

на и интенсивность воздействия факторов. Так, при сильном направленном освещении проростков свет полностью снимает ингибирующее действие механического давления груза на развитие coleoptilya, тогда как при рассеянном свете малой интенсивности прослеживается небольшой ингибирующий эффект на рост этого органа. Особенности соотношения светового фактора различной интенсивности и механического давления груза разной массы позволяют выделить несколько отдельных типов ответных реакций элементов метамера проростков пшеницы.

#### Список литературы

- Иванов В.Б.* Пролиферация клеток в растениях // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Цитология. 1987. № 5. С. 219–225.
- Lintilhac P.M., Vesecky T.B.* Mechanical stress and cell wall orientation in plant. I. Photoelastic derivation of principal stresses. With a discussion of a concept of axillarity and the significance of the «arcuate shell zone» // Amer. J. Bot. 1980. Vol. 67. P. 1477–1483.
- Kwiatkowska D.* Structural integration at the shoot apical meristem: models, measurements, and experiments // Amer. J. Bot. 2004. Vol. 91. P. 1277–1293.
- Эсау К.* Анатомия семенных растений. М., 1980. Т. 1. 558 с.
- Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 333 с.

УДК 581.823

### СКЛЕРЕНХИМА ЗЕРНОВКИ И ПОБЕГА МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.В. Коробко, С.А. Степанов, М.В. Ивлева**

*Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского  
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83; e-mail: stepanovsa@info.sgu.ru*

Установлено наличие разных типов склереид у основания некоторых трихом зерновки пшеницы. Наибольшее разнообразие склереидных клеток характерно для бороздки зерновки пшеницы. В онтогенезе побега пшеницы, наряду с процессами заложения и последующего развертывания метамеров главного и боковых побегов, одновременно происходят закономерные изменения морфологического разнообразия склереид в узлах стебля.

**Ключевые слова:** склереиды, зерновка, побег, пшеница.

Дифференциация клеток склереиды оказывает влияние на последующий морфогенез растения на клеточном и тканевом уровнях. В частности, F. Wilbur и J. Riopel (1971) отметили, что одними из первых в культуре

in vitro при определенной плотности клеток *Pelargonium hortorum* дифференцируются склереиды, стимулируя в дальнейшем генезис других типов клеток. При механическом нарушении целостности стебля *Coleus* раньше других клеток регенирируют волокна склеренхимы (Aloni, 1976).

Отмечалось (Степанов и др., 2004), что в переходной зоне от побега к корню зародыша зерновки пшеницы, где происходит объединение проводящих тканей, на уровне нижней пары зародышевых придаточных корней наблюдаются дифференцированные клетки протоксилемы, а также волокна склеренхимы. Учитывая важное концептуальное значение исследований переходной зоны побег – корень растения, как возможного центра интеграции его структурно-функциональной целостности (Василевская, 1959; Зубкус, 1979), мы посчитали необходимым дополнить имеющиеся данные по организации зерновки пшеницы. Представляет интерес развитие склеренхимы в других частях побега пшеницы (Степанов, 2008).

### Материал и методика

Изучалась травянистая жизненная форма злаковых культурных растений – *Triticum aestivum* L. (сорт Саратовская 36). Вегетирующие растения брали с момента отгиба первого и каждого последующего листьев, а также до, во время и после цветения. Исследовались зерновки и элементы метамеров побега – узлы и листья. Объекты фиксировали слабым раствором Навашина в течение 24 ч при комнатной температуре (Прозина, 1960), затем промывали в проточной воде и помещали в раствор глицерин–спирт (1:1). Оценивались следующие параметры развития: распространение и величина склереид и волокон зерновки и узлов, листьев стебля, количество вегетативных метамеров побега. Измерение длины склереид и волокон осуществляли после мацерации в растворе 5%-ной хромовой кислоты и 1%-ной соляной кислоты (1:1). Время мацерации зерновок пшеницы – 5 мин., узлов и пластинок листьев пшеницы – 10 мин.

### Результаты и их обсуждение

В ходе исследования отмечено наличие каменистых клеток (брахисклереид) у основания некоторых трихом, расположенных в зоне, прилегающей к верхушке бороздки зерновки пшеницы. Однако наибольшее разнообразие склеренхимных клеток было характерно для бороздки зерновки пшеницы. Здесь наблюдались макросклереиды, слегка изогнутые, удлиненные, прозенхимные склереиды. Их длина варьировала от 56 до 251 мкм. Отмечались редкие волокна склеренхимы, достигающие 389 мкм в длину и 24 мкм по ширине. В зародыше зерновки склереиды были менее

разнообразными. Чаще всего это были макросклерейды или слегка удлиненные клетки размером от 48 до 219 мкм. Встречались также волокна с клетками длиной 220–396 мкм и шириной 8–12 мкм.

С момента прорастания зерновки каждый из формирующихся метамеров побега пшеницы приобретает, как следует из литературных данных (Полевой, 2001; Степанов и др., 2005), черты автономности, основывающейся на наличии дифференцирующихся элементов ввода информации (рецепторов), ее передачи по проводящим тканям к центральным регулирующим элементам и от них на эффекторы (Зубкус, 1979). Предполагается (Степанов и др., 2005; Степанов, 2008), что в роли центральных регулирующих элементов выступают клетки склеренхимы, сосредоточенные в узлах пшеницы, а в роли эффекторов – меристемы. Проявлением постепенно приобретаемой автономности метамеров должен являться, на наш взгляд, полиморфизм склеренхимы, представленной в узлах и других частях метамеров побега пшеницы.

В наших исследованиях было установлено, что с момента отгиба 1-го и каждого последующего листьев максимальная длина склерейд, наблюдаемых в узлах стебля пшеницы, изменяется. Минимальная длина отмечена при отгибе 1-го и 2-го листьев (97 и 129 мкм). Наибольшая длина выявлена для проб, взятых в момент отгиба 5-го и 7-го листьев (251 и 243 мкм), т.е. проявляется тенденция к возрастанию их размеров до момента отгиба 5-го листа. Для следующей пробы их значения снижались до 186 мкм, затем снова возрастая, немногим не достигая средней максимальной величины. С момента отгиба 7-го листа максимальные значения длины склерейд начинали уменьшаться. У пробы, взятой после цветения, максимальная длина склерейд соответствовала таковой к моменту отгиба 6-го листа – 186 мкм (рис. 1).

Склерейды нижних трех узлов имели прямоугольную, с прямыми или скошенными торцами (макросклерейды), изогнутую и слабоизогнутую форму. После отгиба 7-го листа появлялись клетки со слабовыраженными отростками. Склерейды 4-го узла достигали максимальных значений длины к моменту завершения роста пластинки 5-го листа. В пробах, взятых позже, до и во время цветения, наибольшая длина была свойственна склерейдам 5-го и 6-го узлов.

В 5-м узле при отгибе 5-го листа отмечались клетки с более заметными отростками (трихосклерейды). Наряду с трихосклерейдами в последнем узле этой пробы появлялись остео-склерейды. При отгибе 6-го листа в 4-м узле наряду с макросклерейдами встречались клетки прозенхимной формы. В 5-м узле данной пробы разнообразие заметно увеличилось, преобладали трихосклерейды изогнутой формы, встречались остео-, макросклерейды, прозенхимные клетки. Склерейды 6-го узла были менее разнообразными по форме и длине.

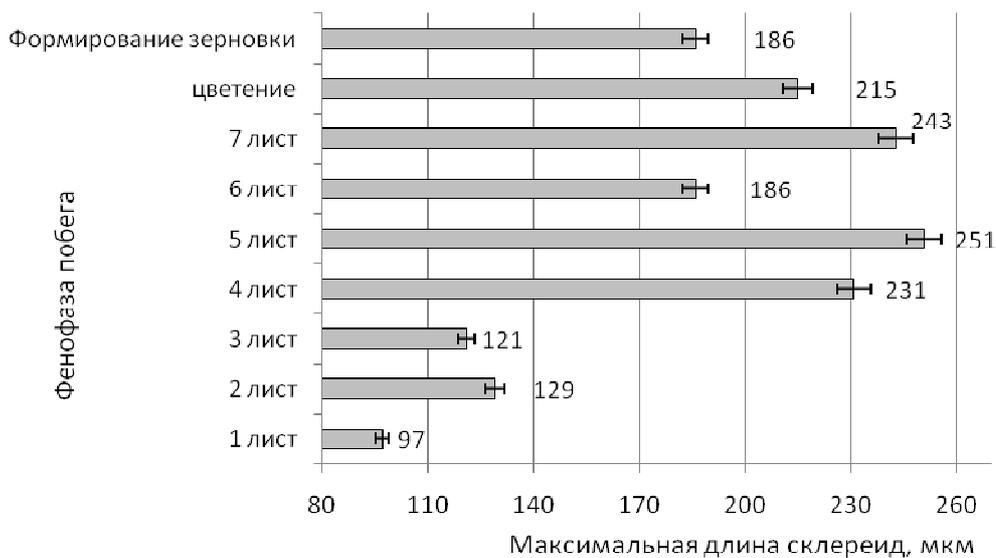


Рис. 1. Развитие склереид стебля мягкой яровой пшеницы

В пробе, взятой на момент отгиба 7-го листа, наибольшим разнообразием отличался 5-й узел. Склеренхимные клетки здесь были представлены различными формами трихосклереид – отросчатыми, изогнутыми, остесклереидами.

На момент цветения пшеницы склереиды 5-го узла уступали в разнообразии таковым до цветения, а последние, в свою очередь, были менее разнообразными, чем в момент отгиба 7-го листа. 6-й узел в период цветения обладал бóльшим разнообразием клеток, чем до и после цветения. Склереиды были представлены здесь бóльшим количеством различных форм трихосклереид, остесклереид, изогнутой, прозенхимной формы клеток. Среди склеренхимных клеток 7-го узла до цветения преобладали трихосклереиды различной формы, в момент цветения и формирования зерновки они были менее разнообразные. Основные типы склереид узлов представлены на рис. 2.

Таким образом, на основании проведенного исследования развития склереид узлов стебля пшеницы можно сделать следующие выводы.

1. Максимальная длина клеток в каждой из проб приходится на 4-й узел. Перед цветением самые длинные склереиды характерны для 5-го узла, в момент цветения – для 6-го. После цветения максимум значений приходится опять на 4-й узел.

2. Длина склеренхимных клеток имеет самое большое значение в 4-м узле в момент отгиба 5-го листа, а минимальное – при отгибе 1-го листа.

3. Полиморфизм склереид не выявляется в первых трех узлах, а с момента отгиба 6-го листа – и в 4-м узле.

4. Наибольшим разнообразием отличаются склереиды 5-го узла в момент отгиба 7-го листа и в период цветения. После цветения происходит уменьшение их разнообразия.

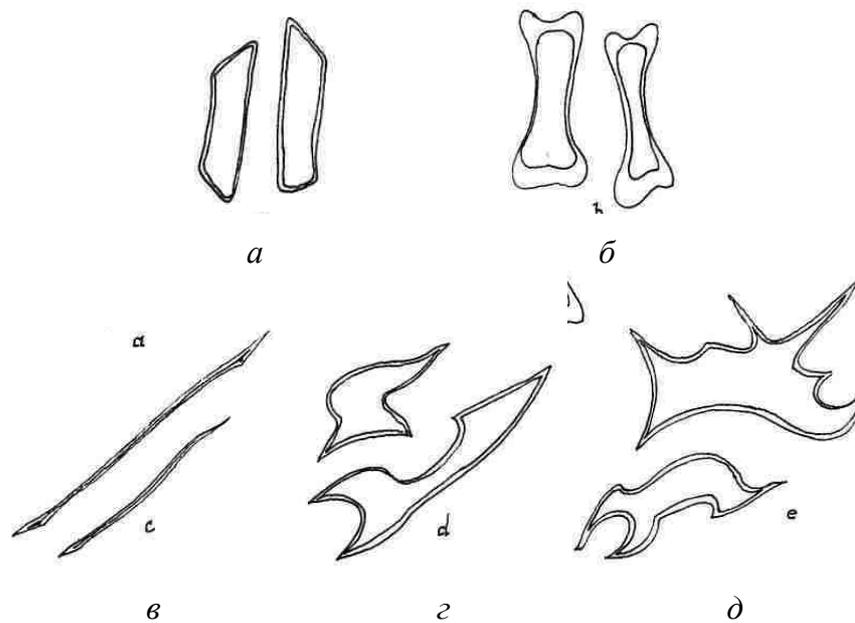


Рис. 2. Основные типы склереид узлов стебля пшеницы Саратовская 36: *a* – макросклереиды; *б* – остеосклереиды; *в* – нитевидные клетки; *г* – трихосклереиды; *д* – астрообразные склереиды

При изучении развития волокон склеренхимы в средней части листовых пластинок пшеницы, взятых в момент отгиба 1-го и каждого последующего листьев, было отмечено, что длина склеренхимных волокон варьирует в пределах 676–914 мкм. Самые длинные волокна были характерны для пластинок 5-го листа (рис. 3). Эта особенность – максимальное развитие волокон склеренхимы в фазе 5-го листа – связана, возможно, с максимальным развитием реализуемой в онтогенезе метамерной структуры побега пшеницы (рис. 4).

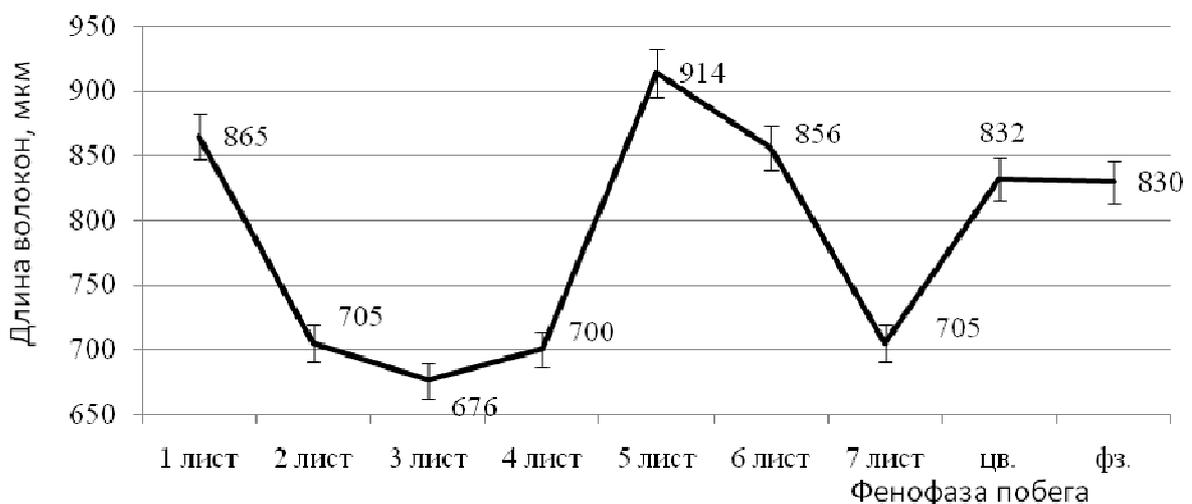


Рис. 3. Развитие склеренхимных волокон пластинки листьев *Triticum aestivum* L. Саратовская 36

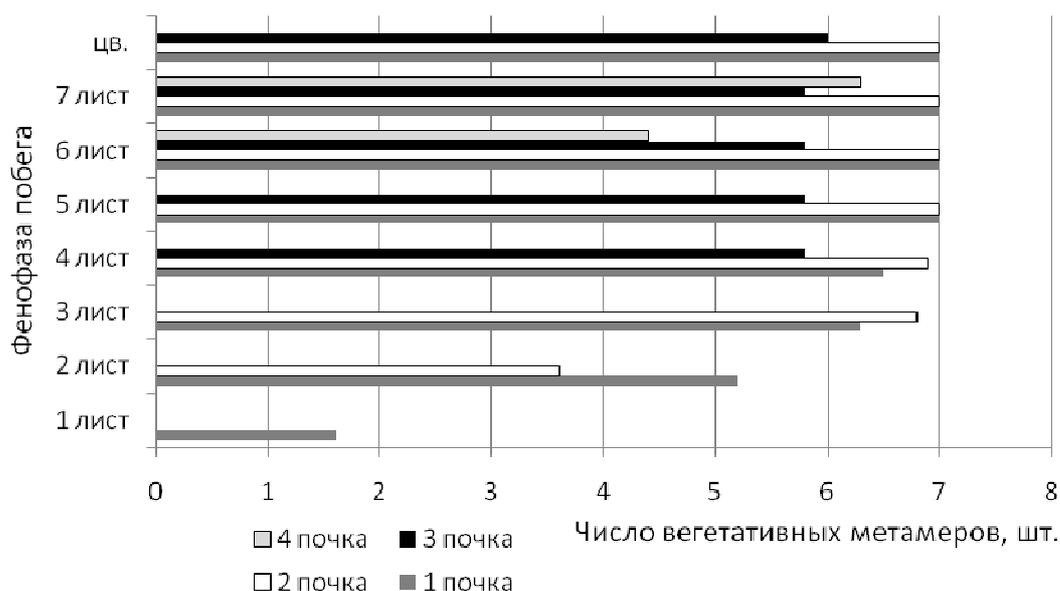


Рис. 4. Емкость боковых почек *Triticum aestivum* L. Саратовская 36

Как показали наши исследования, количество вегетативных метамеров в боковых почках (емкость почки) варьирует от 1 до 7. Минимальное среднее значение составляет 1,6 (1-я почка 1-й пробы), максимальное отмечено для 1-й и 2-й почек в момент отгиба 5-го листа. Прослеживаются значительные колебания емкости почек в различных пробах.

3-я почка достигает достаточного развития после отгиба 4-го листа. При этом отмечается тенденция уменьшения количества вегетативных метамеров относительно 1-й и 2-й боковых почек побега пшеницы (см. рис. 4).

4-я почка наиболее развита в период отгиба 6-го и 7-го листьев. Количество вегетативных метамеров равно соответственно 4,4 и 6,3 шт. Отсутствие 4-й почки в трех последних пробах позволяет предположить возможность ее редукции.

Таким образом, можно заключить, что в онтогенезе побега пшеницы наряду с процессами заложения и последующего развертывания метамеров главного и боковых побегов одновременно происходят закономерные изменения морфологического разнообразия склерейд в узлах стебля, значений их длины. Изменение параметров клеток в онтогенезе растения характерно и для волокон пластинки листьев.

#### Список литературы

Василевская В.К. Анатомическое строение зародыша и проростка некоторых травянистых растений // Вестн. Ленингр. ун-та. 1959. № 3. С. 5–19.

Зубкус О.П. Особенности генерации электрических импульсов растениями // Изв. Сибир. отд-ния АН СССР. Сер. Биол. науки. Новосибирск, 1979. Вып. 5/1. С. 120–124.

*Полевой В.В.* Физиология целостности растительного организма // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 4. С. 631–643.

*Прозина М.Н.* Ботаническая микротехника. М.: Высш. шк., 1960. 254 с.

*Степанов С.А., Даштова Ю.В.* Качественные аспекты анатомо-морфологической организации зародыша зерновки яровой пшеницы // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. Вып. 3. Саратов: Науч. кн., 2004. С. 149–158.

*Степанов С.А., Коробко В.В., Даштова Ю.В.* Трансформация межмерных отношений в онтогенезе побега пшеницы // Изв. СГУ. Сер. Химия. Биология. Экология. 2005. Т. 5, вып. 2. С. 33–36.

*Степанов С.А.* Проблема целостности растения на современном этапе развития биологии // Изв. СГУ. Сер. Химия. Биология. Экология. 2008. Т. 8, вып. 2. С. 50–57.

*Aloni R.* Regeneration of Phloem fibres round a Wound: a new experimental system for studying the Physiology of fibre Differentiation // Ann. Bot. 1976. Vol. 40, № 166. P. 395–396.

*Wilbur F.H., Riopel J.L.* The role of cell interaction in the growth and differentiation of *Pelargonium hortorum* cells in vitro. 1. Cell interaction and growth // Bot. Gaz. 1971. Vol. 132, № 3. P. 183–193.

УДК 581.143.21

## РОСТ И РАЗВИТИЕ КОНУСА НАРАСТАНИЯ ПОБЕГА В ВЕГЕТАТИВНЫЙ ПЕРИОД ОРГАНОГЕНЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

**С.А. Степанов, Е.К. Щеглова**

*Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского  
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83; e-mail: stepanovsa@info.sgu.ru*

Изучались особенности роста и развития конуса нарастания побега яровой мягкой пшеницы на примере нескольких генотипов в вегетативный период органогенеза. Выявлено различие генотипов по продолжительности пластохронов, абсолютной и относительной скорости роста конуса нарастания.

**Ключевые слова:** генотип, пластохрон, конус нарастания, скорость роста.

Органогенная деятельность конуса нарастания эмбрионального побега с момента прорастания зерновки проявляется в виде комплекса функциональных изменений, определяемых как пластохронные, связанные с вычленением отдельных зачаточных метамеров, и онтогенетические, представленные его последовательным ростом и развитием (Серебрякова, 1971; Kirby, 1977). Предполагается, что одним из средств селекции сортов пшеницы является поиск форм с интенсивно функционирующими меристема-