

PIGMENTS, LEAF OPTICS AND PLANT STATE

M. N. MERZLYAK

The general aspects of photosynthetic active reflectance and absorption of light by higher plants' leaves are discussed. The information on general leaf pigments and their changes during ontogenesis and under effects of unfavourable environmental conditions are briefly considered. The possibilities to use non-destructive reflectance spectroscopy in remote sensing of plant's physiological state are discussed.

Кратко рассмотрены общие представления об отражении и поглощении фотосинтетически активной радиации листьями высших растений, об основных пигментах листа и характере их изменений в онтогенезе и при действии неблагоприятных факторов внешней среды. Обсуждаются возможности использования спектроскопии отражения для оценки физиологического состояния растений.

© Мерзляк М.Н., 1998

ПИГМЕНТЫ, ОПТИКА ЛИСТА И СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ

М. Н. МЕРЗЛЯК

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря развитию биологии в последние десятилетия информация о пигментах и их изменениях в онтогенезе и под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды кратко рассмотрена. Вкратке рассмотрены общие представления об отражении и поглощении фотосинтетически активной радиации листьями высших растений, об основных пигментах листа и характере их изменений в онтогенезе и при действии неблагоприятных факторов внешней среды. Обсуждаются возможности использования спектроскопии отражения для оценки физиологического состояния растений.

В последние десятилетия благодаря развитию биологии информация о пигментах и их изменениях в онтогенезе и под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды кратко рассмотрена. Вкратке рассмотрены общие представления об отражении и поглощении фотосинтетически активной радиации листьями высших растений, об основных пигментах листа и характере их изменений в онтогенезе и при действии неблагоприятных факторов внешней среды. Обсуждаются возможности использования спектроскопии отражения для оценки физиологического состояния растений.

В последние десятилетия благодаря развитию биологии информация о пигментах и их изменениях в онтогенезе и под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды кратко рассмотрена. Вкратке рассмотрены общие представления об отражении и поглощении фотосинтетически активной радиации листьями высших растений, об основных пигментах листа и характере их изменений в онтогенезе и при действии неблагоприятных факторов внешней среды. Обсуждаются возможности использования спектроскопии отражения для оценки физиологического состояния растений.

ί βί i δι όάααί á á δάαάí λβ1. áí ííáλί i óάεα ίó-
i áöLóú, ÷óι Lçó÷ái Lá ýóLú i áíáí Lçí íá í÷ái ü áαεί í
i ðL Lú óáδí δαóáöLÉ áái í β1, í í'ó÷ái í β1 æ í í i-
óüþ äLαóái öLí í í'áí í í öL÷áαEí'áí çí í áLðí áái λB.
' í áδái áí í áβ óái í LÉá í í çái'óβáö ðá'LαóðLðí ááöü
æí áEöðβ í óðáεái λB δáαάí LØ í á çí ñ÷Lóá'óúí í i δáε-
æóí βί λL, áE°p÷áβ í áE°páái λB Lç Eí æí í æá. óí i ðá-
ái æáá'óβáö í'áδí i í βá áí çí í æí í æóL á'óβ á'í áE'óúí í Ø
í óái EÉ óí ðí æLí óáöL÷áαEí Ø í ðí áöEóLáí í æóL í á í'ó-
í áóá, á'óβ æ'óáεái λB çá æí æóí βί Láí δáαLóá'óúí í æóL á
í ðí óáαá δαçáLðLβ í í á'óβLí Láí δαç'óL÷í β1 (á ðí í
÷Lá'óL í á'óá'í í ðLβóí β1) áí á í Lú óáEöðí ðí á, óáö-
í í'áái λB áá ýEí'óí ñ÷L÷áαEí'áí E°á'í í'ó÷÷λB.

ОСНОВНЫЕ ПИГМЕНТЫ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

í'á'í óái Láí Eáí óí á æááð á áLáLí í Ø ÷áæL
æí áEöðá (400–700 í i), Eí óí ðβá Lú ápò áí æááð ÷í óp
ýí áð'áLp á'óβ í æóçáæá'ái λB óí ðí æLí ðáçá, í'á'ááþð
í'ó'ái L÷áαE Lá æí ááLí áí λB (í L'áí áí óβ), æí ááðæáöLá
æLαóái β æí í ðβáái í β1 æáβçáØ. E'óáöEáí ýái'pöLí í-
í i Eí'óáá áδáái Lú óí ðí æLí óαçLðóþöLú í'ó'ái Lçí í á
(EáEáðL, áí áí ðí æ'óL) í ðLæóáæáóþð ðaçí í í'áδaçí βá
æí ááLí áí λB (í'óí ðí öL'óóβ, EáEáðL í'óí ðí öL'óóβ,
EáEáðL ðí áí í æLí, Eáðí ðLí í Láβ, öL Eí E°Lí β),
æí í æí Eí βá í ðL í í δáá'óái í í Lú í æí ÷áðái LL í Eæáí á-
÷Lóü áEöáí ðLðí áái Lá æí'óí á÷í'áí Lç'ó÷ái λB áí ááö
áLáLí í Ø (L áαεá á E'óLæí áØ Lú óðáEöáεí í Ø) ÷áæL
æí áEöðá. í i í'áEí ðL æí í óí í í áí Lá æí áöLóL÷í β á'óβ
ðaç'óL÷í β1 áðóí í L áí í í'á'í çááLæáö í óæ'ó'ái LØ
í Eöáí λB í'ó'ái Lçí í á. L'áí áí óβ óí ðí æLí ðáçá ó áβæ-
í Lú δáαáí LØ çí ñ÷Lóá'óúí í í áí áá ðaçí í í'áδaçí β [1].

°Læóüβ (í'óí ðí'óáæáí) áβæL Lú δáαáí LØ í ðL-
æóáæáóþð ááá í'óí ðí öL'ó'á (α L β), í δááæáá'óβþöLá
æí Eí Ø Mg-æí ááðæáöLá í í ðLðLðLí β. æí í áí áβ Lú
÷áæü áE°p÷ái á á æí æááá æááðí æí EöðáþöLú Eí í-
í'óEæí á, í Eæáí á÷Lááð í í'óí óái Lá L í áδáá÷÷ó æáá-
óí áí Ø ýí áð'áL í á óáE í ççáááí βá δááEöLí í í βá
óái ððβ. ýóLú óái ððáí, Eí óí ðβá æí ááðæáö'óL í ü í á-
Eí'óüí óp ÷áæü í'áE'á'í í'óí ðí öL'ó'á α, L í æóçáæáö-
'óþðáβ í áðáL÷í βá óí ðí æLí óáöL÷áαE Lá δááEöLÉ.
Sðí í á í'óí ðí öL'ó'í á á óí ðí æLí óáöL÷áαE Lú í áí Eðá-
í áí áαá'áá í ðLæóáæáóþð æá'óðβá í L'áí áí óβ – Eáðí-
öLí í Láβ (EáE í δááL'óí, í βóü öLí í á). Sáðí öLí í Láβ
áβáóí ápò óáEáá á ðí'óL æááðí æí ðL Eí á L í áðβáó æ
ýóLú L'áðáþð ááæí óp ðí'óü á çáöLóá óí ðí æLí óáöL÷á-
æEí'áí áí í áδááð í óí ðí í í áδáεáái LØ.

СТРУКТУРА ЛИСТА И ПОГЛОЩЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ

ðáæáí ðái EáEí'óí ðí öL'ó'óβ, óáE L Eáðí öLí í Láβ
í E'óááþð Lú óái æLáí βí L, óçE Lú Lú áí æááð÷í í á-
°áE í óáβí βöLú L áðó'á í ó áðó'á í í'óí æáí Lú í'á'í óá-
í λB æááðá. • í'óí öL'ó'óβ ýóóáEöLáí í í'á'í óáþð æL-
í LØ, Eðáæí βØ L í ÷ái ü æ'óáE – çá'ái βØ æááð.
' í áEöðβ í L'áí áí óí á æóçáæááí í í öLðβðáβ L á
çí ñ÷Lóá'óúí í Eí'óüí áØ æáí áí L í áðáEöðβáþöæβ á
í'óí ðí'óáæáí, Eí óí ðβá í í æí í'óáEí áβáá'óLóü Lç
ðEáí L °Læá. óí æáβçái í æ óái, ÷óí á í ð'óL÷Lá í ó

ðáæáí ðí á á í'óí ðí'óáæáí β1 í áí Eðái áí í L'áí áí óβ
áæéí öLðLðí áái β æ Eá'óEáí L, °Lú Lááí L L áçáLí í ááö-
æáóþð áðó'á æ áðó'áí i. ðaçó'óóáðá ýóí'áí áí æóL'ááóæβ
í áðááá÷á (í L'á'óáöLβ) ýí áð'áL í ð æááðí æEí ðöL Eí á í á
ðááEöLí í í βá óái ððβ [1]. ...óá Eí'óáá æ'á'áεái β L
æ'óí æí β æí áEöðβ í í'á'í óái λB °Læóüáá (ðLæ. 1 L 2).

÷áæü æááðá, í áááþöá'áí í á °Læ, í ðááεááðáβ í ð
í á'áí (ðLæ. 1). áç'óL÷áþð çáðEá'óúí í á (í á'óááE L,
E'óááöβöLú í í ááðí í í æóβ1) L áLóöçóí í á í ððáεái λB.
ððáεái Lá °Læóüáá í í δááá'óβáðáβ á'óái βí í Eðaçí í
áLóöçóí βí í ððáεái Láí. ' ááð, í ðí í LÉáβ á óí'óó
°Læá, æL'óúí í ðáαáLáááðáβ L í í'á'í Eóáðí í Lçí áí β-
áð æáí á í áí δáá'óái Lá. óí æáβçái í æ óái, ÷óí EáEí á
í í ááðí í í æóL, óáE L á óí'óá °Læá æóçáæáóáðá í í í-
æáæáí í í ááðí í í æááØ ðaçá'á'á, í E'óááþöLú ðaç'óL÷-
í βí L Eí ýóöLóLáí óái L í ðá'óí'óái λB (EóóL E'ó'á,
ýí Lááðí Læ, E'óáöE Lú áðái í Lú β, çáí'óí áí í βá áí çáó-
íí í áεE'óáðí LÉ). ' í áí βá ýóóáEöβ í ðí Læ í áβó
í ðL í ðí í í æáái LL æááðá ÷áðaç E'óáöE (ðaç'óL÷L á
Eí ýóöLóLáí óái í ðá'óí'óái λB í áæáó áí çáóíí, í
æLáEí Ø óáçí Ø, E'óáðí÷í βí L æáí Eáí L, δáαáLáái Lá
í á æóE'óáðí÷í βí æóðóEóðáí). ðaçó'óóáðá í ðL í ð-
æóáæáðL æL'óúí í í'á'í óái λB í í öL÷áαE Lú í óöL
æááðá çí ñ÷Lóá'óúí í óáá'óL÷í β í í æááí áí Lp æ'áí í á-
öðL÷áαEí Ø óí'óLí í Ø °Læá. °á'í ááðβ ýóí'óó °Læóüβ
í í'á'í óáþð çí ñ÷Lóá'óúí í Eí'óüí á æááðá, ÷ái ýEáöðá-
Eöðí áái í βá Lç í Lú í L'áí áí óβ L'óL Lçí'óLðí áái í βá
í'óí ðí'óáæáβ [1].

< ð÷L ðaçí'á'í óááðá (á'óLí β áí'óβ) í í'á'í óáþðáβ
í áí áLí áEí áí (ðLæ. 1 L 2). í'á'ái βá °Læóüβ í E'óááþð
í ÷ái ü áβæí EÉ í í'á'í óái Láí (í LçE Lú í ððáεái Láí
L í ðí í óáEáí Láí) á öLí'óáðí áí Ø, æLí áØ, 'á'óEí Ø L
Eðáæí í Ø ÷áæβí æí áEöðá. ýóLú í E'óáæóβí í í'á'í óá-
í Lá í á'í çááLæLó í ð Eí í óái ððáöLÉ í'óí ðí öL'ó'í á
(ðLæ. 2), ÷óí í Eæéæí βóæβ óái, ÷óí á æL'óúí í ðáαáLáá-
þöáØ æááá L í ðL áβæí Eí Ø Eí í óái ððáöLÉ í L'áí áí-
óí á æááó í ðáEöL÷áαE Lú í'óí'óúþ í í'á'í óáðáβ óéá ó
í í ááðí í í æóL °Læá. í í ñ÷Lóá'óúí í Eí'óüí áβ ÷áæü Lç-
'ó÷ái λB í ððáæááðáβ Lú ðí í áLó ÷áðaç °Læó áí E'óáæóL
520–580 í i, Lú áí í í í ýóí'óó °Læó áβá'óβáLó çá'á-
í βí. ' áE Lú í Eðaçí i, çá'ái βØ æááð, í æáí í ððβ í á
í LçE Lú Eí ýóöLóLáí óβ óáá'óúí í'á'í í í'á'í óái λB í'óí-
ðí öL'ó'á á ýóí Ø æí áEöðá'óúí í Ø í E'óáæóL, ýóóáEöLáí í
í í'á'í óááðáβ L áí æááðí ÷í í ðááí í áðí í çáí'óí βáð
ðEáí ü °Læá. óí Lú ááð Eí'óüí í á çí ñ÷Lóá'óúí í L'óL óí ðí-
æLí ðáçá óái ááβ1, δáæí í'óí æái í β1 áí óððL Eóí í β °Læ-
óüáá, í í EÉ'óüEó æááð, í ððáεái í βØ L'óL í ðí í ááL LØ
÷áðaç ðáæí í'óí æái í βá áβ1 á °Læóüβ, í Eí'áçái çá'á-
í βí L'óó÷ái L [1, 2]. í í óáðáæí í, ÷óí í áEéLú óí æí áE-
öðá'óúí í Ø ÷óáæáLóá'óúí í æóL çðái λB ó ÷á'óí ááEá L
í í'á'í í áçái í β1 í í çái í ÷í β1 ðáæí í'óí æái Lú áí í í
á çá'ái í Ø í E'óáæóL. óí, ááðí βóí í, βá'óβáðáβ æ'á'áæ-
áLáí óí'áí, ÷óí ýái'pöLβ æLáí óí β1 í ðí óáEá'á á í E-
ðóεái LL ðáæáí LØ, Lú í í æí í í í βóü, í í ÷ái ó æLáí ð-
í βá á æáí áØ æLçí áááβóá'óúí í æóL Eáí í'óúçóþð ýóð
÷áæü æí'óí ñ÷Lóá'óúí Lç'ó÷ái λB.

í í ñ÷Lóá'óúí βá óái áí L á í í í Lú áí LL í í öLÉ °Læ-
óá áí æóL'áí óóβ á í í æ'óáí Lá 'áí áβ E'óá'í ááðβ í ðLí á-

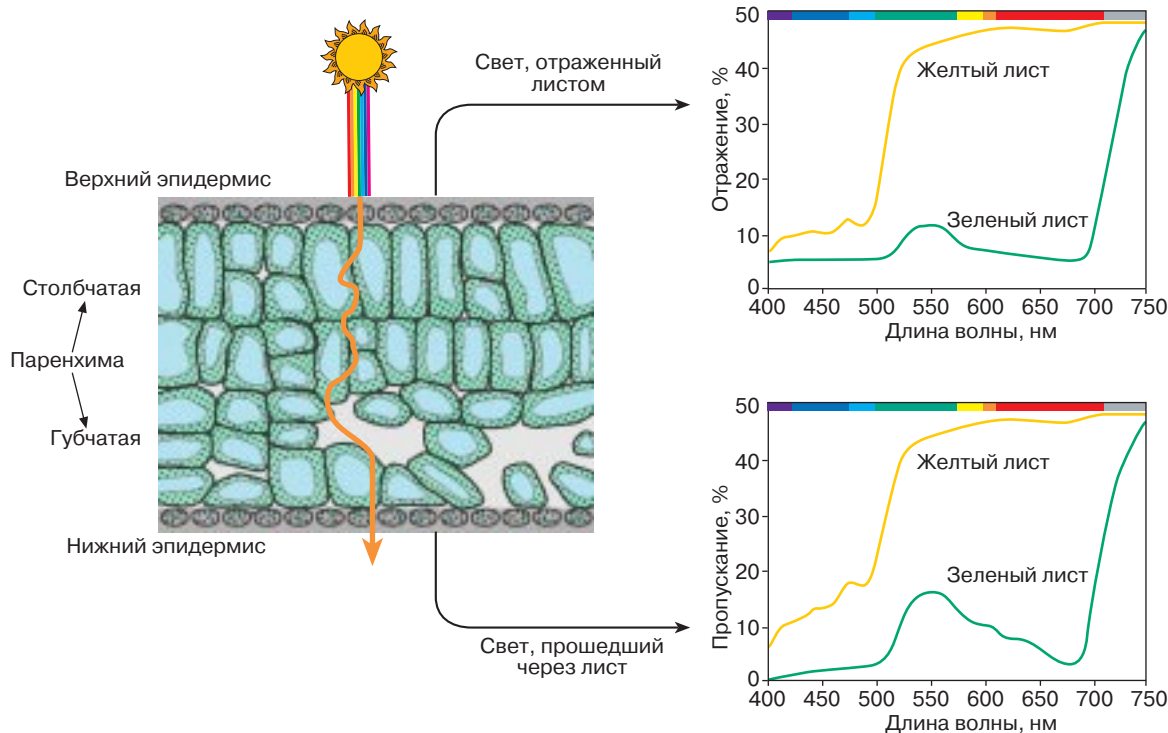


Рис. 1. Схема взаимодействия света с листом. Падая на лист, свет отражается (диффузное отражение), а часть проходит через него. Внутри листа вследствие сильного рассеивания кутикулой, эпидермисом, клетками паренхимы, заполненными воздухом межклетниками, а также внутриклеточными структурами, лучи света отклоняются от прямолинейного направления. В результате лист поглощает значительную часть солнечного излучения. Зависимость интенсивности света, отраженного листом и прошедшего через него от длин волн (спектры отражения и пропускания соответственно), показана для зеленого и желтого листьев. Лучи различных спектральных диапазонов неодинаково отражаются и поглощаются листом. Листья с высоким содержанием пигментов отражают и пропускают преимущественно излучение в зеленой части спектра. При разрушении хлорофилла в ходе осеннего старения листья становятся более прозрачными: пропускают не только зеленые, но и оранжевые и красные лучи. Излучение короче 390–400 нм и длиннее 700 нм не воспринимается человеческим глазом

í áí Ľþ ĩ ĩ òí áí òí Ğí í í ĩ ð òáí ĽĒĒ Ľ æ ħäáí Ľþ ĩ ĽĒ-
ðí æáðí áí áí à (æ āĽáí àððí ĩ ĩ áí áá 5 ĩ Ē), Ğí òí ðĒá
ĩ ĩ æí ĩ áí àáððòü à òĒáí ü ĽĽçò÷àòü æáðí áĒá ðáæĽí Ē
ĩ áí ĩ æááááááí ĩ ĩ à òí °òá °Ľæðüáá [3]. ' ĩ ĩ ĩ òüþ
ýòĽí ĩ àòí áí á Ľçò÷áí ĩ ĩ ðí ĩ ĽĒí ĩ ááí Ľá á °òĒĽí ó °Ľæ-
òá æáðà ðàç°Ľ÷ĩ ĩ ĩ æí áĒððá°ü ĩ ĩ æí æáðáá ĽĒ Ē Ľ-
÷áðááí ĩ ĩ ĩ Ľæ ĩ Ē æáðí áĒá °ðááĽáí ðĒ áí òðĽ °Ľæ-
òüáá ðàç°Ľ÷ĩ ĩ ĩ òĽá. ^ çí áðáí ĽĒ æ ĩ ĩ ĩ òüþ ýòí
òáí ĽĒĒ áĒĒáĽ°Ľ ĩ ĩ ĩ æí áððáĽí ááæĩ Ē ĩ Ľæ ĩ Ē-
òá°üæá. ' áĒ, ĒĒ° ĩ ĩ Ēæçáí ĩ, ÷òí ó ĩ ĩ ĩ Ľá Ľáí á
ðáæáí ĽĒ Ē°áðĒĒ ááðí ááí ýí Ľááðí Ľæ Ē°áí ááðð
æáí áð Òí ðí á æí ĩ æí Ē Ē Ē ĒáĽðí ááðü æáð, óáá°Ľ-
ááá ááí Ľí òáí æĽáí ĩ æü à 15–20 ðàç ĩ ĩ æðááí áí Ľþ æ
æáðí ĩ, òí ááĽ Ľí ĩ áí ĩ ááðí ĩ æü °Ľæá. " ĽçĽí °ĩ Ľ-
÷áæĒáþ ðí °ü ýòí áí Ēá°áí ĽĒ Ē Ēí ÷áðá°ü ĩ áòá í ááĒ-
Ēæí áí á, òáí ĩ á ĩ áí áá æáü ĩ ááðí Òòí ĩ, ÷òí ĩ ĩ á
çí ÷áðá°ü ĩ ð æáí áí Ľ ĩ ðááá°Ēáð ðáæí ðááá°áí Ľá Ľ
ĩ ĩ °ĩ çáí Ľá Òí ðí æĽí òáðĽ÷áæĒí ð ðááĽáðĽĒ áí òðĽ
°Ľæá. ^ ĩ òáðáæí ĩ ðáĒæá, ÷òí, æí °áæí ĩ ýĒæí áðĽí áí-
ðáí, áĒí ĩ °ĩ áí ĩ Ēí æí ĽĒðí æáðí áí ááí Ľ, ĩ áí Ľáí áí-
ðĽðí ááí ĩ Ēá (ýòĽí °Ľðí ááí ĩ Ēá) òĒáí Ľ ðáæáí ĽĒ æ°ó-
æáð æáí áí Ēðáçĩ Ēí Ľ ĩ ĩ ðĽ÷áæĒí Ľ æáðí áí ááí Ľ,

ĩ Ēæí á÷ááþ ĩ ðí ĩ ĽĒí ĩ ááí Ľá æáðá ĒðáçáĽáþðĽí -
æþ ĩ ĩ çáí ĩ Ēí ÷áððĩ ĩ ðí ðí æðĒá Ľ áĒ°þ÷áí Ľá (ĩ ðĽ
ó÷áæĽĒ ÒĽòí ĩ ðí ĩ ĩ ð æĽæáá Ē) Òí ðí ĩ ĩ ðí °áí áðĽ-
÷áæĒí ĩ ðí òáæí á [3].

' °ááðá òí ðí áðĽðü, ÷òí, ĩ æí ĩ ððþ ĩ á Ēí °üĽ óþ
æ°ĩ æĩ ĩ æü, Ēí ááðĩ Òáí ó áðáí áí Ľ óæá Ľí áþòæþ áĩ-
æáðí ÷ĩ ĩ óæĩ á ĩ Ēá ĩ ĩ ĩ ĒðĒĒ ÒĽçĽ÷áæĒí °ĩ ĩ Ľæ-
ĩ ĽĒ ĩ æĩ ĩ áí Ēí ĩ ðí òáæí á, ĩ ðí Ľæ ĩ áþðĽí ĩ ðĽ áçáĽ-
ĩ ĩ ááðáðáĽĒ æáðá æ °Ľæðĩ Ľ ĩ áí ðáá°áí ĩ Ēí ĩ á
æĩ çááí Ľá ĩ Ēí Ēçáí ĩ ĩ ðí ðĽ÷áæĒí ð ĩ ĩ áá°Ľ °Ľæá.

ИЗМЕНЕНИЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЕ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

ĩ òí ð ĩ ðí æðí ð ĩ ðĽ÷Ľí á, ÷òí ðáæáí ĽĒ ĩ áí ĩ-
ááĽæĩ Ē, Ľí Òí ðí æĽí òáðĽ÷áæĒí òáí ðáðá áí °æáí ĩ Ē-
°ááðü áĒæĩ Ēí ðí °áæĽ÷ĩ ĩ æüþ Ľ æĩ ĩ æĩ Ēí ĩ æüþ
ĩ ðĽæĩ ĩ æĩ Ē°áí ĽĒ Ēðáç°Ľ÷ĩ Ēí Ľ ÷áæĩ ĩ áí ĒþðĽí æþ
óæ°ĩ áĽí . , ýòí ð æáþçĽ ááæĩ ĩ á çí ÷áí Ľá Ľí áþð ááá
ĩ Ēæðĩ Òáðáðáá: ĩ Ēæí á÷áí Ľá ĩ ĩ ðĽí á°ü ĩ ĩ á°þ
ááí ĩ Ēí óæ°ĩ áĽĒ æáðí æĩ ðá Òí ðí æĽí òáðĽ÷áæĒí ðá-
áĽáðĽĒ Ľ ĩ ðáí ÒáæáĽá Òí ðí ááæðððĒĒáí Ēí ĩ ðí òáæ-
æáí, Ēí òí ðĒá ĩ ĩ °óð áĒçááðü ĒæĒáĽáĽí ĒĒ æáð, ðáĒĒ

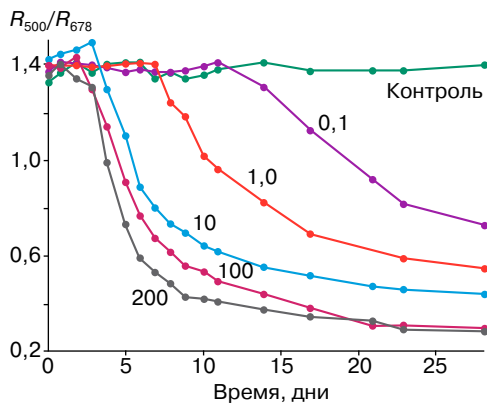


Рис. 4. Изменение отражения при созревании плодов лимона под действием различных концентраций этилена (его концентрации в мкл/л указаны цифрами). Использованы длины волн в спектрах отражения, которые чувствительны к изменениям содержания хлорофилла и каротиноидов. Необработанные (контроль) плоды мало изменяют свой цвет и интенсивность отражения в течение всего периода инкубации. В присутствии газообразного этилена плоды созревают (желтеют) значительно быстрее. Применение этого фитогормона проявляется в разные сроки, и его действие усиливается с увеличением концентрации. Анализ спектров отражения дает возможность наблюдать за ходом процесса созревания и выявить отдельные фазы трансформации пигментов. Данные получены совместно с к.б.н. О.Б. Чивкуновой и к.б.н. В.Ю. Ракиным

аі ді і і і і , і Лді Еі Ләі і °үсррөЛі әб ә°β өәЕі дәі ЛБ әі қдәәі ЛБ і °і әі ә.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

„ әәә ЕдәәЕі а дәәәі і ддәі Лә әәЛәәәә°үәәәәәә і Ә і - әі ү ә°і әі і Ø і д°әі ЛқәөЛЛ °Ләәә әБәә Л і дәәәәі ЛØ ЕәЕі і өЛ-әәЕі Ø әЛәәәі Б. °ә°і әәдБ әі әөЛөЛ-әәЕі Ø, өі і Еі і д°әі Лқі әәі і і Ø Л әЛі әі Л-і і Ø әддөЕөддә, і ә-і дәә°әі і Бі Лқі әі әі ЛБі а әәәдәәәі ЛЛ і Л°і әі өі а °ЛәөүБ әБәә Л і дәәәәі ЛØ і Ә°әәәрө әі і әә Әі і әөБі Л ЕәЕі ЕүөөәЕөЛәі і Ø өөЛ °ЛқәөЛЛ үі әдәЛЛ әі °і ә-і і әі

Лқ°ө-әі ЛБ ә°β өі өі әЛі өәқә, өәЕЛ і дЛәі і әә Ә°әі Лр ЕәәӨәәөЛр үөі °і Лқ°ө-әі ЛБ а әәі Бі дәқі і і Әдәқі Бі үЕі °і °Л-әәЕЛі әЛөәөөЛБі. өәәөБі а і і і °Лә әі і дй-әБ, ЕәәәрөЛәәБ Әі °әә і і °і і әі і і і Лі әі ЛБ і і өЛ-ә-әЕЛі әәі Øәәә °Ләөүәә, і дәәәөі Лө әөә і і °ө-Лөү. ' әі і а і әі әә өәә і аЕі і °әі і Бә әәі і Бә Л ӘБәөдйә дәқәЛөЛә Ләә°әәі әәі ЛØ а үөі Ø і Ә°әәөЛ әі қәәрө і дәәі і әБ°ЕЛ өі °і, +өі і і әәБ әәәі әБ Л Лі өәдәә-і әБ Лі өі дй әөЛБ і Ә і әә Әәі і і әөБі өі өі әЛі өәөЛ-әәЕЛі і дй өәәәі а а °Ләәә, өә°і і дәәәәі ЛЛ, а өәЕәә і і әдө°Лі қәөдй і өөБі і дй Ә°әі әі Әбәәө і і °ө-әі а а Ә°ЛәәөӨі әә әдәі Б.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xum O. " і өі әЛі өәқ: (" ЛқЛі °. әәі аЕөБ). Е.: ЕЕЛд, 1972. 315 с.
2. Лархер В. Еі °і °ЛБ дәәәәі ЛØ. Е.: ЕЕЛд, 1978. 186 ә.
3. Vogelmann T.C., Bjorn L.O. Plants as Light Traps // Physiol. plant. 1986. Vol. 68. P. 704-708.
4. Ревун П., Эверт Р., Аухорн С. ' і әдәі әі і әБ Әөәі Л-Еә. Е.: ЕЕЛд, 1990. ' 1. 347 ә.
5. Merzlyak M.N., Gitelson A.A. Why and What for the Leaves are Yellow in Autumn? On the Interpretation of Optical Spectra of Senescing Leaves (*Acer platanoides* L.) // J. Plant Physiol. 1995. Vol. 145. P. 315-320.
6. Gitelson A.A., Kaufman Y.J., Merzlyak M.N. Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS // Remote Sens. Environ. 1996. Vol. 58. P. 289-298.
7. Мерзляк М.Н., Гительсон А.А., Погосян С.И. и др. ' і аЕөдБ і өдәәәі ЛБ °Ләөүәә Л і °і әі а і дЕ і і дй а°ү-і і і дәқәЛөЛЛ, әдәдәі ЛЛ Л әддәәәә // " ЛқЛі °і °ЛБ дәә-әәі ЛØ. 1997. ' 44, Ü 5. ' 707-716.

* * *

Марк Нисонович Мерзляк, доктор биологических наук, профессор кафедры клеточной физиологии и иммунологии биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов: мембранология, свободнорадикальная биология, биофизика, биохимия и физиология растений. Автор 150 научных работ.