

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЛЕОПТИЛЯ ПШЕНИЦЫ

М.Ю. Касаткин, Б.Г. Быховцев

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Структурная организация, свособразие пигментного состава растительных органов в процессе роста определяют их оптические свойства. Наиболее точно описать спектры поглощения различных фотосинтетических систем, установить их распределение в органе и оценить функциональные характеристики позволяют спектрофотометрические исследования. Зависимые от света процессы роста проявляются на ранних этапах морфогенеза, при этом морфогенетическое действие совершается при очень незначительных его дозах.

Цель данной работы - изучение оптических свойств фоторегуляторных систем колеоптиля и оценка их физиологической значимости в ростовых реакциях на ранних этапах органогенеза проростка пшеницы.

Объектом исследования служили 24-120 часовые проростки *Triticum aestivum* (жизненная форма яровая). Семена проращивались на увлажненной фильтровальной бумаге с вариантами опыта: абсолютная темнота и свет. Источником света служила лампа накаливания WLS-400W, абсолютная темнота достигалась помещением проростков в камеру из фотобумаги. Исследование спектров поглощения колеоптиля велось на специально сконструированной нами установке на базе спектрофотометра SPECOL 11 (рис. 1).

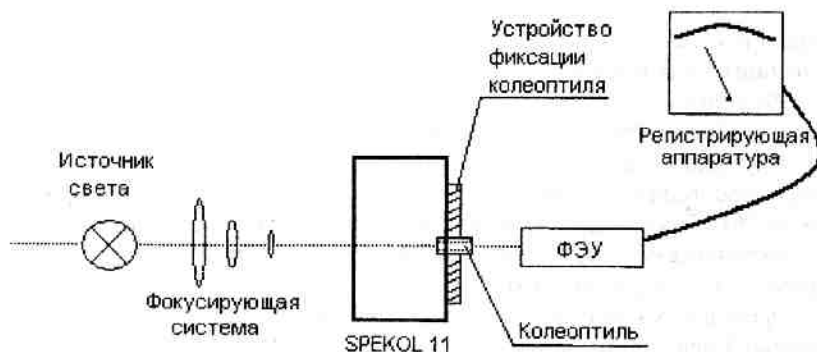


Рис. 1. Схема установки, использованной в исследованиях

Построенные нами спектральные кривые носят качественный характер и выражаются в процентах, где за 100% принимается та длина волны, при которой наблюдается максимальное пропускание тканями колеоптиля.

Морфометрический анализ роста колеоптиля на свету выявил, что в течение 70-80 часов после замачивания семян активность его ростовых процессов достигает максимума (рис. 2). При этом рост колеоптиля имеет явный параболический характер, в то время как зародышевые листья - экспоненциальный. Активность ростовых процессов (крутизна экспоненты) увеличивается от первого листа до четвертого и продолжается все 192 часа эксперимента. Следует указать, что каждый зародышевый лист переходит на активный рост в разное время. Первый и второй лист активизируют ростовые процессы через 48 часов в тот момент, когда рост колеоптиля переходит на параболический. Третий лист и особенно четвертый - начинают активный процесс значительно раньше и имеют более четкую специфичность своих экспоненциальных кривых. Это свидетельствует о том, что зародышевая структура колеоптиля и первого-третьего листьев, сформированных на материнском растении, имеют некоторую специфичность своих первичных ростовых реакций.

В полной темноте (рис. 2) морфогенез проростка имеет совершенно иную картину. Прежде всего, колеоптиль активно растет в течение всех 192 часов эксперимента, в то время как эпикотиль и листовые структуры зародыша имеют явно "ингибированный" рост, при этом степень ингибирования существенна. Однако тип роста этих структур сохранялся как и на свету. Четвертый зародышевый лист и в этих условиях до 48 часов проявляет ростовую активность и только затем снижает ее, переходя на явный параболический рост.

Для изучения оптических свойств тканей выделены три зоны колеоптиля: верхняя, средняя и нижняя (Касаткин, 2001). Спектральные характеристики этих зон оценивались через 24, 48 и 120 часов, т.е. в те временные интервалы, которые соответствуют наиболее активному переходу его роста.

Установлено, что через 24 часа роста колеоптиля на свету спектры верхней и нижней частей имеют достаточно близкие характеристики, незначительные различия которых касаются в основном синей области света: 370-490 нм (рис. 3). Эта область спектра соответствует спектрам поглощения рибофлавина, β -каротиноидов и криптохрома, функционирование которых определяет фототропические реакции данной растительной структуры (Полевой, 1991; Christie, 2001). В красной области для тканей основания отмечена область поглощения при 740-750 нм, что, возможно, связано с активной фитохромной системой.

Рост колеоптиля в последующие 24 часа существенно изменяет его светопоглощающую и светопроводящую характеристику (рис. 3). Так, верхушка колеоптиля повысила светопропускающую способность в ультрафиолетовой - до 100, синей - до 40-60%, желто-зеленой - до 60-75% и красной области спектра - до 55%. При этом кривая светопропускания имеет явное выражение зоны поглощения фотосинтетических пигментов в области 430 и 680 нм. Эти зоны поглощения соответствуют и спектру базальной части колеоптиля. Хотя ее общая светопоглощающая активность более существенна

для участков спектра фотосинтетического аппарата. Совпадает и минимум светопропускания при 490 нм.

Последующий рост колеоптиля в течение 120 часов (рис. 3) изменял оптическую активность колеоптиля. Верхняя его структура практически потеряла четко выраженные спектры. Здесь наблюдаются небольшие максимумы поглощения при 410, 430, 490, 665 и 735 нм. Эти данные подтверждают хорошо известный факт, что в верхушке функционирует в основном фитохромная система (660 и 730 нм) и фототропин, который определяет поглощение тканей при 360, 450 и 475 нм, причем области 360 и 475 неустойчивы и подвержены значительным колебаниям (Neff, 2000; Galston, 2001; Swartz, 2001). В средней части колеоптиля спектральная характеристика не меняется, однако отмеченные в верхушке максимумы поглощения становятся более выраженными. В тканях средней части колеоптиля наблюдается смещение характерного поглощения при 680 нм в сторону более коротких лучей 530, 560, 590, 610, 655-680 нм. Данные изменения отмечают начало включения системы синтеза пигментов фотосинтетического аппарата, поскольку протохлорофиллы имеют максимумы поглощения 590-600, 620-650 нм, а изменение поглощения при 500, 550 и 650 нм характеризует образование оксид-радикала феофитина (Орт, 1987). В основании колеоптиля отмечается усиление поглощения в синей области спектра по сравнению с другими его областями. Появляется четко выраженный максимум поглощения при 410 нм, и ранее отмеченная (у 48-часовых колеоптилей) область поглощения 460-480 нм становится более выраженной и охватывает участок спектра 430-480 нм. Небольшой максимум поглощения сохраняется при 500 нм. Данные участки спектра принадлежат ксантофиллам, которые характеризуются поглощением при 438 (неоксантин), 442 (виолаксантин), 445 нм (лютеин) (Брандт, 1967). Пигменту каротин соответствует область поглощения при 452 нм. В красной области спектра появляются два максимума поглощения при 600 и 620 нм. Область поглощения при 670 нм становится более широкой и охватывает диапазон длин волн 670-700 нм. Четче обособляется область 750-780 нм, а в участке более длинных волн появляются два максимума при 790 и 810 нм.

В условиях темноты оптические свойства тканей различных участков колеоптиля меняются по сравнению с выращенными на свету. Через 24 часа (рис. 4) отмечаются небольшие максимумы поглощения вновь при 410, 430, 490, 520-530 и 730 нм, что свидетельствует о присутствии рибофлавина, каротиноидов, криптохромов и фитохромной системы (Hughes, 1999). Через 48 часов в базальной части колеоптиля наблюдаются более выраженные, чем 24 часа назад, максимумы поглощения при 400, 410, 430, 490, 510 и 690 нм (рис. 4), что говорит о независимости образования данных пигментных систем от присутствия светового фактора. В средней части колеоптиля сохраняются максимумы при 440, 500 нм и появляется максимум поглощения 740-750 нм. В нижележащих от верхушки участках колеоптиля четко выражен максимум при 450 нм. В самой верхушке наблюдаются максимумы 440, 500, 665 нм.

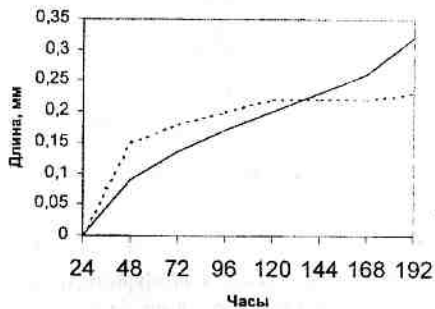
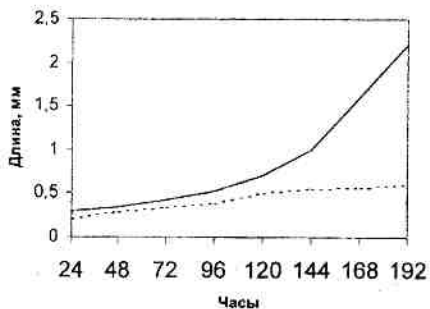
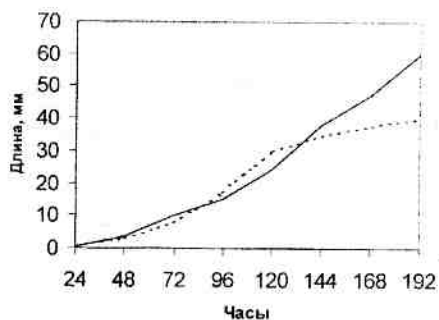
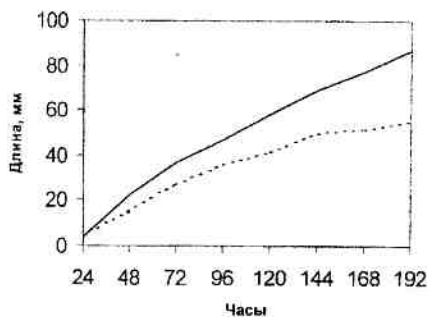
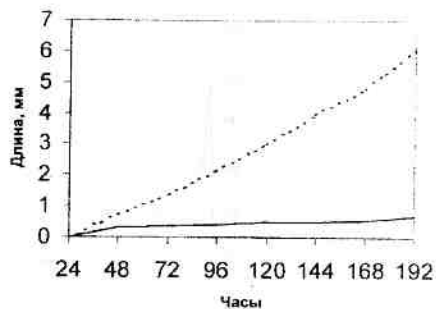
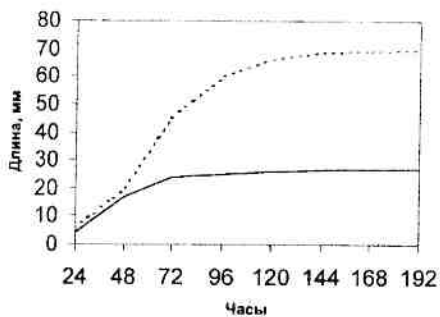
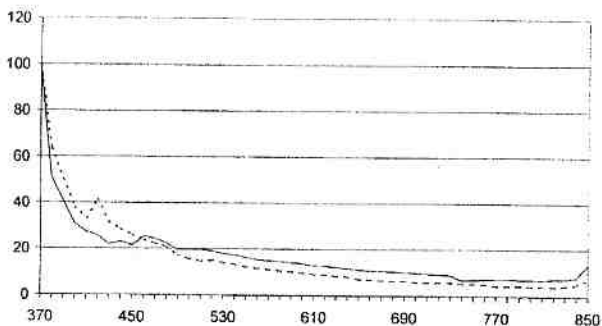
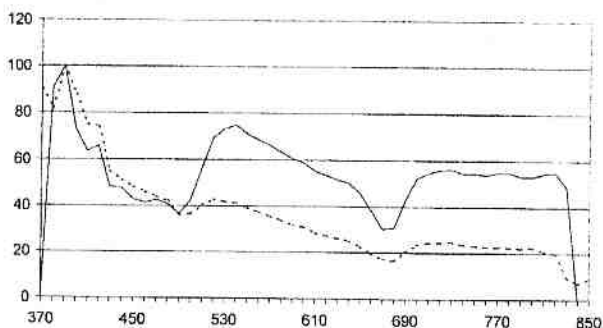


Рис. 2. Изменение ростовой активности органов проростка пшеницы
 — Свет, - - - Темнота



48 часов



120 часов

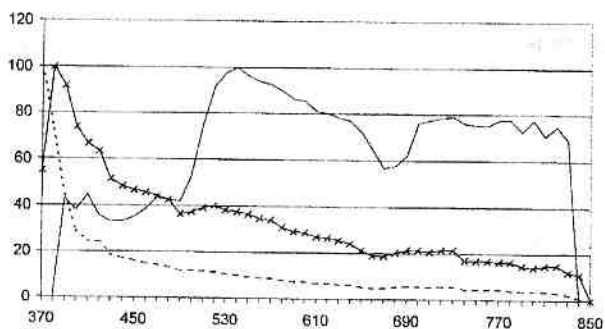
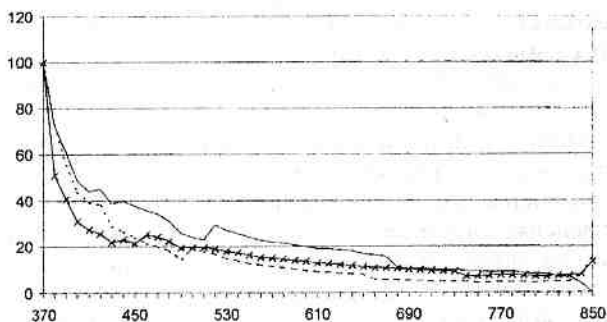


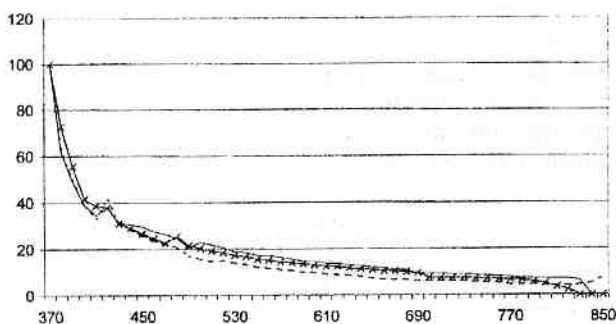
Рис. 3. Спектральные коэффициенты пропускания coleoptilia, выращенного на свету по оси абсцисс — длина волны, нм; по оси ординат — процентное пропускание света, %
Части coleoptilia: — Основание, —<—> Средняя часть - - - - - Верхушка

Через 120 часов с момента прорыва зародышем семенной оболочки в базальной части coleoptilia доля поглощенного света в синих лучах растет по сравнению с другими участками спектра. Здесь наблюдаются максимумы при 440,

24 часа



48 часов



120 часов

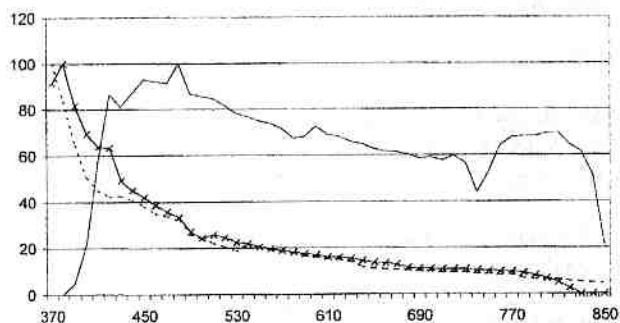


Рис. 4. Спектральные коэффициенты пропускания coleoptilia, выращенного в темноте по оси абсцисс – длина волны, нм; по оси ординат – процентное пропускание света, %
 Части coleoptilia: — Основание, —>×— Средняя часть — — — — — Верхушка

480, 500 нм (рис. 4). В желто-зеленой области спектра обособляется слабо выраженный максимум при 590 нм. В красной области спектра хорошо различимым становится максимум поглощения при 740 нм. В средней части колеоптиля спектральные свойства тканей характеризуются наличием максимумов поглощения при 420, 440, 470 и 770 нм. В верхушке наблюдается наличие максимумов при 430, 530, 640 и 780 нм.

Таким образом, изменение оптических характеристик тканей колеоптиля соответствует созданию определенного спектрального режима в продольном направлении оси проростка, что позволяет в условиях освещенности формировать нормальный листовой ряд. Выявлена связь между ростом элементов зародышевых метамеров в главной почке проростка с изменением спектральных свойств колеоптиля на свету и в темноте. Наличие сходных спектральных характеристик тканей колеоптиля, выращенных на свету и в темноте, показывает особую значимость в росте и фотосинтезе желтых пигментов. Колеоптиль, прекращая рост на свету, сохраняет функцию светопроводимости и обеспечивает возможность поступления света спектрального состава, соответствующего ростовым реакциям (400-500 и 740 нм) и фотосинтезу (430, 450 680 нм). В полной темноте, активируя собственные ростовые зоны, колеоптиль существенно ингибирует последовательность роста, формирование листьев проростка. Различие спектральных характеристик по зонам колеоптиля позволяет выявить зоны восприятия, проведения и реализации светового потока.

Литература

Брандт А.Б., Тагеева С.В. Оптические параметры растительных организмов. М., 1967. 302 с.

Касаткин М.Ю., Быховцев Б.Г. Организация светопроводящих клеточных структур колеоптиля пшеницы //Вестник Башкирского университета. 2001. №2(II). С. 76-78.

Орт Д., Говинджи, Уитмарш Дж. и др. Фотосинтез: В 2-х т. Т. 1. М., 1987. 728 с.

Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. Л., 1991. 240 с.

Christie J.M., Briggs W.R. Blue light sensing in higher plants //Journal Biol. Chem. 2001. Vol. 276. №15, P. 11457-11460

Galston A.W. A tale of two pigments //Plant Physiol. 2001. Vol. 126. №5. P. 32-34

Hughes J., Lamparter T. Prokaryotes and phytochrome. The connection to chromophores and signaling. //Plant Physiol. 1999. Vol. 121. №12. P. 1059-1068

Neff M.M., Fankhauser C., Chory J. Light: an indicator of time and place. //Gene Develop. 2000. №14, P. 257-271

Swartz T.E., Corchnoy S.B., Christie J.M. The photocycle of a flavin-binding domain of the blue light photoreceptor phototropin //Journal Biol. Chem. 2001. 276. №39. P. 36493-36500