

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА РАЗВИТИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ
УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

И.Н. ЩЕННИКОВА, Л.В. ПАНИХИНА

(Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого)

В исследованиях, выполненных в 2021–2023 гг. в ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (г. Киров), в условиях вегетационного опыта путем имитации засухи осуществлена оценка 10 сортов ярового ячменя различного происхождения (сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока гибридного и регенерантного происхождения, коллекционные образцы). Засуху моделировали при наступлении фазы «Выход в трубку» путем прекращения полива и пленочным укрытием от атмосферных осадков, исключая парниковый эффект. Время создания водного стресса соответствовало межфазному вегетационному периоду растений «Выход в трубку-колошение». Целью исследований стало определение влияния элементов структуры продуктивности на урожайность сортов ярового ячменя и определение элементов, сопряженных с изменчивостью урожайности сортов при нарастающем водном дефиците в межфазный период «Выход в трубку-колошение». На основе полученных данных нужно было выделить сорта, устойчивые к засухе. Для оценки засухоустойчивости сортов использовали индекс засухоустойчивости как отношение параметров сорта к среднему значению по всем сортам при наличии стресса и его отсутствии. Проведенные исследования показали, что изученные сорта по-разному реагировали на наличие засухи в межфазный период «Выход в трубку-колошение». Установлено, что водный дефицит привел к достоверному снижению урожайности всех сортов ячменя в среднем на 73 г/м², влияя на развитие большинства элементов ее структуры. При наличии засухи не выявлены признаки продуктивности растений ячменя, сопряженные с урожайностью сортов. В то же время при благоприятных условиях вегетации (отсутствие засухи) установлено значимое влияние длины колоса ($r = 0,61$), продуктивности колоса ($r = 0,81$) и растения ($r = 0,84$), массы 1000 зерен ($r = 0,56$) на урожайность сортов ячменя. Расчет корреляционной связи индексов засухоустойчивости урожайности и элементов структуры показал достоверную связь ($r = 0,912$) только между DSI урожайности и показателем «Масса 1000 зерен». Следовательно, высокопродуктивные генотипы при водном стрессе в межфазный период «Выход в трубку-колошение» следует отбирать по выраженности признака «Масса 1000 зерен». Сорта Новичок, Tallon, Форвард и Бионик могут быть использованы в качестве компонентов скрещивания в соответствующих селекционных программах.

Ключевые слова: устойчивость, межфазный период, выход в трубку, колошение, корреляция, масса 1000 зерен, генотип.

Введение

Производство зерна сельскохозяйственных культур является одним из секторов экономики, в значительной степени зависящего от изменений климата [17; 21]. Многочисленными исследованиями доказано, что в Российской Федерации, как и во многих

странах мира, наблюдается тенденция увеличения потерь в агропромышленном комплексе ввиду усиливающегося воздействия опасных природных явлений [11, 19] – в частности продолжающегося потепления на территории России [7], которое способствует увеличению повторяемости частоты и интенсивности таких экстремальных явлений погоды, как засуха. Прогнозируется, что ущерб от подобных опасных природных явлений будет более значительным, чем от постепенного глобального потепления. Для примера: в условиях сильнейшей засухи в 2010 г. недобор урожая зерна относительно максимальных валовых сборов в 2008 и 2016 гг. составлял 47–55 млн т [11]. Ученые отмечают высокие риски получения низких урожаев при засухах, характерных для Приволжского ФО, оценивая их в 23,0% для яровой пшеницы и в 18,0% – для озимой пшеницы [16]. Анализ экспериментальных данных [14] о влиянии погодных условий Кировской области на урожайность сельскохозяйственных культур за последние 50 лет показал существенную корреляцию урожайности с температурой воздуха ($r = -0,735$) и количеством осадков ($r = 0,686$). Аналогичные результаты получены в исследованиях Л.В. Волковой [8]. Наряду с негативными последствиями потепления климата отмечается [3, 8], что происходящие изменения погодных условий оказались благоприятными для ряда сельскохозяйственных культур на некоторых территориях РФ.

Одним из средств минимализации потерь от засухи является создание засухоустойчивых сортов [15]. Большинство авторов [4, 5, 20] сходятся во мнении о том, что основным лимитирующим фактором, определяющим уровень урожайности зерновых культур, является обеспеченность влагой в период закладки и формирования генеративных органов, и это совпадает с межфазным периодом «Выход в трубку-колошение». Н.И. Васько с соавт. [6] отмечал наряду с засухой негативное влияние высоких температур в данный период.

В практической селекции первостепенное значение имеет установление признаков, определяющих формирование продуктивности растений в условиях водного дефицита [9]. В источниках литературы приводятся различные данные о реакции растений на водный стресс. Так, исследованиями Л.Т. Мальцевой с соавт. [15] показан значительный вклад в урожайность пшеницы в условиях засухи таких показателей, как «Натура зерна» и «Масса 1000 зерен». Исследованиями других авторов в условиях модельной засухи выявлено отсутствие корреляционной связи урожайности ячменя с массой 1000 зерен ($r = 0,07$), а тесная корреляция установлена с количеством зерен в колосе ($r = 0,60$) и показателем остаточного водного дефицита растений ($r = 0,81$) [1, 2].

Л.В. Волкова и О.С. Амунова [9] выделяют зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы от озерненности колоса, отмечая важность способности сортов формировать продуктивность колоса и растений в условиях засухи, приводят данные о неинформативности такого показателя, как «Продуктивная кустистость», при определении засухоустойчивости сортов. Исследованиями Т.А. Тимошенко и Ф.Д. Самуилова [18] доказано существенное влияние засухи на снижение параметров таких морфологических признаков, как «Длина колоса», «Длина стебля» и «Высота растения».

Исследованиями О.С. Гречишкиной и соавт. [10] установлено, что в условиях различных типов засухи (раннелетняя, длительная и т.п.) урожайность сортов яровой мягкой пшеницы зависит от разных элементов структуры. Так, в Оренбургской области при раннелетней засухе определяющим элементом при формировании урожайности была плотность продуктивного стеблестоя. Также установлено, что при наличии раннелетней засухи количество в колосе стерильных колосков не является показателем, характеризующим засухоустойчивость сорта [13]. Определяющей в данном случае являлась продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода в целом [6].

Цель исследований: выявить влияние элементов структуры урожайности на продуктивность сортов ярового ячменя и определить элементы, сопряженные с изменчивостью урожайности сортов при нарастающем водном дефиците в межфазный период «Выход в трубку-колошение», выделить сорта, устойчивые к засухе.

Материал и методы исследований

Исследования в вегетационных опытах проводили в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров) в 2021–2023 гг. Объектом изучения служили 10 сортов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.):

– сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока гибридного происхождения (Новичок, Родник Прикамья, Дина) и сорта-регенеранты, созданные методом клеточной селекции, путем отбора на селективных средах на алюмо- и кислотоустойчивость (Форвард, Бионик и Витрум);

– коллекционные образцы Памяти Дудина, Зазерский 85, Triumph и Tallon.

Вегетационный опыт проводили в деревянных емкостях размером $1,5 \times 1,3 \times 0,3$ м, наполненных дерново-подзолистой почвой ($pH_{KCl} = 6,5$; $C_{орг.} = 2,5\%$; $NO_3 = 1,7$ мг/кг; $P_2O_5 = 50$ мг/кг), установленных на металлическом каркасе на вегетационной площадке. В каждую емкость высевали по 10 сортов, по 35 зерен каждого генотипа в рядок, после всходов оставляли по 30 растений. Площадь питания растений составляла 4×15 см². Растения выращивали до созревания в вегетационном домике с температурой окружающей среды, в условиях, близких к полевым. В течение вегетационного периода поддерживали благоприятные условия произрастания.

Научная организация поливов, оптимальная глубина заделки семян, защищенность от сильного ветра исключали полегание растений. Уборку проводили по мере созревания растений, анализировали все растения, определяя следующие структурные элементы: высота растений (ВР – сокращенное обозначение в таблицах); коэффициент продуктивной кустистости (КПК); длина колоса (ДК); плотность колоса (ПК); количество зерен в колосе (КЗК); масса зерна с растения (МЗР); масса 1000 зерен (M_{1000}). Засуху моделировали при наступлении фазы «Выход в трубку» путем прекращения полива и пленочным укрытием от атмосферных осадков, исключая парниковый эффект. Время создания водного стресса соответствовало межфазному вегетационному периоду растений «Выход в трубку-колошение».

Индекс засухоустойчивости рассчитывали по формуле Фишера и Маурера [15]:

$$DSI = (1 - Y/Y_p) / (1 - X/X_p),$$

где DSI – индекс засухоустойчивости; Y – параметр сорта в условиях стресса; Y_p – параметр сорта без стресса; X – среднее значение параметров сортов в условиях стресса; X_p – среднее значение параметров сортов без стресса. Чем меньше числовое значение индекса, тем более устойчив сорт к засухе.

Статистическая обработка результатов опытов проводилась по методике Б.А. Доспехова (1985) с использованием пакета селекционно-генетических программ AGROS, версия 2.07.

Результаты и их обсуждение

Поиску морфологических признаков, обеспечивающих получение высокой урожайности зерновых культур, придается большое значение в исследованиях многих авторов [1]. Реакция признаков и свойств растений на стрессовый фактор

используется для диагностики устойчивости генотипов, в частности, к водному дефициту, в период закладки и формирования колоса (межфазный период «Выход в трубку-колошение»).

Наличие стрессового фактора в межфазный период «Выход в трубку-колошение» привело к значительному снижению урожайности (на 39,2%) и продуктивности растений (38,7%), не повлияв на массу 1000 зерен (табл. 1). Средние значения и варьирование изучаемых параметров продуктивности показали, что сорта характеризовались низким (коэффициент вариации $CV \leq 10\%$) или средним уровнем ($10\% \leq CV \leq 20\%$) фенотипических различий элементов продуктивности. Отмечено, что меньше всего изучаемые сорта различались по таким параметрам, как «Масса 1000 зерен» и «Высота растений».

Полученные экспериментальные данные не выявили явного преимущества сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока. Это свидетельствует о том, что засуха существенно снижает урожайность всех сортов ячменя независимо от происхождения, что согласуется с исследованиями Н.И. Васько и соавт. [6]. В исследованиях установлено достоверное снижение урожайности на фоне дефицита влаги в среднем по всем сортам на 73 г/м^2 ($НСР = 30 \text{ г/м}^2$). В то же время при изучении данного набора сортов выявлено, что высокоурожайные генотипы в большей степени снижали урожайность при наличии стресса. Однако следует отметить, что сорта Витрум и Родник Прикамья, несмотря на значительное снижение, отличались высокой урожайностью на фоне стрессового фактора и характеризовались средним уровнем засухоустойчивости (6 и 7 ранги). Больше всего снизили урожайность при наличии стресса сорта Зазерский 85 и Памяти Дудина (табл. 2). Засухоустойчивостью отличался сорт Tallon ($DSI = 0,23$), характеризующийся самой низкой в опыте урожайностью. Среди высокоурожайных генотипов на стрессовом фоне выделялись сорта Новичок ($DSI = 0,29$) и Форвард ($DSI = 0,79$).

Таблица 1

Влияние водного дефицита на развитие элементов структуры урожайности ячменя, 2021–2023 гг.

Параметры	Вариант				% снижения к контролю
	контроль		фон засуха		
	$x_{cp} \pm Sx$	CV, %	$x_{cp} \pm Sx$	CV, %	
Урожайность, г/м^2	204±13	20,8	124±7	17,2	39,2
Высота растений, см	64,0±2,0	9,8	54,2±1,6	9,1	15,3
Продуктивная кустистость, шт.	2,5±0,1	12,2	1,9±0,1	16,7	24,0
Длина колоса, см	6,4±0,2	10,4	5,9±0,2	11,1	7,8
Количество зерен в колосе, шт.	18,7±0,5	8,6	15,4±0,5	10,8	17,6
Масса зерна с растения, г	1,60±0,08	15,4	0,98±0,05	15,7	38,7
Масса 1000 зерен, г	41,3±0,7	5,3	41,0±0,3	2,6	0,7

Влияние водного стресса на урожайность сортов ячменя, 2021–2023 гг.

Сорт	Урожайность, г/м ²			Индекс DSI	Ранг*
	контроль	фон засуха	± к контролю		
Новичок	203	180	–23	0,29	2
Родник Прикамья	245	152	–93	0,97	7
Дина	143	91	–52	0,93	5
Форвард	205	142	–63	0,79	3
Бионик	209	134	–75	0,92	4
Витрум	241	152	–89	0,95	6
Зазерский 85	221	99	–122	1,42	9
Памяти Дудина	264	130	–134	1,30	8
Triumph	179	113	–66	0,95	6
Tallon	134	122	–12	0,23	1
Среднее по фону	204	131	–73	-	-

*1 – устойчив к засухе; 9 – неустойчив к засухе.

При выявлении степени засухоустойчивости сортов важным является обнаружение признаков, определяющих продуктивность генотипа при наличии недостатка влаги. Однако в результате исследований с использованием данного набора сортов не установлено достоверное влияние отдельных элементов структуры продуктивности на урожайность при наличии засухи. В то же время при благоприятных условиях вегетации (отсутствие засухи) установлено значимое влияние длины колоса ($r = 0,61$), продуктивности колоса ($r = 0,81$) и растения ($r = 0,84$), массы 1000 зерен ($r = 0,56$) на урожайность сортов ячменя.

Сорта ячменя обладают способностью к адаптации в стрессовых условиях внешней среды только в пределах, обусловленных их наследственностью. Недостаток влаги в почве в период вегетации нарушает физиолого-биохимические процессы в растениях, что приводит к снижению элементов структуры продуктивности. Чем больше способность генотипов изменять метаболизм в соответствии с окружающей средой, тем шире норма реакции данного сорта и лучше его способность к адаптации. Анализ степени развития структурных элементов урожайности в наших исследованиях показал сортоспецифичность по реакции на стресс.

Высокая урожайность сорта Новичок при наличии водного дефицита объясняется адаптивными реакциями растений, обеспечившими минимальное снижение всех элементов структуры урожайности, за исключением высоты растений (ВР). Установлено, что засухоустойчивый образец Tallon на фоне стресса также меньше других снижал такие показатели, как озерненность (КЗК) и продуктивность растения (МЗР). При этом сорт повышал массу 1000 зерен на 3,6 г. Практически не снизили массу 1000

зерен сорта-регенеранты Форвард и Бионик, а также коллекционный образец Triumph, отличающиеся средней степенью устойчивости к засухе. Водный стресс в меньшей степени повлиял на высоту растений (ВР) у сорта Дина, на длину колоса (ДК) – у сортов Дина и Памяти Дудина. У сортов Памяти Дудина и Зазерский 85 отмечалось существенное снижение всех значений элементов структуры и урожайности (табл. 3).

Расчет корреляционной связи между индексами засухоустойчивости урожайности и элементов структуры показал достоверную связь ($r = 0,91$) только между DSI урожайности и показателем «Масса 1000 зерен». Полученные данные согласуются с выводами ряда авторов [15] и свидетельствуют о перспективности использования DSI массы 1000 зерен при оценке засухоустойчивости сортов ячменя.

При использовании выделенных генотипов в качестве исходного материала для селекции засухоустойчивых сортов необходимо учитывать ряд факторов. Так, алюмотолерантный сорт Новичок, созданный специально для возделывания на бедных дерново-подзолистых почвах, является склонным к полеганию при выращивании на высоком агрофоне, а коллекционный образец Tallon характеризуется низкой урожайностью.

Таблица 3

Влияние водного дефицита на развитие элементов структуры урожайности сортов ячменя, 2021–2023 гг.

Сорт	Индекс DSI						
	ВР	КПК	ПК	ДК	КЗК	МЗР	M _{1000З}
Новичок	0,78	0,19	0,19	0,50	0,27	0,35	0,38
Родник Прикамья	1,17	0,73	1,05	1,45	0,80	1,07	0,57
Дина	0,46	0,45	1,14	0,23	0,41	1,04	0,21
Форвард	1,15	1,27	0,73	1,30	1,18	1,04	-0,36
Бионик	0,93	0,91	0,45	0,94	0,68	0,96	-0,02
Витрум	1,18	1,57	1,27	0,81	0,72	1,18	0,22
Зазерский 85	1,44	1,05	0,91	1,80	0,95	1,27	0,59
Памяти Дудина	1,25	1,14	1,57	0,46	0,67	1,32	0,76
Triumph	1,00	1,52	1,52	1,18	0,94	1,08	-0,35
Tallon	0,73	1,22	1,22	0,66	0,42	0,34	-1,38

Выводы

Проведенные исследования показали, что изученные сорта по-разному реагировали на наличие засухи в межфазный период «Выход в трубку-колошение». Установлено, что водный дефицит приводил к снижению урожайности сортов ячменя, влияя на развитие большинства элементов ее структуры. Наличие засухи меняло количество признаков продуктивности растений ячменя, сопряженных с урожайностью сортов. Поэтому при наличии водного стресса в межфазный период «Выход

в трубку-колошение» высокопродуктивные генотипы следует отбирать по выраженности признака «Масса 1000 зерен».

Высокой засухоустойчивостью выделались сорта Новичок и Tallon. Сорто-регенеранты Форвард и Бионик характеризовались сочетанием высокой урожайности и устойчивости к засухе в межфазный период «Выход в трубку-колошение». Выделенные сорта могут быть использованы в качестве компонентов скрещивания в соответствующих селекционных программах.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022–0007).

Библиографический список

1. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Остаточный водный дефицит растений ярового ячменя как один из показателей засухоустойчивости // *Зерновое хозяйство России*. – 2015. – № 6. – С. 31–34.
2. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений // *Зерновое хозяйство России*. – 2016. – № 5. – С. 40–43.
3. Асеева Т.А., Шукюров С.А. Влияние агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья на потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость сельскохозяйственных культур (сортов) // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 6. – С. 14–16.
4. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Ломакина И.В., Рубан З.С. Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна яровой пшеницы в среднем Приамурье // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. – 2016. – № 2 (186). – С. 64–70.
5. Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева И.С. Засухоустойчивость сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2022. – № 3 (71). – С. 4–11. DOI: 10.48012/1817-5457_2022_3_4-11.
6. Васько Н.И., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Зимогляд А.В. Зависимость продолжительности межфазных периодов и урожайности ярового ячменя от погодных условий // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2017. – № 4. – С. 77–81.
7. Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // *Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации*. – 2016. – № 360. – С. 45–78.
8. Волкова Л.В. Влияние гидротермических условий Кировской области на продуктивность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2023. – № 24 (3). – С. 377–388. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.377-388>.
9. Волкова Л.В., Амунова О.С. Результаты изучения сортов яровой пшеницы на засухоустойчивость в Кировской области // *Аграрный вестник Верхневолжья*. – 2018. – № 3 (24). – С. 12–17.
10. Гречишкина О.С., Хутамбирдина Р.Д., Мордвинцев М.П. Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2021. – Т. 104, № 4. – С. 217–232. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-217.

11. *Грингоф И.Г., Клещенко А.Д., Сиротенко О.Д., Лебедева В.М., Павлова В.Н.* Разработка методологии построения моделей «Погода-урожай» и оценка ожидаемой урожайности основных сельскохозяйственных культур // Сборник научных работ лауреатов областных премий и стипендий. – 2016. – Вып. 12. – С. 67–82.
12. *Ленточкин А.М., Бабайцева Т.А.* Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* – 2021. – № 22 (6). С. 826–834. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834>.
13. *Лепехов С.Б.* Стерильные колоски в колосе как показатель засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы // *Достижения науки и техники АПК.* – 2015. – Т. 29, № 6. – С. 27–30.
14. *Лыскова И.В., Суховеева О.Э., Лыскова Т.В.* Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* – 2021. – № 22 (2). С. 244–253. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>.
15. *Мальцева Л.Т., Филиппова Е.А., Банникова Н.Ю., Катаева Н.В.* Влияние засухи на хозяйственно-ценные признаки яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепной зоны Курганской области // *Вестник Омского ГАУ.* – 2021. – № 3 (43). – С. 25–35. DOI: [10.48136/2222-0364_2021_3_25](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_3_25).
16. *Павлова В.Н., Варчева С.Е.* Оценка климатических рисков при производстве зерновых культур в Приволжском федеральном округе // *Агрофизика.* – 2017. – № 2. – С. 1–8.
17. *Романенков В.А., Павлова В.Н., Беличенко М.В.* Агротехнологические возможности управления климатическими рисками при возделывании зерновых культур // *Агрохимия.* – 2022. – № 12. – С. 19–30. DOI: [10.31857/S0002188122120110](https://doi.org/10.31857/S0002188122120110).
18. *Тимошенкова Т.А., Самуилов Ф.Д.* Влияние морфологических признаков на урожайность сортов ярового ячменя в условиях степи Оренбургского Предуралья // *Вестник Казанского государственного аграрного университета.* – 2016. – Т. 11, № 3 (41). – С. 47–51. DOI: [10.12737/22675](https://doi.org/10.12737/22675).
19. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации; Под ред. В.М. Катцова // *Научное издание технологий / Росгидромет.* – Санкт-Петербург, 2022. – 676 с.
20. *Чекалин С.Г., Оськина А.А., Сейфуллина Ш., Кравченко А.С.* Оценка влияния различных типов засух на продуктивность возделываемых культур // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* – 2020. – № 1 (81). – С. 19–24. DOI: [10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19](https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19).
21. *Trukhachev V.I., Sklyarov I.Y., Sklyarova J.M., Latysheva L.A., Lapina H.N.* Contemporary state of resource potential of agriculture in South Russia // *International Journal of Economics and Financial Issues.* – 2016. – Vol. 6, no. S5. – P. 33–41.

EFFECT OF DROUGHT ON THE DEVELOPMENT OF YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF SPRING BARLEY VARIETIES

I.N. SHCHENNIKOVA, L.V. PANIKHINA

(Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky)

In the researches carried out in 2021–2023 at the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (Kirov) in the conditions of the vegetation experiment, 10 varieties of spring barley of different origin were evaluated by simulation of drought (breeding

varieties of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky of hybrid and regenerative origin, collection samples). The drought was simulated at the onset of the phase “stem elongation” by stopping irrigation and film sheltering from atmospheric precipitation, eliminating the greenhouse effect. The time of water stress application corresponded to the vegetative interphase of the plants “stem elongation – earing”. The aim of the research was to determine the effect of productivity elements on the yield of spring barley varieties and to determine the elements associated with the variability of the yield of varieties with an increasing drought in the interphase period “stem elongation – earing” and, based on these data, to select drought-resistant varieties. To evaluate the drought resistance of varieties, the Drought Resistance Index (DSI) was used as the ratio of the variety parameters to the average value for all varieties in the presence and absence of stress. The conducted researches have shown that the studied varieties reacted differently to the presence of drought in the interphase period “stem elongation – earing”. It was found that water deficiency significantly reduced the yield of all barley varieties by an average of 73g/m² and affected the development of most elements of its structure. In the presence of drought, there was no evidence of productivity of barley plants associated with the yield of varieties. Under favorable vegetative conditions (absence of drought), an influence of head length ($r = 0.613$), head productivity ($r = 0.81$) and plant productivity ($r = 0.84$), thousand grain weight ($r = 0.56$) on the yield of barley varieties was found. The calculation of the correlation between yield DSI and structural elements showed a reliable relationship ($r = 0.91$) only between the yield DSI and the index “thousand grain weight”, therefore, highly productive genotypes under water stress in the interphase period “stem elongation – earing” should be selected according to the severity of the feature “thousand grain weight”. The varieties Novichok, Tallon, Forward and Bionic can be used as crossing components in appropriate breeding programs.

Keywords: resistance, interphase period, stem elongation, earing, correlation, thousand grain weight, genotype.

Acknowledgements: The work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Order to the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (the order number is FNWE-2022–0007).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

References

1. Anisimova N.N., Ionova E.V. Water deficit of spring barley plants as one of the drought tolerance traits. *Grain Economy of Russia*. 2015;(6):71–78. (In Russ.)
2. Anisimova N.N., Ionova E.V. The structural elements of spring barley yield and their contribution into formation of high productivity of plants. *Grain Economy of Russia*. 2016;(5):40–43. (In Russ.)
3. Aseeva T.A., Shukyurov S.A. Influence of agroclimatic resources in middle priamurye on potential productivity and ecological sustainability of agricultural crops. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2010;6:14–16. (In Russ.)
4. Aseeva T.A., Karacheva G.S., Lomakina I.V., Ruban Z.S. The influence of weather conditions on wheat crop and corn quality in the middle Amur river region. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2016;2(186):64–70. (In Russ.)
5. Blokhin V.I., Nikiforova I.Yu., Ganieva I.S., Lanochkina M.A., Malafeeva Yu.V. Drought tolerance of spring barley varieties in the Pre-Kama conditions of the Republic of Tatarstan. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022;3(71):4–11. (In Russ.) https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_4-11

6. Vas'ko N.I., Naumov A.G., Solonechniy P.N., Zimoglyad A.V. et al. Dependence of duration of interphase periods and spring barley yield on weather conditions. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017;4:77–81. (In Russ.)
7. Vil'fand R.M., Strashnaya A.I., Bereza O.V. On the dynamics of agroclimatic indicators of sowing, wintering and yield formation conditions of main grain crops. *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii*. 2016;360:45–78. (In Russ.)
8. Volkova L.V. The influence of hydrothermal conditions of the Kirov region on the productivity and quality of grain of spring soft wheat varieties of different ripeness groups. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(3):377–388. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.377-388>
9. Volkova L.V., Amunova O.S. The study results of spring wheat varieties for drought resistance in Kirov region. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2018;3(24):12–17. (In Russ.)
10. Grechishkina O.S., Khutambirdina R.D., Mordvintsev M.P. Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021; 4: 217–232. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-217>
11. Gringof I.G., Kleshchenko A.D., Sirotenko O.D., Lebedeva V.M., Pavlova V.N. Methodology for developing “weather-crop” models and assessment of the expected harvest of principal crops. In: *Sbornik nauchnykh rabot Laureatov oblastnykh premiy i stipendiy*. Kaluga. Russia: Kaluga state Institute of education development, 2016;12:67–82. (In Russ.)
12. Lentochkin A.M., Babaytseva T.A. Global warming and change in the conditions of crop production practices in the Middle Cis-Urals. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(6):826–834. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834>
13. Lepekhov S.B. Sterile spikelets in spikes as an indicator of drought resistance of spring soft wheat. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2015;6:27–30. (In Russ.)
14. Lyskova I.V., Sukhoveeva O.E., Lyskova T.V. The influence of local climate change on the productivity of spring cereals in the Kirov region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(2): – 253. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253>
15. Maltseva L.T., Filippova E.A., Bannikova N.Yu., Kataeva N.V. The influence of drought on the economically valuable signs of spring soft wheat in the conditions of the forest-steppe zone of the Kurgan region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;3(43):25–35. (In Russ.) https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_3_25
16. Pavlova V.N., Varcheva S.E. Estimation of climatic risks at the production of grain crops in the Volga Federal District. *Agrophizika*. 2017;2:1–8. (In Russ.)
17. Romanenkov V.A., Pavlova V N., Belichenko M.V. Agrotechnological possibilities of climate risk management in the cultivation of grain crops. *Agrohimiya*. 2022;12:19–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188122120110>
18. Timoshenkova T.A., Samuilov F.D. Impact of morphological characters on productivity of spring barley varieties in the steppe zones of Orenburg Ural region. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2016;3(41):47–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/22675>
19. *Third assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation*: monograph. Ed. by V.M. Kattsov. St. Petersburg, Russia: Naukoemkie tekhnologii, 2022:676. (In Russ.)
20. Chekalin S.G., Oskina A.A., Seyfullina Sh., Kravchenko A.S. Assessment of the impact of various types of droughts on crop productivity. *Izvestiya*

Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020;1(81):19–24. (In Russ.)
<https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-81-1-13-19>

21. Trukhachev V.I., Sklyarov I.Y., Sklyarova J.M., Latysheva L.A., Lapina H.N. Contemporary state of resource potential of agriculture in South Russia. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016;6(S5):33–41.

Сведения об авторах

Щенникова Ирина Николаевна, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 610007, Российская Федерация, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: i.schennikova@mail.ru; тел.: (8332) 33–10–26; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5143-9246>

Панихина Любовь Владимировна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 610007, Российская Федерация, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: panikhina95@yandex.ru; тел.: (8332) 33–10–26; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-7716>

Information about the authors

Irina N. Shchennikova, DSc (Agr), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Barley, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (166a, Lenina St., Kirov, 610007, Russian Federation; phone: (8332) 33–10–26; e-mail: i.schennikova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2227-7716>)

Liubov V. Panikhina, postgraduate student, Junior Research Associate at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Barley, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (166a, Lenina Street, Kirov, 610007, Russian Federation; phone: (8332) 33–10–26; e-mail: panikhina95@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2227-7716>)