

РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ДИНАМИКА ИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РОСТА РАСТЕНИЙ

Б.И. САНДУХАДЗЕ, академик РАН, ORCID 0000-0001-7184-7645,

E-mail: sanduchadze@mail.ru

Л.А. МАРЧЕНКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID 0000-0001-6029-8089

Р.З. МАМЕДОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-2473-4538

О.В. ПАВЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-7705-0751

Н.Ю. ГАРМАШ, доктор биологических наук, ORCID 0000-0002-6384-0969

Р.Ф. ЧАВДАРЬ, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1843-8938

Т.Г. ОРЛОВА, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-7482-9813

Е.В. САВИНОВ, научный сотрудник, ORCID 0009-0003-9767-1555

М.С. КРАХМАЛЁВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID 0000-0002-0861-1514

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

***Аннотация.** Проведена оценка морфофизиологических параметров органов растений у 6 сортов и линий озимой пшеницы на разных этапах их роста и адаптивности к осмотическому, солевому и анаэробному стрессам. Установлено, что морфофизиологические признаки развиваются неравномерно в зависимости от сортовой специфики и фазы вегетации. По мере роста растений наблюдалось постепенное увеличение надземной части растений (длины и массы стеблей) с максимальным увеличением показателей в фазе начала колошения на 128, 325 и 277%. Выявлено, что максимальное формирование длины корней заканчивается к концу фазы кущения и в дальнейшем прирост данного показателя снижается до 33% в фазе начала трубкования и 55% – колошения. Выявлены существенные сортовые различия в разные периоды вегетации по накоплению азота в вегетативной массе и белка в зерне: наиболее высокое содержание азота в фазу кущения отмечено у линий Московская 28 и Эритроспермум 606/12 (3,32 и 2,95%), в фазу трубкования – у сорта Московская 56 и линии Эритроспермум 606/12 (1,95 и 1,66%), в зерне – у сортов Московская 39 и Московская 56 (11,47 и 11,0%).*

Получены результаты воздействия обезвоживания, засоления и затопления семян на ростовые процессы и определен диапазон адаптивности сортов к их токсическому воздействию. Изучена возможность использования морфофизиологических параметров для оценки стрессоустойчивости и выявлено, что в качестве критерия адаптивности к солевому стрессу может быть использована длина и масса корней.

Установлен уровень корреляции ростовых признаков с конечными результатами, показано, что урожай тесно взаимосвязан с показателями стеблей – длиной ($r = 0,67-0,72$), массой ($r = 0,47-0,92$) и числом ($r = 0,72-0,55$), а масса 1000 семян – с массой стеблей и корней ($r = 0,49-0,56$). Выявлены линии с дифференцированным преимуществом по большинству изучаемых показателей - Московская 28, Московская 31 и Васильевна, а две последних и по адаптивности к стресс-факторам.

Ключевые слова: озимая пшеница, морфофизиологические параметры, стрессоустойчивость, обезвоживание, засоление, затопление, урожайность, масса 1000 семян, азот, белок.

Для цитирования: Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Гармаш Н.Ю., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Савинов Е.В., Крахмалёва М.С. Ростовые процессы, динамика их изменений и адаптивность сортов и линий озимой пшеницы на различных

GROWTH PROCESSES, DYNAMICS OF THEIR CHANGES AND ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES AND LINES AT VARIOUS STAGES OF PLANT GROWTH

B.I. Sandukhadze, L.A. Marchenkova, R.Z. Mamedov, O.V. Pavlova, N.Y. Garmash, R.S. Chavdar, T.G. Orlova, E.V. Savinov, M.S. Krakhmalyova

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *The morphophysiological parameters of plant organs in 6 varieties and lines of winter wheat at different stages of their growth and adaptability to osmotic, salt and anaerobic stresses were evaluated. It has been established that morphophysiological signs develop unevenly depending on the variety specificity and the phase of vegetation. As the plants grew, there was a gradual increase in the aboveground part of the plants (length and weight of stems) with a maximum increase in the indicators in the phase of the beginning of earing by 128, 325 and 277%. It was revealed that the maximum formation of root length ends by the end of the tillering phase and further the increase in this indicator decreases to 33% in the phase of the beginning of tubulation and 55% - earing. Significant varietal differences were revealed in different periods of vegetation in the accumulation of nitrogen in the vegetative mass and protein in the grain: the highest nitrogen content in the tillering phase was noted in the Moskovskaya 28 and Erythrospermum 606/12 lines (3.32 and 2.95%), in the tubulation phase – in the Moskovskaya 56 variety and the Erythrospermum 606/12 line (1.95 and 1.66%), in grain, the varieties Moskovskaya 39 and Moskovskaya 56 (11.47 and 11.0%). The results of the effects of dehydration, salinization and flooding of seeds on growth processes were obtained and the range of adaptability of varieties to their toxic effects was determined. The possibility of using morphophysiological parameters to assess stress resistance has been studied and it has been revealed that the length and mass of roots can be used as a criterion of adaptability to salt stress.*

The level of correlation of growth characteristics with the final results was established, it was shown that the yield is closely interrelated with the indicators of stems – length ($r = 0.67-0.72$), weight ($r = 0.47-0.92$) and number ($r = 0.72-0.55$), and the mass of 1000 seeds – with the mass of stems and roots ($r = 0.49-0.56$). The lines with a differentiated advantage in most of the studied indicators were identified - Moskovskaya 28, Moskovskaya 31 and Vasilyevna, and the last two in terms of adaptability to stress factors.

Keywords: winter wheat, morphophysiological parameters, stress resistance, dehydration, salinization, flooding, yield, weight of 1000 seeds, nitrogen, protein.

Озимая пшеница принадлежит к числу самых распространенных, наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур в РФ, широко используемых для продовольственных целей. Повышение потенциала урожайности этой культуры приобретает в последнее время исключительно важное значение. Развитие селекционных программ требует активного поиска интегральных параметров, обеспечивающих количественные и качественные характеристики растений, отражающих взаимосвязь формообразовательных процессов с урожайностью [1, 2].

Как показывают исследования ряда авторов на конечные результаты существенно влияют негативные последствия неблагоприятных факторов среды, усиливающиеся на фоне наблюдаемых в разные периоды жизни растений климатических изменений, приводящих не только к снижению ростовых функций и биологической полноценности семян, но и адаптационной способности растений [3, 4].

В литературе имеются сведения о сопряженности морфофизиологических параметров с урожайностью, продуктивностью и стрессоустойчивостью [5, 6, 7]. В связи с чем появилась необходимость в расширении сведений о селекционной ценности ростовых процессов растений в разные периоды вегетации и создании сортов с максимальным комплексом

положительных характеристик и адаптированных к экстремальным условиям среды, способных эффективно использовать биоклиматические ресурсы регионов.

К числу наиболее значимых стрессовых ситуаций относятся засуха, засоление и переувлажнение почв, которые приводят к негативному воздействию на ростовые процессы, в частности к задержке прорастаемости, аномалиям роста и снижению продуктивности. Высокая чувствительность растений на ранних этапах онтогенеза к абиотическим факторам свидетельствует о целесообразности оценки стрессоустойчивости в начальных этапах их роста [8].

Результативность селекции во многом определяется возможностью использовать экспресс-диагностику, позволяющую моделировать стрессовую ситуацию в раннем онтогенезе и в короткие сроки выявлять стрессоустойчивые генотипы [9, 10].

Материал и методы исследования

Материалом исследования служили сорта Московская 39, Московская 56 и линии Московская 28, Московская 31, Васильевна, Эритроспермум 606/12 лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка». Исследования проведены на разных стадиях вегетации – 7-дневных проростках и растениях более поздних сроков – осеннего кущения (17.10.2022 и 09.11.2022), начала трубкования – 03.05.2023 и начала колошения 30.05.2023 г.

Урожайность сортов и линий определяли в полевых опытах на деляночных посевах площадью 10 м², повторность 4-х кратная. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар. Анализ структуры урожая осуществляли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Измерения органов растений проводили в лабораторных условиях - длины стеблей и корней путем измерения линейкой с точностью до 1 мм, числа стеблей – путем их подсчета, вегетативную массу надземных и подземных органов – взвешиванием 100 ростков и 100 корешков.

Диагностика стрессоустойчивости выполнялась на фонах искусственно моделируемых стрессов: обезвоживания (Н.Н. Кожушко, 1988), засоления хлоридом натрия (Л.А. Семушкина, Г.В. Хазова, Г.В. Удовенко, 1976), длительного затопления в воде (Е.К. Белецкая, Е.Д. Остапчук, 1988), на 7-дневных проростках с использованием метода рулонной культуры в двукратной повторности. Стрессоустойчивость определяли по соотношению процента показателей опытных вариантов к контрольным, устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам – по депрессии прорастаемости семян, к солевому – по изменению длины ростков.

Для комплексной оценки устойчивости к абиотическим стрессам применяли группировку сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к засухе, хлоридному засолению и переувлажнению (И1+И2+И3).

Сорта с наибольшим рейтингом положительных признаков вычисляли путем баллового ранжирования по сумме числовых показателей урожайности, продуктивности и ростовых параметров, преобразованных в ранговый формат [4]. Коэффициент адаптивности (К.А.) рассчитывали в процентном выражении по отношению урожайности сортообразцов к их среднему значению [11].

Азот в вегетативной массе определяли в фазы весеннего кущения и трубкования по ГОСТ 13496.4-2019, в зерне – в фазу полной спелости по ГОСТ 26951-86, азот в почве – по ГОСТ 13496.4-2019, содержание фосфора и калия в почве определяли по ГОСТ 54650-2011 и кислотности по ГОСТ 26423-85.

Агрохимическая характеристика почвы опыта: дерново-подзолистая среднесуглинистая, кислотность рН_(сол) - 5,1-5,3; содержание нитратного азота в слое 0-20 см. N-NO₃ – 41,6 мг/кг; содержание фосфора P₂O₅ – 141 мг/кг; содержание калия K₂O – 150 мг/кг. Почва слабокислая с высоким содержанием нитратного азота, повышенным содержанием фосфора и калия.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ изучаемых сортообразцов показал высокий уровень их урожайного и продуктивного потенциалов (табл. 1). Урожайность сортообразцов

сформировалась в среднем соответственно на 6,4 т/га, масса 1000 семян – 50,3 г, масса зерна с колоса – 1,8 г, число зерен – 40,7 шт., число продуктивных стеблей на 1 м² – 379,8 шт.

Таблица 1

Характеристика урожайности и элементов продуктивности сортов и линий озимой пшеницы, 2023-2024 гг.

Сорта и линии	Урожайность, т/га	К.А., %	Масса 1000 семян, г	Масса зерна с колоса, г	Число зерен с колоса, шт.	Число прод. стеблей, шт./1 м ²
Московская 39	5,5	90	52,0	1,7	41	368
Московская 56	6,3	98	54,0	1,8	40	384
Московская 28	7,1	112	51,7	1,9	42	413
Московская 31	6,8	106	45,9	1,9	38	390
Васильевна	7,3	109	58,9	1,9	39	398
Эритроспермум 606/12	5,4	84	39,4	1,8	44	326
Среднее	6,4	100,0	50,3	1,8	40,7	379,8
НСР ₀₅	0,53					

Лучшими характеристиками по большинству показателей отличались линии Васильевна и Московская 28 с урожайностью в пределах 7,6-7,9 т/га и массой 1000 семян – 51,7-58,9 г.

О ценности указанных линий свидетельствует и высокий уровень их экологической адаптивности (К.А), варьирующий на уровне 109-112%, что свидетельствует о возможности формирования у них мощных, продуктивных растений в неблагоприятных условиях вегетации.

Известно, что уровень урожайности и качество зерна определяет содержание азота, одного из самых необходимых элементов для роста и развития растений озимой пшеницы. Накопление этого элемента в процессе вегетации имеет большое значение для получения зерна с высоким содержанием белка. Известно, что 60% азота накапливается в зерне за счет его поступления из вегетативной массы, а 40% - из почвы.

В процессе исследований на различных этапах развития растений выявлены существенные сортовые различия по его накоплению в вегетативной массе растений. В фазу кущения наибольшее количество азота выявлено у линий Московская 28 Эритроспермум 606/12, наименьшее – у линий Московская 31 и Васильевна, в фазу трубкования – соответственно у сорта Московская 56 и линии Эритроспермум 606/12 и у Московской 39 и Васильевны (рис. 1).

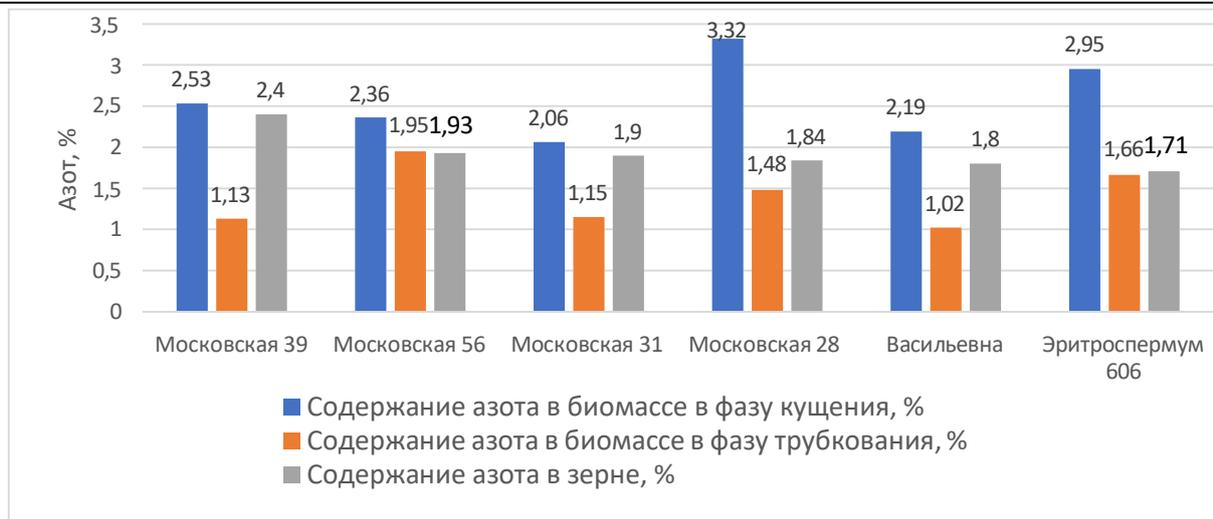


Рис. 1. Содержание азота в сортах и линиях озимой пшеницы в разные фазы развития, 2023 г.

В погодно-климатических условиях 2023 г. максимальное содержание азота в зерне в фазу полной спелости отмечено у сорта Московская 39 (2,53%), минимальное – у линии и Эритроспермум 606/12 (1,66%), у остальных образцов – оно находилось примерно на одном уровне 1,71-1,93%.

По содержанию белка в зерне сорта и линии распределились следующим образом: наибольшее его количество выявлено у сортов Московская 39 и Московская 56 (11,47 и 11,0%), наименьшее – у линии Эритроспермум 606/12 (9,75%), у остальных линий оно находилось в пределах – 10,25-10,83% (рис. 2).

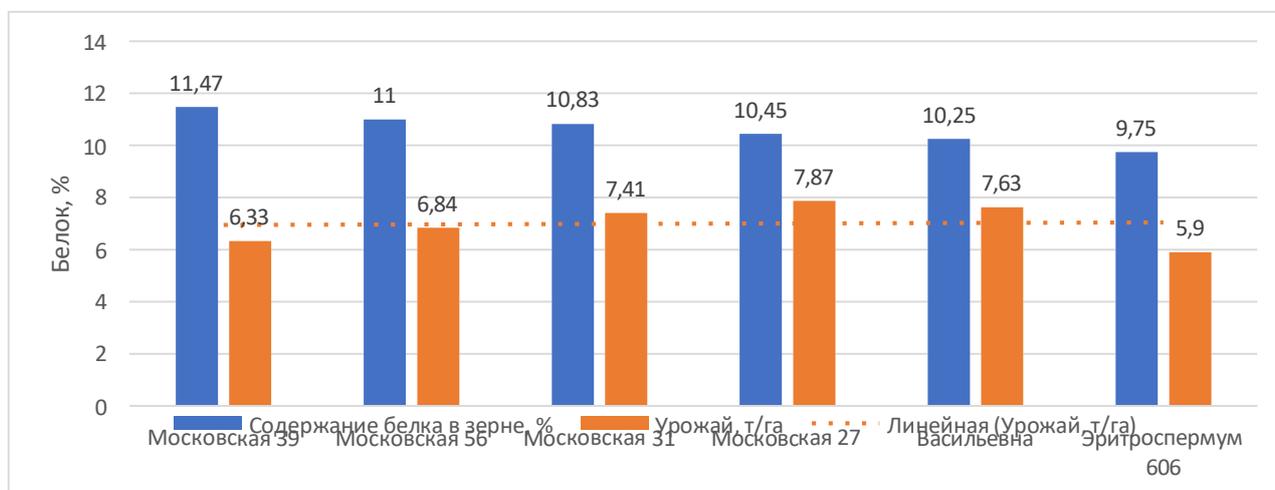


Рис. 2. Содержание белка в зерне и урожайность сортов и линий озимой пшеницы, 2023 г.

В то же время по урожайности выделились линии Московская 28, Васильевна и Московская 31 (7,87, 7,63 и 7,41 т/га), линия Эритроспермум 606/12 и сорт Московская 39 показали меньшую урожайность – 5,90 и 6,33 т/га.

Многочисленными исследованиями отмечена прямая корреляционная зависимость между содержанием азота в почве, содержанием азота в вегетативной массе растений пшеницы, урожайностью и количеством белка в зерне [12]. В то же время, следует отметить, что интенсивность накопления азота в биомассе растений пшеницы изучаемых сортов в разные фазы развития в наших исследованиях значительно различалась в условиях 2023 г., что, на наш взгляд, определяется генетическими особенностями сортов и погодными условиями.

Полученные результаты позволяют предположить, что существует взаимосвязь между содержанием азота в растениях пшеницы в разные фазы развития и устойчивостью ее к различным неблагоприятным факторам, и при более длительном периоде исследований и накоплении большего массива экспериментальных данных, можно будет получить определенные статистические зависимости для прогнозирования урожая и его качества.

На фоне высоких хозяйственных показателей изучаемых сортов и линий большой интерес представляет изучение их ростовых характеристик на разных этапах роста и развития.

Исследования, проведенные нами ранее на начальных этапах онтогенеза (стадия 7-дневных проростков), выявили значительные различия по морфофизиологическим признакам, характерной особенностью которых было преобладание роста первичной корневой системы над надземной частью растений (в два раза). Сорт Московская 39 и линия Московская 28 отличались усиленной активизацией длины ростков, Васильевна и Московская 31 – длины корешков, Васильевна и Эритроспермум 606/12 – массы ростков и корешков, причем линия Васильевна выделялась высокой активизацией всех ростовых параметров.

По результатам комплексной оценки линии Эритроспермум 606/12 и Васильевна были признаны образцами с самым высоким уровнем биологической полноценности семян.

Наблюдения за ростом и развитием растений указанных сортов и линий продолжались в следующие этапы онтогенеза: в двух фазах осеннего кушения (17.10 и 09.11.2022), начала выхода в трубку (03.05. 2023) и начала колошения (30.05.2023).

Осенью на всех образцах наблюдался усиленный рост стеблей, средняя длина которых в первый срок осеннего кушения (17.10.2022) превышала длину корней в 2,5 раза, 09.11.2022 г. – в 1,6 раз (табл. 2).

На втором осеннем учете (09.11.2022), по сравнению с первым (17.10.2022), среднее увеличение длины и числа стеблей составило 5 и 3%, длины корней – 57%, массы стеблей и корней – 73 и 86% (табл. 2), соответственно, т.е. отмечен существенный прирост длины корней и особенно вегетативной массы стеблей и корней.

Таблица 2

Интенсивность линейного роста стеблей и корней у сортов и линий озимой пшеницы на стадиях осенней вегетации

Сорта и линии	17.10.2022					09.11.2022				
	Длина, мм		Масса, г		Число, стеблей, шт.	Длина, мм		Масса, г		Число, стеблей, шт.
	Стеблей	Корней	Стеблей	Корней		Стеблей	Корней	Стеблей	Корней	
Московская 39	182	78	114	7,4	6,8	198	134	165	12	7,0
Московская 56	205	72	89	6,2	7,3	212	138	187	19	8,3
Московская 28	213	83	109	7,2	5,3	231	112	175	12	7,0
Московская 31	219	88	92	6,3	5,9	221	113	164	10	6,7
Васильевна	192	86	78	8,0	6,5	194	136	129	14	7,5
Эритроспермум 606/12	194	65	83	8,9	5,3	214	114	160	10	7,5
Среднее	200,8	78,7	94,2	7,3	6,8	211,7	124,5	163,4	12,8	7,0

На фоне весенней вегетации в фазу начала трубкования (03.05.2023) наблюдалось увеличение длины, массы стеблей и особенно массы корней – в среднем на 48, 128 и 277% соответственно (табл. 3). Что касается длины корней, то к началу данной фазы они хорошо сформировались и на момент учета отмечено замедление их роста – увеличение составило

24%, против 57% в фазе осеннего кущения. Снижение числа стеблей на 54% объясняется слабой перезимовкой.

Наибольшая длина стеблей и корней при учете 03.05.2023 была сформирована линиями Васильевна и Московская 28 (345 и 329 мм и 161 и 172 мм соответственно), при средних данных 314 мм и 154 г. Самый высокий прирост длины стеблей, по сравнению с последним осенним учетом (09.11.2022), отмечен у линии Васильевна и сорта Московская 39 (215 и 145%), корней – Московская 28 и Васильевна (500 и 286%).

В фазе колошения (30.05.2023), по сравнению с фазой трубкования, наблюдалось еще более высокое увеличение длины и особенно массы стеблей – в среднем на 128 и 303% (табл. 3).

Прирост массы корней в фазу колошения, как и в фазу трубкования, составил 277%, рост корней замедлился с 24 до 2%.

Преимущества по ростовым параметрам стеблей и корней имели сорт Московская 56 (790 и 182 мм) и линия Московская 28 (735 и 174 мм), при средних показателях – 716 и 157 мм. Линии Московская 28 и Московская 31 показали лучшие результаты по числу стеблей (4,5 шт.), а линия Васильевна и сорт Московская 56 отличались высокими характеристиками одновременно массы стеблей – 407 и 54 г и массы корней – 377 и 73 г. Самый высокий прирост биомассы стеблей отмечен у линий Московская 28 и Московская 31 (432 и 398%), корней – Эритроспермум 606/12 и Московская 31 (592 и 73%).

Таблица 3

Динамика ростовых показателей у сортов и линий озимой пшеницы на стадиях весенней вегетации

Сорта и линии	03.05.2023					30.05.2023				
	Длина, мм		Масса, г		Число стеблей, шт.	Длина, мм		Масса, г		Число стеблей, шт.
	Стеблей	Корней	Стеблей	Корней		Стеблей	Корней	Стеблей	Корней	
Московская 39	310	145	403	41	3,6	802	150	1256	143	4,0
Московская 56	323	161	377	73	3,8	790	182	1846	183	4,1
Московская 28	329	172	335	72	4,3	735	174	1782	162	4,5
Московская 31	320	158	365	26	4,3	690	141	1515	216	4,5
Васильевна	345	162	407	54	3,2	658	149	1583	209	3,9
Эритроспермум 606/12	259	124	347	27	3,3	621	145	1570	187	3,7
Среднее	314,3	153,7	372,3	48,8	3,8	716,0	156,8	1500,0	184,4	4,1

Полученные в разные периоды вегетации растений данные свидетельствуют о том, что наибольшей интенсификацией ростовых процессов в осенний период (начало и конец кущения) характеризовались линии Московская 28, Московская 31 и сорт Московская 56, в весенний (начало трубкования и начало колошения) – линии Московская 28, Московская 31 и Васильевна. Эти же сорта отличались наибольшей суммой рангов по изучаемым показателям и высокими местами (1-3) в рейтинговой шкале.

На фонах воздействия осмотического, солевого и анаэробного стрессов, создаваемых в лабораторных условиях, выявлено достаточно сильное угнетение ростовых процессов у

растений озимой пшеницы. Определены сортовые различия стресс-реакций и диапазон адаптивности к их токсическому воздействию. Изучаемые образцы контрастно реагировали на используемые токсиканты. Наиболее сильная депрессия ростовых параметров отмечена на вариантах обезвоживания и особенно засоления семян (табл. 4).

Различия по средним показателям устойчивости соответствовали на варианте обезвоживания – 45,8%, засоления – 40,3%, затопления – 73,1%, при этом половина из изученных форм (50%) характеризовалась повышенной устойчивостью (выше среднего) к солевому (40-58%), 83% – к осмотическому (45-53%) и 83% – к анаэробному (73-82%) стрессам.

Таблица 4

Адаптивность сортообразцов озимой пшеницы к стресс-факторам на фонах искусственно создаваемых стрессов

Сорта и линии	Устойчивость к стресс-факторам, %			Индекс устойчивости
	Обезвоживанию И ¹	Засолению И ²	Затоплению И ³	
Московская 39	44,7	47,1	79,3	1,71
Московская 56	45,9	57,9	77,6	1,81
Московская 28	37,9	38,0	51,6	1,27
Московская 31	52,8	40,5	73,1	1,66
Васильевна	46,9	30,4	81,6	1,59
Эритроспермум 606/12	46,7	28,1	75,3	1,50
Среднее	45,8	40,3	73,1	1,59
С _γ , %	10,4	27,9	15,0	18,9

Сорта Московская 39, Московская 56 и линия Московская 31 отличались самым высоким индексом устойчивости (1,66-1,81), свидетельствующим о высокой адаптивности данных образцов. Высокую способность противостоять двум стресс-факторам – обезвоживанию и затоплению проявили линии Васильевна и Эритроспермум 606/12, линия Московская 28 показала самый низкий уровень стресс-толерантности ко всем стрессам.

Амплитуда коэффициентов вариации стрессоустойчивости находилась на уровне – 10,4-27,4%, с минимальными значениями по устойчивости к обезвоживанию, максимальными – к засолению.

Полученные в лабораторных условиях результаты согласуются с данными полевой устойчивости, что подтверждает высокую адаптивность вышеуказанных сортов.

Использование их в селекционном процессе позволит создать перспективные линии и новые сорта со значимой способностью противостоять биотическим факторам среды как на стадии проростков, так и в полевых экстремальных условиях.

Расчет коэффициентов корреляции между морфофизиологическими параметрами, урожаем и массой 1000 семян на изучаемых этапах вегетации показал, что наиболее высокий уровень их сопряженности выявлен в фазы осеннего кущения. При учете (17.10. 2022. и 09.10.2022) наблюдалась достаточно сильная зависимость урожая от длины ($r = 0,67$ и $0,72$) и массы стеблей ($r = 0,47$ и $0,92$) соответственно, а массы 1000 семян – от массы стеблей – ($r = 0,49$ и $0,56$) и 17.10. 2022 – от массы корней ($r = 0,49$).

В фазы весенней вегетации отмечена высокая сопряженность между урожаем и числом стеблей на 1 м² ($r = 0,72$ и $0,55$) и средняя – между массой 1000 семян и массой стеблей ($r = 0,49$ и $0,39$).

Анализ показал, что урожай и масса 1000 семян у сортов и линий озимой пшеницы в разной степени сопряженности на различных этапах вегетации формировались за счет показателей стеблей – (длины, массы, числа) и массы корней.

По результатам комплексной оценки степени развития органов растений на разных этапах онтогенеза сделано заключение о биологической полноценности семян линий Московская 28, Московская 31 и Васильевна, которые на разных этапах роста имели дифференцированное преимущество по ряду морфофизиологических показателей. Эти же линии характеризуются высокой урожайностью и другими хозяйственно ценными признаками.

Заключение

В результате проведенных исследований получена информация об особенностях роста и развития органов растений, динамики их изменений на различных этапах роста растений и о способности изучаемых сортов и линий противостоять осмотическому, солевому и анаэробному стрессам, обусловленной их генетическим потенциалом. Определены сорта и линии с самой высокой интенсивностью ростовых процессов и повышенным адаптивным потенциалом к токсическому воздействию стресс-факторов. Выявлено, что морфофизиологические параметры (длина и масса корней) могут быть использованы для оценки солеустойчивости, определяющими критериями которой является величина сопряженности между ними ($r=0,33-0,62$ и $r=0,34-0,79$ соответственно).

Оценка данных корреляционного анализа свидетельствует о том, что урожай и масса 1000 семян у сортов и линий озимой пшеницы на различных этапах вегетации формировались в основном за счет показателей стеблей – (длины, массы, числа) и массы корней, т.е. одним из условий высокой урожайности и продуктивности растений является хорошо сформированная надземная часть растений и биомасса корней.

Полученные данные могут быть использованы для создания генотипов с ценными морфофизиологическими признаками и высоким адаптивным потенциалом и определения приоритетных направлений их селекционного улучшения.

Литература

1. Бутковская Л.К., Кузьмин Д.Н., Агеева Г.М. Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в условиях Красноярской лесостепи. // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 7. – С. 37-40.
2. Вилунов С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А., Митюхина Е.В., Глазкова Л.И. Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – 3 (51). – С. 100-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105
3. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U., Ahmed Z., Rasheed A. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984)/Opata // Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 2018. - P. 1-8.)
4. Ерошенко Л.М., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Ромахина В.В. Особенности морфофизиологических признаков семян и органов проростков сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка». // Аграрная Россия. – 2023. – № 10. – 48 с.
5. Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Деева В.М., Данилов С.Ю., Смит И.Н. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – 3(47). – С.48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53
6. Мартынова С.В., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е. Взаимосвязь морфометрических параметров ярового ячменя с урожайностью. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49. – № 5. – С. 11-20.
7. Белозерова А.А., Боме Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков, // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-2. – С. 300-306.
8. Круглова Н.Н., Зинатуллина А.Е. Культура in vitro автономных зародышей как модельная система для исследования стресс-устойчивости растений к абиотическим факторам (на примере злаков). // Успехи современной биологии. – 2021. – Т. 141. – № 5. – С. 483-495.
9. Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Бугрова В.В., Крахмалёва М.С., Чавдарь, Орлова Т.Г., Молодовский Я.С. Характеристика сортов и линий озимой пшеницы по морфофизиологическим параметрам. //Аграрная Россия. – 2023. – № 4. – С. 15-20. – DOI 10.30906/1999-5636-2023-4-15-20.

10. Ерошенко Л.М., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Дедушев И.А. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания. // *Аграрная Россия*. – 2022. – № 1. – С. 8-12.
11. Животков Л.А., Морозова Я.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». // *Селекция и семеноводство*. – 1994. – № 2. – С.3-6.
12. Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Мамедов Р.З., Павлова О.В., Крахмалева М.С., Чавдарь Р.Ф., Сандухадзе Э.К., Орлова Т.Г., Бугрова В.В., Савинов Е.В. Особенности ростовых процессов сортов и линий озимой пшеницы на ранних этапах онтогенеза в условиях солевого стресса. // *Аграрная Россия*. – 2023. – № 12. – С. 3-7.

References

1. Butkovskaya L. K., Kuzmin D. N., Ageeva G. M. Evaluation of the yield properties of batches of seeds of spring wheat varieties according to the parameters of the organs of seedlings in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019, Vol. 33, No. 7, pp. 37-40.
2. Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Shaporova M.A., Mityukhina E.V., Glazkova L.I. Assessment of winter wheat overwintering by various vegetation indices. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2024; 3 (51):100-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105
3. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U., Ahmed Z., Rasheed A. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984)/Opata // *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2018. - P. 1-8.)
4. Eroshenko L. M., Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Chavdar R. F., Orlova T. G., Romakhina V. V. Features of morphophysiological signs of seeds and organs of seedlings of varieties of spring barley of selection FITZ "Nemchinovka". *Agrarian Russia*, 2023, No.10, 48 p.
5. Karakotov S.D., Pryanishnikov A.I., Khverenets S.E., Titov V.N., Deeva V.M., Danilov S.Yu., Smith I.N. On the characteristics of winter wheat varieties of the Oryol biotype. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 3(47):48-53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53
6. Martynova S.V., Pakul V.N., Androssov D.E. The relationship of morphometric parameters of spring barley with yield. *Siberian Bulletin of agricultural science*. 2019, Vol. 49, No. 5, pp. 11- 20.
7. Belozerova A.A., Bohme N.A. Studying the reaction of spring wheat to salinization by variability of morphometric parameters of seedlings. *Fundamental research*. 2014, No. 12-2, pp. 300-306.
8. Kruglova N.N., Zinatullina A.E. In vitro culture of autonomous embryos as a model system for studying plant stress resistance to abiotic factors (on the example of cereals). *Uspekhi sovremennoi biologii* . 2021, Vol. 141, No. 5, pp. 483-495.
9. Sandukhadze B.I., Marchenkova L.A., Mammedov R.Z., Pavlova O.V., Bugrova V.V., Krakhmaleva M.S., Chavdar, Orlova T.G., Molodovsky Ya.S. Characteristics of varieties and lines of winter wheat according to morphophysiological parameters. *Agrarian Russia*, 2023, No.4, pp. 15-20. – DOI 10.30906/1999-5636-2023-4-15-20.
10. Eroshenko L.M., Marchenkova L.A., Pavlova O.V., Chavdar R.F., Orlova T.G., Dedushev I.A. Varietal characteristics of spring barley plants for resistance to abiotic stress factors against the background of different levels of nitrogen nutrition. *Agrarian Russia*. 2022, No. 1, pp. 8-12.
11. Zhivotkov L.A., Morozova Ya.A., Sekatueva L.I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat according to the indicator "yield". *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994, no.2, pp.3-6.
12. Sandukhadze B.I., Marchenkova L.A., Mammadov R.Z., Pavlova O.V., Krakhmaleva M.S., Chavdar R.F., Sandukhadze E.K., Orlova T.G., Bugrova V.V., Savinov E.V. Features of growth processes of varieties and lines of winter wheat at the early stages of ontogenesis under salt stress. *Agrarian Russia*. 2023, No. 12, pp. 3-7.