

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра микробиологии и физиологии растений

**МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
РОСТА И РАЗВИТИЯ *TRITICUM DURUM* DESF.  
СОРТОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 241 группы

Направление подготовки магистратуры 06.04.01 Биология

Биологического факультета

Хачатурова Эдуарда Гариевича

Научный руководитель:

доцент, кандидат биол. наук

\_\_\_\_\_ В.В. Коробко  
дата, подпись

Заведующий кафедрой:

профессор, док. биол. наук

\_\_\_\_\_ С.А. Степанов  
дата, подпись

Саратов 2021

**Актуальность темы.** Злаки обладают очень широкой экологической амплитудой и пластичностью, т. е. их можно возделывать в различных климатических и почвенных зонах. Изучение онтогенетических особенностей роста и развития растений - как важнейших факторов, определяющих полевую устойчивость, особенно актуально в условиях Юго-востока европейской части России, где основными факторами, лимитирующими продуктивность, являются недостаток влаги в почве, жара и засухи [1].

**Цели и задачи исследования.** Целью работы является изучение особенностей морфогенеза растений яровой твердой пшеницы сортов саратовской селекции *Triticum durum* Desf.

Для реализации поставленной цели определены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ развития зародыша зерновки твердой пшеницы.
2. Изучить морфологические и физиологические аспекты формирования побега и корневой системы проростка твердой пшеницы.
3. Установить фитомерные особенности морфолого-анатомической организации побега растений твердой пшеницы.
4. Выявить особенности формирования основных элементов продуктивности колоса и, основываясь на структурном анализе продуктивности, выделить сорта со сбалансированным типом морфогенетических систем.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования служили зерновки, проростки и растения яровой твердой пшеницы *Triticum durum* Desf. 14 сортов, выращенные в полевых условиях НИИСХ Юго-Востока.

Для определения степени развития главной почки использованы неповрежденные, выровненные по размеру семена, взятые из средней части колоса главного побега. Перед замачиванием зерновок с помощью вакуумного насоса удален воздух, чтобы обеспечить равномерное набухание семян. Семена помещали на фильтровальную бумагу в чашки Петри, заливали 10 мл дистиллированной воды и культивировали в течение 18 часов в отсутствии

света. Затем зерновки фиксировали в смеси глицерина и 96% этилового спирта (1:1). Для проведения морфометрического анализа зерновки через 5-6 суток семена препарировали, выделяя из них зародыш. При помощи МБС-9 определяли длины 1-3 листьев эмбрионального побега зародыша.

Для изучения развития зародышевой корневой системы проводили посадку зерновок в полиэтиленовые емкости объемом 200 мл, заполненные вермикулитом. Культивирование осуществлялось в климатоканере при температуре  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  и шестнадцатичасовом фотопериоде. На 5 и 12 день эксперимента измеряли длину главного корня, зародышевых корней нижнего и верхнего ярусов. На основании морфометрических данных рассчитывали абсолютную скорость роста корневой системы 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  $t_1$  [2, 3]. Показатель корнеобеспеченности (the root-to-shoot ratio) рассчитывали как отношение абсолютно сухой массы корневой системы к абсолютно сухой массе побега, выраженное в относительных единицах.

Изучение структурно-функциональной организации тканей влагалища листа проводили на временных препаратах. Для анатомических исследований влагалище листа со стеблевым узлом фиксировали в слабом растворе Навашина по М.Н. Прозинной [4], промывали в проточной воде в течение суток и в дальнейшем хранили в смеси 96% спирта и глицерина (1:1). Временные препараты были приготовлены с использованием ручного микротомы по общепринятой методике.

Для изучения особенностей организации клеток эпидермиса использованы препараты мацерата, полученного при обработке фрагментов тканей влагалища листа в кипящем 10% растворе гидроксида натрия в течение 5-10 минут [5, 6]. Фотографии получены при помощи цифровой камеры-окуляра SCIENTIFIC-MOUNT CAMERA 5.1MP Aptina color CMOS для микроскопа Tension, Биомед 6 тринокулярный.

Важной проблемой в селекционном процессе является повышение эффективности отбора селекционного материала по признаку продуктивности с использованием селекционных индексов [7].

Более точным критерием морфогенетического потенциала сорта и, соответственно, его урожайности, является морфогенетический индекс продуктивности (МИП) для каждого из элементов продуктивности колоса – числа колосков и зерновок, их массы [8, 9]. Для проведения структурного анализа продуктивности сортов пшеницы брали в конце вегетации по 30 растений из трёх повторностей, которые затем объединяли в группу и методом случайной выборки отбирали из неё 30 растений. Статистическую обработку результатов исследований проводили, по Б. А. Доспехову [10], с использованием пакета программы Excel 2010.

**Структура и объем работы.** Диплом изложен на 67 страницах и содержит такие структурные элементы: Содержание, Введение, Основная часть, Заключение, Выводы и Список использованных источников. В свою очередь основная часть содержит такие главы:

1. Проблемы селекции яровой твердой пшеницы на высокую продуктивность, в которой рассматривались морфолого-анатомические и физиологические аспекты продуктивности пшеницы, особенности роста и развития зародыша пшеницы в аспекте реализации донорно-акцепторных отношений.

2. Материалы и методы исследований, в которой рассматривались материалы исследований, методы исследований.

3. Результаты исследований, в которой рассматриваются особенности роста и развития зародыша и проростков *Triticum durum* Desf. сортов саратовской селекции, сортовые особенности морфолого-анатомической организации побега и структурный анализ продуктивности растений твердой пшеницы.

**Научная новизна.** Выявлены сорта, зародыш которых характеризуется наиболее развитым эмбриональным побегом, установлена связь между

развитием эмбрионального побега и длиной зародышевой корневой системы. Установлены особенности организации влагалища листа в зависимости от положения в системе фитомеров побега. Определена скорость роста первого листа, главного и придаточных зародышевых корней проростков исследованных сортов. Определены сортовые особенности формирования элементов продуктивности колоса в условиях 2020 года.

**Научная значимость.** Данные, полученные в результате проведенного исследования, могут быть использованы для целенаправленного применения сортового многообразия твердой пшеницы и более полного выявления адаптивного потенциала сортов саратовской селекции.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Сорта с наиболее развитым эмбриональным побегом характеризуются наибольшей длиной корневой системы проростков.

2. Наблюдается сортовая специфичность по длине главного и придаточных корней, скорости роста корней и первого листа проростков твердой пшеницы

3. Строение листового влагалища определяется положением в системе фитомеров побега. Листовым влагалищам свойственна ярусная изменчивость морфолого-анатомической организации по строению абаксиального и адаксиального эпидермиса, механической и проводящих тканей.

4. Сорта саратовской селекции в условиях 2020 года характеризуются вариабельностью в развитии элементов продуктивности колоса: числу колосков; числу зерновок в колосе, длине колоса и массе зерновки, а также различной степенью сбалансированности морфогенетических систем.

#### **Основное содержание работы**

**Особенности развития зародыша *Triticum durum* Desf. сортов саратовской селекции.** Проведенное исследование показало, что суммарная длина примордиев всех зародышевых листьев варьирует от  $1303 \pm 14$  мкм (сорт Валентина) до  $1520 \pm 18$  мкм (сорт Лилёк); средними значениями данного

показателя, соответствующими значению медианы (1459 мкм), обладают зародыши сортов Золотая волна и Аннушка.

Для того чтобы оценить развитие зародыша различных сортов пшеницы проведено сравнение абсолютной длины примордиев зародышевых листьев сорта с медианным значением данного признака в группе изученных сортов. Установлено, что среди изученных сортов можно выделить три сорта - Луч 25, Лилёк и Саратовская 59, у которых значения абсолютной длины примордиев всех зародышевых листьев были выше медианных показателей; а также сорта – Валентина, Саратовская 40 и Крассар, у которых все исследованные показатели развития зародыша ниже медианы. Для зародыша сорта Золотая волна длина первого (904 мкм) и второго (360 мкм) зародышевого листьев соответствуют медианным значениям, а третьего (191 мкм) - превышает его не значительно (на 7%).

Т.о., сравнительный анализ развития зерновки твердой пшеницы сортов саратовской селекции показал, что наиболее развитым эмбриональным побегом характеризуются сорта Луч 25, Лилёк и Саратовская 59; значения всех изученных показателей которых выше соответствующих медианных значений. Выделены сорта, у которых значения абсолютной длины примордиев всех зародышевых листьев и высоты конуса нарастания ниже соответствующих значений медианы – это сорта Саратовская 40 и Крассар.

**Особенности роста и развития проростков *Triticum durum* Desf. сортов саратовской селекции.** Длина первого листа проростков варьирует от 185 мм (сорт НИК) до 220 мм (сорт Валентина). Статистический анализ полученных данных показал, что степень варьирования длины пластинки первого листа является не значительной, тогда как коэффициент варьирования длины листового влагалища сортов указывает на среднюю степень изменчивости признака. Рассчитана относительная длина листовой пластинки в % соотношении от длины всего первого листа. Значение относительной длины листовой пластинки максимальна у проростков сортов Саратовская 59, Людмила, Золотая волна – 81-85%. Тогда как ряд сортов среди исследованных –

НИК, Крассар, Николаша - характеризуются высокой долей влагалища (26 - 30%).

Наименьшими значениями скорости роста первого листа – 15,3-15,4 мм/сут - характеризуются сорта НИК, Николаша, Елизаветинская, Саратовская 57; наибольшее значение данного показателя, а именно 18,3 мм/сут, выявлены у растений сорта Валентина.

Параметры развития зародышевой корневой системы определяли на 5 и 12 день роста. Длина главного корня 12-ти дневных растений исследованных сортов варьирует от 104 мм (сорт Елизаветинская) до 144-146 мм (сорта НИК и Луч 25). Наиболее интенсивный рост главного корня в течение 5 суток от посева наблюдался у проростков сортов Елизаветинская, Крассар и Аннушка: абсолютная скорость его роста составила 13-14 мм/сут. За период с 5 по 12 день роста скорость роста главного корня проростков этих сортов снижается, составляя на 12 день вегетации 5-9 мм/сут – минимальные значения данного показателя среди исследованных нами сортов [11].

На основании полученных данных рассчитана абсолютная скорость роста корневой системы объектов исследования. Выделены сорта, проростки которых характеризуются высокой скоростью роста корневой системы (50-53 мм/сут) – Луч 25, Саратовская 59, Саратовская золотистая, НИК, Аннушка, и сорта с наименьшими значениями данного показателя (38-40 мм/сут) – Николаша и Елизаветинская.

Выявлены некоторые особенности роста главного зародышевого корня. Наиболее интенсивный рост главного корня проростков сортов Елизаветинская, Крассар и Аннушка приходится на первые 5 дней от посева, затем скорость роста снижается: у 12-дневных проростков имеет минимальные показатели среди исследованных сортов. Для проростков сортов Людмила, Луч 25 и НИК характерно увеличение скорости роста главного зародышевого корня в период с 5 по 12 день вегетации.

У 5-дневных проростков исследованных сортов корнеобеспеченность варьирует от 0,92 до 1,89 отн. ед.; медианное значение составляет 1,31 отн.ед.

Коэффициент вариации равен 19 %, что говорит о средней степени варьирования данного признака у 5-дневных проростков изученных сортов. Минимальными значениями корнеобеспеченности характеризуются проростки сорта НИК, максимальными - сортов Аннушка и Саратовская золотистая.

К 12 дню вегетации показатель корнеобеспеченности проростков снижается. В наименьшей степени этот эффект проявился у сорта НИК, корнеобеспеченность проростков которого снизилась на 0,14 отн.ед, тогда как для других сортов – на 0,48-1,27 отн.ед [11].

**Сортовые особенности морфолого-анатомической организации побега растений твердой пшеницы.** По результатам проведенного нами исследования сортов твердой пшеницы в агропопуляциях растений было установлено, что в условиях вегетации 2020 года число листьев составляет от 5 до 6 шт. У растений сортов Саратовская 40, Золотая волна формирования 6 листа не наблюдалось. У других изученных сортов количество растений с 6 листьями составляло от 3,3% (Аннушка, Елизаветинская, Людмила, Луч 25) до 57 % (Саратовская 57).

Измерение длины междоузлий растений изученных сортов позволило выявить некоторые сортовые особенности и морфологические характеристики. Суммарная длина междоузлий фитомеров стебля пшеницы, несущих листья нижнего яруса, составляет от 15,6 см (сорт Саратовская 57) до 27,6 см (сорт Золотая волна). Доля трех нижних метамеров побега составила от 22 % до 31 % от высоты растения и 20-35% от высоты соломины [12].

Длина четвертого междоузлия у всех исследованных сортов варьирует незначительно (коэффициент варьирования составит 8,6 %). Минимальные значения длины четвертого междоузлия – 12,8 см - отмечены у растений сорта Саратовская 57, максимальные – 17,5 см – у растений сорта Людмила.

Длина пятого междоузлия, которое в условиях вегетации 2020 года является колосонесущим для сортов Саратовская 40 и Золотая волна, равна 28,2 и 36,1 см соответственно, что составило 39 - 41% от высоты целого растения и 41-45% от высоты соломины. Среди растений других сортов наименьшим

показателем данного признака характеризуется сорт Саратовская 57, у которого длина 5 междоузлия составило 17,6 см.

Изучена фитомерная изменчивость анатомического строения листового влагалища верхних фитомеров твердой пшеницы на примере сорта Саратовская золотистая. В развитии проводящих тканей можно выделить следующие особенности: уменьшение высоты малых и крупных проводящих пучков при отсутствии статистически значимых различий в диаметре сосудов ксилемы.

Высота крупных пучков составила у флагового листа –  $101,2 \pm 9,4$  мкм, четвертого –  $171,1 \pm 9,7$  мкм; при этом различия между значениями в двух верхних листьях статистически не значимы. По ширине крупных проводящих пучков во влагалищах листьев различных ярусов статистически значимых различий не обнаружено. Ширина пучков составила от 127,3 до 133,3 мкм. Отмечено, что диаметр сосудов протоксилемы варьирует от 1,2 мкм (флаговый лист) до 4,9 мкм (пятый лист), а метаксилемы - от 6,6 мкм (флаговый лист) до 9,8 мкм (пятый лист).

#### **Структурный анализ продуктивности сортов твердой пшеницы.**

Длина колоса варьировала от 7 (сорт Николаша) см до 9 (сорт Саратовская 57) см, что составило от 8 до 13% от высоты всего растения. Длина колоса растений сортов Лилек, Крассар и НИК соответствует или незначительно отличается от медианного значения (7,8 см) данного параметра исследованных сортов. Длина колоса, превышающая значение медианы, выявлена у сортов Саратовская 40, Саратовская 57, Золотая волна, Саратовская золотистая, Валентина, Елизаветинская; у растений других сортов длина колоса меньше медианного значения данного параметра.

Количество колосков в колосе у растений исследованных сортов твердой пшеницы Саратовской селекции в условиях вегетации 2020 года составило от 17,7 шт. (Елизаветинская) до 26 шт. (Саратовская 57). Характерно, что сорт Саратовская 57 отличался по данному показателю от всех исследуемых сортов. Медианному значению (21,0 шт.) соответствует данный показатель у сортов Лилек, Крассар, Николаша, НИК и Луч 25.

Количество озерненных колосков у изученных сортов составляет от 16,5 (Николаша) шт. до 22,3 (Саратовская 57) шт. Медиана данного показателя составила 19,1; такое значение выявлено у следующих сортов: Лилек, Саратовская золотистая, НИК, Луч 25 и Саратовская 59. Количество неозерненных колосков у исследованных сортов твердой пшеницы составило от 1,1 (Луч 25, Саратовская 59) шт. до 4 (Николаша) шт. При этом количество неозерненных колосков у растений двух сортов - Аннушка и Елизаветинская - соответствует медианному значению (1,7 шт.).

При проведении структурного анализа продуктивности сортов твердой пшеницы саратовской селекции установлено, что максимальным количеством зерновок в колосе в условиях вегетации 2020 г. характеризуются растения сорта Аннушка (47,85 шт.); минимальным - растения сорта Саратовская 57 (34,5 шт.). Характерно, что по количеству колосков сорт Саратовская 57, наоборот, превосходит другие сорта. Значение медианы составило 38,5; данному значению соответствуют показатель следующих сортов: Николаша, Людмила, Валентина, НИК, Саратовская 59.

Совершенно иная тенденция в развитии колоса отмечена в отношении массы зерновки. Масса зерновки составляла среди сортов Саратовской селекции от 41 (Аннушка) мг до 68 (Крассар) мг. Медианный показатель составил 53 мг, что характерно для растений сортов Лилек и Валентина.

Более точным критерием морфогенетического потенциала сорта и, соответственно, его урожайности, является морфогенетический индекс продуктивности (МИП) для каждого из элементов продуктивности колоса – числа колосков и зерновок, их массы. О существенной информативности данного показателя свидетельствует высокий коэффициент корреляции ( $k = 0,98$ ) между МИП и урожайностью сорта.

Одним из критериев урожайности того или иного сорта является сбалансированность морфогенетических процессов между элементами продуктивности колоса. Наиболее оптимальным для реализации потенциалов колоса на этапах формирования колосков, цветения и налива зерна является

расположение полученных из анализа структуры урожая вариационных кривых элементов продуктивности колоса таким образом, чтобы их максимальные значения приходились на один, более высокий класс [9].

Как показали наши исследования, в условиях 2020 года только сорта Лилек и Валентина можно отнести к сортам со сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса - числу колосков, числу зерновок и их массе.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Широкая экологическая амплитуда и пластичность злаков, наряду с продовольственной ценностью, определяют их широкое и эффективное использование в различных климатических условиях и почвенных зонах.

Продуктивность твердой пшеницы, в том числе и сортов саратовской селекции, тесно связана со структурой колоса. Для продуктивных сортов характерны большее число колосков, число зерновок в колосе и колоске, меньший процент неозерненных колосков, большая масса зерновки. Одной из важнейших задач современного земледелия является дальнейшее увеличение продуктивности создаваемых новых сортов, за счет увеличения числа зерновок в колоске и их массы.

Данные, полученные в результате проведенного исследования, могут быть использованы для целенаправленного применения сортового многообразия твердой пшеницы и более полного выявления адаптивного потенциала сортов саратовской селекции.

## **ВЫВОДЫ**

1. Сравнительный анализ развития зародыша зерновки твердой пшеницы сортов саратовской селекции показал, что наиболее развитым эмбриональным побегом характеризуются сорта Луч 25, Лилёк и Саратовская 59; значения всех изученных показателей которых выше соответствующих медианных значений. Выделены сорта, у которых значения абсолютной длины

примордиев всех зародышевых листьев и высоты конуса нарастания ниже соответствующих значений медианы – это сорта Саратовская 40 и Крассар.

2. Длина первого листа двенадцатидневным проростков твердой пшеницы сортов саратовской селекции варьирует от 185 мм (сорт НИК) до 220 мм (сорт Валентина) Наименьшими значениями скорости роста первого листа – 15,3-15,4 мм/сут - характеризуются сорта НИК, Николаша, Елизаветинская, Саратовская 57; наибольшее значение данного показателя (18,3 мм/сут), выявлены у растений сорта Валентина.

3. На основании исследования морфологических аспектов развития зародышевой корневой системы растений твердой пшеницы были выявлены сортовые различия по длине главного и придаточных корней, скорости роста главного корня и корневой системы в целом. Выделены сорта, проростки которых характеризуются наибольшей длиной корневой системы – это сорта Луч 25, Саратовская 59, Саратовская золотистая, и сорта с высокой скоростью роста корневой системы - Луч 25, Саратовская 59, Саратовская золотистая, НИК, Аннушка(50-53 мм/сут). Сорта Николаша и Елизаветинская имеют наименьшие значения данного показателя (38-40 мм/сут).

4. Показатель корнеобеспеченности 5-дневных проростков изученных сортов твердой пшеницы варьирует от 0,92 (НИК) до 1,89 (Аннушка) отн. ед. К 12 дню вегетации показатель корнеобеспеченности проростков снижается, составляя 0,42(Саратовская 40) - 1,29 (Луч 25) отн.ед. у растений всех сортов, за исключением сорта Луч 25.

5. Высота растений пшеницы исследованных сортов варьировала от  $70,39 \pm 3,15$  см (Саратовская 59) до  $91,61 \pm 3,69$  см (Елизаветинская), при этом суммарная длина междоузлий нижних фитомеров составляет от 15,6 см (сорт Саратовская 57) до 27,6 см (сорт Золотая волна). Доля трех нижних метамеров побега составила от 22% до 31% от высоты растения и 20-35% от высоты соломины.

6. Изучение анатомической организации листового влагалища твердой пшеницы на примере сорта Саратовская золотистая выявило наличие

изменчивости по ряду признаков от листьев нижних ярусов к верхним: в строении покровной ткани - увеличение длины основных клеток эпидермиса, увеличение частоты встречаемости устьиц, увеличение размеров устьиц в абаксиальном эпидермисе, уменьшение количества парных клеток на единицу поверхности с абаксиальной стороны листового влагалища; в строении механической ткани – утолщение механической обкладки пучков за счет увеличения количества склеренхимных волокон; в строении проводящих тканей – уменьшение высоты проводящих пучков при отсутствии статистически значимых различий в диаметре сосудов ксилемы.

7. Выявлены особенности в развитии элементов продуктивности колоса у растений твердой пшеницы сортов саратовской селекции в условиях 2020 года: количество колосков в колосе варьирует от 17,7 (Елизаветинская) до 26 (Саратовская 57) шт.; количество зерновок в колосе – от 34,5 (Саратовская 57) до 47,85 (Аннушка) шт.; масса зерновки – от 41 (Аннушка) до 68 (Крассар) мг; количество неозерненных колосков – от 1,1 (Луч 25, Саратовская 59) до 4 (Николаша) шт.; количество озерненных колосков составляет от 16,5 (Николаша) шт. до 22,3 (Саратовская 57) шт.

8. Морфогенетический индекс продуктивности в условиях 2020 года составил: по числу колосков в колосе - от 2,95 до 4,25; по числу зерновок в колосе – от 3,15 до 4,45; по массе зерновки - 3,15 - 4,3; по длине колоса - от 2,87 до 4,37. В условиях 2020 года к сортам со сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса - числу колосков, числу зерновок и их массе можно отнести только два сорта: Лилек и Валентина.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Васильчук, Н. С. Саратовские сорта яровой твёрдой пшеницы для засушливых условий Поволжья / Н. С. Васильчук [и др.] // Сб. науч. тр., ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов: ООО «Ракурс», 2009. – С. 82-89.

2 Williams, R. F. The shoot apex and leaf growth: a study in quantitative biology/ R. F. Williams // London, New York, Camb. Univ. Press., 1975. –256 p.

3 Глуховцева, Н. И. О методах и результатах селекции яровой пшеницы интенсивного типа для условий среднего Поволжья / Н. И. Глуховцева // С/х биология, 1978. – Т.13, №3. – С. 338-351.

4 Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. –М.: Высшая школа, 1960.–207 с.

5 Глуховцева, Н. И. О методах и результатах селекции яровой пшеницы интенсивного типа для условий среднего Поволжья / Н. И. Глуховцева // С/х биология, 1978. – Т.13, №3. – С. 338-351.

6 Торощина, Ю. Н. Некоторые аспекты применения метода мацерации тканей междоузлия злаков / Ю. Н. Торощина, В. В. Коробко // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: Сборник науч.статей. – Вып. 22. – Саратов: Амирит, 2020. – С. 3-7.

7 Прохорова, Т. М. Морфологические особенности развития алейроновых клеток зерновки мягкой зерновой пшеницы сортов саратовской селекции / Т. М. Прохорова, С. А. Степанов // Апомиксис и репродуктивная биология: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.С. Хохлова. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2010. – С. 192-195.

8 Кочерина, Н. В. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов / Н.В Кочерина, В. А. Драгавцев // АФИ. – 2008. – 87 с.

9 Степанов, С. А.Формирование элементов продуктивности колоса яровой мягкой пшеницы / С.А. Степанов [и др.] // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2013. –Т. 13, вып. 1. – С. 65–70.

10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

11 Хачатуров, Э. Г. Особенности роста зародышевой корневой системы *Triticum durum* Desf. сортов саратовской селекции / Э. Г. Хачатуров, В.

В. Коробко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2020. –Том 20, выпуск 4. – С. 433-437.

12 Хачатуров, Э. Г. Сортовые особенности развития зародыша зерновки *Triticum durum* Desf. / Э. Г. Хачатуров, В. В. Коробко, С. А. Степанов // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: Сборник науч.статей. – Вып. 22. – Саратов, 2020. – С. 7-11.