

УДК 581. 1

ДИНАМИКА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

И. А. Нилова, А. Ф. Титов

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Изучена динамика теплоустойчивости проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39 в зависимости от интенсивности температурного воздействия (в диапазоне от 33 до 45 °С с интервалом в 2°). Показано, что воздействие на проростки температур 33, 35, 37 и 39 °С оказывает качественно однотипное влияние – увеличение теплоустойчивости, которая по достижении максимума в дальнейшем уже не изменяется, а все наблюдаемые между этими температурными воздействиями различия в динамике теплоустойчивости носят только количественный характер. При увеличении температуры до 43–45 °С характер динамики теплоустойчивости проростков качественно изменялся: в этом случае как при 43 °С, так при 45 °С первоначально происходил быстрый рост теплоустойчивости, который затем сменялся резким ее снижением. Температура 41 °С оказалась «пограничной» между температурами 33–39 и 43–45 °С. Из полученных данных следует, что характер реакции растений на действие высокой температуры может изменяться не только количественно, но и качественно в зависимости от интенсивности температурного воздействия.

К л ю ч е в ы е с л о в а: *Triticum aestivum* L., высокие температуры, интенсивность высокотемпературного воздействия, устойчивость.

I. A. Nilova, A. F. Titov. THE DYNAMICS OF THERMOTOLERANCE IN WHEAT PLANTS DEPENDING ON THE INTENSITY OF HIGH TEMPERATURE INFLUENCE

The dynamics of thermotolerance in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) of cv. Moscovskaya 39 depending on the intensity of high temperature impact was studied. The temperature ranged from 33 to 45 °C with an interval of 2°. The temperatures 33, 35, 37 and 39 °C had essentially the same effect on the seedlings: thermotolerance rose to a maximum and then remained unchanged. Thermotolerance at these temperatures differed only in a quantitative sense. When the temperature was raised to 43–45 °C, the pattern of change in thermotolerance of seedlings was qualitatively different. In this case, at 43 °C, as well as at 45 °C, thermotolerance first grew rapidly but then dropped sharply. The temperature of 41 °C appeared to be an interstage between 33–39 °C and 43–45 °C. The data obtained suggest that the pattern of plant response to the high temperature impact can vary not only quantitatively but also qualitatively, depending on the intensity of the impact.

K e y w o r d s: *Triticum aestivum* L., high temperatures, the intensity of high temperature impact, tolerance.

Введение

В природных условиях растения на протяжении всей своей жизни находятся под непрерывным воздействием температуры, диапазон колебаний которой весьма широк [Лархер, 1978]. При этом считается, что высокие температуры переносятся растениями хуже, чем низкие [Чиркова, 2002]. Тем не менее растения очень быстро реагируют на тепловой стресс [Титов и др., 2006], а отклонения температуры окружающей среды от оптимальной для роста растений вызывают многочисленные физиологические, биохимические и молекулярные изменения в растительном организме [Wahid et al., 2007; Bita, Gerats, 2013], значительная часть которых носит адаптивный характер и направлена в конечном счете на его выживание.

Как показывают исследования, благодаря наличию широкого спектра защитно-приспособительных реакций и адаптивных механизмов растения могут переносить воздействие относительно высоких температур, но только если их интенсивность и продолжительность не достигают критических значений. Более того, даже в случае действия на растения высокой повреждающей температуры они способны в начальный момент быстро мобилизовывать свои защитные силы, что, в частности, выражается в повышении их теплоустойчивости [Титов, 1989; Топчиева, 1994] и обеспечивает выживание, если температурное воздействие не оказывается достаточно продолжительным. В связи с этим детальное изучение динамики теплоустойчивости растений при температурах разной интенсивности является важным начальным звеном исследования теплоустойчивости, которое позволяет в дальнейшем изучать участие и роль конкретных механизмов повышения теплоустойчивости при тех или иных высокотемпературных воздействиях.

Учитывая это, мы провели сравнительное изучение особенностей динамики теплоустойчивости растений пшеницы, как интегрального показателя их устойчивости, при действии высоких температур разной интенсивности в рамках диапазона 33–45 °С.

Материалы и методы

Исследования проводили на проростках озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39, которые выращивали в рулонах фильтровальной бумаги на питательном растворе в течение 7 суток с добавлением микроэлементов (рН 6,2–6,4) в камере искусственного климата при температуре воздуха 22 °С, его относительной влажности 60–70 %, освещен-

ности 10 клк и фотопериоде 14 ч. Затем недельные проростки подвергали воздействию температур от 33 до 45 °С с интервалом в 2 °С.

Продолжительность воздействия составляла от 30 мин до 5 суток. Теплоустойчивость растений оценивали по температуре (ЛТ₅₀), вызывающей гибель 50 % палисадных клеток листа после 5-минутного прогрева листовых высевок в водном термостате [Александров, 1963].

Повторность в пределах каждого варианта 6-кратная. Каждый опыт повторяли не менее 2–3 раз. О достоверности различий между вариантами судили по критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Исследования выполнены с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования ИБ КарНЦ РАН «Комплексные фундаментальные и прикладные исследования особенностей функционирования живых систем в условиях Севера».

Результаты и обсуждение

Проведенное исследование показало, что теплоустойчивость проростков пшеницы при температуре 33 °С, так же как и при температуре 35 °С, достоверно повышается через сутки, достигает максимума через двое суток и в дальнейшем остается неизменной. Динамика теплоустойчивости при данных температурных воздействиях носит схожий характер, за тем исключением, что при температуре 35 °С абсолютные значения теплоустойчивости были выше, чем при температуре 33 °С. Под влиянием температуры 37 °С теплоустойчивость повышалась через 1 час, а ее максимум достигался спустя двое суток. При 39 °С теплоустойчивость возрастала уже через 30 минут, а максимальное значение теплоустойчивости зафиксировано через 1 сутки. Дальнейшее увеличение экспозиции проростков при этих температурах не приводило к изменению их теплоустойчивости (рис. 1).

Следует отметить, что температуры 33, 35, 37 и 39 °С оказывали однотипное влияние на устойчивость растений, но количественные характеристики вызванных ими изменений в теплоустойчивости были различны. При 33, 35 и 37 °С повышение теплоустойчивости проростков происходило медленнее, а ее максимальный уровень был заметно ниже, чем при температуре 39 °С, которая, согласно полученным данным, вызывала максимальный закаливающий эффект.

Характер ответной реакции растений на действие температуры 41 °С был иным: повышение устойчивости через 30 минут, затем она продолжала увеличиваться в течение первых суток, а на 2-е сутки – снижалась

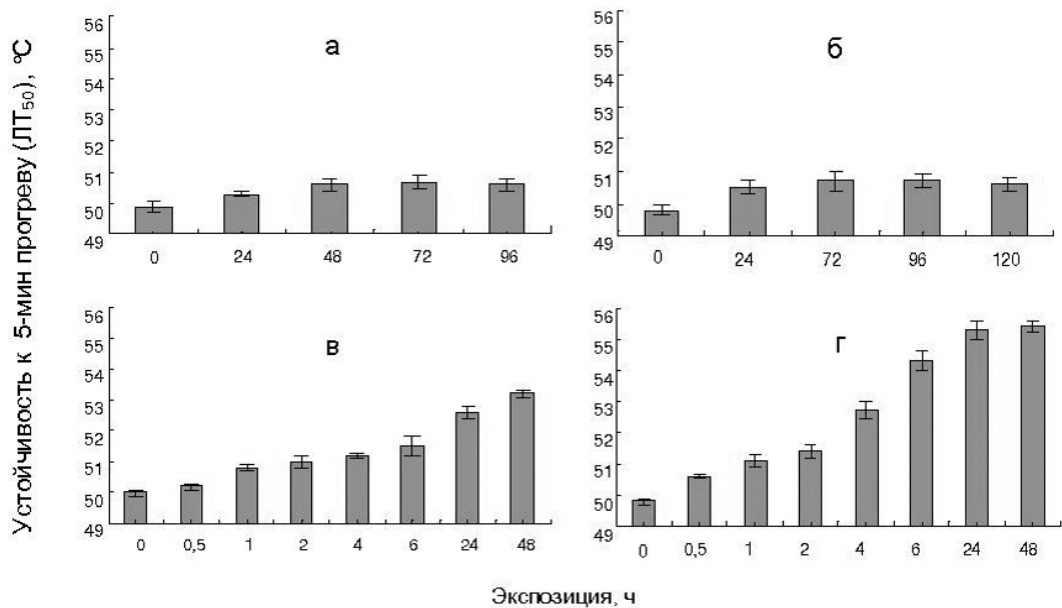


Рис. 1. Динамика теплоустойчивости проростков пшеницы при действии температур разной интенсивности: а – 33, б – 35, в – 37, г – 39 °С

(рис. 2). Более высокие температуры (43 и 45 °С) оказывали сходное действие на теплоустойчивость пшеницы, под их влиянием зафиксирован быстрый рост теплоустойчивости уже в первые минуты воздействия, а затем наблюдалось резкое ее снижение, после чего, спустя несколько часов, происходила гибель растений. Отметим, что реакция рас-

тений на действие температур 43 и 45 °С, как и при 33, 35, 37 и 39 °С, различалась по своим количественным характеристикам. В частности, при температуре 43 °С теплоустойчивость возрастала и снижалась более плавно, чем при 45 °С. Максимальный прирост теплоустойчивости при 43 °С также был выше, чем при 45 °С.

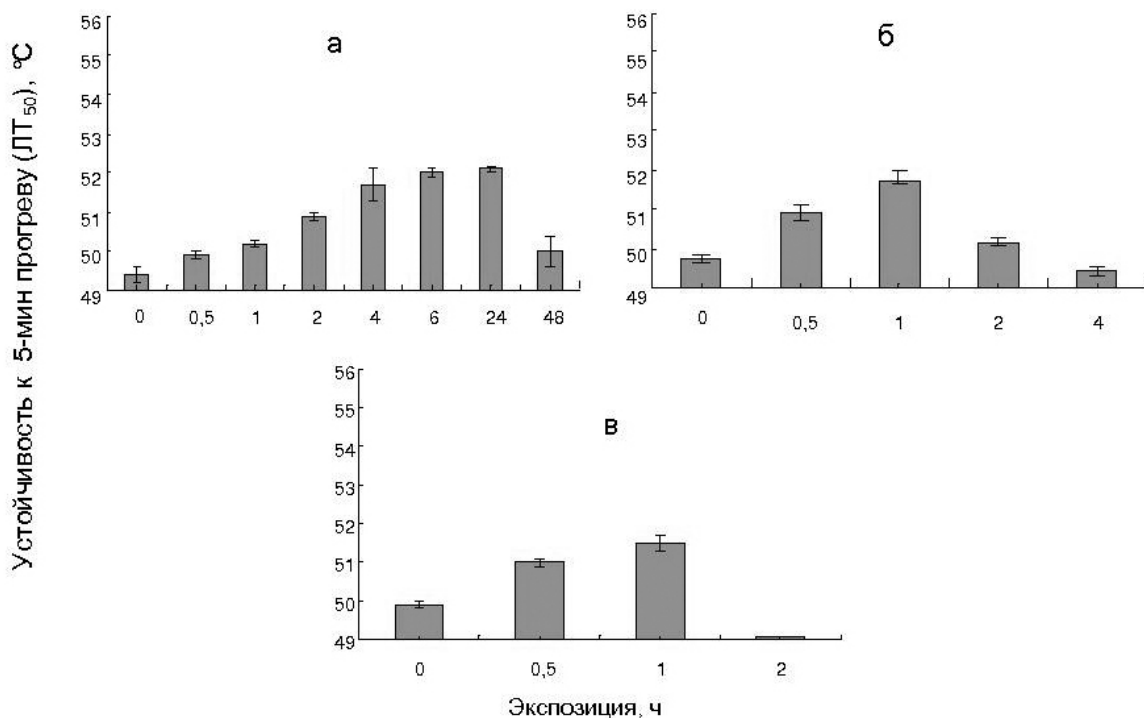


Рис. 2. Динамика теплоустойчивости проростков пшеницы при действии температур разной интенсивности: а – 41, б – 43, в – 45 °С

Анализ этих и ранее полученных данных [Титов и др., 1982; Топчиева, 1994] позволяет заключить, что в целом, в рамках изученного температурного диапазона, с увеличением интенсивности температурного воздействия максимум теплоустойчивости достигается быстрее. При этом максимальный прирост теплоустойчивости был отмечен нами при температуре 39 °С, а при воздействии более высоких температур (41, 43 и 45 °С) этот показатель был ниже. Также изменялся и характер реакции клеток пшеницы в зависимости от интенсивности температурного воздействия. При более мягких воздействиях (33–39 °С) теплоустойчивость при достижении максимального значения сохранялась в дальнейшем неизменной, в то время как при воздействии более высокой температуры (43 и 45 °С) теплоустойчивость вначале быстро возрастала, а затем резко снижалась, что приводило в дальнейшем к гибели растения. Температура 41 °С оказалась для проростков пшеницы данного сорта «пограничной», а ответная реакция растения на эту температуру носила переходный характер, так как под ее влиянием теплоустойчивость первоначально увеличивалась и сохранялась некоторое время на одном уровне, но позднее (через сутки) – снижалась.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что разное по интенсивности воздействие высокой температуры вызывает неодинаковые как в количественном, так и в качественном отношении изменения в теплоустойчивости растений. Исходя из имеющихся в литературе данных, можно предположить, что подобные различия связаны с теми конкретными механизмами и их эффективностью, которые обеспечивают рост теплоустойчивости растений при тех или иных высокотемпературных воздействиях.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Нилова Ирина Александровна

аспирантка
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. адрес: im-ira@mail.ru
тел.: (8142) 762712

Титов Александр Федорович

председатель КарНЦ РАН, руководитель лаб.
экологической физиологии растений,
чл.-корр. РАН, д. б. н., проф.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. адрес: titov@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769710

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (тема № 51.2, № г. р. 01201358737).

Литература

- Александров В. Я.* Цитофизиологические и цитологические исследования устойчивости растительных клеток к действию высоких температур // Тр. Ботан. Ин-та АН СССР. 1963. Т. 4. С. 234–280.
- Лархер В.* Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
- Титов А. Ф., Критенко С. П., Балагурова Н. И.* Динамика холодо- и теплоустойчивости листьев озимой и яровой пшеницы в зависимости от температурных условий // Влияние факторов внешней среды и физиологически активных веществ на терморезистентность и продуктивность растений. Петрозаводск, 1982. С. 27–37.
- Титов А. Ф.* Устойчивость активно вегетирующих растений к низким и высоким температурам: Закономерности варьирования и механизмы: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1989. 42 с.
- Титов А. Ф., Акимова Т. В., Таланова В. В., Топчиева Л. В.* Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур. М.: Наука, 2006. 143 с.
- Топчиева Л. В.* Сравнительное изучение реакции растений на действие высоких закалывающих и повреждающих температур: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1994. 19 с.
- Чиркова Т. В.* Физиологические основы устойчивости растений. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. 244 с.
- Bita C. E., Gerats T.* Plant tolerance to high temperature in changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops // J. Frontiers in plant science. Crop science and horticulture. 2013. Vol. 4. P. 1–18.
- Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Floodad M. R.* Heat tolerance in plants: An overview // J. Environmental and Experimental Botany. 2007. Vol. 61. P. 199–223.

Nilova, Irina

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: im-ira@mail.ru
tel.: (8142) 762712

Titov, Alexandr

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: titov@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769710