

Степанов К.А\*, Чимкенова А.Е., Байбусынова Ж.М.

ТОО «Опытное хозяйство масличных культур», г. Усть-Каменогорск, Казахстан,  
\*k.a.stepanoff@ yandex.ru

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ И ЕЁ СВЯЗЬ С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ У СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

### Аннотация

В Восточном Казахстане, в связи с изменением климата и прогрессом земледелия, назрела необходимость создания и внедрения сортов яровой мягкой пшеницы интенсивного типа. Авторами впервые в зоне исследований начато создание, отбор и сравнительное изучение селекционных линий культуры дифференцированно по морфотипам: полукарлики (высота растения 66...80 см), среднерослые (81...95) и высокие (от 96 см). В 2020 году в питомнике СП-2 эти три группы линий изучались по урожайности, её компонентам (15 простым и 16 индексным) и по характеру корреляционных связей признаков структуры урожая с продуктивностью делянки. Целью было определение особенностей структуры урожая и корреляций её элементов с урожайностью в каждой группе, а также предварительная оценка морфотипов на соответствие выбранной стратегии интенсификации.

Анализ структуры урожая выявил, что признаки, связанные с линейным размером и биомассой, увеличиваются от полукарликов к высоким линиям; число стерильных колосков и индексы (относительная продуктивность и озёрность), наоборот, снижаются; масса 1000 зёрен примерно одинакова, а по ряду параметров индивидуальной продуктивности преимущество у группы среднерослых линий.

Корреляционный анализ показал, что у полукарликов урожайность была связана с густотой стояния и уплотнением колоса; слабые связи отмечены с высотой растения и массой 1000 зёрен. Перспективы данной группы в зоне исследований признаны спорными, предположена необходимость дальнейшего изучения. Высокорослые линии проявили экстенсивные закономерности: с урожаем была связана высота растения и слабо – биомасса, число колосков, общая жизненность (отрицательная связь с индексом налива). Высокие линии не соответствуют цели интенсификации зернового производства. В группе среднерослых линий выявлены достоверные положительные средней силы корреляции урожайности с 7 признаками (число колосков, масса соломины и колоса, озёрность и продуктивность колоса и растения) и с 8 индексами. Наиболее выражены были корреляции с признаками, связанными с числом зёрен главного колоса. Достоверно отрицательная связь средней силы – у индекса налива зерна, что говорит о положительном влиянии адаптивных свойств (высокой жизненности). Группа среднерослых линий признана оптимальной для создания интенсивных сортов в зоне исследований.

Масса 1000 зёрен в условиях региона либо не важна, либо пока не задействована и может послужить резервом для дальнейшего повышения продуктивности. Данный признак нуждается в дальнейшем изучении.

**Ключевые слова:** пшеница мягкая яровая, Восточный Казахстан, морфотип, продуктивность, структура урожая, индексы, корреляции.

### Введение

Предгорно-степная земледельческая зона Восточно-Казахстанской области (ВКО) характеризуется в большинство лет достаточным увлажнением для получения высоких урожаев яровой пшеницы. В последние 10-12 лет здесь, как и во многих регионах, явно проявляются черты глобального изменения климата, прежде всего по части экстремализации

погодных явлений. Особенно это относится к выпадению осадков в летний период: дожди в ряд сезонов выпадают реже, но обильнее, ливневого характера. Яровая мягкая пшеница является главной зерновой культурой ВКО, занимая 34...36% пашен. Сортимент яровой мягкой пшеницы (ЯМП) области, районировавшийся в значительной мере в 80-е...00-е годы, представлен в основном сортами экстенсивного (степного) типа, которые в данных условиях часто полегают и вследствие этого снижают уровень как урожайности, так и качества. Назрела необходимость введения в производство сортов интенсивного и полуинтенсивного типа, способных переносить обильные осадки без полегания, отзывчивых на применение удобрений, имеющих более высокий потенциал продуктивности, но при этом обладающих достаточной адаптивностью к периодам засухи. Успешно проходят районирование зарубежные сорта яровой пшеницы, и адаптация собственной селекционной работы к новым условиям становится необходимой. Подобные проблемы возникли и в смежных регионах, например, Алтайском крае РФ [1; 62].

В связи с этим, в ТОО «ОХМК» начата работа по созданию селекционных линий яровой мягкой пшеницы интенсивных морфотипов: проводятся отбор и сравнительная оценка по группам полукарликов (66...80 см при нормальном увлажнении), среднерослых (81...95 см) и высоких (от 96 см) [2; 123]. Это характеризует существенную новизну принятого нами направления селекции ЯМП для зоны проведения наших исследований. Линии названных морфотипов закономерно имеют существенные различия в плане адаптивных возможностей, характера и динамики осуществления фотосинтеза и распределения его продуктов, а также и других черт морфологии и физиологии [3; 33-61]. Современные исследования, например, [4; 185; 5; 293] и многие другие авторы, приходят к аналогичным выводам и говорят о необходимости отбора на адаптивность к условиям зоны при селекции в любом направлении и при работе с любой культурой. Всё это вызывает необходимость изучения основных особенностей разных морфотипов в зоне исследований, во-первых, для выявления оптимального типа линий и сортов культуры в данных условиях, а во-вторых, для уточнения методики селекционной работы с подобным материалом в дальнейшем. На данном этапе исследования была поставлена цель: определить особенности структуры урожая линий ЯМП трёх выделенных морфотипов и выявить их связь с урожайностью делянки, а также сделать предварительный вывод о перспективности селекции линий данных типов в зоне исследований.

### **Материалы и методы**

Исследования проведенных в 2020 году в предгорной зоне ВКО (ТОО «ОХМК»). Почва участка – обыкновенный тяжелосуглинистый чернозём, среднее количество осадков за май-август – 216 мм, предшественник – пар.

Вегетационный период 2020 года характеризовался повышенным температурным фоном и недобором осадков (139 мм), которые выпадали неравномерно и в основном в середине и конце вегетации; результатом явились (в сравнении с обычным) средний уровень продуктивности и пониженное качество зерна. Существенно сократились от обычных значений линейные размеры растений, в первую очередь высота. Было отмечено повышение крупности зерна, в сравнении с обычным уровнем признака у одних и тех же сортов.

Материалом (объектом) исследований послужили селекционные линии ЯМП питомника СП-2: полукарлики (91 линия), среднерослые (667) и высокие (140). Стандартами служили районированные сорта ЯМП: для высоких – Уралосибирская, для среднерослых и полукарликов – Дарья (т.к. районированных полукарликовых сортов нет, дополнительно высевался белорусский сорт-полукарлик Чайка). Линии высевались делянками 5 м<sup>2</sup> в 1-кратной повторности, с нормой высева 4 млн.шт/га. Для анализа структуры урожая брались растения с пробных площадок (1/8 м<sup>2</sup>) примерно в одном и том же месте делянки, типичном по густоте, исключая крайние рядки. В среднем по каждому образцу было проанализировано 25...30 растений. После уборки делянок, с целью изучения корреляций с продуктивностью на единицу площади, проводился анализ структуры урожая равномерно по шкале урожайности в пределах каждой морфотип-группы (полукарлики, среднерослые и высокие).

Для этого в число анализируемых были включены снопы 5 самых урожайных делянок, 5 делянок с урожайностью между высокой и средней, 5 – средней, 5 – между средней и низкой и 5 – с самой низкой урожайностью. Всего было разобрано по 25 сноповых образцов каждого морфотипа.

Учитывались признаки простые (15) и индексные (16). Простые: урожайность (или продуктивность) делянок, с которых взяты снопы (далее – Ур (25), г/м<sup>2</sup>), для сравнения – урожайность делянок данного типа в среднем (Ур (средн.)); число продуктивных растений на 1 м<sup>2</sup> к уборке (Чраст), продуктивная кустистость (ПК), высота растения (ВР), длина соломины (Дсол), длина колоса (Дкол), длина верхнего междоузлия (Дверх), число продуктивных колосков главного колоса (ЧК) и засохших снизу (ЧК пуст), масса колоса главного побега (МК) и его соломины (МС), число зёрен главного колоса и растения (ЧЗК, ЧЗР), масса зёрен главного колоса и растения (МЗК, МЗР). В разряд индексных параметров нами были отнесены масса 1000 зёрен (М<sub>1000</sub>), 11 общепринятых селекционных индексов для пшеницы [6]: относительная длина колоса (ОДК) – отношение длины колоса без остей (мм) к длине соломины (см); плотность колоса (Пл.к.) – отношение числа колосков колоса к его длине (мм), полтавский индекс (Рi) – отношение массы зерна колоса (г) к длине верхнего междоузлия (см), мексиканский индекс (Мх) – отношение массы зёрен колоса (г) к высоте растения (см), канадский индекс (Кi) – отношение массы зёрен колоса (г) к его длине (см), индекс интенсивности (И.ин.) – отношение массы стебля (г) к высоте растения (см), индекс продуктивности колоса (ИПК) – отношение массы зёрен колоса (г) к массе колоса с семенами и мякиной (г), индекс линейной плотности колоса (ИЛПК) – отношение числа зёрен колоса к его длине (см), индекс потенциальной продуктивности колоса (ИППК) – отношение массы зёрен колоса (г) к массе колоса с семенами (г), умноженное на число зерен в колосе; индекс микрораспределений (И.микр) – отношение массы зёрен колоса (г) к массе мякины колоса (г), индекс аттракции колоса (И.аттр) – отношение массы колоса главного побега (г) к массе его соломины (г); индекс налива зерна (ИНЗ) – отношение массы 1000 зёрен (г) к массе соломины (г) [7; 37], а также 3 индекса по патенту РФ №2710056: индекс удельной продуктивности побега (ИУПП) – отношение массы зёрен главного колоса к массе вегетативной части побега, индекс удельной озернённости побега (ИУОП) – отношение числа зёрен колоса к вегетативной массе главного побега – и индекс продуктивности растений (ИПР) – отношение произведения числа и массы зёрен главного колоса к его длине (см) [8; 1-3].

Определялись средние значения названных параметров для каждой линии и морфотип-группы (полукарлики, среднерослые, высокие), вычислялись коэффициенты их фенотипической корреляции с признаком «продуктивность делянки». Обработка данных проводилась в программе MS Excel по общепринятым методикам [9; 263-285].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

В таблице 1 приведены данные о структуре урожая линий трёх групп.

По оценке простых компонентов урожая возможно заключить следующее. По 8 признакам наблюдается типичная картина – рост величины признака от полукарликов к высоким (длина главного побега и его частей, число колосков, масса колоса, соломины и масса зерна колоса). Число засохших колосков снизу главного колоса снижается с увеличением высоты растения, что также типично: масса (и, соответственно, размеры) стебля являются основой адаптивных свойств растения пшеницы, обеспечивая возможность реутилизации пластических веществ соломины для формирования колоса [3; 33-61]. Однако показатель «число стерильных колосков» не так однозначен. С.Б. Лепехов в Алтайском НИИСХ при изучении высокорослых селекционных линий ЯМП пришёл к выводу, что данный параметр сопряжён с пониженной адаптивностью только в случае длительной засухи. При наличии коротких засушливых периодов отмеченная закономерность справедлива для среднепоздних линий, а среднеспелые номера с малым количеством засохших колосков в такой ситуации обычно являются малоперспективными. Это можно объяснить сопряжённостью количества продуктивных и засохших колосков (т.к. число колосков –

признак, прочно детерминированный генетически), т.е. если растение пострадало от засухи, то количество стерильных колосков просто пропорционально общему их количеству в колосе и не говорит о различиях по адаптивности. Соответственно, среднеспелые линии ЯМП степного типа с малым числом стерильных колосков имеют и в целом короткий колос, и поэтому проявляют низкую урожайность [10; 27-30]. Это согласуется с исследованиями в нашей зоне, когда у (в большинстве) высокорослых селекционных линий ЯМП была выявлена достоверная корреляционная связь числа колосков в колосе с урожайностью [11; 146-148]. Стоит заметить, что в зоне исследований в 2020 году периоды засухи воздействовали интенсивнее всего на первую половину вегетации растений, когда, как известно, определяется число продуктивных колосков; это и вызвало значительное проявление и разницу по данному признаку.

По числу растений, продуктивному кущению, озернённости и продуктивности растения небольшое преимущество показали среднерослые линии, что может быть связано с успехом отбора, селекционным прогрессом. Более высокая озернённость и продуктивность растения (у среднерослых) может свидетельствовать о меньшем разрыве между главным и второстепенными побегами. О существенном действии отбора говорит также отсутствие линейного роста урожайности деланки с увеличением высоты растения. Оценка продуктивности в СП-2 не является рекомендованной по методике и не служила нам критерием отбора, однако показательно и неожиданно преимущество полукарликовых линий как среди отобранных по шкале (Ур (25)), так и среди групп морфотипов в целом (Ур средн.). Это свидетельствует о возможности преодоления естественных связей и необходимости дальнейшего изучения селекционных линий пшеницы с короткостебельностью, а также о возможности повышения урожайности даже в неоптимальных условиях увлажнения за счёт интенсивных характеристик селекционных линий, а не естественных (экстенсивных) вроде увеличения биомассы, высоты растения и длины вегетации.

**Таблица 1** – Продуктивность деланки и структура урожая у изучаемых селекционных линий ЯМП по группам морфотипов (ОХМК, 2020 г.)

Признак	Значение по группам морфотипов			
	полукарлики	среднерослые	высокие	в среднем
простые признаки				
Ур (25), г/м <sup>2</sup>	465,3	426,4	438,0	443,2
Ур (средн.) , г/м <sup>2</sup>	447,3	407,6	433,0	429,3
Чраст., шт/м <sup>2</sup>	287,1	305,6	280,0	290,9
ПК, шт	1,80	1,94	1,93	1,89
ВР, см	58,90	65,43	75,99	66,77
Дсол., см	50,81	57,79	68,72	59,11
Дкол., см	6,81	7,64	7,99	7,48
Дверх., см	28,33	32,91	36,75	32,66
ЧК, шт	12,08	13,08	13,22	12,79
ЧК пуст., шт	0,37	0,17	0,11	0,22
МК, г	1,642	1,714	1,723	1,693
МС, г	0,653	0,756	0,906	0,772
ЧЗК, шт	31,65	32,74	31,89	32,096
ЧЗР, шт	53,14	57,87	55,15	55,387
МЗК, г	1,295	1,304	1,308	1,302
МЗР, г	2,099	2,289	2,237	2,209
Индексы				
М <sub>1000</sub> , г	39,80	39,60	40,51	39,969
ОДК, мм/см	1,372	1,329	1,168	1,290
Пл.к., шт/мм	0,184	0,174	0,168	0,175
Р <sub>і</sub> , г/см	0,046	0,040	0,036	0,040
Мх, г/см	0,022	0,020	0,017	0,020

Ki, г/см	0,191	0,172	0,164	0,176
И.ин., г/см	0,014	0,012	0,012	0,012
ИПК, г/г	0,789	0,761	0,759	0,769
ИЛПК, шт/см	4,664	4,316	4,016	4,332
ИППК, шт*г/г	24,951	24,922	24,229	24,701
И.микр., г/г	3,999	3,268	3,231	3,499
И.атгр., г/г	1,898	1,730	1,446	1,721
ИНЗ, г/г	61,738	53,087	45,153	53,326
ИУПП, г/г	1,254	1,124	0,992	1,139
ИУОП, шт/г	30,493	28,258	24,377	28,115
ИПР, шт*г/см	6,093	5,691	5,269	5,684

Что касается индексных признаков, по 14 из 16 отмечено преимущество более короткостебельных образцов: индексы снижаются при увеличении высоты растения. Это свидетельствует о повышении относительной озёрнённости и продуктивности от высоких линий ЯМП к среднерослым и полукарликам, т.е. о возрастании эффективности продукционного процесса с понижением высоты растения. Данный факт ещё раз подчёркивает возможность успешного создания и внедрения сортов с генетической короткостебельностью в зоне наших исследований и перспективность данного направления селекции ЯМП в наших условиях.

По  $M_{1000}$  различий почти нет, хотя в первый год работы с данным материалом была отмечена чёткая естественная тенденция увеличения признака с высотой растения [2; 123-127]; один раунд отбора позволил достичь значительного сдвига (у полукарликов и среднерослых), что согласуется с общеизвестными представлениями о данном признаке как довольно надёжно наследуемом. Индекс интенсивности не показал больших различий по морфотип-группам, однако его значение немного выше у полукарликов, что совпадает с отмеченной выше закономерностью; возможно, этот параметр представляет собой резерв улучшения. Как показано ниже, он достоверно связан с урожайностью у группы среднерослых линий.

Корреляционный анализ позволяет дать дополнительную характеристику особенностям формирования продуктивности разных групп линий и выявить основные связи между изучаемыми параметрами (таблица 2).

**Таблица 2** – Корреляционные связи простых и индексных компонентов урожая с продуктивностью деланки ЯМП (ОХМК, 2020 г.)

Признак	Коэффициент корреляции у морфотип-групп линий ЯМП		
	Полукарлики	Среднерослые	Высокие
Чраст	0,484*	-0,023	0,270
ПК	0,187	0,283	0,024
ВР	0,374	0,180	0,518*
Дсол.	0,374	0,203	0,230
Дкол.	-0,526*	-0,135	0,186
Дверх.	0,165	0,023	0,239
ЧК	-0,279	0,487*	0,192
ЧК пуст.	-0,116	-0,147	0,311
МК	-0,144	0,499*	0,285
МС	0,052	0,475*	0,393
ЧЗК	-0,199	0,576*	0,169
ЧЗР	-0,039	0,453*	0,051
МЗК	-0,052	0,514*	0,354
МЗР	0,066	0,501*	0,169
$M_{1000}$	0,319	0,172	0,260
ОДК	-0,536*	-0,217	0,037

Пл.к.	0,551*	0,455*	0,047
Pi	-0,157	0,399*	0,208
Mx	-0,317	0,462*	0,173
Ki	0,413	0,517*	0,288
И.ин.	-0,251	0,466*	0,200
ИПК	0,199	0,082	0,289
ИЛПК	0,283	0,584*	-0,029
ИППК	-0,119	0,547*	0,251
И.микро.	0,211	0,127	0,276
И.аттр.	-0,192	0,054	-0,010
ИНЗ	0,047	-0,405*	-0,367
ИУПП	0,111	0,107	0,141
ИУОП	-0,099	0,131	-0,192
ИПР	0,063	0,600*	0,266
Примечание – достоверные значения коэффициента корреляции помечены звёздочкой			

В результате проведённого анализа корреляций был выявлен ряд связей средней силы (т.е. с коэффициентом в пределах 0,3...0,7).

Продуктивность делянок полукарликов была положительно связана с сохранностью растений к уборке (Чраст) и уплотнением, укорочением колоса при сохранении его продуктивности, о чём свидетельствуют положительная корреляция с урожаем плотности колоса и отрицательные – длины и относительной длины колоса, а также положительная корреляция урожайности с канадским индексом (МЗК/Дкол), близкая к достоверной. В ранге положительных связей средней силы, но не доказанных, корреляции урожая делянки с высотой растения, длиной соломины и  $M_{1000}$ ; отмечена средняя отрицательная (недостоверная) корреляция урожая и мексиканского индекса (МЗК/ВР). Таким образом, дополнительными чертами более продуктивных полукарликовых линий ЯМП были повышенная крупность зерна и высота растения и соломины, что делает спорным перспективу данной группы в зоне исследований, т.к. свидетельствует о возможной предпочтительности группы более высоких генотипов, т.е. среднерослых линий. Возможно, необходимо продолжить изучение полукарликовых линий ещё в течение нескольких сезонов, а также расширить их ассортимент для получения более убедительных выводов.

По результатам анализа корреляций с урожаем у высокорослых линий выявлена только одна достоверная положительная связь – у высоты растения. Это естественная корреляция, связанная с экстенсивным повышением продуктивности; она обусловлена в данном случае тем, что данная морфотип-группа включала растения без ограничений по высоте, в отличие от двух других групп. Средние положительные (но не доказанные) связи с урожаем выявлены у таких признаков, как масса соломины и продуктивность главного колоса, а также неоднозначного показателя (о котором упоминалось выше) – числа стерильных колосков главного колоса (т.е. выявлена косвенная связь урожая с общим числом колосков). Отрицательная корреляция средней силы (не доказанная) с урожаем делянки отмечена для индекса налива зерна ( $M_{1000}/MC$ ). Этот факт, возможно, связан с достаточным количеством осадков, выпавших в период налива и дозревания зерна, что сделало неостребованным в данном сезоне механизм реутилизации пластики стебля; в случае засухи в период налива данный параметр имел бы гораздо большее значение. С другой стороны, сам факт проявления механизма реутилизации свидетельствовал бы о неблагоприятных условиях налива зерна (в соответствии с представлениями В.А. Кумакова [3; 190-239]). Таким образом, в группе высокорослых линий ЯМП более высокую продуктивность имели номера с большей высотой растения, более высокими биомассой соломины, продуктивностью колоса, числом стерильных колосков (косвенно – с увеличенным общим числом колосков) и с меньшей степенью реутилизации пластики стебля (т.е. с более высокой общей жизненностью расте-

ний). В целом группа высокорослых линий не соответствует направлению интенсификации зернового производства в зоне исследований.

Выявленные корреляции с продуктивностью делянки по группам полукарликовых и высокорослых линий значительно отличаются от результатов наших более ранних исследований, где связь была отмечена для высоты растения, числа продуктивных колосков, числа и массы зёрен колоса и растения и для индексов с их участием [11; 148], но в той работе изучались в основном высокорослые образцы без деления по морфотипам.

Основная целевая группа линий в нашей селекционной работе – среднерослые – показала наиболее обширный спектр достоверных связей с урожаем делянки – у 7 простых и 9 индексных признаков; при этом был выявлен ряд отмечавшихся нами и ранее зависимостей. Среди простых параметров с урожаем делянки коррелировали число продуктивных колосков, масса колоса и соломины главного побега, число зёрен колоса и растения, продуктивность колоса и растения. Из индексных признаков достоверную положительную корреляцию с продуктивностью делянки обнаружили плотность колоса, индексы продуктивности колоса к длинам разных частей растения (канадский – МЗК/ДК, полтавский – МЗК/Дверх, мексиканский – МЗК/ВР), индекс интенсивности (МС/ВР), линейной плотности колоса (ЧЗК/ДК), потенциальной продуктивности колоса (ЧЗК\*МЗК/МК) и индекс продуктивности растения (ЧЗК\*МЗК/ДК); достоверно отрицательная связь с урожаем у индекса налива зерна ( $M_{1000}$ /МС). Растения более урожайных делянок имели, таким образом, как повышенную индивидуальную продуктивность и биомассу, так и повышенные показатели продуктивности и озернённости на единицу длины и биомассы, но при этом более мелкую зерновку. Отрицательную связь ИНЗ с урожаем можно интерпретировать и по-другому: масса соломины была гораздо важнее  $M_{1000}$ . Наблюдаемая ситуация аналогична описанной выше для группы высокорослых линий: механизм реутилизации задействован слабо, а преимущество в продуктивности получили образцы с более высокой общей биомассой растения, связанной с более высокой жизненностью в данных условиях.

Все коэффициенты корреляции элементов продуктивности с урожаем у группы среднерослых линий также в пределах связи средней силы, но численно наиболее высокие значения коэффициента корреляции у ЧЗК, ИЛПК и ИПР – признаков, связанных с озернёностью главного колоса. Это полностью согласуется с представлениями цитируемых нами [3; 239-257; 12; 36] и других авторов о данном признаке как одном из основных преимуществ среднерослых линий и сортов ЯМП, обуславливающих повышение их урожайности. Косвенно это подтверждают выводы, полученные селекционерами в Барнауле [1; 62-70], согласно которым новые сорта ЯМП группы среднерослых отрицательно реагируют на загущение посева – их оптимальная норма высева рекомендована на уровне 3-4 млн.шт./га, в то время как для высоких сортов она составляет 4-5. Число зёрен главного колоса – признак, значительно зависящий от условий произрастания, и посев сортов с данной оптимальной густотой, снижая степень конкуренции между растениями, обеспечивает формирование высокого ЧЗК и соответственно максимальной в данных условиях урожайности посева. Другая характерная особенность группы среднерослых – очень слабая (ниже 0,2) корреляция урожая с высотой растения, что подтверждает целесообразность фокусировки селекционной работы в нашей зоне именно на данном морфотипе.

Такой важный показатель, как  $M_{1000}$ , не обнаружил в нашем исследовании прямой связи с продуктивностью делянок ни у одной из групп, что отмечалось в зоне исследований и ранее [11; 148]. По результатам регионального экологического испытания «КаСиб» (Казахстан – Сибирь), аналогично, примерно в половине точек испытания, в том числе и в Усть-Каменогорске,  $M_{1000}$  не коррелирует с урожайностью (данная информация рассылается участникам испытания и не публикуется официально). В то же время, крупность зерновки считается одним из важнейших признаков при отборе на адаптивность, в том числе при выведении линий с генетической короткостебельностью [12; 38]. В нашей работе  $M_{1000}$  показала корреляцию с урожаем делянки средней силы (более 0,3) для полукарликов

(недостовверную), а по двум другим морфотип-группам проявила косвенную отрицательную корреляцию (для среднерослых – доказанную). Возможно, это обусловлено особенностями погодных условий данного сезона, из-за которых роль механизма реутилизации снизилась, а возможно, данный параметр может послужить резервом повышения урожайности и адаптивности ЯМП в зоне исследований, но на данный момент недостаточно задействован.

### **Выводы**

По результатам изучения селекционных линий ЯМП трёх морфотип-групп (полукарлики, среднерослые и высокие) питомника СП-2 в 2020 году в предгорной зоне ВКО возможно заключить следующее.

1) По простым (непосредственно измеряемым) компонентам структуры урожая в большинстве отмечено естественное увеличение размеров и массы, адаптивности (снижение числа пустых колосков) от полукарликов к высоким линиям, но по Чраст, ПК, ЧЗК, ЧЗР и МЗК отмечено небольшое преимущество среднерослых линий.

2) По индексным параметрам, вычисляемым как относительные величины числа или массы зёрен на единицу размера или биомассы различных частей растения, картина обратная, т.е. эффективность продукционного процесса (относительная продуктивность) возрастает от высоких линий ЯМП к среднерослым и особенно к полукарликам.

3) Корреляционный анализ показал, что в год исследований урожайность полукарликовых линий была связана с числом растений к уборке и уплотнением колоса. Урожай деланки среднерослых линий был связан положительно как с общей мощностью и индивидуальной продуктивностью растений, так и с рядом индексов относительной озёрнённости и продуктивности, отрицательно – с индексом налива зерна; наиболее сильную корреляцию с урожаем имели признаки, связанные с числом зёрен главного колоса. У высоких линий отмечена достоверная связь урожая с высотой растения, а также менее выраженная корреляция с массой колоса и соломины главного побега и числом стерильных колосков (косвенно – с общим числом колосков); отрицательная связь урожая с индексом налива зерна. Данная информация после уточнения за ряд лет может быть использована для определения основных черт моделей сортов разного морфотипа в зоне исследований.

4)  $M_{1000}$  в 2020 году не отличалась у изученных групп линий, а естественная тенденция увеличения данного признака с ростом высоты растения была нивелирована за одну браковку (в 2019 году). Данный важный параметр теоретически может являться одним из резервов повышения и стабилизации урожайности культуры в зоне исследований. Хотя признак не выявил корреляций с урожаем деланки, однако связь стала более выраженной после отсека мелкозёрного материала, особенно среди полукарликов. У среднерослых и высоких линий ЯМП признак не проявил прямой корреляции с урожайностью, а косвенно (в составе ИНЗ) был связан с ней отрицательно, что связано, по-видимому, с погодными особенностями сезона. Роль этого параметра и его связь с продуктивностью линий ЯМП в зоне исследований требуют дальнейшего изучения и уточнения.

5) Отсутствие существенных различий по урожаю деланки между тремя группами селекционных линий и даже некоторое преимущество полукарликов свидетельствует о перспективности взятого нами направления на селекцию линий ЯМП интенсивного типа в зоне исследований, несмотря на возможные флуктуации гидротермических условий. Данные 2020 года позволяют сделать вывод о большей перспективности выведения линий группы среднерослых: у полукарликов отмечена некоторая положительная связь урожая с высотой растения, а у среднерослых линий она значительно слабее, т.е. среди полукарликов более урожайными были линии, более близкие по росту к среднерослым. Необходимо продолжить сравнительное изучение линий ЯМП разных морфотип-групп в условиях нашей зоны по адаптивности, урожайности и её структуре, с тем чтобы уточнить оптимальные параметры линий каждой группы, а также особенности и направления проведения отборов.

### **Благодарности**

Данное исследование было профинансировано из средств Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (программа по селекции зерновых культур).

Список литературы

1. Коробейников Н.И., Березникова Н.А. Особенности реагирования новых сортов мягкой яровой пшеницы интенсивного типа на понижение нормы высева семян // Исследования и разработки учёных и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана: м-лы конф. - Барнаул, 2020 .- С. 62-70.
2. Степанов К.А., Чимкенова А.Е. Отбор селекционных линий яровой мягкой пшеницы различных морфотипов в предгорной зоне ВКО в 2019 году // Исследования и разработки учёных и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана: м-лы конф. - Барнаул, 2020, - С. 123-127.
3. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы: монография.- М., 1985 .- 270 с.
4. Байдюсен А.А., Кушанова Р.Ж., Джатаев С.А., Жубатканов А.А. Изучение хозяйственно-ценных признаков сортообразцов ярового ячменя международной коллекции на устойчивость к стрессовым факторам в условиях Северного Казахстана // «Исследования, результаты» КазНАУ.- 2020, №4.- С.185-191.
5. Сайкенова А.Ж., Кудайбергенов М.С., Нургасенов Т.Н., Сайкенов Б.Р. Скрининг признаковой коллекции чечевицы в условиях Алматинской области // «Исследования, результаты» КазНАУ .- 2021, №1.- С. 293-301.
6. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов.- СПб, 2008 // [https://www.agromage.com/stat\\_id.php?id=632](https://www.agromage.com/stat_id.php?id=632).
7. Воробьев В.А., Воробьев А.В. Роль селекционных индексов в оценке продуктивности яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК.- 2018.- Т. 32, №9.- С.37-39.
8. Патент РФ №2710056 (А01Н1/04). Способ отбора высокопродуктивных селекционных образцов озимых зерновых культур / Манукян И.Р., Бекузарова С.А., Басиева М.А., Мирошникова Е.С. // ФГБУН «Владикавказский научный центр РАН»; опубли. 24.12.2019, бюл. №36.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник. – М., 1985. – 351 с.
10. 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.
11. Степанов К.А. Изучение корреляций признаков продуктивности у яровой пшеницы в предгорной зоне Восточного Казахстана // «Исследования, результаты», КазНАУ.- 2008, №1 - С. 146-148.
12. Моргунов А.И., Наумов А.А. Селекция зерновых культур на стабилизацию урожайности: обзорная информация.- М. - 1987 .- 61 с.

References

1. Korobeynikov, N., Bereznikova, N. (2020). Osobennosti reagirovaniya novykh sortov myagkoy yarovoy pshenitsy intensivnogo tipa na ponizheniye normy vyseva semyan [Features of the response of new varieties of bread spring wheat of intensive type to a decrease in the seeding rate]. Issledovaniya i razrabotki uchonykh i studentov dlya APK Sibiri, Kazakhstana i Uzbekistana: m-ly konf.. [Research and development of scientists and students for the agro-industrial complex of Siberia, Kazakhstan and Uzbekistan: materials of the conference]. Barnaul. P. 62-70 [in Russian].
2. Stepanov, C., Chimkenova, A. (2020). Otbor selectsiionnykh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy razlichnykh morphotipov v predgornoy zone VKO v 2019 godu [Selection of breeding lines of spring bread wheat of various morphotypes in the foothill zone of East Kazakhstan region in 2019]. Issledovaniya i razrabotki uchonykh i studentov dlya APK Sibiri, Kazakhstana i Uzbekistana: m-ly konf. [Research and development of scientists and students for the agro-

industrial complex of Siberia, Kazakhstan and Uzbekistan: materials of the conference]. Barnaul. P. 122-127 [in Russian].

3. Kumakov, V. (1985). *Physiologicheskoye obosovaniye modeley sortov pshenitsy: monographia. [Physiological justification of models of wheat varieties]*. Moscow [in Russian].

4. Baidusen, A., Kushanova, R., Jatayev, S., Zhuatkanov, A. (2020). *Izucheniye khozyaystvenno-tsennyykh priznakov sortoobratsov yarovogo yachmenya mezhdunarodnoy kollektzii na ustoichivost' k stressovym faktoram v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Study of economically valuable characteristics of spring barley varieties of the international collection for resistance to stress factors in the conditions of Northern Kazakhstan]. "Issledovaniya, rezultaty" KazNAU [Research, results KazNAU]. No. 4, p. 185-191 [in Russian]*.

5. Saykenova, A., Kудaybergenov, M., Nurgasenov, T., Saykenov, B. (2021). *Skrining priznakovoy kollektzii chechevitsy v usloviyakh Almatinskoy oblasti [Screening of the lentil collection in the conditions of the Almaty region]. «Issledovaniya, rezultaty» KazNAU ["Research, results" KazNAU]. №1, p. 293-301 [in Russian]*.

6. Kocherina, N., Dragavtsev, V. (2008). *Vvedeniye v teoriyu ekologo-geneticheskoy orgaizatsii polygennykh priznakov rasteniy i teoriyu selektsionnykh indexov [Introduction to the theory of ecological and genetic organization of polygenic plant traits and the theory of selection indices]*. Retrieved from [https://www.agromage.com/stat\\_id.php?id=632](https://www.agromage.com/stat_id.php?id=632) [in Russian].

7. Vorobyov, V., Vorobyov, A. (2018). *Rol' selektsionnykh indexov v otsenke productivnosti yarovoy pshenitsy [The role of selection indices in assessing the productivity of spring wheat]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agroindustrial complex]. T. 32, №9. P.37-39 [in Russian]*.

8. Manukyan, I., Bekuzarova, S., Basieva, M., Miroshnikova, E. (2019). *Sposob otbora vysokoproduktivnykh selektsionnykh obraztsov ozimyykh zernovykh kultur [Method of selection of highly productive breeding samples of winter grain crops]. RF patent № 2710056 (A01H1/04). Bul. 36 [in Russian]*.

9. Dospikhov, B. (1985). *Metodika polevogo opyta [Field experience methodology]*. Moscow [in Russian].

10. Lepekhov, S. (2015). *Sterilnyye koloski v kolose kak pokazatel' zasukhoustoychivosti yarovoy myagkoy pshenitsy [Sterile spikelets in the ear as an indicator of drought resistance of spring bread wheat]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agroindustrial complex]. T. 29, №6. P.27-30 [in Russian]*.

11. Stepanov, C. (2008). *Izucheniye correlyatsiy priznakov productivnosti u yarvoi pshenitsy v predgornoy zone Vostochnogo Kazakhstana [Study of correlations of productivity signs in spring wheat in the foothill zone of Eastern Kazakhstan]. "Issledovaniya, rezultaty" KazNAU ["Research, results" KazNAU]. №1, p. 146-148 [in Russian]*.

12. Morgounov, A., Naumov, A. (1985). *Selectsiya zernovykh kultur na stabilizatsiyu urozhainosti [Selection of grain crops for yield stabilization]*. Moscow [in Russian].

**Степанов К.А.\*, Чимкенова А.Е., Байбусынова Ж.М.**

*«Майлы дақыдар тәжірибе шаруашылығы» ЖШС, Өскемен, Қазақстан,*

*\*k.a.stepanoff@ yandex.ru*

**2020 ЖЫЛЫ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТҮРЛІ МОРФОТИПТЕРДЕГІ ЖАЗДЫҚ  
ЖҰМСАҚ БИДАЙДЫҢ СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ ЛИНИЯЛАР ӨНІМ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ  
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨНІМДІЛІГІМЕН БАЙЛАНЫСЫ**

#### **Андатпа**

ШЫҒЫС Қазақстанда климаттың өзгеруіне және егіншіліктің ілгерілеуіне байланысты қарқынды түрдегі жаздық жұмсақ бидай сорттарын жасау және енгізу қажеттілігі пісіп-жетілді. Авторлар зерттеу аймағында алғаш рет морфотиптері бойынша сараланған:

жартылай ергежейлі (өсімдік биіктігі 66...80 см), орташа бойлы (81...95) және жоғары (96 см-ден) бидай селекциялық линияларын құруды, іріктеуді және салыстырмалы зерттеуді бастады. 2020 жылы СТ-2 тәлімбағында осы үш тобы кірістілік, оның компоненттері (15 про және 16 индекстік) және дақыл құрылымының белгілері мен мөлдектің өнімділігі арасындағы корреляциялық байланыс сипаты бойынша зерттелді. Зерттеу мақсаты – дақыл құрылымының ерекшеліктерін және оның элементтерінің әр топтағы өнімділікпен арақатынасын анықтау, сонымен қатар морфотиптерді таңдалған интенсификация стратегиясына сәйкестігін алдын-ала бағалау болды.

Егіннің құрылымын талдау көрсеткендей, сызықтық өлшем мен биомассаға байланысты белгілер жартылай карликтерден жоғары линияларға дейін артады; стерильді масақшалардың саны және индекстер (салыстырмалы өнімділік және дән саны), керісінше, азаяды; 1000 дәннің массасы шамамен бірдей, ал жеке өнімділіктің бірқатар параметрлері бойынша орташа линиялар тобының артықшылығы бар.

Корреляциялық талдау көрсеткендей, жартылай ергежейлілердің өнімділігі өсімдік саны және масақтың тығыздалуымен байланысты болды; әлсіз байланыстар өсімдіктің биіктігімен және 1000 дән салмағымен белгіленеді. Зерттеу аймағындағы осы топтың болашағы даулы деп танылды, әрі қарай зерттеу қажеттілігі туындады. Биік линиялар экстенсивті заңдылықтарды көрсетті: өсімдіктің биіктігі мен (әлсіз) – биомассасы, масақшалар саны, жалпы өміршеңдік (күю индексімен теріс байланыс) өнімділікпен байланысты болды. Жоғары бойы линиялар астық өндірісін қарқындату мақсатына сәйкес келмейді. Орташа линиялар тобында кірістіліктің 7 белгімен (масақшалар саны, сабан мен масақтың массасы, масақ пен өсімдіктің дән саны мен өнімділігі) және 8 индекспен орташа корреляцияның сенімді оң күші анықталды. Негізгі масақтың дән санына байланысты белгілермен корреляциялар ең айқын болды. Орташа күштің сенімді теріс байланысы – дән күю индексі, бұл бейімделу қасиеттерінің оң әсерін көрсетеді (жоғары өміршеңдік). Орташа бойы линиялар тобы зерттеу аймағында қарқынды сорттарды құру үшін оңтайлы деп танылды.

Аймақтағы 1000 дәннің массасы маңызды емес немесе әлі іске қосылмаған және өнімділікті одан әрі арттыру үшін резерв ретінде қызмет ете алады. Бұл белгіні одан әрі зерттеу қажет.

**Кілт сөздер:** жаздық жұмсақ бидай, Шығыс Қазақстан, морфотип, өнімділік, дақыл құрылымы, селекциялық индекстер, корреляциялық байланыстар.

**Stepanov C.A.\*, Chimkenova A.E., Baibusynova Zh.M.**

*Oil crops experimental farm Ltd., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

*\*k.a.stepanoff@yandex.ru*

## FEATURES OF THE CROP STRUCTURE AND ITS RELATION WITH PRODUCTIVITY IN BREEDING LINES OF SPRING BREAD WHEAT OF DIFFERENT MORPHOTYPES IN EAST KAZAKHSTAN IN 2020

### **Abstract**

In East Kazakhstan, due to climate change and the progress of agriculture, there is a need to create and introduce varieties of spring bread wheat of intensive type. For the first time in the research area, the authors began the creation, selection and comparative study of breeding culture lines differentiated by morphotypes: semi-dwarfs (plant height 66...80 cm), medium-sized (81...95) and tall (from 96 cm). In 2020, in the SN-2 nursery, these three groups of lines were studied by yield, its components (15 simple and 16 index ones) and by the nature of correlations between the signs of the crop structure and the productivity of the plot. The purpose was to determine the features of the crop structure and the correlations of its elements with the yield in each group, as

well as a preliminary assessment of the morphotypes for compliance with the chosen strategy to intensification.

The analysis of the crop structure revealed that the characteristics associated with linear size and biomass increase from semi-dwarf to high lines; the number of sterile spikelets and indices (relative productivity and grain number), on the contrary, decrease; the mass of 1000 grains is approximately the same, and the group of medium-sized lines has an advantage in a number of parameters of individual productivity.

Correlation analysis showed that in semi-dwarfs, the yield was associated with the number of plants and the densification of the ear; weak correlations were noted with the height of the plant and the weight of 1000 grains. The prospects of this group in the research area are recognized as controversial, and the need for further study is suggested. The tall lines showed extensive patterns: the height of the plant was associated with the yield and weakly – biomass, the number of spikelets, overall vitality (a negative relationship with the filling index). High lines do not correspond to the goal of intensifying grain production. In the group of medium-sized lines, reliable positive average correlation of yield was revealed with 7 values (the number of spikelets, the mass of straw and ear, the number of grains and productivity of the ear and plant) and with 8 indices. The most pronounced correlations were with the signs associated with the number of grains of the main ear. The grain filling index has a significantly negative correlation of the average strength, which indicates a positive influence of adaptive properties (high vitality). The group of medium-sized lines is recognized as optimal for creating intensive varieties in the research area.

The mass of 1000 grains in the conditions of the region is either not important, or it is not yet involved and can serve as a reserve for further productivity improvement. This feature needs further study.

**Keywords:** bread spring wheat, East Kazakhstan, morphotype, productivity, crop structure, breeding indexes, correlation relations.