

УДК 633.11 «324»:581.1.045
EDN GSKJAE

Косенко С. В.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАЗЛИЧНЫХ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Реферат. Среднее Поволжье является одним из крупных регионов Российской Федерации по производству зерна пшеницы. Однако неблагоприятные природные факторы, среди которых первое место занимает перезимовка, а затем и засуха, приводят к значительному варьированию урожайности озимой мягкой пшеницы. Осуществлять контроль за агроклиматической ситуацией можно набором соответствующих сортов, обладающих хорошо развитой корневой системой. Поэтому целью исследований является проведение анализа морфометрических параметров корневой системы у сортов озимой пшеницы для отбора исходного материала, перспективного при селекции на зимостойкость. Исследования проводили в 2015/16–2016/17 сельскохозяйственных годах в лесостепной зоне Пензенской области. Материалом для исследований служили 10 сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) различающихся по группе спелости. Опыты закладывали в шестикратной повторности с площадью делянок 10 м², расположение делянок рендомизированное. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян/га. Вегетационные периоды 2015/16 и 2016/17 годов характеризовались благоприятными условиями, ГТК равен 1,10 и 1,18 соответственно. Установлено, что на долю влияния фактора «сорт» в общей изменчивости числа, длины зародышевых и узловых корней составил 54,1 %, 44,2 % и 87,0 %, 75,2 % соответственно, «год» – 12,0 %, 18,1 % и 11,9 %, 18,2 % соответственно. В годы исследований наиболее зимостойкими (в среднем 81–86 %) и высокоурожайными (в среднем 4,58–5,71 т/га) были среднеспелые сорта озимой пшеницы Фотинья, Клавдия 2, Безенчукская 380, Скипетр, Оренбургская 105, которые в сравнении с раннеспелыми сортами образовывали большое число зародышевых (в среднем 5,4–6,2 шт.) и узловых корней (в среднем 9,5–12,6 шт.). Отмечена положительная корреляционная связь зимостойкости и урожайности с основными параметрами корневой системы у сортов озимой пшеницы. Среднеспелые сорта целесообразно использовать в качестве исходного материала для включения в селекционные программы по повышению зимостойкости.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт, зимостойкость, урожайность, корневая система.

Для цитирования: Косенко С. В. Особенности развития корневой системы различных по скороспелости сортов озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 57–64. EDN: GSKJAE.

For citation: Kosenko S. V. Peculiarities of the development of the root system of winter soft wheat varieties of different ripeness groups // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 1(29). P. 57–64. EDN: GSKJAE.

Введение

Среднее Поволжье является одним из крупных регионов Российской Федерации по производству зерна пшеницы. Озимая и яровая мягкая пшеница здесь являются базовыми культурами, на которых строится стратегия развития АПК. Природно-климатические условия региона, куда входит и Пензенская область, затрудняют получение стабильных урожаев хлебопекарной пшеницы высокого

качества. Общей их особенностью является наличие таких лимитирующих факторов климата, как неблагоприятные условия перезимовки, проявление региональных типов засух, неравномерное распределение тепла и влаги, ограниченность в отдельные годы теплоресурсов, выпадение обильных осадков, сопровождающихся шквалистыми ветрами [1].

В Среднее Поволжье, согласно ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений», входят республики Татарстан и Мордовия, три области – Пензенская, Самарская и Ульяновская, в пределах этого региона осуществляется допуск к использованию в производстве новых сортов [2]. Одной из важных проблем в регионе при выращивании озимой пшеницы является преодоление отрицательного влияния неблагоприятных природных факторов, среди которых первое место занимает перезимовка, а затем и засуха. Неблагоприятные природные факторы приводят к значительному варьированию урожайности. Именно засушливость и зимостойкость являются определяющими факторами намечающегося изменения климата. Поэтому осуществлять контроль за агроклиматической ситуацией можно набором сортов озимой пшеницы, обладающих высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью.

В отечественной литературе отдельные указания на большое значение корневой системы в создании урожая встречаются в первой половине прошлого столетия в работах М. Максимовича, но наиболее интенсивное изучение корневых систем у нас в стране было развёрнуто в XX веке. В этот период А. П. Модестов [3] впервые обратил внимание исследователей на существование сортовых различий корневых систем растений, установил метрические различия корневых систем у различных сортов овса и пшеницы и выявил связь засухоустойчивости культурных растений с характером развития их корневых систем.

Все последующие работы отечественных и зарубежных авторов способствовали расширению и углублению более правильного представления о роли корней в жизни растения [4–6].

Многолетние исследования А. С. Устименко, П. В. Данильчука, А. Т. Гвоздиковой [7] показали, что в сравнимых условиях возделывания различные сорта сельскохозяйственных культур формируют неодинаковую урожайность, как по величине, так и по качеству, что указывает на различия их природы, генотипа и физиологической активности корневой системы. Только один этот факт уже раскрывает огромную роль корневой системы в повышении продуктивности растений и указывает на необходимость глубокого изучения их особенностей.

Цель исследований – анализ морфометрических параметров корневой системы у сортов озимой мягкой пшеницы для отбора исходного материала, перспективного при селекции на зимостойкость в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Задача исследований – изучить сортовые различия по формированию и развитию корневой системы на ранних этапах роста растений озимой мягкой пшеницы, различающихся группой спелости.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015/16–2016/17 сельскохозяйственных годах в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Почвы опытного участка – выщелоченный чернозём среднемощный среднегумусный, мощность пахотного горизонта 35–40 см. Среднее содержание гумуса в пахотном слое 6,38 % (по Тюрину и Кононовой), легкогидролизуемых форм азота – 6,41; P₂O₅ – 14,96; K₂O – 16,9 мг/100 г почвы (по Чирикову). Кислотность водной вытяжки составила 5,5 ед. рН.

Вегетационные периоды 2015/16 и 2016/17 годов характеризовались благоприятными условиями, за весь период выпало 171 и 182,9 мм осадков, что выше среднегодовой нормы на 8 и 12 мм соответственно, среднесуточная

температура воздуха – 15,1 и 15,7 °С (на уровне среднегодовой нормы), гидротермический коэффициент (ГТК) в 2015/16 году равен 1,10 и в 2016/17 году 1,18. Объектом исследований служили 10 сортов озимой мягкой пшеницы, из них шесть сортов районированных Бирюза (2008 г.), Фотинья (2014 г.), Клавдия 2 (2017 г.), Безенчукская 380 (1994 г.), Скипетр (2009 г.), Оренбургская 105 (1998 г.), три сорта (Юмпа, Дон 85, Зерноградка 6) из селекцентров России и один сорт Century из США. Предшественник – чистый пар. Опыты закладывали в шестикратной повторности с площадью делянок 10 м², расположение делянок рендомизированное. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян/га.

Оценку зимостойкости, фенологические наблюдения, учёты и уборку выполняли согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8] и методическим указаниям ВИР [9]. Подсчёт числа корней различных типов проводили на 10 растениях в каждом из шести повторений в следующие фазы развития растений: всходы, кущение, выход в трубку, цветение. Максимальное углубление корней в почву определяли путём откапывания 10 растений в каждой из шести повторений.

Математическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа [10].

Результаты и их обсуждение

Общеизвестно, что корневая система озимой мягкой пшеницы формируется из зародышевых, колеоптильных и узловых корней. Каждый тип корней отличается характерными особенностями, как в их росте, так и деятельности, и требованиях к окружающей среде. В оптимальных условиях при прорастании семян озимой мягкой пшеницы первым развивается главный зародышевый корень, затем следует развитие первой пары придаточных зародышевых корней, а вслед за ней второй пары, после чего обычно начинается развитие двух колеоптильных корней. Узловые корни начинают развиваться на 15–20 день после всходов, то есть в фазе кущения. Число зародышевых корней у сортов озимой мягкой пшеницы различно, что объясняется неодинаковыми темпами развития и наследственными особенностями [11]. В связи с этим необходимо изучать сорта с быстро и медленно развивающимися зародышевыми корнями.

Изученные сорта в значительной степени различались по дифференциации зародышевых корней. Вклад фактора «сорт» в общую изменчивость числа зародышевых корней составил 54,1 %, фактора «год» – 12 %. Согласно полученным данным, наибольшим количеством зародышевых корней от 5,4 до 6,2 шт. характеризуются среднеспелые сорта: Фотинья, Клавдия 2 (Пензенская обл.), Безенчукская 380 (Самарская обл.), Скипетр (Московская обл.), Оренбургская 105 (Оренбургская обл.) (таблица 1).

Отмечена положительная корреляционная связь зимостойкости и урожайности с количеством зародышевых корней в 2015/2016 г. $r = 0,843 \pm 0,190^{**}$ и $r = 0,817 \pm 0,204^{**}$ соответственно, в 2016/2017 г. $r = 0,652 \pm 0,268^*$ и $r = 0,874 \pm 0,172^{***}$ соответственно, по усреднённым данным $r = 0,839 \pm 0,192^{**}$ и $r = 0,900 \pm 0,154^{***}$ соответственно (* – $p = 0,05$, ** – при $p = 0,01$, *** – при $p = 0,001$).

Образование мощной корневой системы у растений предопределяется не только числом корней, но и темпами их нарастания и динамикой углубления в почву [12].

Зародышевые корни на первых этапах развития не задерживаются в пахотном горизонте, а проникают глубоко в пахотные слои почвы (см. таблицу 1). Уже в фазе кущения главный зародышевый корень углубляется в почву в среднем от 26,2 см у среднеспелого сорта Оренбургская 105 до 33,1 см у раннеспелого сорта Бирюза (Самарская обл.).

Таблица 1 – Динамика нарастания корневой системы у сортов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости в 2015/2016–2016/2017 сельскохозяйственные

ГОДЫ

Сорт	Зародышевые корни, шт.					Узловые корни, шт.					Период «отрастание – колосение», сут	Зимостойкость, %	Урожайность, т/га
	всходы	кущение	углубление корней в почву в фазу начало кущения, см	выход в трубку	цветение	всходы	кущение	углубление корней в почву в фазу начало кущения, см	выход в трубку	цветение			
раннеспелые													
Бирюза	$\frac{3,5-4,1}{3,8}$	$\frac{3,8-4,6}{4,2}$	$\frac{29,6-36,6}{33,1}$	$\frac{4,0-4,8}{4,4}$	$\frac{4,0-5,0}{4,5}$	$\frac{0,7-0,9}{0,8}$	$\frac{1,6-2,4}{2,0}$	$\frac{5,4-6,4}{5,9}$	$\frac{4,0-5,2}{4,6}$	$\frac{5,8-7,2}{6,5}$	$\frac{54-58}{56}$	$\frac{84-60}{72}$	$\frac{4,12-4,54}{4,33}$
Юмпа	$\frac{3,3-3,9}{3,6}$	$\frac{3,6-4,6}{4,1}$	$\frac{27,8-33,4}{30,6}$	$\frac{3,8-4,8}{4,3}$	$\frac{3,8-5,2}{4,5}$	$\frac{0,5-0,6}{0,6}$	$\frac{1,4-2,2}{1,8}$	$\frac{4,0-5,0}{4,5}$	$\frac{3,8-4,6}{4,2}$	$\frac{5,7-6,9}{5,8}$	$\frac{52-56}{54}$	$\frac{76-56}{66}$	$\frac{3,91-4,33}{4,12}$
Дон 95	$\frac{3,6-4,0}{3,8}$	$\frac{4,0-4,4}{4,2}$	$\frac{28,2-33,6}{30,9}$	$\frac{4,0-4,4}{4,2}$	$\frac{4,2-4,8}{4,5}$	$\frac{0,7-0,8}{0,8}$	$\frac{1,8-2,2}{2,0}$	$\frac{5,0-6,0}{5,5}$	$\frac{4,4-5,4}{4,8}$	$\frac{5,5-6,6}{6,0}$	$\frac{52-58}{55}$	$\frac{84-64}{74}$	$\frac{4,21-4,61}{4,41}$
Зерноградка 6	$\frac{3,3-4,3}{3,8}$	$\frac{3,8-4,6}{4,2}$	$\frac{28,8-33,8}{31,3}$	$\frac{4,0-4,8}{4,4}$	$\frac{4,2-5,2}{4,7}$	–	$\frac{1,6-2,0}{1,8}$	$\frac{4,5-5,5}{5,0}$	$\frac{3,4-4,6}{4,0}$	$\frac{5,0-6,4}{5,7}$	$\frac{55-57}{56}$	$\frac{80-64}{72}$	$\frac{3,80-4,52}{4,16}$
Сентуш	$\frac{3,1-3,7}{3,4}$	$\frac{3,6-4,4}{4,0}$	$\frac{26,4-31,0}{28,7}$	$\frac{3,8-4,6}{4,2}$	$\frac{4,0-5,0}{4,5}$	–	$\frac{1,4-2,2}{1,8}$	$\frac{3,5-4,5}{4,0}$	$\frac{2,8-3,4}{3,1}$	$\frac{4,2-5,6}{4,9}$	$\frac{50-56}{53}$	$\frac{76-60}{68}$	$\frac{3,74-4,38}{4,06}$
среднеспелые													
Фотиня (Sl.)	$\frac{4,2-5,4}{4,8}$	$\frac{4,4-5,6}{5,0}$	$\frac{25,8-27,4}{26,6}$	$\frac{4,8-5,8}{5,3}$	$\frac{4,8-6,0}{5,4}$	$\frac{0,8-0,9}{0,9}$	$\frac{2,0-2,8}{2,4}$	$\frac{7,0-8,0}{7,5}$	$\frac{5,4-6,6}{6,0}$	$\frac{8,8-10,2}{9,5}$	$\frac{58-65}{62}$	$\frac{93-79}{86}$	$\frac{4,42-4,96}{4,69}$
Клавдия 2	$\frac{4,4-5,6}{5,0}$	$\frac{4,6-5,8}{5,2}$	$\frac{25,4-27,4}{26,4}$	$\frac{4,8-6,2}{5,5}$	$\frac{4,8-6,4}{5,6}$	$\frac{0,9-1,2}{1,1}$	$\frac{2,2-3,0}{2,6}$	$\frac{6,0-7,2}{6,6}$	$\frac{6,5-7,7}{7,1}$	$\frac{9,8-11,2}{10,5}$	$\frac{60-66}{63}$	$\frac{88-80}{84}$	$\frac{4,52-5,80}{5,16}$
Безлугская 380	$\frac{4,4-5,2}{4,8}$	$\frac{4,6-5,6}{5,1}$	$\frac{26,2-28,6}{27,4}$	$\frac{4,8-6,0}{5,4}$	$\frac{5,0-6,2}{5,6}$	$\frac{0,8-1,1}{1,0}$	$\frac{2,2-2,6}{2,4}$	$\frac{6,5-7,5}{7,0}$	$\frac{6,6-7,8}{7,2}$	$\frac{10,2-11,4}{10,8}$	$\frac{60-68}{64}$	$\frac{86-78}{82}$	$\frac{4,22-4,94}{4,58}$
Скипетр	$\frac{4,6-5,4}{5,5}$	$\frac{5,2-6,4}{5,8}$	$\frac{26,0-27,2}{26,6}$	$\frac{5,4-6,6}{6,0}$	$\frac{5,6-6,8}{6,2}$	$\frac{1,0-1,2}{1,2}$	$\frac{2,4-3,2}{2,8}$	$\frac{8,5-10,7}{9,6}$	$\frac{8,3-9,3}{8,8}$	$\frac{11,8-13,4}{12,6}$	$\frac{62-68}{65}$	$\frac{88-74}{81}$	$\frac{5,36-6,06}{5,71}$
Оренбургская 105	$\frac{4,2-5,4}{4,8}$	$\frac{4,5-5,7}{5,1}$	$\frac{25,6-26,8}{26,2}$	$\frac{4,8-6,0}{5,4}$	$\frac{4,8-6,2}{5,5}$	$\frac{0,9-1,1}{1,0}$	$\frac{2,0-2,8}{2,4}$	$\frac{6,2-7,4}{6,8}$	$\frac{5,8-6,9}{6,4}$	$\frac{9,2-11,2}{10,2}$	$\frac{61-67}{64}$	$\frac{92-76}{84}$	$\frac{3,98-5,44}{4,71}$
НСР ₀₅	0,9	0,7	1,4	0,6	0,5	NS	0,4	1,1	2,2	3,6	–	–	0,26

Примечание. в числителе – размах варьирования, 2015/2016–2016/2017 гг.; в знаменателе – средний показатель.

По динамике углубления главного зародышевого корня в почву между сортами озимой мягкой пшеницы существуют определённые различия. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа свидетельствует о значимом вкладе факторов «сорт» и «год» в общую изменчивость длины зародышевых корней. На долю их влияния приходится 44,2 % и 18,1 % соответственно. Наиболее заметные различия по длине зародышевых корней характерны для групп сортов с разной продолжительностью вегетации. В фазе кущения среди изученных сортов глубже проникали в почву корни раннеспелых сортов. Однако и между ними в этот период отмечали различия. Так, у сорта Бирюза (Самарская обл.) зародышевые корни проникали на глубину в среднем до 33,1 см, а у сорта Century из США – всего на 28,7 см. Следует отметить, что сорта с наиболее продолжительным периодом «отрастание–колошение» формируют хорошо развитую систему зародышевых корней.

В условиях лесостепи Среднего Поволжья от сортов озимой мягкой пшеницы требуется не только мощное развитие зародышевой корневой системы, но и способность растений к раннему образованию узловых корней, которые обеспечивают получение высоких урожаев, особенно в благоприятные по гидротермическому режиму годы. Такие же выводы следуют из работ отечественных и зарубежных авторов [13–15].

Изучение особенностей формирования числа узловых корней у сортов озимой мягкой пшеницы показало, что этот признак имеет большой размах изменчивости по сортам (87 %), а по годам исследований незначительный (11,9 %), так как 2015/2016–2016/2017 гг. существенно не различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков и были благоприятными для роста и развития корневой системы. Узловые корни образуются на растениях во все годы, но не всегда они получают достаточное развитие. Их образование и рост обусловлены, прежде всего, наличием влаги в пахотном горизонте почвы на глубине узла кущения.

Проведённые исследования показали, что закладка узла кущения у озимой мягкой пшеницы начинается у большинства сортов в период появления четвёртого листа (начало кущения). Среди изученных сортов большое количество узловых корней отмечено у среднеспелых форм – в среднем свыше 10 корней этого типа на одно растение. Хорошей обеспеченностью узловыми корнями (от 9,5 до 12,6 шт.) отличились следующие сорта: Фотинья, Клавдия 2, Безенчукская 380, Скипетр, Оренбургская 105.

Отмечена положительная корреляционная связь зимостойкости и урожайности с количеством узловых корней: в 2015/2016 г. – $r = 0,857 \pm 0,182^{**}$ и $r = 0,787 \pm 0,218^{**}$ соответственно, в 2016/2017 г. – $r = 0,671 \pm 0,262^*$ и $r = 0,895 \pm 0,158^{***}$ соответственно, по усреднённым данным – $r = 0,865 \pm 0,177^{**}$ и $r = 0,893 \pm 0,159^{***}$ соответственно.

По глубине залегания узловых корней в почву в фазе кущения также отличились среднеспелые сорта, которые к этому времени уже углубились в почву до 9,6 см. Вклад фактора «сорт» в общую изменчивость длины узловых корней составил 75,2 %, фактора «год» – 18,2 %.

Отмечена положительная корреляционная связь зимостойкости и урожайности с глубиной залегания узловых корней: в 2015/2016 г. $r = 0,644 \pm 0,270^*$ и $r = 0,782 \pm 0,220^{**}$ соответственно, в 2016/2017 г. – $r = 0,872 \pm 0,173^{**}$ и $r = 0,813 \pm 0,206^{**}$ соответственно, по усреднённым данным – $r = 0,784 \pm 0,219^{**}$ и $r = 0,910 \pm 0,147^{***}$ соответственно.

Наращение наибольшего количества узловых корней и быстрые темпы их развития – ценный биологический признак, селекционная оценка которого может оказаться полезной при подборе пар для скрещивания.

Выводы

При селекции озимой мягкой пшеницы важно изучение сортовых различий по формированию и развитию корневой системы на ранних этапах роста растений. Это даёт возможность оценить исходный материал на зимостойкость. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа свидетельствует о значимом вкладе факторов «сорт» и «год» – на долю влияния фактора «сорт» в общей изменчивости числа, длины зародышевых и узловых корней приходится 54,1 %, 44,2 % и 87,0 %, 75,2 % соответственно, «год» – 12,0 %, 18,1 % и 11,9 %, 18,2 % соответственно.

В годы исследований наиболее зимостойкими (в среднем 81–86 %) и высокоурожайными (в среднем 4,58–5,71 т/га) являются среднеспелые сорта озимой мягкой пшеницы: Фотинья, Клавдия 2, Безенчукская 380, Скипетр, Оренбургская 105, которые в сравнении с раннеспелыми сортами образуют большое число жизнедеятельных зародышевых корней (в среднем 5,4–6,2 шт.) и узловых корней (в среднем 9,5–12,6 шт.). Среднеспелые сорта целесообразно использовать в качестве исходного материала для включения в селекционные программы по повышению зимостойкости.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008).

Литература

1. Иванников В. Ф. Особенности создания высокозимостойких и засухоустойчивых сортов озимой пшеницы для условий Среднего Поволжья // Повышение продуктивности и устойчивости производства зерна озимой пшеницы в СССР. 1989. № 1. С. 24–27.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). [Электронный ресурс]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2021. 719 с. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04> (дата обращения 02.03.2022).
3. Модестов А. П. Правда о корнях. М.: Изд-во сельскохозяйственной и колхозно-кооперативной литературы, 1932. 80 с.
4. Ионова Е. В., Газе В. Л., Шарова В. М., Некрасов Е. И. Корневая система и сухая масса растений озимой пшеницы в условиях провокационного фона «засушник» // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1. С. 32–35.
5. Pshenichnikova T. A., Smirnova O. G., Simonov A. V., Shchukina L. V., Morozova E. V., Lohwasser U., Börner A. The relationship between root system development and vernalization under contrasting irrigation in bread wheat lines with the introgressions from a synthetic hexaploid // Plant Growth Regul. 2020. Vol. 92(3). P. 583–595. DOI: 10.1007/s10725-020-00666-5.
6. Voss-Fels K. P., Robinson H., Mudge S. R., Richard C., Newman S., Wittkop B., Stahl A., Friedt W., Frisch M., Gabur I., Miller-Cooper A., Campbell B. C., Kelly A., Fox G., Christopher J., Christopher M., Chenu K., Franckowiak J., Mace E. S., Borrell A. K., Eagles H., Jordan D. R., Botella J. R., Hammer G., Godwin I. D., Trevaskis B., Snowdon R. J., Hickey L. T. Vernalization1 modulates root system architecture in wheat and barley // Mol. Plant. 2018. Vol. 11(1). P. 226–229. DOI: 10.1016/j.molp.2017.10.005.
7. Устименко А. С., Данильчук П. В., Гвоздиловская А. Г. Корневые системы и продуктивность сельскохозяйственных растений. Киев: Урожай, 1975. 368 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Под ред. Федина М. А. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 194 с.
9. Мережка А. Ф., Удачин Р. А., Зуев В. Е. [и др.]. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 82 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
11. Красовская И. В. Корневая система яровой пшеницы и рост её в зависимости от

внешних условий // В кн.: Научный ответ института зернового хозяйства Юго-Востока СССР за 1943–1945 гг. Саратов, 1947. С. 167–188.

12. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Озимая пшеница: монография. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2007. 600 с.

13. Краснова Л. И. Биология, селекция, семеноводство озимой пшеницы на Южном Урале. Оренбург: Издательский центр ОГАУ. 2003, 380 с.

14. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Шепелёв С. С., Пожерукова В. Е., Моргунов А. И. Морфометрические параметры корневой системы продуктивности растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 587–597. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.587rus.

15. Morguonov A., Abigalieva A., Akan K., Akin B., Baenziger S., Bhatta M., Dababat A.A., Demir L., Dutbayev Y., Bouhssini M.El., Erginbas-Orakci G., Kishii M., Keser M., Koç E., Kurespek A., Mujeeb-Kazi A., Yorgancilar A., Özdemir F., Öztürk I., Payne T., Qadimaliyeva G., Shamanin V., Subasi K., Suleymanova G. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests // Plant Genetic Resources. 2018. Vol. 16(3). P. 273–278. DOI: 10.1017/S147926211700017X.

References

1. Ivannikov V. F. Peculiarities of creating highly winter-resistant and drought-resistant varieties of winter wheat for the conditions of the Middle Volga region // Improving the productivity and sustainability of winter wheat grain production in the USSR. 1989. No. 1. P. 24–27.

2. State register for selection achievements admitted for usage. Vol. 1. “Plant varieties” (official publication) Moscow: FGBNU “Rosinformagrotekh”. 2021. 719 p. [Electronic resource]. Access point: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04>. (reference’s date 03.02.2022).

3. Modestov A. P. The truth about roots. Moscow: Publishing house of agricultural and collective farm-cooperative literature, 1932. 80 p.

4. Ionova E. V., Gaze V. L., Sharova V. M., Nekrasov E.I. Root system and dry mass of winter wheat under provoking conditions “zasushnik” // Grain Economy of Russia. 2016. No. 1. P. 32–35.

5. Pshenichnikova T. A., Smirnova O. G., Simonov A. V., Shchukina L. V., Morozova E. V., Lohwasser U., Börner A. The relationship between root system development and vernalization under contrasting irrigation in bread wheat lines with the introgressions from a synthetic hexaploid // Plant Growth Regul. 2020. No. 92(3). P. 583–595. DOI: 10.1007/s10725-020-00666-5.

6. Voss-Fels K. P., Robinson H., Mudge S.R., Richard C., Newman S., Wittkop B., Stahl A., Friedt W., Frisch M., Gabur I., Miller-Cooper A., Campbell B. C., Kelly A., Fox G., Christopher J., Christopher M., Chenu K., Franckowiak J., Mace E. S., Borrell A. K., Eagles H., Jordan D. R., Botella J. R., Hammer G., Godwin I. D., Trevaskis B., Snowdon R. J., Hickey L. T. Vernalization1 modulates root system architecture in wheat and barley // Mol. Plant. 2018. Vol. 11(1). P. 226–229. DOI: 10.1016/j.molp.2017.10.005.

7. Ustimenko A. S., Danilchuk P. V., Gvozdikovskaya A. G. Root systems and productivity of agricultural plants. Kiev: Urozhay, 1975. 368 p.

8. Methods of state variety testing of agricultural crops: grain, cereals, legumes, corn and fodder crops // Ed. by Fedin M. A. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1989. 194 p.

9. Merezhko A. F., Udachin R. A., Zuev V. E. [et al.]. Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale: methodical instructions of VIR. Saint-Petersburg: VIR, 1999. 82 p.

10. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.

11. Krasovskaya I. V. The root system of spring wheat and its growth depending on external conditions // In book: Scientific response of the Institute of Grain Economy of the South-East of the USSR for 1943–1945. Saratov, 1947. P. 167–188.

12. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Winter wheat: monograph. Rostov-on-Don: “Publishing House Yug ООО” (Limited Liability Company), 2007. 600 p.

13. Krasnova L. I. Biology, breeding, seed production of winter wheat in the Southern Urals. Orenburg: OGAU Publishing Center, 2003. 380 p.

14. Shamanin V. P., Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Pozherukova V. E., Morgunov A. I. Root habitus and plant productivity of spring bread wheat synthetic lines in Western Siberia, as connected with breeding for drought tolerance // Sel’skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018. Vol. 53. No. 3. P. 587–597. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.587rus.

15. Morguonov A., Abigalieva A., Akan K., Akin B., Baenziger S., Bhatta M., Dababat A. A., Demir L., Dutbayev Y., Bouhssini M. El., Erginbas-Orakci G., Kishii M., Keser M., Koç E., Kurespek A., Mujeeb-Kazi A., Yorgancilar A., Özdemir F., Öztürk I., Payne T., Qadimaliyeva G., Shamanin V., Subasi K., Suleymanova G. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests // Plant Genetic Resources. 2018. Vol. 16(3). P. 273–278. DOI:10.1017/S147926211700017X.

UDC 633.11 «324»:581.1.045

Kosenko S. V.

PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT OF THE ROOT SYSTEM OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS

Summary. *The Middle Volga region is one of the largest wheat grain producers in the Russian Federation. However, such unfavorable factors as overwintering and drought lead to a significant winter soft wheat yield variation. The agro-climatic situation can be controlled by a set of appropriate varieties with well-developed root system. In the light of the above, the aim of the research was to analyze the morphometric parameters of the winter wheat varieties root system for the selection of initial material promising in winter hardiness breeding. The studies were carried out in 2015/16–2016/17 agricultural years in the forest-steppe zone of the Penza region. Ten winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of different ripeness groups served as the material for the research. The experimental plot size was 10 m², six replicates. Position of the plots – randomized. Seeding rate – 5.5 million viable seeds per ha. The growing season of 2015/16 and 2016/17 was characterized by favorable weather conditions; Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) during these years was 1.10 and 1.18, respectively. It was found that the share of influence of the factor “variety” in the total variability of the number, length of germinal and nodal roots was 54.1 %, 44.2 % and 87.0 %, 75.2 %, respectively; “year” – 12.0 %, 18.1 % and 11.9 %, 18.2 %, respectively. Over the years of research, the most winter-hardy (on average 81-86 %) and high-yielding (on average 4.58-5.71 t/ha) winter wheat varieties were mid-season “Fotinya”, “Klavdiya 2”, “Bezenchukskaya 380”, “Skipetr”, “Orenburgskaya 105”. Compared to early-ripening varieties, they formed a larger number of germinal (on average 5.4-6.2) and nodal (on average 9.5-12.6) roots. We noted a positive correlation between winter hardiness/productivity and main parameters of the root system of winter wheat varieties. Mid-season varieties should be used in breeding programs as initial material for improving winter hardiness.*

Keywords: *winter wheat (*Triticum aestivum* L.), variety, winter hardiness, yield, root system.*

Косенко Светлана Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Россия, Пензенская область, р. п. Лунино, ул. Мичурина, 1 Б; e-mail: kosenkosv@mail.ru.

Kosenko Svetlana Valentinovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, FSBSI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”; 1 B, Michurina str., village of Lunino, Penza Region, Russia; e-mail: kosenkosv@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 10.01.2022.
Дата принятия к печати – 10.03.2022.*