

АЮЕВА М. А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО
АППАРАТА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ПРИ СТРЕССЕ**

Аннотация. В статье представлены результаты оценки состояния фотосинтетического аппарата гибридов кукурузы при стрессовом воздействии пониженных и повышенных температур. Оценка проводилась с использованием параметров флуоресценции хлорофилла. Реакции фотосинтетического аппарата гибридов на стрессовое воздействие различались незначительно. Выявлены наиболее губительные повышенные и пониженные температуры.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, фотосинтетический аппарат, флуоресценция хлорофилла, флуориметр, стресс.

AYUEVA M. A.

**CHLOROPHYLL FLUORESCENCE PARAMETERS TO ASSESS
PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF MAIZE HYBRIDS UNDER STRESS**

Abstract. The article presents the results of an assessment of the photosynthetic apparatus of maize hybrids under stress of high and low temperatures by using the parameters of chlorophyll fluorescence. The reactions of photosynthetic apparatus of the stressed hybrids differed slightly. The most destructive high and low temperatures were found out.

Keywords: corn hybrids, photosynthetic apparatus, chlorophyll fluorescence, fluorimeter, stress.

В результате стрессовых воздействий у растений происходит нарушение функционирования фотосинтетического аппарата. Повреждаются мембраны хлоропластов, изменяется состав пигментов, тормозится транспорт электронов по электрон-транспортной цепи, нарушается работа системы фотолиза воды и т.д. [3].

Для быстрого и неинвазивного определения параметров функционирования фотосинтетического аппарата применяют методику измерения характеристик флуоресценции хлорофилла на РАМ-флуориметре. Стрессовые воздействия внешних факторов будут оказывать влияние на различные параметры ФХ. Анализ этих изменений позволит точно определить, на каких этапах фотосинтеза происходят нарушения [1].

Анализ параметров флуоресценции хлорофилла дает наиболее полное представление о состоянии фотосинтетического аппарата [3]. Физиологически значимые данные получают на основе анализа таких параметров, как:

F_0 – минимальный уровень флуоресценции, возбуждаемый измерительным светом низкой интенсивности, так что при его действии все реакционные центры (РЦ) фотосистемы (ФС) II остаются открытыми;

F_M – максимальный уровень флуоресценции, вызванный сильным световым импульсом, который закрывает все РЦ ФС II;

F_V/F_M и $Y(II)$ – максимальный и эффективный квантовый выход флуоресценции ФС II. Эти коэффициенты оценивают фракцию адсорбированной энергии квантов, используемой ФС II для фотохимических процессов [3]. Для измерения F_V/F_M необходимо, чтобы образцы были хорошо адаптированы к темноте для того, чтобы все РЦ находились в открытом состоянии, и нефотохимическая диссипация энергии возбуждения была минимальной [1];

qP и qL – коэффициенты фотохимического тушения флуоресценции, которые оценивают долю открытых РЦ ФС II;

qN и NPQ – параметры нефотохимического тушения флуоресценции. Эти параметры связаны с нефотохимическим тушением энергии возбуждения путем тилакоидных рН- и зеаксантин-зависимых процессов [1].

Методика. Объектом исследования послужили проростки кукурузы (*Zea mays* L.). В ходе работы использовались следующие гибриды кукурузы: НК Фалькон, Обский 140 СВ, Краснодарский 194 МВ.

Растения всех гибридов кукурузы были подвержены стрессовому воздействию температуры в течение 24 часов: одна группа проростков выдерживалась при пониженной температуре (5°C), вторая – при повышенной температуре (40°C). Контрольная группа растений находилась при температуре 23°C.

Измерение параметров флуоресценции хлорофилла производилось у второго листа проростков кукурузы, заранее адаптированной к темноте в течение 30 минут. Для анализа состояния фотосинтетического аппарата были использованы следующие параметры: F_M/F_V и $Y(II)$ – максимальный и эффективный квантовый выход флуоресценции ФС II, qP – коэффициент фотохимического тушения и qN – коэффициент нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла.

Результаты и их обсуждение. В результате температурного воздействия происходили следующие изменения параметров флуоресценции хлорофилла. Максимальный квантовый выход F_V/F_M (рисунок 1) увеличивался у проростков гибридов кукурузы Краснодарский 194 МВ и НК Фалькон при действии температур 5°C и 40°C. У гибрида Обский 140 СВ F_V/F_M практически не изменялся.

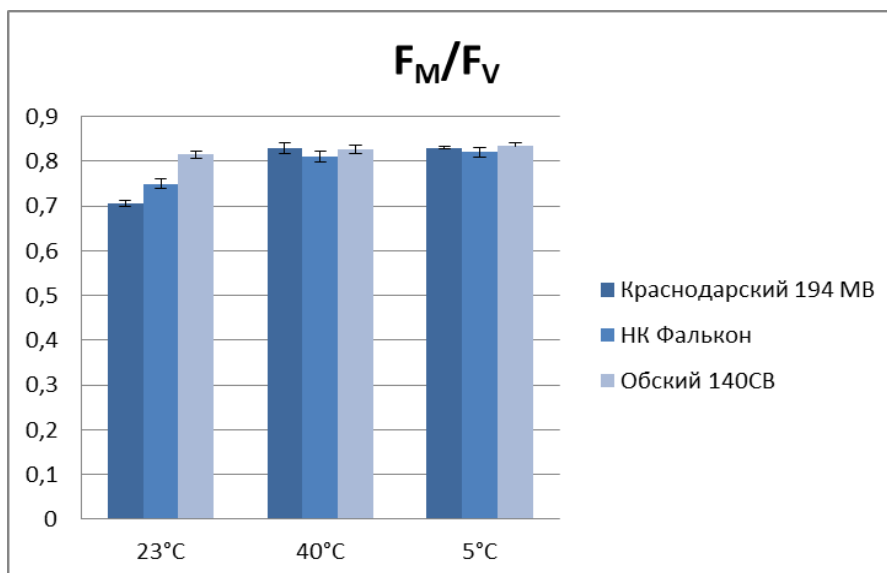


Рис.1. Изменение параметра максимального квантового выхода флуоресценции хлорофилла F_V/F_M гибридов кукурузы.

Эффективный квантовый выход $Y(II)$ (рисунок 2) уменьшался у проростков гибрида кукурузы НК Фалькон, в большей степени – при действии температуры 5°C.

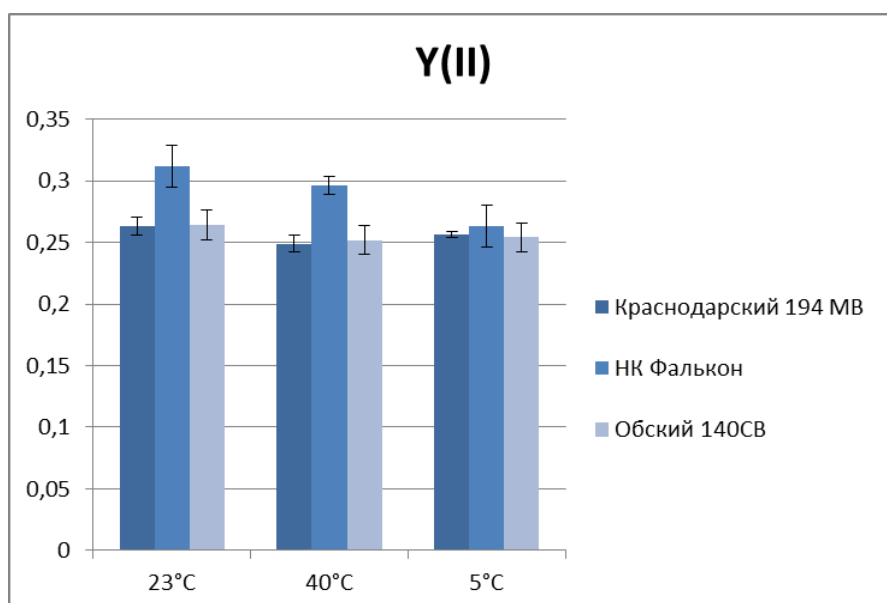


Рис. 2. Изменение параметра эффективного квантового выхода флуоресценции хлорофилла $Y(II)$ гибридов кукурузы.

Было отмечено резкое увеличение коэффициента нефотохимического тушения флуоресценции q_N при воздействии температуры 40°C у гибрида Обский 140 СВ при воздействии температуры 5°C (рисунок 3).

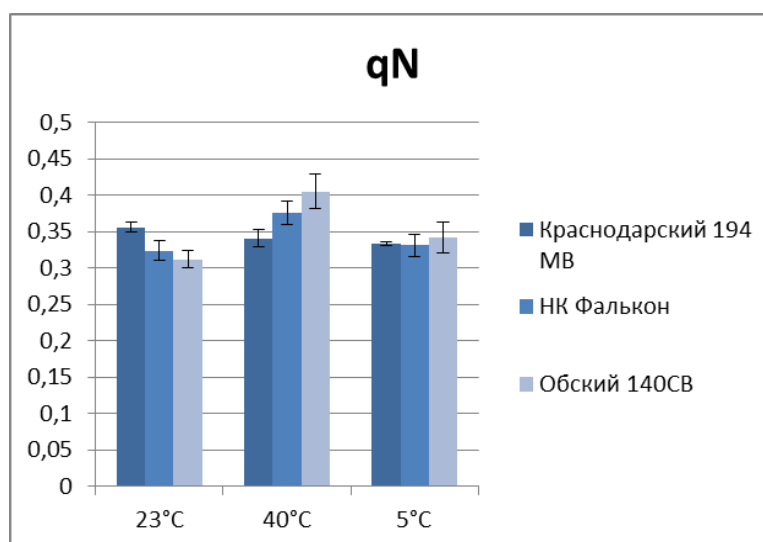


Рис. 3. Изменение коэффициента нефотохимического тушения флуоресценции qN гибридов кукурузы.

Коэффициент фотохимического тушения флуоресценции qP уменьшался у проростков кукурузы гибрида НК Фалькон, подверженного воздействию температур (рисунок 4).

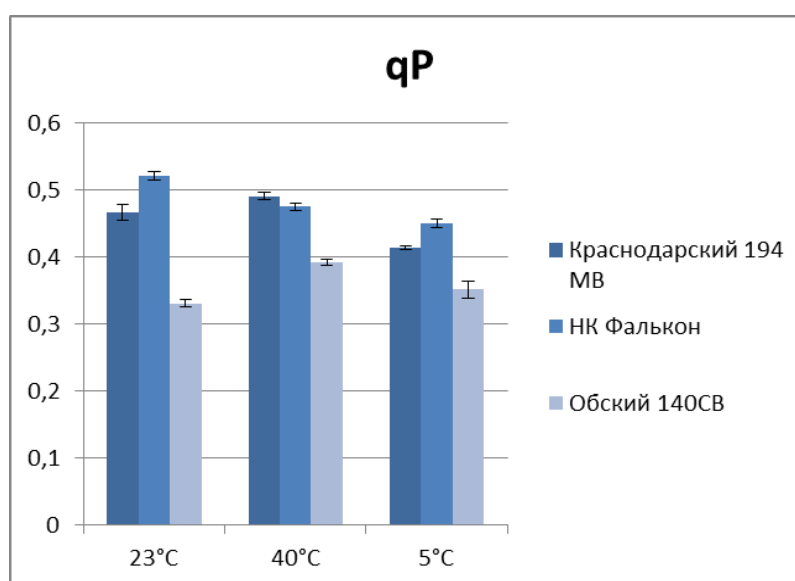


Рис. 4. Изменение коэффициента фотохимического тушения флуоресценции qP гибридов кукурузы.

На основе полученных данных сделан вывод о степени воздействия температурного стрессора на проростки гибридов кукурузы: наиболее губительной температурой из представленных является температура 40°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: Альтерпрес, 2002. – 188 с.
2. Kalaji H. M., Schansker G., Brestic M. et al. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel // *Photosynthesis Research*. – 2017. – Vol. 132, Issue 1. – pp. 13–66.
3. Krause G. H., Jahns P. Non-photochemical energy-dissipation determined by chlorophyll fluorescence quenching: characterization and function // *Chlorophyll *a* Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. – Springer, 2004. – Vol. 19. – pp. 463–495.