зерновых культур в динамике, выявление сопряженности и степени варьирования основных количественных признаков, влияющих на продуктивность зерновых культур при разной плотности ценоза, проведение оценки биологического потенциала растений и их продуктивности.

Ключевые слова: электронный ресурс, компьютерное определение, Java (JRE), изображение растения, ассимиляционный аппарат, зерновые культуры, динамика роста и развития растений, листовой индекс, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

The formation of various structural elements in each of the phases of growth and development of grain crops determines the size of the crop and its quality. There is a close relationship between growth phases, stages of organogenesis and productivity elements. One of the main conditions for harvest programming is the registration of the vegetative state of the crop. The analysis of the dynamics of growth and development of grain crops is based on phenological observations, in which the timing of the phases from sowing to harvesting is fixed, a number of quality indicators are determined for a comprehensive assessment of growth and development of plants. Such studies should be carried out using high-performance and accurate methods.

We have developed and registered the electronic resource "Computer determination of the area of the assimilation apparatus of grain crops" (registration number 1142229145 dated July 17, 2022). It allows you to determine the area of the assimilation apparatus of grain crops with high accuracy, to perform a large number of studies with minimal time. It can be used to determine leaf index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, plant respiration and transpiration. The use of the computer program developed by us greatly simplifies the assessment of the growth and development of grain crops in dynamics, the identification of conjugation and the degree of variation of the main quantitative traits that make up the productivity of grain crops at different densities of the cenosis, and the assessment of the biological potential of plants and their productivity.

Key words: electronic resource, computer definition, Java (JRE), plant image, assimilation apparatus, grain crops, plant growth and development dynamics, leaf index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity.

Введение

Стратегия устойчивого обеспечения населения республики Беларусь продовольствием до 2030 года определена Доктриной национальной продовольственной безопасности. В рамках ее реализации зерновые культуры рассматриваются как важнейшая группа возделываемых растений, дающих зерно – основной продукт питания человека, сырьё для многих отраслей промышленности и корма для сельскохозяйственных животных [1].

Мировой опыт растениеводства показывает, что наибольшая биологическая продуктивность зерновых колосовых культур достигается при высокой интенсивности фотосинтеза за счет максимального использования фотосинтетической активной солнечной радиации (ФАР), при сбалансированном питании растений макро- и микроэлементами, благоприятном диапазоне температур и влажности почвы.

В жизненном цикле растения проходят ряд этапов органогенеза. Внешне они проявляются через фенологические фазы – последовательные этапы индивидуального развития, характеризующиеся

четко выраженными внешними морфологическими признаками, связанными с образованием новых органов (листьев, стеблей, соцветий, цветков, плодов) [2].

Формирование различных структурных элементов в каждую из фаз роста и развития растений определяет величину урожая и его качество. Началом фазы считают тот момент, когда в нее вступает не менее 10 % растений, полным наступлением фазы – когда ее достигли 75 % растений в посевах. Так как существует тесная взаимосвязь между фазами роста, этапами органогенеза и элементами продуктивности, регистрация вегетативного состояния культуры является одним из основных условий программирования урожая [3].

Рост и развитие растений, формирование урожая во многом предопределяется способностью растений использовать солнечную энергию для синтеза органического вещества и зависит от количества фотосинтетически активной солнечной радиации. Исходя из современного уровня урожайности, сельскохозяйственные культуры в европейской части усваивают примерно 1 % ФАР [3].

Один из наиболее информативных показателей эффективности использования ФАР растениями – интенсивность фотосинтеза. При этом часть поглощенной энергии в ходе газообмена (фотосинтеза и дыхания) запасается в биомассе. Процессы формирования биомассы, ее количества, качества, энергоемкости обусловлены, прежде всего, совокупностью многочисленных высокоэнергетических процессов фотосинтетической деятельности, совершаемой за счет прихода не только приходящей, но и поглощаемой и используемой лучистой энергии солнца [4].

Оценка динамики роста и развития зерновых культур базируется на фенологических наблюдениях, при которых фиксируются сроки наступления фаз от посева до уборки урожая, определяется ряд качественных показателей, которые дают возможность оценить полноценность роста и развития растений.

Важнейшим качественным показателем, характеризующим физиологическое состояние растений, активность ростовых процессов, является чистая продуктивность фотосинтеза – прирост сухой массы растений в граммах за определенное время (сутки), отнесенный к единице площади листовой поверхности. Ее учитывают путем периодического отбора проб растений, у которых определяют общую массу, массу отдельных органов и площадь листьев [5, 6].

Помимо этого, при изучении дыхания растений и их транспирации получаемые величины рассчитывают на единицу листовой поверхности, что влечет необходимость ее многократного измерения во время вегетации растений.

У зерновых колосовых культур фотосинтезирующими органами, наряду с листьями, являются стебель и колос (на тех этапах онтогенеза, когда он содержит хлорофилл). Поэтому для получения объективной информации о фотосинтетических процессах у зерновых культур необходимо определение площади всего ассимиляционного аппарата растений.

Основная часть

Для определения площади листового аппарата традиционно используют несколько методов, каждый из которых имеет существенные недостатки.

Метод нанесения контуров листьев на миллиметровую бумагу – метод точен, но очень продолжителен по времени. На определение площади одного листа тратится от 10 до 15 минут. При таких темпах работ часть анализируемого материала неизбежно теряет тургор, что не позволяет получить сопоставимые результаты и существенно снижает точность.

Метод промеров основан на том, что из каждой пробы методом случайной выборки выбирают по 10 зеленых листьев, взвешивают их и определяют площадь методом линейных измерений по длине (Д) и наибольшей ширине (Ш). Данный метод подходит для зерновых и других культур с линейной формой листьев, точность определения низкая.

Метод определения площади листа по его параметрам основан на сопоставлении фигуры листа с некоторой простой геометрической фигурой, достаточно хорошо совпадающей с конфигурацией данного листа.

Метод высечек. Это наиболее доступный и продуктивный метод, особенно ценный в полевых опытах. Суть его в следующем. Отбирают среднюю пробу растений, быстро срезают листья и определяют их массу. Затем из каждого листа выбивают сверлом определенного диаметра несколько высечек, объединяют вместе и устанавливают их массу. Диаметр сверла выбирают в зависимости от размеров листовой пластинки и ее поверхностной плотности.

Планиметрический метод. Средний образец пробы листьев взвешивают и раскладывают на движущейся ленте электронного прибора – планиметра. Прибор определяет площадь листьев в санти-

метрах квадратных. Этот метод позволяет измерить достаточно быстро и точно площадь листьев, однако планиметры не получили широкого распространения из-за специфичности их использования.

Метод сканирования с использованием специальных графических редакторов. Этим методом можно определить площадь листьев растений без погрешности на их увядание, но для работы требуется специальное оборудование [7, 8].

Таким образом, методики, традиционно используемые для определения площади листовой поверхности, являются, как правило, довольно громоздкими, требуют значительных затрат времени, специального оборудования, и не дают необходимой точности.

Если учесть, что для всесторонней оценки роста и развития зерновых культур необходимо проводить исследования в течение всего вегетационного периода, и при большом объеме исследований требуется скорость и высокая точность, существующие методы не отвечают таким требованиям.

К современным точным и высокопроизводительным способам следует отнести метод определения площади листового аппарата растений [9], который адаптирован для работы с листовым салатом и другими культурами, имеющими сложную форму листа.

Учитывая несомненную научную и практическую ценность определения площади ассимиляционного аппарата зерновых культур, очевидна необходимость разработки простого и производительного метода определения этого показателя.

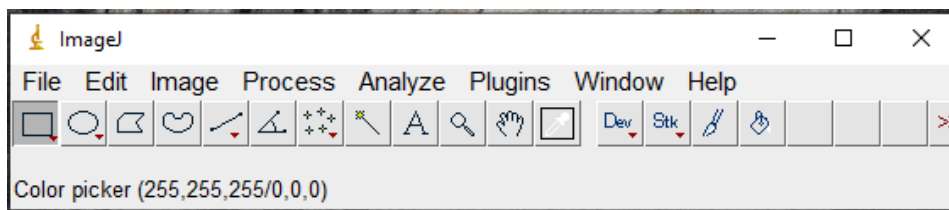
Разработанное нами программное приложение сочетает в себе положительные стороны каждого из вышеперечисленных методов.

Для работы приложения необходимо, чтобы на компьютере была установлена среда выполнения Java (JRE). Скачать установочный файл можно здесь: <https://www.java.com/en/download/manual.jsp> (для Windows).

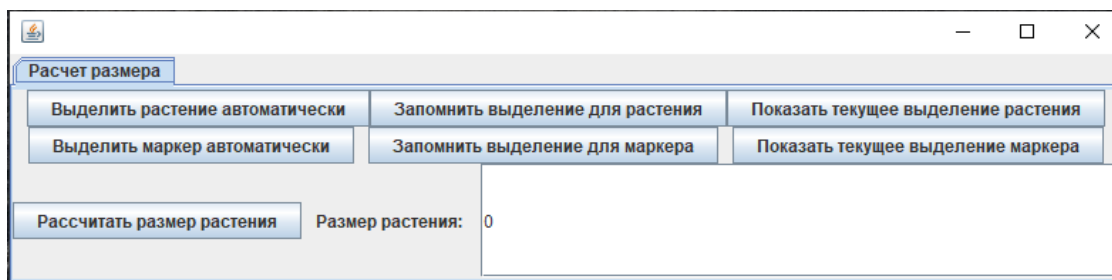
	Windows Online filesize: 2.15 MB	Instructions	After installing Java, you may need to restart your browser in order to enable Java in your browser.
	Windows Offline filesize: 72.39 MB	Instructions	
	Windows Offline (64-bit) filesize: 83.03 MB	Instructions	
If you use 32-bit and 64-bit browsers interchangeably, you will need to install both 32-bit and 64-bit Java in order to have the Java plug-in			

Папку «imagej-leaf-size» нужно извлечь из архива, зайти в нее и затем запустить ImageJ.exe.

При первом запуске программы необходимо указать, где в системе находится файл javaw.exe. Обычно он находится по пути: «C:\Program Files\Java\jre-X.X.X\bin». После успешного запуска откроется 2 окна: основная панель программы и плагин для определения размера (рис. 1).



а)

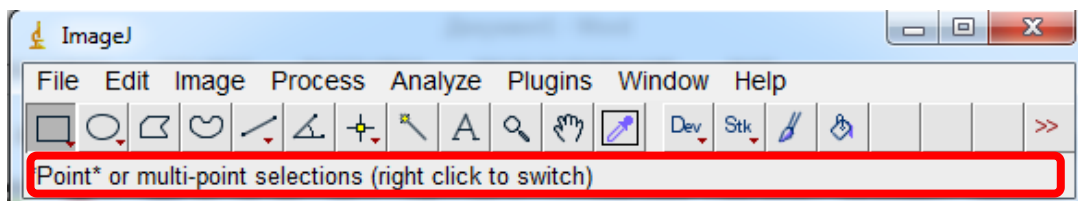


б)

Рис. 1. Интерфейс: а) основная панель, б) плагин для определения размера

Затем необходимо открыть изображение растения, которое получают с помощью фотокамеры мобильного телефона. Открыть изображение в программе можно двумя способами:

1) Перетащить изображение мышкой на свободное место под кнопками (выделено красным цветом).

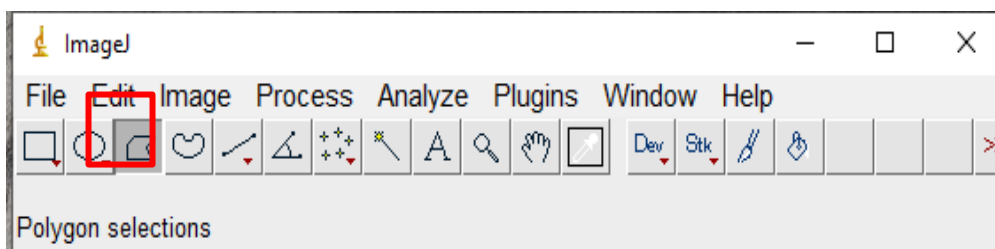


2) В главном меню выбрать File->Open->выбираете нужное изображение.

После открытия изображения можно применять к нему различные эффекты из основного меню, а также использовать возможности плагина. Плагин работает только с фотографиями листа на белом фоне с красным маркером.

Чтобы обозначить контур растения, необходимо использовать кнопку «Выделить растение автоматически».

Если выделение неправильно отработало, можно выбрать на основной панели инструмент «Polygon selections». После выбора данного инструмента выделить контур вручную проведением отдельных коротких отрезков.



Затем целесообразно воспользоваться кнопкой «Запомнить выделение для растения». В дальнейшем можно просмотреть сохраненный результат, нажав на кнопку «Показать текущее выделение растения». Пример выделения растения:

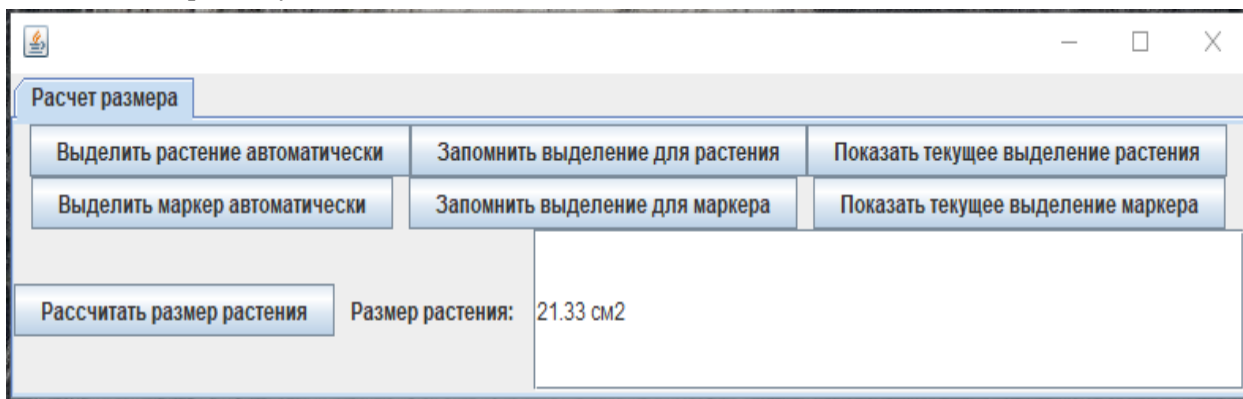


Выделение маркера происходит аналогичным образом. Для осуществления выделения необходимо нажать кнопку «Выделить маркер автоматически», для сохранения результата – «Запомнить выделение для маркера», для просмотра – «Показать текущее выделение маркера». При необходимости можно воспользоваться инструментами с основной панели.

Пример выделения маркера:



Для расчета размера растения необходимо воспользоваться кнопкой «Расчитать размер растения». В поле правее будет выведено числовое значение в см².



Заключение

Электронный ресурс «Компьютерное определение площади ассимиляционного аппарата зерновых» (рег. номер 1142229145 от 17.07.2022 г.) позволяет определить площадь ассимиляционного аппарата зерновых культур с высокой точностью, выполнить большое количество исследований с минимальными затратами времени. Может быть использован при определении листового индекса, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, дыхания растений и их транспирации. Позволит оценить рост и развитие зерновых культур в динамике, выявить сопряжённость и степень варьирования основных количественных признаков, слагающих продуктивность зерновых культур при разной плотности ценоза, провести оценку биологического потенциала растений и их продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Беларуси до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 декабря 2017 г., №962 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44566.

2. Сайдышева, Г. В. Последствие органических и нетрадиционных удобрений на динамику изменения ассимиляционной поверхности листьев и формирование урожайности яровой пшеницы / Г. В. Сайдышева. // Молодой ученый. – 2012. – № 8 (43). – С. 410–413. – URL: <https://moluch.ru/archive/43/5253/> – Дата обращения: 17.08.2022.
3. Стадии развития зерновых культур (код BBCH) // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://www.cropscience.bayer.ru/stadii-razvitiia-ziernovykh-kul-tur-kod-bbch/> – Дата обращения: 18.08.2022.
4. Влияние света на рост растений и эффективность удобрений // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://agroarchive.ru/sistema-udobreniya/881-vliyanie-sveta-na-rost-rasteniy-i-effektivnost-udobreniy.html> / – Дата обращения: 18.08.2022.
5. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков / Моргун В. В. [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42. – № 5. – С. 371–392.
6. Полуэктов, Р. А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 396 с.
7. Зависимость продуктивности фотосинтеза от внутренних факторов // [Электронный ресурс] /Код доступа: https://studme.org/399304/agropromyshlennost/zavisimost_produkktivnosti_fotosinteza_vnutrennih_faktorov / – Дата обращения: 18.08.2022.
8. Определение площади листьев. Справочник химика 21 // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://www.chem21.info/info/1900455/> – Дата обращения: 18.08.2022.
9. Козловская, И. П. Определение площади листового аппарата растений / И. П. Козловская, Е. А. Головатая, Е. А. Сакова // Электронный регистр: рег. номер N 1271712977 от 21.09.2017 г.