



БИОЛОГИЯ

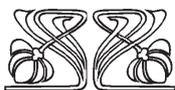
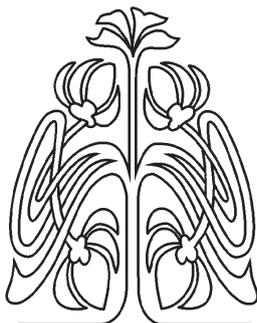
УДК 581.144

Особенности роста этиолированных растений в аспекте реализации донорно-акцепторных отношений

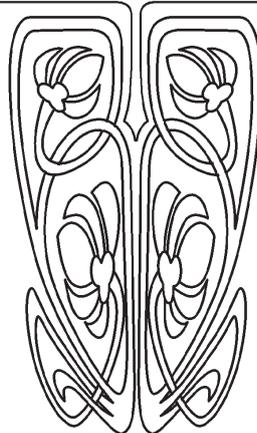
О. Ф. Шевлягина, В. В. Коробко

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

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



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. десяти сортов. Культивирование осуществлялось в климатоканере при температуре $18 \pm 1^\circ \text{C}$. В качестве контроля использованы растения, выращенные при фотопериоде день/ночь 16/8. Выявлены некоторые особенности роста и развития растений *Triticum aestivum* L. в условиях этиоляции. Установлено, что различия по длине корневой системы этиолированных и контрольных проростков определяются длиной корней верхнего яруса. Первый лист этиолированных растений характеризуется большей длиной и продолжительностью роста, при этом различия по длине листа контрольных и опытных растений определяются длиной влагалища. Установлено, что в отсутствие света длина 2–4 листьев десятидневных растений уменьшается на 24–34% по сравнению с контролем, длина пятого листа несущественно отличается, а шестого – превышает контрольные значения на 20–58%. Отсутствие света приводит к изменению функциональной активности конуса нарастания побега, что проявляется в изменении времени заложения шестого и седьмого листьев. Проведен анализ кривых скорости роста эпикотилия, coleoptилия, корней и первого листа. Установлено, что зависимость между изменением корнеобеспеченности этиолированных растений и скоростью роста корневой системы и coleoptилия имеет прямой характер; а скоростью роста эпикотилия, пластинки и влагалища первого листа – обратный.

Ключевые слова: этиоляция, световой фактор, морфогенез пшеницы, *Triticum aestivum* L.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-170-176>

Роль светового фактора исследовалась в различных аспектах физиологии растительного организма [1–3], тем не менее изучение его влияния на процессы регуляции и интеграции функциональных систем различных уровней организации является одной из приоритетных задач современной физиологии растений [4–6].

Особый интерес представляет изучение структурно-функциональных особенностей роста и развития растительных организмов в условиях этиоляции [7, 8], так как изучение закономерностей регуляции потоков пластических веществ в донорно-акцепторной системе растений в условиях ограничения производительности ассимиляционного аппарата имеет важнейшее значение для поиска путей повышения продуктивности сельскохозяйственно значимых растений [9, 10]. По мнению ряда авторов [11], части этиолированного растения можно рассматривать в качестве структурно-функ-



циональной единицы, способной к реализации возможной программы развития базовых физиологических ответных реакций на разные виды внешнего воздействия.

Материалы и методы

Исследования проводились на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского. Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Для изучения влияния этиоляции на рост растений проводили посадку зерновок в полиэтиленовые емкости объемом 200 мл, заполненные вермикулитом. Культивирование осуществлялось в климаточкамере при температуре $18 \pm 1^\circ \text{C}$ в абсолютной темноте. В качестве контроля использованы растения, выращенные при 16-часовом фотопериоде (день/ночь 16/8). На основании морфометрических данных рассчитывали абсолютную скорость роста зародышевой корневой системы, первого листа, coleoptили и эпикотиля по формуле $C = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$, где L_2 и L_1 – длина исследуемого органа или его части в моменты времени t_2 и t_1 [12]. Показатель корнеобеспеченности рас-

считывали как отношение абсолютно сухой массы корневой системы к абсолютно сухой массе побега, выраженное в относительных единицах [13].

Результаты исследований подвергались статистической обработке в табличном процессоре Excel пакета MS Office 2010.

Результаты и их обсуждение

Характер реализации донорно-акцепторных отношений в системе целого растения можно оценить по показателям накопления сухой массы. В условиях этиоляции значения абсолютно сухой массы побега и корня проростка снижаются, что вполне ожидаемо при отсутствии фотосинтетического процесса и развития растений за счет эндосперма зерновки. В рамках реализации поставленной цели представляет интерес изменение показателя корнеобеспеченности, который при наличии дефицита углеводов позволяет оценить их распределение между побегом и корневой системой.

Сравнительный анализ изменения корнеобеспеченности показал постепенное повышение данного показателя у этиолированных проростков по сравнению с контрольными растениями в период с 3-го по 10-й день вегетации (рис. 1).

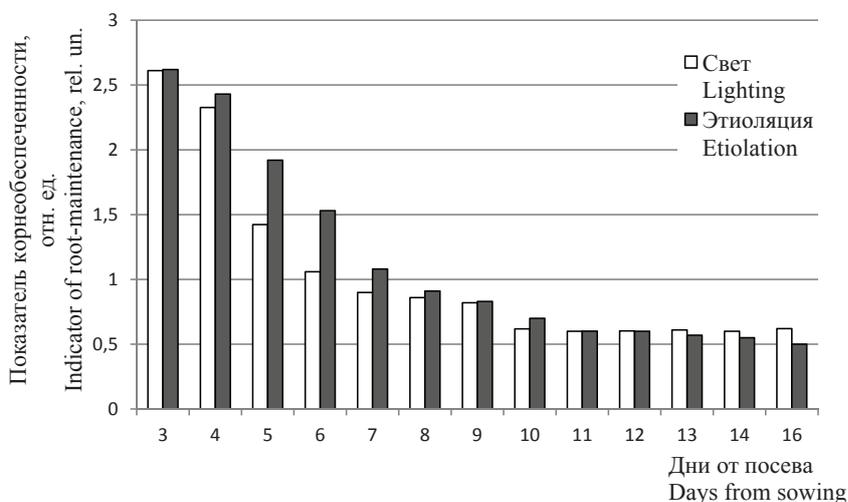


Рис. 1. Показатель корнеобеспеченности проростков яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 29

Fig. 1. Indicator of root-maintenance of spring wheat seedlings varieties Saratovskaya 29

У 3–6-дневных проростков разница между корнеобеспеченностью в опыте и контроле увеличивается постепенно. Так, на 4-й день вегетации корнеобеспеченность контрольных растений сорта Саратовская 29 составила 2,43 отн. ед., или 96% от показателя корнеобеспеченности этиолированных, а на 6-й день – 1,75, или 69%. В течение следующих трех суток корне-

обеспеченность проростков в условиях этиоляции снижается, достигая контрольных значений на 9-й день вегетации.

Сопоставление исследуемого показателя с динамикой роста подземных и надземных органов растения показало, что снижение корнеобеспеченности этиолированных растений сопровождается увеличением скорости роста



эпикотилия, пластинки и влагалища первого листа и снижением скорости роста корневой системы и coleoptilia (рис. 2, 3). Повышение показателя корнеобеспеченности этиолированных растений на 12% относительно контрольных значений на

10-й день эксперимента соответствует максимальным значениям скорости роста эпикотилия, пластинки и влагалища 1-го листа, повышению скорости роста корней верхнего яруса (см. рис. 2, 3).

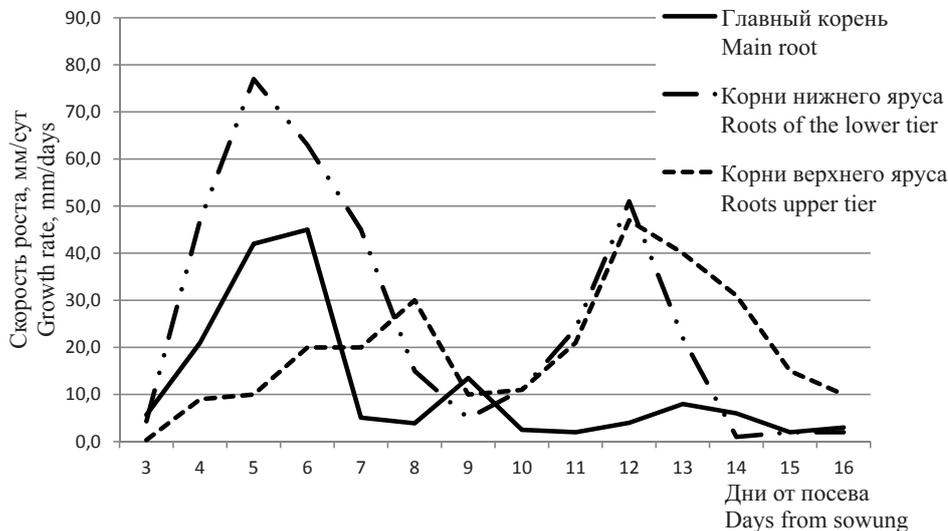


Рис. 2. Скорость роста корневой системы мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 29 в условиях этиоляции

Fig. 2. The growth rate of the root system of soft spring wheat varieties Saratovskaya 29 in conditions of etiolation

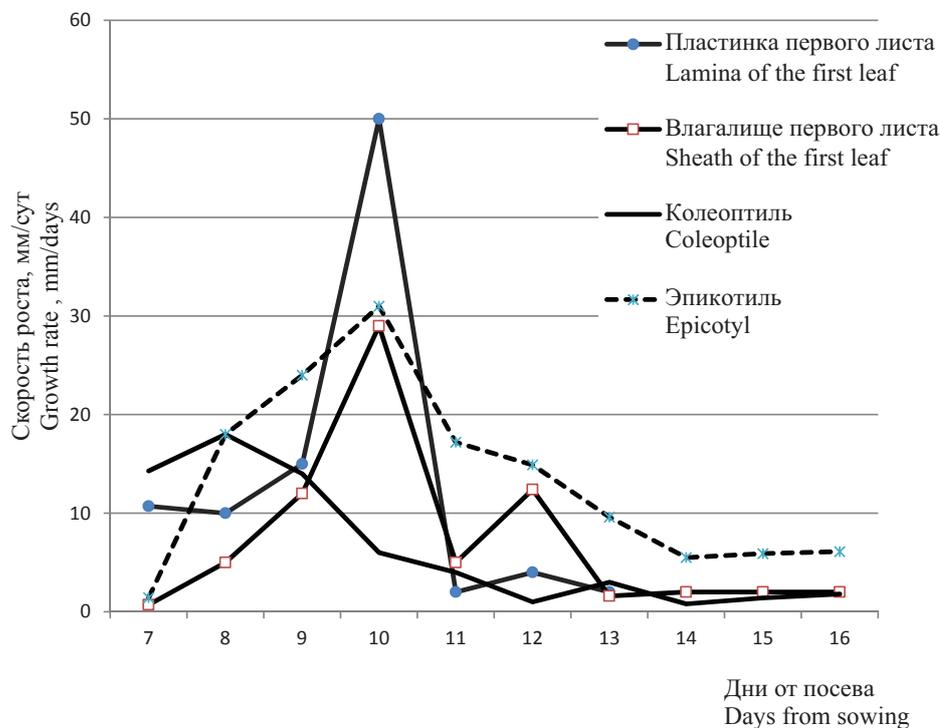


Рис. 3. Скорость роста побега мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 29 в условиях этиоляции

Fig. 3. Growth rate of the shoot of soft spring wheat varieties Saratovskaya 29 in conditions of etiolation



С целью исключения сортоспецифичности полученных результатов дополнительные вычисления показателя корнеобеспеченности были проведены на 9 сортах мягкой пшеницы (таблица). Исследование показало, что в

условиях этиоляции корнеобеспеченность 7-дневных проростков выше или не отличается от значений в контроле; 14-дневных (за исключением растений сорта Саррубра) – на 9–39% ниже.

Показатель корнеобеспеченности проростков, отн. ед.
Indicator of root-maintenance of seedlings, relative units

Название сорта Variety name	7-дневные проростки 7 day old seedlings		14-дневные проростки 14 day old seedlings	
	Свет Lighting	Этиоляция Etiolation	Свет Lighting	Этиоляция Etiolation
Саратовская 36 Saratovskaya 36	1,19	1,18	1,00	0,61
Альбидум 31 Albidum 31	0,70*	0,71*	0,68	0,59
Лютесценс 62 Lutescens 62	0,82	1,10	0,64	0,49
Юго-Восточная-2 Yugo-Vostochnaya-2	0,82	0,91	0,62	0,51
Прохоровка Prokhorovka	0,84	1,20	0,70	0,64
Фаворит Favorit	0,76	1,04	0,56	0,49
Саррубра Sarrubra	1,00*	1,10*	0,56*	0,55*
Лебедушка Lebedushka	1,12*	1,11*	0,76	0,61
Саратовская 52 Saratovskaya 52	0,58	0,91	0,51	0,43
Саратовская 29 Saratovskaya 29	0,89	1,10	0,60	0,55

Примечание. * – различия между вариантами эксперимента не достоверны при $p \leq 0,05$.
Note. * – differences between experiment variants are not significant at $p \leq 0,05$.

В течение первых двух недель роста в наибольшей степени отсутствие света отражается на морфометрических показателях эпикотиля и колеоптиля проростка – структур, рост которых, по общепринятому мнению, зависит от светового фактора. Как было отмечено в ряде работ [14,15], колеоптиль заканчивает рост в длину на 10-й день, а прекращение роста эпикотиля происходит в момент завершения роста влагалища 1-го листа, тогда как у этиолированных растений их рост продолжается и после окончания роста 1-го листа [11]. Наши исследования показали, что скорость роста эпикотиля в условиях этиоляции с 12-го дня вегетации проростка превышает аналогичные значения для колеоптиля, пластинки

и влагалища 1-го листа. На момент завершения эксперимента рост эпикотиля не окончен, скорость роста составила на 16-й день роста проростка 6,1 мм/сут. Скорость роста колеоптиля снижается постепенно начиная с 8-го до 12–13-го дня вегетации, затем колеблется в пределах 0,8–1,8 мм/сут (см. рис. 3).

Для сравнительной характеристики физиологических аспектов роста и развития тех или иных структур проростка информативными являются не только линейные размеры, но и значение скорости роста. Первый лист этиолированных растений всех изученных нами сортов характеризуется большей длиной по сравнению с контролем, что обусловлено изменением длины



влагалища; тогда как различие по длине листовых пластинок контрольных и опытных растений является статистически не достоверным. Установлено, что в отсутствие света длина 2-4-го листьев 10-дневных растений уменьшается на 24–34% по сравнению с контролем, длина 5-го листа несущественно отличается от контроля, а 6-го – превышает контрольные значения на 20–58%. Формирование 7-го листа наблюдалось у этиолированных проростков исследованных сортов (за исключением сорта Лебедушка), тогда как при культивировании в условиях освещения на 10-й день вегетации 7-й лист заложился только у проростков сорта Саррубра.

Анализ динамики роста влагалища 1-го листа показал, что у этиолированных растений кривая скорости роста имеет два максимума, которые приходятся на 10-й (29,0 мм/сут) и 12-й (12,4 мм/сут) дни вегетации (см. рис. 3). Скорость роста листового влагалища проростков, выращенных на свету, меняется незначительно, составляя 3,7–5,1 мм/сут в период с 7-го по 13-й день вегетации и 1 мм/сут на 14-й и 15-й. Первый лист этиолированных проростков достигает окончательной длины на 14-й день вегетации, что на двое суток позднее, чем в контроле.

Скорость роста корневой системы проростков характеризуется двумя максимумами. У контрольных растений первый из них приходится на 6-й день вегетации: абсолютная скорость роста главного корня составляет 34,4 мм/сут, корней нижнего яруса – 78, а верхнего – 54 мм/сут. У 5-дневных этиолированных проростков скорость роста корневой системы в целом составляет 129 мм/сут, при этом более высокие значения свойственны корням нижнего яруса – 77 мм/сут. Второго максимального значения скорость роста корневой системы контрольных и опытных растений достигает на 12-й день вегетации. При этом существенный вклад в повышение данного показателя вносят корни нижнего и верхнего ярусов, скорость роста которых составляет 47–51 мм/сут, тогда как скорость роста главного корня – 3 мм/сут. Таким образом, различия по длине корневой системы этиолированных и культивированных на свету проростков начиная с 10-го дня вегетации обусловлены длиной корней верхнего яруса.

Сопоставление кривых скорости роста корневой системы и надземной структуры побега в условиях этиоляции показало, что снижение скорости роста корневой системы на 8–9-й день вегетации сопровождается ускорением роста пластинки и влагалища первого листа и эпикотилиа. На 10-й день наблюдается максимальное значение скорости роста листа (листовая пластинка – 50 мм/сут, влагалище – 29 мм/сут) и эпикотилиа (31 мм/сут), при этом прирост корневой системы незначителен.

тинка – 50 мм/сут, влагалище – 29 мм/сут) и эпикотилиа (31 мм/сут), при этом прирост корневой системы незначителен.

Заключение

На основании проведенного исследования выявлены некоторые особенности роста и развития растений *Triticum aestivum* L. в условиях этиоляции.

Условия культивирования проростков отразились на размерах и продолжительности роста первого листа. При этом различия по длине листа контрольных и опытных растений определяются длиной влагалища. Установлено, что в отсутствие света длина 2-4-го листьев 10-дневных растений уменьшается на 24–34% по сравнению с контролем, длина 5-го листа несущественно отличается от контроля, а 6-го – превышает контрольные значения на 20–58%. Отсутствие света приводит к изменению функциональной активности конуса нарастания побега, что проявляется в ускорении процесса формирования 6–7-х листьев. Продолжительность роста coleoptilya и эпикотилиа в условиях этиоляции увеличивается: эти структуры продолжают свой рост после прекращения роста 1-го листа. Различия по длине корневой системы этиолированных и выращенных на свету проростков определяются длиной корней верхнего яруса, тогда как сумма длины главного корня и корней нижнего яруса не имеет существенных различий.

Сравнение показателя корнеобеспеченности со скоростью роста корневой системы и надземных органов растений пшеницы показало, что зависимость между изменением корнеобеспеченности этиолированных растений и скоростью роста корней и coleoptilya имеет прямой характер, а скоростью роста эпикотилиа, пластинки и влагалища первого листа – обратный.

Таким образом, изучение структурных и функциональных взаимодействий корневой системы и побега при ограничении работы ассимиляционного аппарата вносит определенный вклад в изучение распределения ресурсов и процессов регуляции в донорно-акцепторной системе целого растения, что имеет важное значение для решения одной из важнейших задач физиологии растений – повышения продуктивности ценных сельскохозяйственных объектов.

Список литературы

1. Иванова Л. А., Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Пьянков В. И. Изменение мезофилла листа растений разных функциональных типов при затенении // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 2. С. 230–239.



2. Briggs W. R. Phototropism : Some history, some puzzles, and a look ahead // *Plant Physiol.* 2014. Vol. 164. P. 13–23.
3. Oguchi R., Hikosaka K., Hirose T. Does the photosynthetic Light-Acclimation Need Change in Leaf Anatomy? // *Plant Cell Environ.* 2003. Vol. 26. P. 505–512.
4. Шевлягина О. Ф., Коробко В. В. Влияние этиоляции на строение мезофилла и рост листа *Triticum aestivum* L. // *World science : problems and innovations* : сб. ст. XXII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. С. 32–35.
5. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений : в 2 т. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2016. Т. 1. 437 с.
6. Цыбулько В. С. Анализ экспериментальной обоснованности основных теорий и гипотез биологической природы фотопериодизма // *Физиология и биохимия культурных растений.* 1997. Т. 29, № 4. С. 258–264.
7. Касаткин М. Ю., Степанов С. А., Странко А. М. Влияние этиоляции на спектральные характеристики тканей coleoptily и эпикотилы пшеницы // *Бюл. бот. сада Саратов. гос. ун-та.* 2017. Т. 15, № 1. С. 50–59.
8. Коробко В. В., Шевлягина О. Ф. Особенности роста корневой системы *Triticum aestivum* L. в условиях этиоляции // *Наука и образование : сохраняя прошлое, создаем будущее* : сб. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. С. 28–31.
9. Киризий Д. А. Углекислотный газообмен и перераспределение ассимилятов у фасоли при удалении генеративных органов // *Физиология и биохимия культурных растений.* 2000. Т. 32, № 2. С. 106–113.
10. Киризий Д. А. Влияние дефолиации затенения на фотосинтез и продуктивность в системе донорно-акцепторных отношений растительного организма // *Физиология и биохимия культурных растений.* 2003. Т. 35, № 2. С. 95–107.
11. Странко А. М., Касаткин М. Ю., Степанов С. А. Влияние света на морфогенез пшеницы // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология.* 2016. Т. 16, вып. 4. С. 411–414.
12. Williams R. F. The shoot apex and leaf growth: a study in quantitative biology. L. ; N. Y. : Cambridge University Press, 1975. 256 p.
13. 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 : КНИСХ, 1988. С. 42–47.
14. Захарченко Н. А., Кумаков В. А. Продолжительность и последовательность периодов скрытого и видимого роста вегетативных органов побега яровой мягкой пшеницы // *Сельскохозяйственная биология.* 1998. № 1. С. 76–85.
15. Коробко В. В., Степанов С. А., Щеглова Е. К. Пластичность донорно-акцепторных отношений в онтогенезе побега пшеницы // *Регуляция роста, развития и продуктивности растений* : материалы II Междунар. науч. конф., г. Минск, 5–8 декабря 2001 г. Минск : Колорград, 2001. С. 101–102.

Образец для цитирования:

Шевлягина О. Ф., Коробко В. В. Особенности роста этиолированных растений в аспекте реализации донорно-акцепторных отношений // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология.* 2019. Т. 19, вып. 2. С. 170–176. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-170-176>

Some Features of Growth of Etiolated Plants in the Aspect of Implementation of Donor-Acceptor Relations

O. F. Shevlyagina, V. V. Korobko

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

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

The object of the study was sprouts of spring soft wheat *Triticum aestivum* L. Cultivation was carried out in a climatic chamber at a temperature of $18 \pm 1^\circ \text{C}$. As a control, plants grown during the photoperiod day / night 16/8 were used. Some features of the growth and development of *Triticum aestivum* L. plants were revealed under etiolation conditions. It was established that differences in the length of the root system of etiolated and control seedlings are determined by the length of the roots of the upper tier. The first leaf of etiolated plants is characterized by a longer length and duration of growth. The differences in the length of the leaf control and experimental plants

are determined by the length of the leaf sheath. It was established that in the absence of light, the length of 2–4 leaves of ten-day plants is reduced by 24–34% compared to the control, the length of the fifth leaf is slightly different, and the sixth – exceeds the control values by 20–58%. The etiolation leads to a change in the functional activity of the apex of the shoot, which is manifested by a change in the initiation time of the sixth and seventh leaves. The analysis of the growth rates of epicotyl, coleoptile, roots and the first leaf has been carried out. It has been established that the relationship between changes of the root-maintenance of etiolated plants and the growth rate of the root system and the coleoptile has a direct character; and the growth rate of the epicotyl, the lamina and the sheath of the first leaf is the reverse.

Keywords: etiolation, light factor, wheat morphogenesis, *Triticum aestivum* L.

References

1. Ivanova L. A., Ivanov L. A., Ronzhina D. A., P'yankov V. I. The change in the leaf mesophyll of plants of different functional types in the shading. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2008, vol. 55, no. 2, pp. 230–239 (in Russian).



2. Briggs W. R. Phototropism: Some history, some puzzles, and a look ahead. *Plant Physiology*, 2014, vol. 164, pp. 13–23. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.113.230573>.
3. Oguchi R., Hikosaka K., Hirose T. Does the photosynthetic Light-Acclimation Need Change in Leaf Anatomy? *Plant Cell Environ*, 2003, vol. 26, pp. 505–512.
4. Shevlyagina O. F., Korobko V. V. Influence of etiolation on mesophyll structure and leaf growth *Triticum aestivum* L. *World science: problems and innovations: a collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference*. In 2 parts. Part 1. Penza, MTSNS “Nauka i Prosveshcheniye”, 2018, pp. 32–35 (in Russian).
5. Kuznetsov V. V., Dmitrieva G. A. *Plant Physiology*. In 2 vols. 4th ed., rev. and exp. Moscow, Yurayt Publ., 2016, vol. 1. 437 p. (in Russian).
6. Tsybul’ko B. C. Analysis of experimental validity of the basic theories and hypotheses of the biological nature of photoperiodism. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plant*, 1997, vol. 29, no. 4, pp. 258–264 (in Russian).
7. Kasatkin M. Yu., Stepanov S. A., Strapko A. M. The influence of etiolation on the spectral characteristics of the tissues of the epicotyl and coleoptile of wheat. *Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University*, 2017, vol. 15, no. 1, pp. 50–59 (in Russian).
8. Korobko V. V., Shevlyagina O. F. Features of root system growth of *Triticum aestivum* L. under the conditions of etiolation. *Nauka i obrazovanie: sokhranyaya proshloe, sozdayem budushee: sb. st. XVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 2 ch.* [Science and Education: Preserving the Past, Creating the Future: The Collection of Articles XVI International Scientific-Practical Conference]. In 2 parts. Part 1. Penza, MTSNS “Nauka i Prosveshcheniye”, 2018, pp. 28–31 (in Russian).
9. Kiriziy D. A. Carbon dioxide gas exchange and redistribution of assimilates in beans at removal of generative organs. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 2000, vol. 32, no. 2, pp. 106–113 (in Russian).
10. Kiriziy D. A. Influence of shading defoliation on photosynthesis and productivity in the system of donor-acceptor relations of plant organism. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 2003, vol. 35, no. 2, pp. 95–107 (in Russian).
11. Strapko A. M., Kasatkin M. Yu., Stepanov S. A. Light influence on morphogenesis wheat. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2016, vol. 16, iss. 4, pp. 411–414 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-4-411-414
12. Williams R. F. *The shoot apex and leaf growth: a study in quantitative biology*. London, New York, Cambridge University Press, 1975. 256 p.
13. Golub N. A. Parameters of the primary root system of winter wheat and the possibility of their use in the evaluation of varieties. In: *Physiology of Productivity and Stability of Grain Crops*. Collection of Proceedings. Krasnodar, KNISH, 1988, pp. 42–47 (in Russian).
14. Zaharchenko N. A., Kumakov V. A. Duration and sequence of periods for hidden and visible growth of vegetative organs of spring soft wheat escape. *Agricultural Biology*, 1998, no. 1, pp. 76–85 (in Russian).
15. Korobko V. V., Stepanov S. A., Shcheglova E. K. Plasticity of donor-acceptor relations in the ontogenesis of wheat escape. *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rasteniy: materialy II Mezhdunar. nauch. konf.* [Regulation of Plant Growth, Development and Productivity: Proceedings of the II International Scientific Conference, Minsk, 5–8 December 2001]. Minsk, Kolorgrad Publ., 2001, pp. 101–102 (in Russian).

Cite this article as:

Shevlyagina O. F., Korobko V. V. Some Features of Growth of Etiolated Plants in the Aspect of Implementation of Donor-Acceptor Relations. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 170–176 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-170-176>
