

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов.- М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Гриб, С.И. Генофонд. Методы и приоритеты селекции ярового тритикале в Беларуси / С.И. Гриб [и др.] // Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале / Всерос. научно-исслед. Ин-т орган. удобр. и торфа; редкол.: С.М. Лукин (гл. ред.) [и др.]. – Владимир Иваново, 2017. – С. 59-79.

4. Драговцев, В.А. Механизм воздействия генотип-среда и гомеостаз количественных признаков растений / В.А. Драговцев, А.Ф.Аверьянова // Генетика. – 1983. – Т. 19, № 4. – С. 1806-1810.

5. Эколого-генетический подход к селекции растений (на примере хлопчатника и тритикале) / В.А. Бободжанов [и др.]; ВНИИР им. Вавилова; под общ. ред. В.А. Бободжанов. – СПб, 2002. – 112 с.

6. Баранов А. Устойчивость озимой ржи к прорастанию в колосе / А. Баранов, Л. Романов // Новое в селекции, семеноводстве, технологии возделывания ржи и опыт использования Кампозана: тез. докл. V Всес. научно-мет. совещ., Саратов, 1-3 июля 1981. – М., 1981. – С. 79-80.

7. Пилипенко, Ж.С. Результаты изучения исходного материала для селекции ярового тритикале / Ж.С. Пилипенко // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – Вып. 51. – С. 302-308.

8. Андреев, Н.Р. Технологии использования зерна тритикале и его продуктов переработки / Н.Р. Андреев [и др.] // Роль тритикале в стабилизации и увеличения производства зерна и кормов: матер. межд. науч.-практ. конф.; редкол.: А.И. Грабовец [и др.]. – Ростов н/Д, 2010. – Вып. 4: Тритикале: генетика, селекция, агротехника, использование зерна и кормов. – С. 211-215.

EVALUATION OF SPRING TRITICALE COLLECTION ACCESSIONS IN TERMS OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS

Zh.S. Pilipenko, T.V. Uglik, E.L. Polyakova, V.A. Goncharova

As a result of a comprehensive study of 165 spring triticale collection accessions of different ecological and geographical origin the sources of a high yield, short stalks, early ripeness, 1000 grain weight as well as the sources of a high content of crude protein, crude gluten, starch have been identified for targeted use in breeding under the conditions of the Republic of Belarus.

УДК 633.11«324»:631.527(476)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

***А.С. Будько, научный сотрудник, В.Н. Войтова, научный сотрудник,
С.И. Гордей, кандидат биол. наук***

***РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 30.03.2021)***

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты изучения параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы для создания высокопродуктивных сортов, пригодных для почв разного уровня плодородия. Выделены лучшие по темпам

прироста зародышевых, вторичных корней и общей массе корневой системы генотипы. Установлено, что у средне- и длинностебельных образцов длина и масса корней на 10-20 % выше, чем у короткостебельных. Установлено, что генотип оказывает решающую роль в формировании параметров первичной и вторичной корневой системы, это свидетельствует о необходимости включения этих признаков в селекционные программы для создания и отбора более продуктивных и адаптивных к различным почвенным условиям сортов.

Корневой системе в онтогенезе растений, в том числе и озимой пшеницы, принадлежит важная роль. От ее функционирования зависит развитие и продуктивность всего растения. Корневая система является посредником между почвой и растением, обеспечивая последнее водой и минеральными соединениями. От прохождения первого этапа органогенеза в дальнейшем зависит продуктивность растений, которая в значительной степени определяется мощностью развития их корневой системы [6].

Согласно данным многих исследований, по уровню развития зародышевой корневой системы (длина, количество первичных корешков, объемная масса) можно судить о продуктивности растений [7, 9]. Растения, сохраняющие высокую интенсивность ростовых процессов зародышевых корней в период перехода от гетеротрофного питания к автотрофному, образуют в дальнейшем развитую корневую систему, «захватывают» больший объем почвы и оказываются более продуктивными [12].

Выносливость растения в более или менее благоприятных окружающих условиях отчасти зависит от развития корня. Наиболее чувствительным органом растений к условиям внешней среды является корень. Почва оказывает влияние на растения, главным образом, через их корневую систему [10].

Корневые системы пластичны и резко реагируют на изменения условий своего роста и деятельности [13]. Главными факторами, влияющими на характер развития корневых систем, являются влажность, проницаемость, аэрация и химизм почвы (наличие питательных веществ, реакция среды), свет [5].

Таким образом, при селекции озимой пшеницы важным направлением является изучение элементов первичной и вторичной корневой системы.

Целью наших исследований было провести сравнительное изучение параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы для создания высокопродуктивных сортов, пригодных для почв разного уровня плодородия.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводились в течение 2019-2020 гг. в условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Объектом исследований были десять коллекционных и десять селекционных образцов озимой пшеницы разного экологического происхождения, различающихся по высоте стеблестоя.

Для определения элементов первичной корневой системы и сравнительного изучения темпов прироста зародышевых корешков был применен метод про-

ращивания семян в рулонах в растворе Кнопа. При проведении данного опыта руководством служило научное издание Г.Н. Алексейчука и Н.А. Ламана «Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки» [1]. Проращивание растений осуществлялось в «световой камере» при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и общепринятых режимах освещенности и влажности воздуха. Учеты длины первичных корней (д.к.) проводили на 3-й, 7-й и 12-й день. Темпы прироста первичных корешков рассчитывали по формуле:

$$(\text{д.к. на 12-й день} - \text{д.к. на 7-й день}) / \text{д.к. на 7-й день} \times 100.$$

Дальнейшие исследования с выделенными образцами были заложены в условиях ФТК в сосудах на дерново-подзолистой супесчаной и тяжелосуглинистой почвах с моделированием разного уровня плодородия. Фотопериод для растений составлял 17 часов. Согласно системе предпосевной подготовки почвы для озимой пшеницы полную дозу фосфорных и калийных (P_2O_5 и K_2O) удобрений внесли при просеивании почвы из расчета калийные в дозе 120 кг/га, фосфорные 90 кг/га. Внесение различных доз азота (N) осуществлялось в виде корневой подкормки – N_{70+30} и $\text{N}_{70+80+50}$. Подкормка азотом из расчета 70 кг/га проводилась в стадию ДК 21-24. В фазу формирования растениями 1-го узла при его диагностировании от узла кущения на расстоянии 1 см (ДК 31) в варианте с наименьшей дозой азота в сосуды вносили 30 кг/га д.в., в варианте с максимальной дозой азота N_{200} внесли 80 кг/га д.в. В варианте с высокой дозой азота в фазу развернутого флагового листа (ДК 37-39) удобрение внесено в дозе 50 кг/га д.в. При достижении растениями стадии ДК 57-59 проводили отмыв корней от почвы. Этот процесс проходил поэтапно, сначала в стоячей, а затем в проточной воде. При таком методе максимально минимизировалась потеря мелких корешков. Далее измеряли их длину, сырую и высушенную массу корневой системы каждого образца [2]. Все варианты опытов проводили в трехкратной повторности.

Изучали вторичную корневую систему по В.А. Рожкову [и др.] «Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории» [11].

Данные исследований статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [4] с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel и с применением компьютерной программы «АВСТАТ».

Результаты исследований и их обсуждение. В лабораторных условиях проведено изучение темпов прироста зародышевых корешков двадцати образцов озимой пшеницы разного экологического происхождения, различающихся по длине стебля, методом проращивания в рулонах в растворе Кнопа (таблица 1).

Исходя из данных таблицы 1, наибольшим темпом прироста первичных корешков отличался образец озимой пшеницы 18, у которого прирост составил 42,5 %. Наименьший прирост отмечен у образца 13, что ниже лучшего варианта на 23,9 %. Самые длинные корешки (14,9 см) сформировались у образца 1, при этом темп прироста данного образца был выше среднего и составил 31,9 %, что на 10,6 % ниже лучшего варианта.

Таблица 1 – **Параметры развития первичных корешков озимой пшеницы**

№ образца	Максимальная длина зародышевого корня, см		Темпы прироста корней, %
	на 7-й день	на 12-й день	
13	10,9	13	 18,6
17	9,2	11,5	 20,4
3	11	13,6	 22,5
9	10,4	13,1	 23,9
10	9,6	12,3	 23,9
6	10,6	13,4	 25,2
8	7,8	10,7	 25,7
2	11,3	14,3	 26,5
4	10,9	14	 27,7
12	10,3	13,5	 28,3
15	9,7	13	 29,2
16	10,2	13,5	 29,2
7	10,6	14,1	 30,7
1	11,3	14,9	 31,9
5	10,1	13,7	 31,9
11	10,4	14	 31,9
20	9,2	13,1	 34,5
19	10	14,1	 36,3
14	7,2	11,5	 38,1
18	8,4	13,2	 42,5

НСР₀₅

5,17%

Ранее было установлено, что темпы прироста зародышевых корней тесно коррелируют с уровнем урожайности. Следовательно, можно заключить, что образец 18 характеризуется наиболее высоким генетическим потенциалом урожайности. Исследования С.Л. Петуховского, Ю.С. Ларионова, О.А. Ларионовой (2013), Л.К. Бутковской, Д.Н. Кузьмина, Г.М. Агеевой (2019) также подтверждают связь продуктивности растений с параметрами развития первичной корневой системы. Так, в своих опытах они отмечают сильную положительную корреляционную связь урожайности с параметрами развития органов проростков [13].

Помимо исследования темпов прироста зародышевых корней проводили изучение закономерностей формирования общей массы корневой системы образцов озимой пшеницы в условиях ФТК на разных типах почв по гранулометрическому составу и с моделированием разного уровня плодородия. По нашему мнению, при выполнении данного вида исследований наиболее эффективно использование искусственного климата, так как исключается действие многих абиотических и биотических факторов, влияющих на точность опытов (таблица 2).

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшая длина и масса корневой системы по анализируемым селекционным образцам озимой пшеницы была сформирована на супесчаной почве. При дозе азотного питания N_{100} превышение составило в среднем 4,2 см и 0,46 г соответственно, при внесении N_{200} 4,4 см и 0,27 г. Различия параметров корневой системы образцов на тяжелой и легкой почве относительно не велики, но полученные данные свидетельствуют, что на супесчаной почве корни развиваются лучше, при этом данная тенденция прослеживается по всем генотипам.

Таблица 2 – Параметры развития корневой системы озимой пшеницы на различных типах почв при дозе азотного питания N_{100} и N_{200}

Образец	Длина корней, см				Вес высушенных корней, г			
	Тип почвы по гранулометрическому составу							
	супесь		тяжелый суглинок		супесь		тяжелый суглинок	
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀
1	27,4	17,3	20,8	16,7	3,2	1,7	2,1	1,6
2	23,8	21,3	19,5	20,2	2,3	2,5	1,9	2,1
3	21,3	19,7	16,1	15,8	2,1	1,9	1,6	1,5
4	22,7	21,7	17,4	18,3	2,2	2,1	1,7	1,8
5	27,5	20,8	21,8	19,2	2,7	2,1	2,1	1,9
6	22,5	21,4	17,8	17,5	2,2	2,1	1,7	1,7
7	28,8	24,5	22,5	20,5	2,8	2,4	2,2	2,1
8	21,6	19,3	18,3	17,5	2,1	1,9	1,8	1,7
9	18,3	17,5	15,3	14,3	1,8	1,7	1,5	1,4
10	17,5	15,6	14,2	13,3	1,7	1,5	1,4	1,3
11	20,5	17,8	18,2	17,3	2,1	1,7	1,8	1,4
12	18,3	18,3	15,4	16,8	1,8	1,8	1,5	1,6
13	16,5	15,3	13,3	12,6	1,6	1,5	1,3	1,2
14	24,2	23,5	22,3	21,3	2,4	2,3	2,2	2,1
15	21,7	21,1	17,4	19,3	2,2	2,1	1,7	1,9
16	21,3	21,3	18,2	18,5	2,1	2,1	1,8	1,8
17	17,7	18,3	15,1	16,3	1,7	1,8	1,5	1,6
18	29,2	27,5	27,3	24,7	2,9	2,7	2,3	2,4
19	27,3	20,3	20,3	16,3	2,7	2,1	2,1	1,6
20	25,1	13,7	18,3	10,9	2,5	1,3	1,8	1,1
НСР ₀₅ подкормка	1,32		1,14		0,37		0,31	
НСР ₀₅ образец	4,19		3,59		1,18		1,22	

При сравнении параметров корневых систем на разном уровне азотного питания прослеживается тенденция к уменьшению показателей при подкормке азотом в дозе N_{200} . В среднем по образцам на супесчаной почве длина корней снизилась на 2,9 см, масса высушенных корней на 0,29 г. На тяжелосуглинистой почве данные параметры снизились на 1,11 см и 0,11 г соответственно.

Избыток азота привел к более мощному развитию надземной части растений, при этом на развитие корневой системы оказывалось негативное влияние.

В целом из анализируемых генотипов селекционный образец 18 показал самые высокие показатели параметров корневой системы во всех вариантах опыта. Максимальная длина корней данного образца составила 29,2 см на супесчаной почве при средней массе высушенных корней 2,9 г. Худшие показатели были отмечены у образца 13. Максимальная длина корней на супеси составила 16,5 см, вес корней 1,6 г, что, соответственно, на 12,7 см и на 1,3 г ниже, чем у лучшего образца по данным характеристикам. Также высокие показатели развития корневой системы отмечаются у селекционных образцов 7, 5, 1, 19, 20, 14, различие их параметров в сравнении с лучшим образцом были несущественными. Данные образцы, включая образец 18, относятся к длинностебельному генотипу.

Проведен корреляционный анализ параметров корневой системы изучаемых образцов озимой пшеницы, результаты анализа представлены на рисунке.

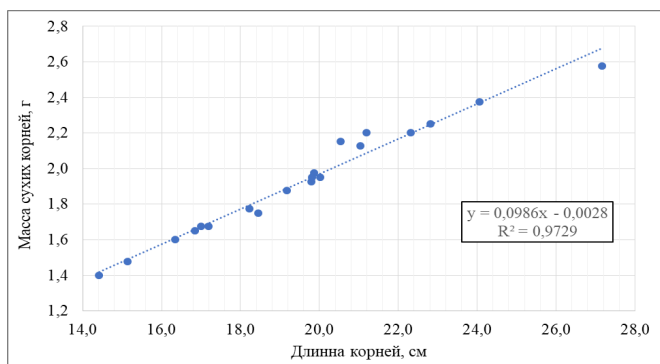


Рисунок – Связь между длиной корневой системы и массой высушенных корней

В результате проведения корреляционного анализа параметров развития корневой системы образцов озимой пшеницы (рисунок 1) была установлена сильная положительная связь ($r = 0,98$) между длиной корней и массой высушенных корней. Анализировались средние результаты измерения длины корневой системы и массы корней по всем вариантам опыта.

Заключение

По итогам исследования параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коллекционных и селекционных образцов озимой пшеницы выделены лучшие по темпам прироста зародышевых, вторичных корней и общей массе корневой системы генотипы. Установлено, что у средне- и длинностебельных образцов длина и масса корней была на 10-20 % выше, чем у короткостебельных.

После статистической обработки результатов исследований выделено 7 образцов (18, 7, 5, 1, 19, 20, 14), которые характеризовались более интенсивным приростом первичных корешков и формированием наибольшей длины и массы корней.

Выявлены особенности формирования массы корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы на тяжелых и легких по гранулометрическому составу типах почв (тяжелосуглинистая, супесчаная) при разных дозах азотных удобрений в условиях искусственного климата. Установлено, что генотип оказывает подавляющую роль в формировании параметров первичной и вторичной корневой системы, что свидетельствует о необходимости включения этих признаков в селекционные программы для создания и отбора более продуктивных и адаптивных к различным почвенным условиям сортов.

Литература

1. *Алексейчук, Г.Н.* Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан. – Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
2. *Безлюдный, В.Н.* Определение содержания сухого вещества в зеленой массе зерновых культур с использованием ближней инфракрасной спектроскопии / В. Н. Безлюдный, К.Г. Шашко, В.В. Холодинский // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; гл. ред. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – Вып. 50. – С. 256-262.
3. *Бутковская, Л.К.* Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в условиях Красноярской лесостепи / Л.К. Бутковская, Д.Н. Кузьмин, Г.М. Агеева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 7. – С. 37-40.
4. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. // Учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 346 с.
5. *Колосов, И.И.* Поглодательная деятельность корневых систем растений / И. И. Колосов. – Москва : Акад. наук СССР, 1962. – 388 с.
6. *Марченко, Л.В.* Динамика развития зародышевой корневой системы сортов яровой мягкой пшеницы разного экологического происхождения / Л.В. Марченко // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 2 – С. 94-98.
7. *Новохатин, В.В.* Динамика развития зародышевых корней у яровой мягкой пшеницы / В.В. Новохатин, Г.Т. Сыздыкова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Тюменской области: сб. науч. тр. – Новосибирск, 2003. – С. 202-211.
8. *Петуховский, С.Л.* Фенотипическая изменчивость органов проростков семян яровой пшеницы как критерий урожайных свойств генотипа сорта в конкретных условиях выращивания / С.Л. Петуховский, Ю.С. Ларионов, О.А. Ларионова // Омский научный вестник. – 2013. – № 2 (124) – С. 71-75.
9. *Полонский, В.И.* Оценка зерновых злаков на устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам / В.И. Полонский, Н.А. Сурин. – Новосибирск, 2003. – 128 с.
10. *Рассел, Э.* Почвенные условия и рост растений / пер. с англ. И. М. Спичкина ; под ред. Н. П. Ремезова. – 4-е изд. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1955. – 624 с.
11. *Рожков, В.А.* Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории : учеб.-метод. пособие / В.А. Рожков, И.В. Кузнецова, Х.Р. Рахматуллоев. – 2-е изд. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 51 с.
12. *Шевелуха, В.С.* Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В.С. Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 597 с.
13. *Шенников, А.П.* Экология растений : учеб.-метод. пособие / А.П. Шенников. – Москва : Сов. наука, 1950. – 376 с.

FEATURES OF ROOT SYSTEM FORMATION OF WINTER WHEAT

A.S.Budzko, V.N.Voitova, S.I.Hardzei

The article presents the results of the study of the parameters of the primary and secondary root system development in short- and long-stemmed samples of winter wheat for the creation of high yield varieties suitable for soils with different fertility levels. The best genotypes are identified in terms of growth rates of embryonic and secondary roots and the total weight of the root system. It's established that in medium- and long-stemmed samples the length and weight of roots is 10-20% higher than in short-stemmed ones. It's identified that the genotype plays a crucial role in forming the parameters of the primary and secondary root system, which witnesses the need to include these traits in breeding programs for the development and selection of varieties that are more productive and adaptable to different soil conditions.

УДК 633.11 «324»:631.527(476)

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ

*А.С. Будько, научные сотрудник, В.Н. Войтова, научный сотрудник
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 02.04.2021)*

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты лабораторной оценки засухоустойчивости сортообразцов озимой пшеницы по способности семян прорасти на осмотически крепких растворах сахарозы и сравнение полученных данных с их полевой продуктивностью. По итогам исследований выделены ценные селекционные образцы, которые характеризовались более высокой продуктивностью в засушливых условиях произрастания. Установлена высокая корреляционная связь между урожайностью и уровнем засухоустойчивости озимой пшеницы при анализе в лабораторных условиях на растворе сахарозы высокой концентрации, что говорит о целесообразности применения данного метода в селекционных программах.

Несмотря на то, что территория Республики Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, проблема засух и засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности, весьма актуальна. Согласно проведенным в Белгидромете исследованиям, за прошедшие тридцать лет произошло существенное увеличение повторяемости почвенных засух. Майские почвенные засухи в Гомельской и Брестской областях случаются в шести-семи годах из десяти. В остальных областях повторяемость майских засух также возросла, наиболее существенно в северном регионе – в среднем наблюдается в двух-трех годах из десяти. Чаще всего почвенные засухи бывают в летний сезон. В июне, июле и августе на территории южных областей повторяемость таких засух составляет 70-93 %, в Гродненской и Минской областях 57-77 %, в Могилевской и Витебской 50-57 %. Нередко во время активной вегетации растений засуха может удержи-