



УДК 581.144

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА *TRITICUM DURUM* L.

В. В. Коробко, О. Ф. Шевлягина

Коробко Валерия Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и физиологии растений, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, v.v.korobko@mail.ru

Шевлягина Олеся Федоровна, студент биологического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, oshevyagina@mail.ru

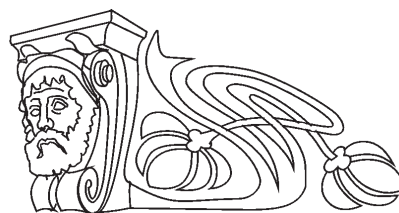
Объектом исследования служили проростки яровой твердой пшеницы *Triticum durum* L. Культивирование осуществлялось при температуре $15\pm 1^\circ\text{C}$ и $20\pm 2^\circ\text{C}$. Для изучения влияния температурного фактора (в пределах оптимальных для пшеницы значений) на развитие фотосинтетического аппарата проростков определяли количественное содержание хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов. Выделены сорта, которые на изменение температуры культивирования реагируют изменением показателей, характеризующих стрессоустойчивость растений, а именно соотношением хлорофилла *a* и хлорофилла *b*, каротиноидов и хлорофиллов. Изучено влияние изменения температуры культивирования на рост и развитие проростков. В качестве показателей роста использовали длину корней, длину пластинки и влагища первого листа, абсолютно сухую массу корневой системы и побега; рассчитывали показатель корнеобеспеченности проростка. Выделены сорта, на рост и развитие проростков которых влияние изменения температуры культивирования в пределах оптимальных значений не существенно. Установлено, что при изменении температуры соотношение длины листовой пластинки и влагища изученных сортов (за некоторым исключением) не изменяется. Проведенное исследование создает некоторые перспективы для регулирования продукционного процесса твердой пшеницы с учетом сортоспецифичности.

Ключевые слова: пшеница, устойчивость, рост и развитие, корневая система, содержание пигментов.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-4-412-418>

Твердая пшеница – ценная продовольственная культура – одна из важнейших с экономической точки зрения. Она является второй значимой культурой после мягкой для многих стран, а мировое производство зерна достигает 15–20 млн т [1]. Несмотря на сокращение ее посевов в последние десятилетия, в нашей стране интерес к изучению сортовых особенностей роста и развития этой культуры возрастает [2–4].

Сельскохозяйственные растения, произрастающие в средней полосе, в процессе онтогенетического развития довольно часто подвергаются



колебаниям температуры [5], что отражается на их жизнедеятельности и продуктивности [6]. Сведения о требованиях сельскохозяйственных культур к температурному режиму могут быть использованы для определения оптимальных сроков сева, в агроклиматическом обосновании районирования сортов, в прогнозировании и программировании урожая [7, 8].

Материалы и методы

Исследования проведены на кафедре микробиологии и физиологии Саратовского национального исследовательского государственного университета. Объекты исследования – сорта яровой твердой пшеницы *Triticum durum* L.

Семена одного года репродукции (всхожесть $\geq 90\%$) помещали в стаканчики, заполненные вермикулитом. Культивирование осуществлялось в климатической камере при двух температурных режимах – $15\pm 1^\circ\text{C}$ и $20\pm 2^\circ\text{C}$. Данные значения лежат в пределах оптимального для роста и развития пшеницы температурного интервала. Через 10 дней от начала эксперимента измеряли длину корневой системы, определяли абсолютно сухую массу корневой системы и побега ($n = 20$), вычисляли показатель корнеобеспеченности проростков пшеницы [9]. Изучение влияния температуры культивирования на развитие фотосинтетического аппарата проводили на двухнедельных растениях: измеряли длину пластинки и влагища первого листа ($n = 20$), спектрофотометрическим методом определяли количественное содержание каротиноидов, хлорофиллов *a* и *b* [10]. Обработку данных проводили по Доспехову [11].

Результаты и их обсуждение

Жизнеспособность проростка во многом определяется развитием корневой системы. Морфометрическое исследование корневой системы позволило разделить объекты изучения на две группы. К первой группе относятся сорта, для роста корней которых более благоприятной является температура культивирования $20\pm 2^\circ\text{C}$. Так, длина корневой системы проростков сорта Елизаветинская при $20\pm 2^\circ\text{C}$ составила 743 мкм,



что на 237 мкм превысило аналогичное значение при более низкой температуре (рис. 1). Длина корневой системы проростков Безенчукская 210, Луч 25, Харьковская 23 при $20\pm 2^\circ\text{C}$ на 29–30% больше, чем при $15\pm 1^\circ\text{C}$. Стимулирующее действие более высокой температуры культивирования на рост корневой системы в длину отмечено также у проростков сортов Памяти Чеховича, Кубанка, Саратовская золотистая, Людмила, Лилёк, Аннушка, длина корней проростков этих

сортов, культивированных при $20\pm 2^\circ\text{C}$, на 11–22% выше аналогичных значений при $15\pm 1^\circ\text{C}$.

Ко второй группе отнесены сорта, для развития корневой системы которых более благоприятной оказалась температура $15\pm 1^\circ\text{C}$: длина корневой системы при этой температуре культивирования на 23–30% больше у сортов Краснокутка 6, Краснокутка 10, Крассар и НИК; на 8–12% выше у проростков сортов Алейская, Валентина.

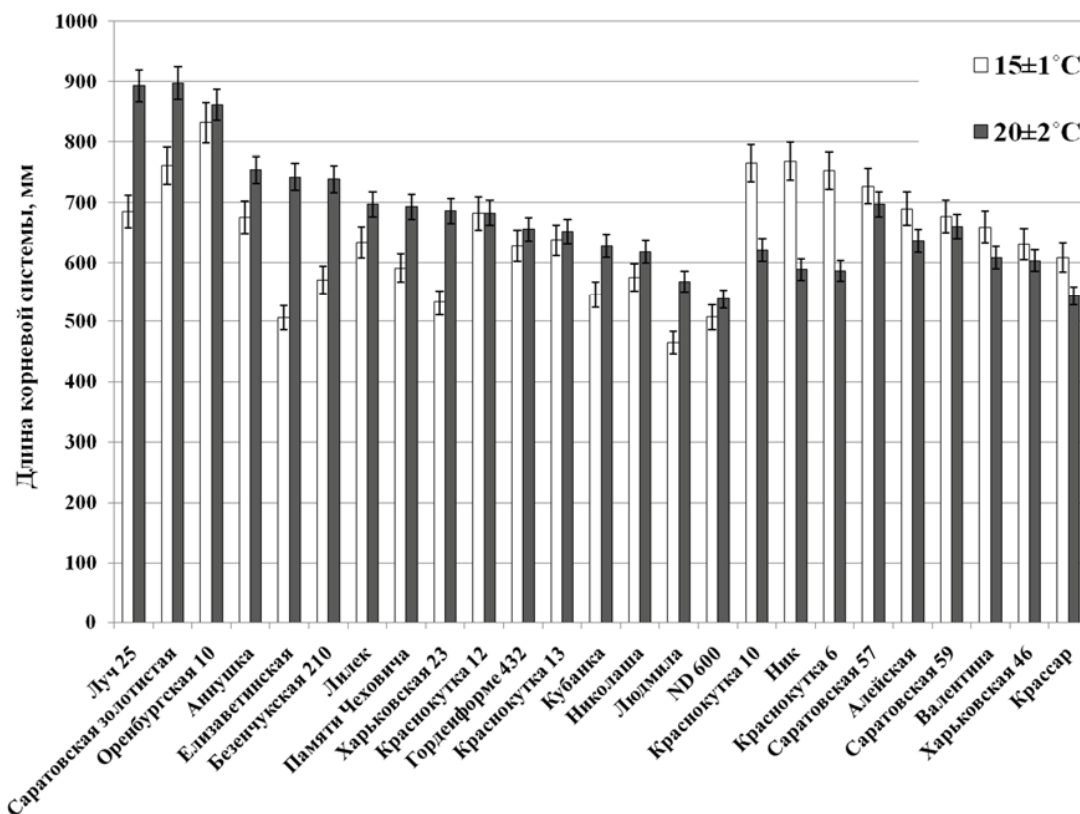


Рис. 1. Влияние температуры культивирования на рост корневой системы проростков яровой твердой пшеницы

Для проростков сортов Саратовская 57, Саратовская 59, Харьковская 46, Гордеиформе 432, Краснокутка 13, Краснокутка 12, Оренбургская 10, ND 600, Николаша различия данного параметра в условиях эксперимента являются статистически недостоверными.

Одним из показателей развития проростка является его корнеобеспеченность как соотношение абсолютно сухих масс корневой системы и побега. Установлена связь между данным показателем и устойчивостью растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [12, 13].

Повышение показателя корнеобеспеченности проростка при более низкой температуре культивирования выявлено у большей части

изученных нами сортов (рис. 2). Зависимость данного показателя от температурного режима в большей степени проявилась у сортов Валентина, Краснокутка 6, Гордеиформе 432: корнеобеспеченность проростков, культивированных при температуре $15\pm 1^\circ\text{C}$, в два раза больше, чем при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$.

Исключение составили проростки сорта Оренбургская 10, характеризующиеся повышением корнеобеспеченности при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$, и сортов, для которых не выявлено существенной зависимости между данным показателем и температурой культивирования – Николаша, Елизаветинская, ND 600, Аннушка, Саратовская золотистая, Людмила.

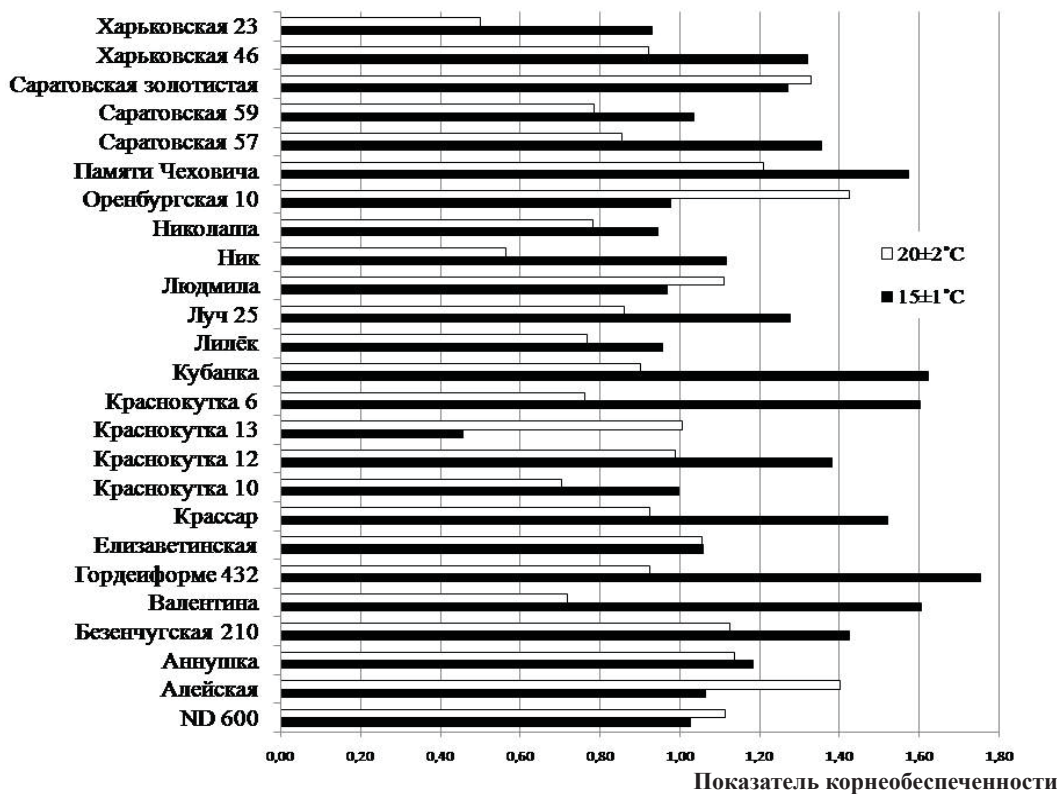


Рис. 2. Влияние температуры культивирования на величину корнеобеспеченности проростков твердой пшеницы

На основании проведенного исследования установлено, что температура $15\pm 1^\circ\text{C}$ благоприятна для роста пластинки и влагалища первого листа проростков сортов Краснокутка 12, НИК, Николаша, Оренбургская 10, Памяти Чеховича. Положительный эффект этой температуры культивирования отмечен в отношении листового влагалища проростков сорта Саратовская 57, тогда как длина пластинки листа оказалась на 11% меньше, чем при более высокой температуре. Первый лист проростков остальных изученных нами сортов имел большую длину при $20\pm 2^\circ\text{C}$.

Необходимо отметить, что при изменении температуры культивирования проростков в оптимальном для пшеницы диапазоне соотношение длины листовой пластинки и влагалища изученных сортов (за исключением Памяти Чеховича и Саратовская 57) не изменяется. У растений сорта Алейская длина влагалища составила 19–20% от всей длины листа, у сорта НИК – 24–25%, у остальных сортов – от 30 до 40%.

Одним из показателей активности фотосинтетического аппарата является количественное содержание пигментов и соотношение их форм в пигментном комплексе [14,15]. Данные об изме-

нении содержания и соотношения хлорофиллов и каротиноидов несут важную информацию о структурных перестройках фотосинтетического аппарата [16].

Выявлены сорта, для которых характерно повышение содержания хлорофилла *a* в пластинке первого листа проростков при более низкой температуре, – это Оренбургская 10, Краснокутка 12, Гордеиформе 432, Лилёк, Николаша, Аннушка, Луч 25, Харьковская 23, Елизаветинская, Валентина, Саратовская 57, Крассар (рис. 3, 4). Количественное содержание хлорофилла *b* в пластинке первого листа проростков этих сортов, культивированных при температуре $15\pm 1^\circ\text{C}$, также превышает аналогичные значения при температуре культивирования $20\pm 2^\circ\text{C}$. Исключение составил сорт Лилёк, для которого повышение температуры культивирования до $20\pm 2^\circ\text{C}$ сопровождалось повышением содержания хлорофилла *b* в 1,6 раза.

Для других исследованных нами сортов твердой пшеницы характерно повышение количественного содержания зеленых пигментов при более высокой температуре культивирования (см. рис. 3, 4). В значительной степени этот эффект проявился у сортов ND 600 и Памяти Чеховича: культивирование при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$ привело к повышению содержания хлорофилла *a*

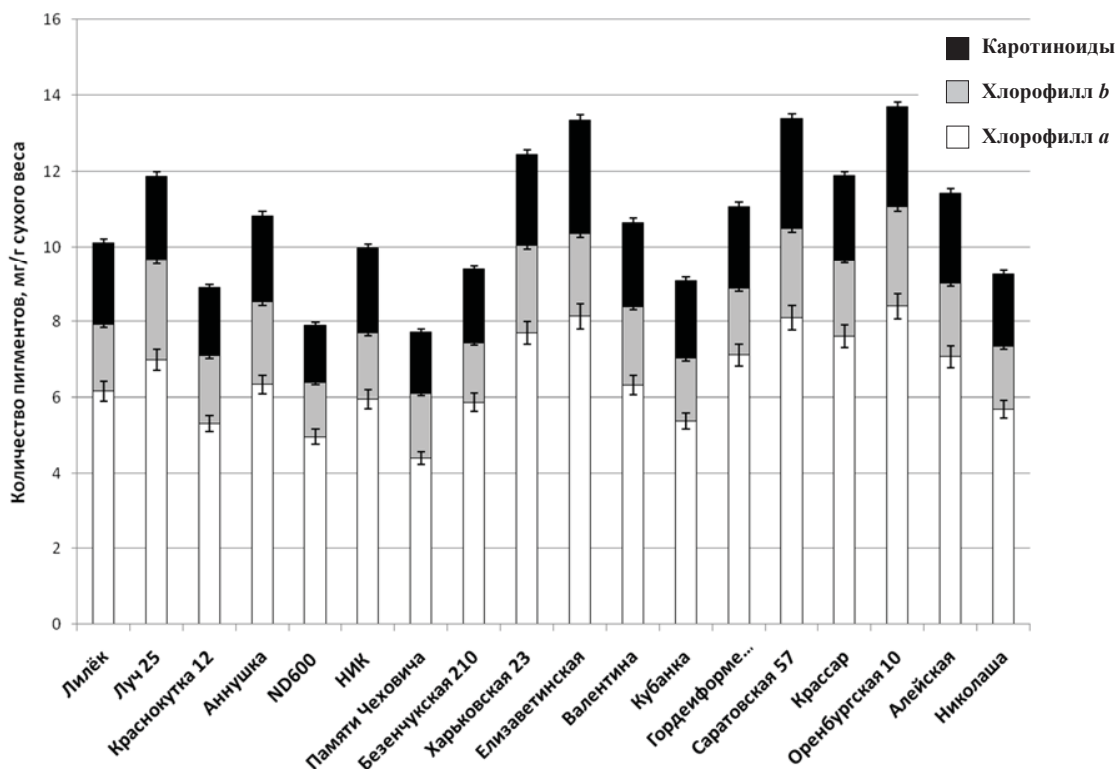


Рис. 3. Содержание пигментов в пластинке первого листа проростков твердой пшеницы при температуре культивирования 15±1°C

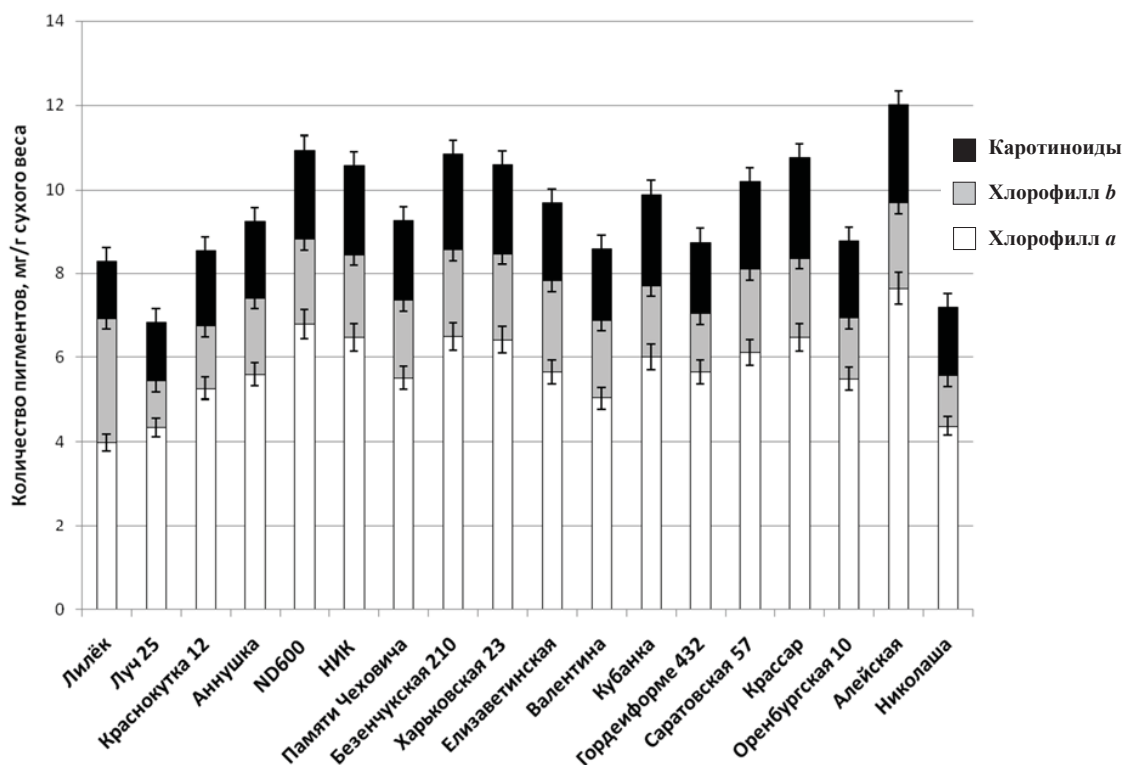


Рис. 4. Содержание пигментов в пластинке первого листа проростков твердой пшеницы при температуре культивирования 20±2°C



на 36% и 25% по сравнению с проростками, культивированными при $15\pm 1^\circ\text{C}$. У проростков сортов Алейская, Кубанка, Безенчукская 210 и НИК наблюдается повышение количества хлорофилла *a* на 7–11%. Понижение температуры культивирования проростков этой группы сортов до $15\pm 1^\circ\text{C}$ приводит к снижению количественного содержания хлорофилла *b* на 25–30% у проростков сортов Безенчукская 210 и ND 600, у других сортов этой группы – на 4–11%.

Увеличение доли хлорофилла *b* свидетельствует о повышении светособирающей способности фотосинтезирующих тканей в области дальнего красного света [17]. Соответственно отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (*a/b*) определяет способность растений адаптироваться к изменениям освещенности, позволяя скоординировать распределение ресурсов для достижения и поддержания оптимальных скоростей фотосинтеза [18].

На основании полученных данных выделены сорта, для проростков которых характерно увеличение соотношения хлорофиллов *a* и *b* в ответ на повышение температуры культивирования. Так, соотношение зеленых пигментов у проростков сорта Луч 25, выращенных при $20\pm 2^\circ\text{C}$, в 1,5 раза выше, чем при $15\pm 1^\circ\text{C}$, у проростков сортов Краснокутка 12, Памяти Чеховича, Оренбургская 10 на 14–20% выше. Для сортов Аннушка, Кубанка, Алейская, Николаша изменения данного показателя менее значительны или не существенны (разница составляет 3–6% по сравнению с аналогичными значениями при $15\pm 1^\circ\text{C}$). У других исследованных сортов твердой пшеницы в условиях более высокой температуры соотношение зеленых пигментов снижается.

Количественное соотношение каротиноидов и хлорофиллов (Кар/Хл) часто применяют для оценки стрессоустойчивости зеленых растений [19]. Учитывая роль каротиноидов в защите фотосинтетического аппарата в условиях стресса, увеличение значения этого показателя указывает на повышение устойчивости объекта при неблагоприятных условиях [20].

Максимальные значения Кар/Хл характерны для пластинки первого листа проростков сортов НИК, Елизаветинская, Кубанка (при температуре $15\pm 1^\circ\text{C}$) и сортов Крассар, Николаша (при $20\pm 2^\circ\text{C}$).

Необходимо отметить, что изменение температуры культивирования проростков в оптимальном для пшеницы диапазоне не влияет или влияет незначительно на соотношение Кар/Хл в пластинке первого листа проростков сортов ND 600, Безенчукская 210, Памяти Чеховича,

Харьковская 23, Кубанка, Гордеиформе 432, Саратовская 57. Культивирование при температуре $15\pm 1^\circ\text{C}$ способствует повышению содержания каротиноидов, относительно содержания хлорофиллов, у проростков сортов Лилёк, Аннушка, НИК, Елизаветинская, Валентина, Алейская. У других исследованных нами сортов при повышении температуры культивирования соотношение Кар/Хл увеличивается.

Среди сортов, реагирующих на изменение температурного режима изменением соотношения каротиноидов и хлорофиллов, выделены сорта с существенным изменением данного показателя. Наибольшие отличия соотношения каротиноидов и хлорофиллов характерны для сорта Лилёк (при $15\pm 1^\circ\text{C}$ соотношение пигментов на 36% выше, чем при $20\pm 2^\circ\text{C}$). На 20–23% различаются значения Кар/Хл у сортов Крассар (показатель имеет более высокое значение при $20\pm 2^\circ\text{C}$) и Елизаветинская (соотношение каротиноидов и хлорофиллов выше при $15\pm 1^\circ\text{C}$). При этом у большинства сортов, реагирующих на изменение температурного режима изменением соотношения каротиноидов и хлорофиллов, отличия данного показателя в условиях эксперимента составили 6–13%.

Заключение

Изучено влияние температуры культивирования в пределах оптимальных для яровой пшеницы значений на рост и развитие проростков сортов твердой пшеницы. Для развития корневой системы проростков некоторых сортов благоприятной оказалась температура $15\pm 1^\circ\text{C}$ (сорта Алейская, Валентина, Крассар, Краснокутка 10, Краснокутка 6, НИК). Температура $20\pm 2^\circ\text{C}$ оказала положительное действие на рост корневой системы проростков сортов Елизаветинская, Кубанка, Лилёк, Памяти Чеховича, Аннушка, Людмила, Саратовская золотистая, Харьковская 23, Луч 25, Безенчукская 210. Для роста и пластинки, и влагалища первого листа проростков сортов Краснокутка 12, Николаша, Оренбургская 10, Памяти Чеховича, НИК благоприятна температура $15\pm 1^\circ\text{C}$. Первый лист проростков других изученных нами сортов большие значения имел при температуре культивирования $20\pm 2^\circ\text{C}$.

Определены сорта, которые на понижение температуры культивирования реагируют снижением содержания хлорофиллов и каротиноидов: ND 600, Памяти Чеховича, Безенчукская 210, Кубанка. У проростков сортов Крассар и Краснокутка 12 повышение содержания зеленых пигментов сопровождается снижением количества каротиноидов. Для сорта Елизаве-



тинская и Валентина при более низкой температуре культивирования наблюдается увеличение всех показателей – количественного содержания зеленых пигментов, каротиноидов, соотношения хлорофиллов *a* и *b*, хлорофиллов и каротиноидов.

Изменение температурного режима культивирования не оказывает существенного влияния на соотношение каротиноидов и хлорофиллов в пластинке первого листа проростков сортов ND 600, Безенчукская 210, Памяти Чеховича, Харьковская 23, Кубанка, Гордеиформе 432, Саратовская 57. Тогда как для сортов Лилёк, Крассар, Елизаветинская изменения значения данного показателя существенны.

Список литературы

1. *Вошедский Н. Н., Гринько А. В.* Выращивание яровой твердой пшеницы в условиях Ростовской области // Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та. 2016. № 3. С. 23–27.
2. *Goldringer I., Provin C., Rousset M., Galic N., Bonnin I.* Rapid differentiation of experimental populations of wheat for heading time in response to local climatic conditions // *Annals of Botany*. 2006. Vol. 98, № 4. P. 805–817.
3. *Танайлова Е. А., Тимирова С. И., Коробко В. В.* Сортовые особенности анатомической организации клеток алейронового слоя зерновки твердой пшеницы // Вавиловские чтения-2007 : материалы конф. Саратов, 2007. С. 56–57.
4. *Коробко В. В., Степанов С. А.* Влияние температуры на развитие корневой системы проростков твердой пшеницы // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения : сб. науч. ст. Саратов, 2017. Вып. 19. С. 3–6.
5. *Лархер В.* Экология растений. М., 1978. 383 с.
6. *Трунова Т. И.* Растение и низкотемпературный стресс. М., 2007. 54 с.
7. *Коробко В. В., Шевлягина О. Ф., Степанов С. А.* Влияние температуры на развитие фотосинтетического аппарата проростков твердой пшеницы // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2017. Т. 15, вып. 3. С. 50–57.
8. *Козлов Г. И.* Влияние пониженных температур осени и весны на рост, развитие и урожай яровой и озимой пшеницы. URL: <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-ponizhennykh-temperatur-oseni-ivesny-na-rost-razvitie-i-urozhai-yarovoi-i-ozimoi-p-ixzz4B8hsqU3m> (дата обращения: 02.04.2018).
9. *Голуб Н. А.* Параметры первичной корневой системы озимой пшеницы и возможности их использования в оценке сортов // Физиология продуктивности и устойчивости зерновых культур : сб. науч. тр. Краснодар, 1988. С. 42–47.
10. *Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В.* Большой практикум по фотосинтезу. М., 2003. 256 с.
11. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1986. 336 с.
12. *Коробко В. В., Волков Д. П.* Устойчивость некоторых сортов зернового сорго к разнокачественному засолению // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 107–111.
13. *Лисицин Е. М.* Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур // Докл. РАСХН. 2003. № 3. С. 5–7.
14. *Алиев Д. А., Азизов И. В., Казибекова Э. Г.* Фотосинтетическая способность и развитие хлоропластов в онтогенезе пшеницы. Баку, 1988. 116 с.
15. *Maslova T. G., Popova I. A.* Adaptive properties of the plant pigment systems // *Photosynthetica*. 1993. Vol. 29. P. 195–203.
16. *Garnik E. Yu., Deeva D. V., Belkov V. I., Tarasenko V. I., Konstantinov Yu. M.* The effects of light intensity on development and chlorophyll content in the Arabidopsis thaliana mutant plants with defects in photosynthesis // *J. of Stress Physiology and Biochemistry*. 2015. Vol. 11, № 4. P. 58–67.
17. *Ivanov L. A., Ivanova L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K.* Changes in the chlorophyll and carotenoid contents in the leaves of steppe plants along a latitudinal gradient in South Ural // *Russ. J. of Plant Physiology*. 2013. Vol. 60, № 6. P. 812–820.
18. *Valladares F., Zaragoza-Castells J., Sanchez-Gomez D., Matesanz S., Alonso B., Portsmouth A., Delgado A., Atkin O. K.* Is shade beneficial for mediterranean shrubs experiencing periods of extreme drought and late-winter frosts? // *Annals of Botany*. 2008. Vol. 102, № 6. P. 923–933.
19. *Смоликова Г. Н., Ламан Н. А., Борискевич О. В.* Роль хлорофиллов и каротиноидов в устойчивости семян к абиотическим стрессорам // Физиология растений. 2011. Т. 58, № 6. С. 817–825.
20. *Мокроносков, А. Т., Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В.* Фотосинтез : Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М., 2006. 448 с.

Influence of the Cultivation Temperature on Morphometric and Functional Indices of Growth *Triticum durum* L.

V. V. Korobko, O. F. Shevlyagina

Valeria V. Korobko, <https://orcid.org/0000-0002-0444-8238>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, v.v.korobko@mail.ru

Olesya F. Shevlyagina, <https://orcid.org/0000-0001-8415-4610>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, oshevlyagina@mail.ru

The object of the study was sprouts of durum wheat *Triticum durum* L. Cultivation was carried out at a temperature of $15 \pm 1^\circ\text{C}$ and



20 ± 2°C. To study the influence of the temperature factor on the development of the photosynthetic apparatus, the quantitative content of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, and carotenoids was determined. Some varieties, when subjected to a change in the temperature of cultivation, respond with a change in the indices determining their stress tolerance, namely the ratio of chlorophyll *a* and chlorophyll *b*, carotenoids and chlorophylls. The effect of changing the temperature of cultivation on the growth and development of seedlings was studied. As growth indicators, the length of the roots, the length of the first leaf, the absolutely dry mass of roots and shoots were

used; the index of root supply was calculated. Varieties have been identified for the growth and development of plants whose effect of changing the culture temperature within the optimal values is not significant. It has been established that when the temperature of cultivation varies, the ratio of the parts of the leaf of the studied varieties (with some exceptions) does not change. The conducted research creates some prospects for regulating the production process of hard wheat, taking into account variety-specificity.

Key words: wheat, resistance, growth and development, root system, pigment content.

Образец для цитирования:

Коробко В. В., Шевлягина О. Ф. Влияние температуры культивирования на морфометрические и функциональные показатели роста *Triticum durum* L. // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 412–418. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-4-412-418>

Cite this article as:

Korobko V. V., Shevlyagina O. F. Influence of the Cultivation Temperature on Morphometric and Functional Indices of Growth *Triticum durum* L. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 412–418 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-4-412-418>
