



Сравнительная индексация раннеспелых гибридов кукурузы в экологическом испытании

© 2023. Н. А. Орлянская✉, Н. А. Орлянский, Д. С. Чеботарёв

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»
(Воронежский филиал), Воронежская область, Российская Федерация

В статье представлены результаты экологического испытания, проведенного в 2022 г. с целью определения адаптивности гибридов кукурузы и выявления генотипов, пригодных для выращивания в условиях с лимитированным периодом вегетации. В опыте изучены 10 новых раннеспелых (FAO 130-150) гибридов кукурузы в 6 селекционно-семеноводческих учреждениях – экологических пунктах, территориально расположенных в 4 почвенно-климатических зонах Российской Федерации: Центрально-Чернозёмном, Северо-Кавказском, Уральском и Западно-Сибирском регионах. Гибриды оценивали по пластичности (b_i), стабильности (σ_d^2) и селекционным индексам: селекционной ценности сорта (S_v), селекционному индексу (S_i) и индексу селекционной ценности сорта (S_{sv}). Благоприятные условия среды отмечены в пунктах Нальчик ($I_j = +1,51$), Белгород ($I_j = +0,18$) и Воронеж ($I_j = +0,04$), лимитированные – Челябинск ($I_j = -1,09$), Омске ($I_j = -0,56$) и Пятигорск ($I_j = -0,08$). Самая высокая урожайность зерна в среднем отмечена у гибрида 140/26 (6,50 т/га), превышение над лучшим стандартом составило 1,15 т/га. В благоприятных условиях по урожайности зерна выделены гибриды 140-28 (7,66 т/га) и 140/24 (7,65 т/га), в лимитированных – 100/28 (5,42 т/га). Пониженная уборочная влажность зерна отмечена у гибридов 100/24 (18,7 %), 140/25 (19,0 %) и 100/27 (20,5 %). Установлены гибриды 140/24 ($b_i = 1,82$, $\sigma_d^2 = 0,08$), 140/28 ($b_i = 1,54$, $\sigma_d^2 = 0,09$), 100/26 ($b_i = 1,45$, $\sigma_d^2 = 0,17$), сочетающие высокую экологическую пластичность и стабильность, рекомендуемые для интенсивных условий выращивания. Показано, что применение методики оценки гибридов кукурузы по селекционным индексам позволяет выявить регионально ориентированные генотипы. Выделены перспективные гибриды 100/28 ($S_{sv} = 8,44$) и 100/27 ($S_{sv} = 8,26$) с оптимальным балансом экологической стабильности, урожайности и уборочной влажности зерна, пригодные для выращивания в лимитированных условиях с ограниченной продолжительностью вегетационного периода.

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays* L.), урожайность зерна, влажность зерна, пластичность, стабильность, селекционные индексы

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» (тема № FNMG-2022-0006). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Орлянская Н. А., Орлянский Н. А., Чеботарёв Д. С. Сравнительная индексация раннеспелых гибридов кукурузы в экологическом испытании. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(4):581-591.
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.581-591>

Поступила: 02.04.2023

Принята к публикации: 27.07.2023

Опубликована онлайн: 30.08.2023

Comparative indexing of early-maturing corn hybrids in multi-environment trial

© 2023. Natalya A. Orlyanskaya✉, Nikolay A. Orlyansky, Dmitry S. Chebotarev

All-Russian Research Institute of Maize (affiliated branch in Voronezh), Voronezh region, Russian Federation

The article shows the results of a multi-environment trial which was conducted in 2022 to determine the adaptability of corn hybrids and identify genotypes which are better to choose for a short growing season. Ten new early-maturing (FAO 130-150) corn hybrids were studied in 6 plant breeding organisations – ecological sites in 4 soil-climatic zones of Russia such as the Central Black Earth region, North Caucasus, Urals, West Siberia. The corn hybrids were evaluated by plasticity (b_i), stability (σ_d^2) and selection indices: the breeding value of the cultivar (S_v), the selection index (S_i) and the selection value index of the cultivar (S_{sv}). Nalchik ($I_j = +1.51$), Belgorod ($I_j = +0.18$) and Voronezh ($I_j = +0.04$) had favourable environmental conditions, unfavourable environments were in Chelyabinsk ($I_j = -1.09$), Omsk ($I_j = -0.56$) and Pyatigorsk ($I_j = -0.08$). Hybrid 140/26 had the highest grain yield (6.50 t/ha) on average, it exceeded the best standard by 1.15 t/ha. The hybrids 140-28 had the highest mean yield (7.66 t/ha) and 140/24 (7.65 t/ha) under favourable conditions, hybrid 100/28 was the best (5.42 t/ha) in unfavourable environments. Hybrids 100/24 (18.7 %), 140/25 (19.0 %), 100/27 (20.5 %) had the lowest grain moisture at harvest. Hybrids 140/24 ($b_i = 1.82$, $\sigma_d^2 = 0.08$), 140/28 ($b_i = 1.54$, $\sigma_d^2 = 0.09$), 100/26 ($b_i = 1.45$, $\sigma_d^2 = 0.17$) with high ecological plasticity and stability were recommended to grow under intensive growing conditions. It was shown that the application of the technique for evaluating corn hybrids by selection indices makes it possible to identify regionally oriented genotypes. It is better to grow hybrids 100/28 ($S_{sv} = 8.44$) and 100/27 ($S_{sv} = 8.26$), which had an optimal balance of environmental stability, grain yield and grain moisture at harvest, in unfavourable conditions with a short growing season.

Keywords: corn (*Zea mays* L.), corn grain yield, grain moisture, plasticity, stability, selection indices.

Acknowledgments: the research was financially supported by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the state assignment of All-Russian Research Institute of Maize (theme No. FNMG-2022-0006).

Conflict of Interest: the authors declared no conflicts of interest.

For citations: Orlyanskaya N. A., Orlyansky N. A., Chebotarev D. S. Comparative indexing of early-maturing corn hybrids in multi-environment trial. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(4):581-591. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.581-591>

Received: 02.04.2023

Accepted for publication: 27.07.2023

Published online: 30.08.2023

В мировом земледелии кукуруза (*Zea mays* L.) является одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур, используемых для производства продуктов питания, корма для животных и биотоплива [1]. В Российской Федерации кукуруза входит в число основных зерновых культур, востребованных во многих отраслях экономики и способствующих продовольственной безопасности страны [2].

Анализ структуры посевных площадей, занимаемых в Российской Федерации кукурузой, используемой на зерно, показал значительное их увеличение за последнее время. В 2012 г. она занимала 2,06 млн га, в 2013 г. располагалась на площади 2,44 млн га, 2017 г. – 3,02 млн га, в 2022 г. была высеяна на площади 2,84 млн га¹.

Расширение посевов кукурузы, предназначенной для получения зерна, в нашей стране в последнее время происходит в основном за счёт продвижения её на север – в регионы с ограниченными ресурсами тепла и контрастными климатическими условиями [3], где её выращивание, как и любой сельскохозяйственной культуры, сопряжено с определенными рисками. Как свидетельствует К. Шинозаки с соавт. (K. Shinozaki et al.), «...абиотические стрессы, среди которых засуха, низкие и высокие температуры, засоленность почв, недостаток питательных веществ, являются лидирующей причиной падения уровня урожайности, снижающей продуктивность посевов до 50-80 % в зависимости от культуры и географической локации» [цит. по: 4, стр. 989]. Комплекс неблагоприятных факторов окружающей среды – одно из основных препятствий в получении стабильных урожаев всех сельскохозяйственных культур.

Одним из путей решения проблемы получения стабильных урожаев кукурузы является создание стрессоустойчивых генотипов. Необходимость в этом особенно актуальна, учитывая увеличение частоты экстремальных погодных явлений, являющихся причиной экологических стрессов [5]. По мнению многих авторов [6, 7, 8], только адаптивность может обеспечить

стабильность урожая – это важнейшее свойство генотипов, которое должно учитываться в селекционных программах.

В отечественных программах по созданию гибридной кукурузы особое место занимает направление селекции на скороспелость. Основной его целью является выведение раннеспелых гибридов, обладающих способностью формировать высокий урожай за короткий период вегетации и быстрой потерей влаги при созревании зерна [9, 10]. А для гибридов, создаваемых для условий с ограниченной теплообеспеченностью, необходимыми характеристиками являются ещё и минимальные требования к температуре в период прорастания семян и появления всходов, а также энергичный стартовый рост молодых растений [11]. Именно использование таких гибридов способствует расширению ареала возделывания зерновой кукурузы в северные регионы с лимитированным вегетационным периодом, где они позволяют своевременно проводить уборку и экономить энергетические ресурсы на послеуборочное досушивание зерна.

Необходимым этапом изучения новых гибридов является всестороннее сравнительное испытание их в контрастных экологических условиях, которое позволяет получить информацию о норме, стабильности реакции на условия выращивания и определить ареал их возможного распространения [12, 13]. В системе экологического (зонального) испытания проводится оценка гибридов по показателям экологической пластичности и стабильности. Метод основан на расчёте коэффициента линейной регрессии (b_i), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (σ_d^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды [14, 15]. Коэффициент линейной регрессии может принимать значения больше, равным и меньше единицы. Чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем отзывчивее гибрид на улучшение условий возделывания. И, наоборот, если $b_i < 1$,

¹Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства. [Электронный ресурс].

URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Real.ru> (Дата обращения: 21.02.2023).

реакция образца на смену условий слабее, чем в среднем всего набора гибридов. Равный или близкий к нулю коэффициент регрессии свидетельствует о том, что гибрид никак не реагирует на изменения условий среды. В случае, если $b_i = 1$ наблюдается полное соответствие изменения урожайности изменению условий выращивания. Что касается показателя среднеквадратичного отклонения от линии регрессии, то, чем ближе его значение к нулю, тем стабильнее оказывается изучаемый в различных почвенно-климатических условиях образец.

Для кукурузы – культуры южного эколого-географического происхождения, имеющей довольно длительный период вегетации, показатель «влажность зерна при уборке» является одним из самых важных критериев оценки раннеспелости генотипов. И поэтому селекционеры при определении адаптивного потенциала гибридов, предназначенных для использования на зерно, как правило, не ограничиваются оценкой по признаку «урожайность зерна», но также принимают во внимание уровень влажности зерна на момент сбора урожая [16, 17]. При этом применение системы оценок по селекционным индексам позволяет выявлять образцы, оптимально сочетающие высокую урожайность и экологическую стабильность с учётом уборочной влажности зерна [18], поскольку индексы одновременно отражают проявление нескольких показателей.

Цель исследования – оценка продуктивного и адаптивного потенциала новых раннеспелых гибридов кукурузы селекции Воронежского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» в контрастных климатических условиях Российской Федерации.

Новизна исследований – выявление перспективных экологически стабильных генотипов, обладающих оптимальным проявлением урожайности и уборочной влажности зерна.

Материал и методы. Исследования проводили в 2022 году в экологическом испытании, организованном в рамках Координационного совета по селекции и семеноводству кукурузы учреждений Российской Федерации. Объектом изучения являлись 10 новых раннеспелых гибридов кукурузы, характеризующихся индексами спелости ФАО 130 (гибриды 100/24, 100/25, 100/26, 100/27 и 100/28) и ФАО 150 (гибриды 140/24, 140/25, 140/26, 140/27 и 140/28). Гибриды созданы на базе Воронежского

филиала ФГБНУ ВНИИ кукурузы и выделены на этапах предварительного и конкурсного сортоиспытания в 2020-2021 гг.

Гибриды изучали в 6 селекционно-семеноводческих учреждениях – географических пунктах, территориально относящихся к 4 почвенно-климатическим зонам: в Уральском регионе – ФГОУ ВО Южно-Уральский ГАУ (Челябинск, 55°09' с. ш.); Западно-Сибирском регионе – Сибирский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы (Омск, 54°58' с. ш.); Центрально-Чернозёмном регионе – Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы (Воронеж, 51°40' с. ш.) и ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» (Белгород, 50°36' с. ш.); Северо-Кавказском регионе – ФГБНУ ВНИИ кукурузы (Пятигорск, 44°03' с. ш.) и ООО ИПА Агрофирма «Отбор» (Нальчик, 43°29' с. ш.).

Климат Уральского и Западно-Сибирского регионов – континентальный, для которого характерны резкие и существенные перепады температур, даже в течение суток. Центрально-Чернозёмный и Северо-Кавказский регионы расположены в области умеренно-континентального климата с более мягкими и тёплыми погодными условиями. Основными ограничивающими факторами формирования зерновой продуктивности кукурузы как в Уральском, так и Западно-Сибирском регионах являются: на севере – дефицит тепла, на юге – периодическая засушливость [19, 20]. В Северо-Кавказском и Центрально-Чернозёмном регионах получение высоких урожаев часто сдерживается недостатком влаги [3, 21].

Для получения сравнимых результатов полевые опыты во всех пунктах закладывали по единой методике² с применением традиционных зональных технологий возделывания культуры с набором сходных агроприёмов. Дополнительные технологические приёмы в виде подкормки растений и двух вегетационных поливов применяли в Нальчике. Подкормку растений жидким удобрением КАС с нормой 100 л/га проводили в первую декаду июня. Поливы применяли во второй декаде июня и второй декаде июля нормой 400 м³/га каждый.

Опыты во всех пунктах закладывали в трёхкратной повторности на делянках с учётной площадью 9,8 м². Календарные сроки посева/появления всходов: в Челябинске – 12 мая/29 мая, Омске – 5 мая/19 мая, Воронеже – 12 мая/31 мая, Белгороде – 10 мая/27 мая, Пятигорске и Нальчике – 24 апреля/6 мая. Фактическая густота

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 200 с.

растений в опытах перед уборкой составляла (тыс. га): 59,2 – в Челябинске, 51,8 – Омске; 60,8 – Воронеже; 70,4 – Белгороде; 78,0 – Пятигорске; 69,4 – Нальчике.

Урожай учитывали после созревания гибридов-стандартов методом сплошной уборки с определением уборочной влажности зерна, урожайность зерна приведена к стандартной влажности (14 %). Сроки учёта урожая: в Челябинске – 5 октября, Омске – 20 сентября, Пятигорске – 8 сентября, Нальчике – 23 августа. В пунктах Центрально-Чернозёмного региона наступление фазы «полная спелость» гибридов (влажность зерна 28 %) отмечено в первой декаде сентября, но обильные и продолжительные дожди не позволили провести уборку в срок. В Белгороде учёт урожая проводили 17 октября, в Воронеже – 25 октября.

Для оценки адаптивного потенциала гибридов использовали методику С. А. Эберхарта и В. А. Рассела (S. A. Eberhart и W. A. Russell) в изложении В. А. Зыкина с соавторами³. Селекционную ценность гибридов определяли по следующим показателям: селекционный индекс, или индекс урожайности ($C_{и}$) – рассчитан по В. С. Сотченко⁴; селекционная ценность сорта ($C_{ц}$) и индекс селекционной ценности сорта ($C_{иц}$) – определяли по методике, предложенной Н. А. Орлянским⁵.

Селекционный индекс ($C_{и}$) рассчитывали по формуле:

$$C_{и} = Y \div B, \quad (1)$$

где Y – урожайность зерна,

B – уборочная влажность зерна.

Для вычисления селекционной ценности сорта ($C_{ц}$) при испытании в 5-6 и более пунктах использовали формулу:

$$C_{ц} = \bar{X}^2 \cdot (\bar{X}_{lim} \div \bar{X}_{opt}), \quad (2)$$

где $\bar{X}^2$ – средняя урожайность по всем пунктам, возведенная в квадрат; $\bar{X}_{lim}$ – средняя урожайность по лимитированным пунктам; $\bar{X}_{opt}$ – средняя урожайность по оптимальным пунктам.

Селекционный индекс ценности сорта ($C_{иц}$) определяли по формуле:

$$C_{иц} = C_{и} \cdot C_{ц}, \quad (3)$$

где $C_{и}$ – селекционный индекс;

$C_{ц}$ – селекционная ценность сорта.

Согласно используемой методике, количество пунктов для вычисления оптимальных и лимитированных ограничивается двумя-тремя. В качестве оптимальных пунктов в нашем опыте были приняты Нальчик и Белгород, в качестве лимитированных – Челябинск и Омск. Пункты Воронеж и Пятигорск с индексами среды, близкими к нулевым значениям, в расчёт не принимались.

Достоверность различий в опыте оценивали по результатам статистической обработки экспериментальных данных методом дисперсионного анализа двухфакторного опыта⁶ с использованием надстройки «анализ данных» табличного процессора Microsoft Excel 2016.

Результаты и их обсуждение. В пунктах проведения исследований отмечены различные по температурному режиму и увлажнению условия (табл. 1). В Омске среднемесячная температура воздуха в мае и июне была выше на 4,0 и 0,9 °C соответственно, чем в Челябинске, расположенном с вышеназванным пунктом практически на одной широте. В обеих точках отмечено колебание количества осадков по месяцам, но в условиях Челябинска их было значительно меньше в июле и августе (на 82,3 и 23,2 мм соответственно) на фоне более высоких температур (выше на 0,3 и 2,9 °C соответственно) и большей густоты стояния растений (на 7,4 тыс/га). Отмеченные различия обеспечили более благоприятный фон для формирования урожая зерна кукурузы в условиях Омска. Температурный режим близких по широте пунктов Воронеж и Белгород по месяцам практически не отличался, за исключением мая, когда среднесуточная температура воздуха в Воронеже была ниже на 1,0 °C аналогичного периода в Белгороде. Это привело к удлинению периода появления всходов в условиях Воронежа на двое суток. В обоих пунктах отмечено колебание осадков по месяцам с преимуществом одного или другого пункта по отдельным периодам. Но в условиях Воронежа в августе наблюдался значительный дефицит осадков, за месяц выпало всего 20 мм. В то же время в Белгороде сумма осадков за этот период составила 55 мм, что превышало климатическую

³Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 24 с.

⁴Сотченко В. С. Селекция и семеноводство раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. С.-Пб., 1992. 48 с.

⁵Орлянский Н. А. Селекция и семеноводство зерновой кукурузы на повышение адаптивности в условиях Центрального Черноземья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Воронеж, 2004. С. 19-23.

⁶Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.

норму. Перечисленные отличия способствовали некоторому преимуществу в формировании лучших условий для роста и развития растений кукурузы в условиях Белгорода. В близко расположенных пунктах Северного Кавказа – Пятигорске и Нальчике условия по тепло- и влагообеспеченности были сходными по месяцам. При этом следует отметить, что посевы в Пятигорске были на 8,6 тыс/га более загущены, это

расценивается как негативный фактор в условиях дефицита влаги в фазы «цветение» растений кукурузы и «налив» зерна. Значительное преимущество для накопления сухого вещества было обеспечено в условиях Нальчика с применением подкормки растений в фазу активного роста, а также вегетационных поливов, особенно в июле, когда наблюдался существенный дефицит атмосферных осадков.

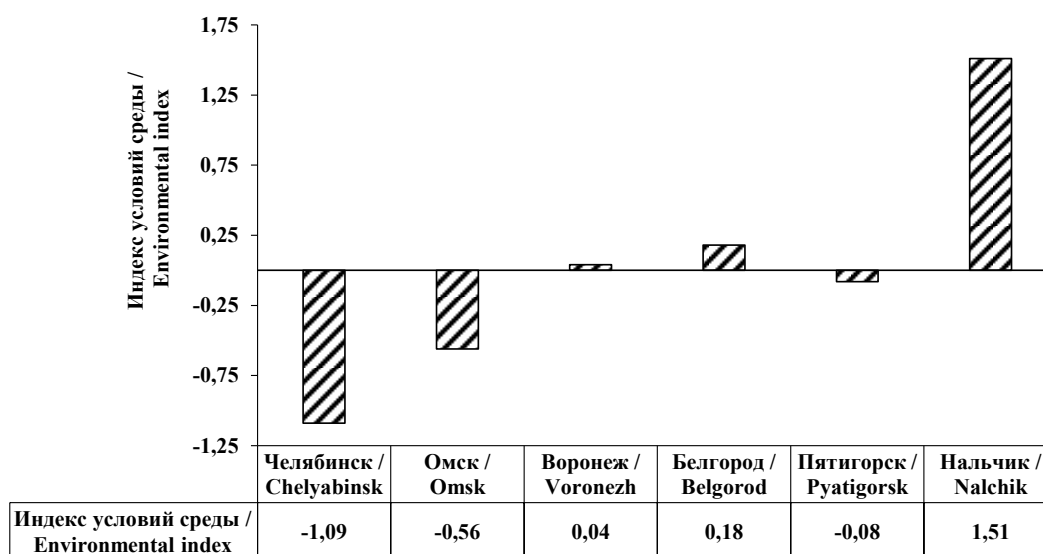
Таблица 1 – Метеорологические условия периода вегетации кукурузы в географических пунктах испытания гибридов (2022 г.) /

Table 1 – Meteorological conditions of the maize growing season at geographic locations of hybrid trials (2022)

Месяц / Month	Челябинск / Chelyabinsk	Омск / Omsk	Воронеж / Voronezh	Белгород / Belgorod	Пятигорск / Pyatigorsk	Нальчик / Nalchik
Среднемесячная температура воздуха, °C / Average monthly air temperature, °C						
Май / May	11,3	15,3	11,8	12,8	14,2	14,6
Июнь / June	16,4	17,3	20,5	20,5	21,1	21,4
Июль / July	20,2	19,9	20,9	20,7	22,5	22,8
Август / August	19,7	16,8	23,4	23,0	24,3	24,7
Сентябрь / September	11,6	11,2	11,9	11,9	18,3	19,0
Месячная сумма осадков, мм / Monthly precipitation, mm						
Май / May	50,1	11,0	39,0	36,0	80,3	64,0
Июнь / June	56,1	50,0	55,4	37,0	92,5	66,6
Июль / July	33,7	116,0	54,0	39,0	7,4	17,6
Август / August	13,1	37,0	20,0	55,0	11,2	13,6
Сентябрь / September	48,1	39,0	118,0	95,0	53,5	62,5

Рассчитанные индексы условий среды (I_j) подтверждают вариабельность условий вегетации по экологическим пунктам. Наиболее

благоприятно они складывались в Нальчике ($I_j = +1,51$), худшие условия наблюдались в Челябинске ($I_j = -1,09$) и Омске ($I_j = -0,56$) (рис.).



**Рис. Индексы условий среды в пунктах испытания гибридов кукурузы /
Fig. Environmental indices at trial sites for corn hybrids**

Урожайность является одним из наиболее важных показателей, по которому судят об адаптивности сортов или гибридов, поскольку она отражает и интегрирует действие на растение всех условий возделывания и зависит как от генотипа, так и взаимодействия факторов «генотип – среда». Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта по этому

показателю позволили выявить достоверность влияния изучаемых факторов и их взаимодействия на результирующий признак при уровне значимости 95 % ($F_{расч.} > F_{0.05}$) (табл. 2). Наибольшая дисперсия установлена для фактора «условия» – 27,44 против 2,77 по фактору «гибриды» и 1,23 – по их взаимодействию.

Таблица 2 – Матрица статистических значений результата двухфакторного дисперсионного анализа по признаку «урожайность зерна» гибридов кукурузы /
Table 2 – Matrix of statistical values of the result of two-way analysis of variance on the basis of the trait «grain yield» of corn hybrids

Источник варьирования / Source of variation	Сумма квадратов (SS) / Sum of squares (SS)	Степени свободы (df) / Degrees of freedom (df)	Средний квадрат (mS) / Mean square (mS)	$F_{расч.} /$ $F_{calculated}$	$F_{0.05}$
Общее / The general	263,93	215	-	-	-
Фактор А (условия) / Factor A (conditions)	137,21	5	27,44	157,78*	2,28
Фактор В (гибриды) / Factor B (hybrids)	30,49	11	2,77	15,94*	1,86
Взаимодействие (А x В) / Interaction (A x B)	67,42	55	1,23	7,05*	1,43
Остаточное / Residual	24,70	142	-	-	-

*Достоверно при $P \leq 0.95$ / *Significant at $P \leq 0.95$.

Разнообразие экологических условий отразилось как на урожайности отдельных гибридов, так и на среднем значении показателя по всем образцам. В среднем по пунктам у 6 из 10 гибридов отмечено существенное превышение гибридов-стандартов, при этом самую высокую урожайность зерна показал гибрид 140/26 (6,50 т/га) (табл. 3). Наибольшая средняя урожайность гибридов (7,41 т/га) получена в Нальчике, что существенно выше урожайности образцов в других пунктах. Минимальная урожайность зерна в опыте (4,01 т/га) отмечена у гибрида 100/26 в Челябинске, максимальная – у образца 140/24 (8,90 т/га) в условиях Нальчика.

В оптимальных условиях (Нальчик-Белгород) средняя урожайность изучаемых гибридов находилась в пределах от 6,14 т/га (100/24) до 7,66 т/га (140/28) при урожайности стандартов 5,51 т/га (Росс 130 МВ) и 5,84 т/га (Нур) (табл. 4). В лимитированных условиях (Челябинск-Омск) гибриды показали урожайность в диапазоне от 4,66 т/га (100/26) до 5,42 т/га (100/28). В жёстких условиях Челябинска выделились гибриды 140-26 (5,84 т/га) и 140-28 (4,97 т/га) (табл. 3). Влажность зерна при сборе

урожа была в пределах 18,7-25,5 %. Пониженная влажность отмечена у гибридов 100/24 (18,7 %), 140/25 (19,0 %), 100/27 (20,5 %), что на 1,8-3,6 % ниже стандартов.

Результаты исследований показали, что для каждого гибрида характерна определённая реакция на условия окружающей среды. Оценка степени реакции изучаемых образцов на улучшение условий по показателю экологической пластичности позволила обнаружить среди них интенсивные формы, урожайность которых повышается с улучшением условий вегетации. В нашем опыте к таким отнесены гибриды – 140/24 ($b_i = 1,82$), 140/28 ($b_i = 1,54$), 100/26 ($b_i = 1,45$), 140/27 ($b_i = 1,34$) и 140/26 ($b_i = 1,31$) (табл. 5). Стандарты Росс 130 МВ ($b_i = 0,22$) и Нур ($b_i = 0,18$), а также экспериментальные гибриды 100/24 ($b_i = 0,62$) и 100-28 ($b_i = 0,62$) слабо отзывались на улучшение условий и квалифицировались как экстенсивные. Несмотря на это они представляют ценность, так как в наиболее неблагоприятных условиях Челябинска показатели их продуктивности снижались меньше, чем у образцов интенсивного типа.

Таблица 3 – Урожайность зерна гибридов кукурузы по пунктам испытаний, т/га (2022 г.) /
Table 3 – Grain yield of corn hybrids at trial sites, t/ha (2022)

Гибрид (фактор В) / Hybrid (factor B)	Пункты испытаний (фактор А) / Trial sites (factor A)						Среднее ($\Sigma x_i/v$) по фактору В / The average ($\Sigma x_i/v$) by factor B
	Челябинск / Chelyabinsk	Омск / Omsk	Воро- неж / Voronezh	Белгород / Belgorod	Пяти- горск / Pyatigorsk	Нальчик / Nalchik	
Росс 130 МВ, ст. / Ross 130 MW, st.	5,59	4,48	6,06	5,40	4,85	5,61	5,33
Нур, ст. / Noor, st.	5,04	5,69	5,00	5,97	4,67	5,71	5,35
100/24	4,50	5,98	4,75	5,77	5,52	6,50	5,50
100/25	4,24	5,76	5,02	6,30	5,25	7,05	5,60
100/26	4,01	5,30	6,34	6,83	5,91	7,85	6,04
100/27	4,91	5,70	6,10	5,87	5,70	7,31	5,93
100/28	4,89	5,94	6,45	5,87	6,30	6,75	6,03
140/24	4,12	5,28	6,59	6,40	5,62	8,90	6,15
140/25	4,96	5,02	5,38	5,70	6,11	7,60	5,80
140/26	5,84	4,91	6,35	6,40	6,74	8,76	6,50
140/27	4,69	4,84	6,29	5,97	6,90	8,06	6,13
140/28	4,97	5,21	6,89	6,53	6,29	8,79	6,45
Среднее ($\Sigma x_j/v$) по фактору А / The average ($\Sigma x_j/v$) by factor A	4,81	5,34	5,94	6,08	5,82	7,41	-

НСР₀₅ / LSD₀₅: частных средних / private average – 0.67; по фактору А / by factor A – 0.19;
по фактору В / by factor B – 0.27.

*Таблица 4 – Урожайность зерна гибридов кукурузы в среднем по лимитированным и оптимальным
пунктам испытаний и его уборочная влажность (2022 г.) /*

Table 4 – Grain yield of corn hybrids on average at limited and optimal sites and grain moisture at harvest (2022)

Гибрид / Hybrid	Средняя урожайность зерна, т/га / Average grain yield, t/ha		Средняя по пунктам уборочная влажность зерна, % / Mean grain moisture at harvest, %
	по оптимальным пунктам* / on optimal sites*	по лимитированным пунктам** / for limited sites**	
Росс 130 МВ, ст. / Ross 130 MW, st.	5,51	5,04	22,9
Нур, ст. / Noor, st.	5,84	5,37	22,9
100/24	6,14	5,24	18,7
100/25	6,59	5,00	21,3
100/26	7,34	4,66	22,7
100/27	6,59	5,31	20,5
100/28	6,31	5,42	22,3
140/24	7,65	4,70	24,7
140/25	6,65	4,99	19,0
140/26	7,58	5,38	25,5
140/27	7,02	4,77	23,2
140/28	7,66	5,09	24,4
Среднее ($\Sigma x_j/v$) / The average ($\Sigma x_j/v$)	6,74	5,08	22,3

* Среднее по пунктам Нальчик-Белгород / * Average for sites Nalchik-Belgorod.

** Среднее по пунктам Челябинск-Омск / ** Average for sites Chelyabinsk-Omsk.

Таблица 5 – Характеристика гибридов кукурузы по параметрам адаптивности /
Table 5 – Characteristic of corn hybrids based on adaptability

Гибрид / Hybrid	Коэффициент / Coefficient	
	пластичности (b_i) / plasticity (b_i)	стабильности (σ_d^2) / stability (σ_d^2)
Росс 130 МВ, ст. / Ross 130 MW, st.	0,22	0,28
Нур, ст. / Noor, st.	0,18	0,38
100/24	0,62	0,35
100/25	0,97	0,33
100/26	1,45	0,17
100/27	0,87	0,04
100/28	0,62	0,17
140/24	1,82	0,08
140/25	1,05	0,16
140/26	1,31	0,42
140/27	1,34	0,31
140/28	1,54	0,09

По результатам расчётов, отклонения от линии регрессии минимальные значения показателя установлены у образцов 100/27 ($\sigma_d^2 = 0,04$), 140/24 ($\sigma_d^2 = 0,08$), 140/28 ($\sigma_d^2 = 0,09$), 140/25 ($\sigma_d^2 = 0,16$), 100/26 ($\sigma_d^2 = 0,17$) и 100/28 ($\sigma_d^2 = 0,17$), что позволяет судить об их высокой стабильности, у гибридов 140/26 ($\sigma_d^2 = 0,42$), 100/24 ($\sigma_d^2 = 0,35$), 100/25 ($\sigma_d^2 = 0,33$) и 140/27 ($\sigma_d^2 = 0,31$) стабильность выявлена ниже.

Как отмечалось выше, применение методики оценки генотипов по селекционным индексам предоставляет новые возможности, объединяя в одном показателе значения нескольких признаков. При использовании индекса «селекционная ценность сорта» (C_u) предпочтение получают гибриды, оптимально сочетающие высокую потенциальную урожайность и стабильность её проявления в различных экологических условиях. В результате по этому показателю наиболее ценными выделились гибриды 100/28 ($C_u = 31,27$), 140/26 ($C_u = 30,00$) и 100/27 ($C_u = 28,48$), занявшие первые три места в рейтинге (табл. 6).

Таблица 6 – Ранжирование гибридов кукурузы по селекционным индексам /
Table 6 – Ranking of corn hybrids by selection indexes

Гибрид / Hybrid	Селекционная ценность сорта (C_u) / Breeding value of cultivar (S_{vc})		Селекционный индекс (C_u) / Selection index (S_i)		Селекционный индекс ценности сорта (C_{uc}) / Selection index of cultivar value (S_{vic})	
	C_u / S_{vc}	ранг / rank	C_u / S_i	ранг / rank	C_{uc} / S_{vic}	ранг / rank
Росс 130 МВ, ст. / Ross 130 MW, st.	25,85	6	0,23	11-12	5,95	11
Нур, ст. / Noor, st.	25,47	8	0,23	11-12	5,86	12
100/24	26,32	5	0,29	2-3	7,63	4
100/25	23,52	10	0,26	6-8	6,12	9
100/26	22,98	12	0,27	4-5	6,20	8
100/27	28,48	3	0,29	2-3	8,26	2
100/28	31,27	1	0,27	4-5	8,44	1
140/24	23,07	11	0,25	9-10	5,77	10
140/25	25,23	9	0,30	1	7,82	3
140/26	30,00	2	0,25	9-10	7,50	5
140/27	25,55	7	0,26	6-8	6,64	7
140/28	27,46	4	0,26	6-8	7,14	6

Создание гибридов кукурузы для конкретного региона предусматривает синтез генотипов, оптимально сочетающих высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна. Определение селекционного индекса (C_u) позволяет выделить более скороспелые гибриды с ускоренной влагоотдачей

зерна при равной или близкой урожайности с более позднеспелыми образцами. Анализ показал, что лидирующие позиции заняли гибриды 140/25 ($C_u = 0,30$), 100/27 ($C_u = 0,29$) и 100/24 ($C_u = 0,29$). Причём, гибриды 100/28 и 100/26, занявшие по селекционной ценности (C_u) 1 и 2 места, поменяли свои позиции в ранге

по селекционному индексу ($C_{\text{и}}$) на 4-5 и 9-10 соответственно, а занимавший 3 место гибрид 100/27 практически не изменил своё положение в новом рейтинге.

Отбирать лучшие образцы, учитывая одновременно уровень проявления трёх важных признаков – урожайности зерна, уборочной влажности и стабильности проявления урожайности в изменяющихся условиях среды позволяет использование селекционного индекса ценности сорта ($C_{\text{иц}}$). По итоговой оценке, лучшие результаты показали гибриды 100/28 ($C_{\text{иц}} = 8,44$) и 100/27 ($C_{\text{иц}} = 8,26$) с близкими значениями индекса.

Сравнение рейтингов по селекционной ценности сорта ($C_{\text{и}}$) и селекционному индексу ценности сорта ($C_{\text{иц}}$) показало, что гибрид 100/28 сохранил лидирующие позиции в обоих рейтингах, а гибрид 100/27, занимавший 3 место по селекционной ценности сорта ($C_{\text{и}}$), в новом рейтинге переместился на 2 место, так как имел лучшие результаты по уборочной влажности зерна. Стоит также отметить, что пониженная уборочная влажность зерна позволила гибриду 140/25 занять 3 место по селекционному индексу ценности сорта ($C_{\text{иц}}$), тогда как в ранге по селекционной ценности ($C_{\text{и}}$) он находился только на 9 месте.

Заключение. По результатам экологического сортоиспытания выявлены наиболее ценные, интенсивные гибриды 140/24 ($b_i = 1,82$,

$\sigma_d^2 = 0,08$), 140/28 ($b_i = 1,54$, $\sigma_d^2 = 0,09$) и 100/26 ($b_i = 1,45$, $\sigma_d^2 = 0,17$). Они имеют высокую экологическую пластичность и стабильность, а максимум отдачи могут обеспечить в благоприятных климатических условиях Северного Кавказа на высоком агрофоне при условии достаточного влагообеспечения.

Подтверждена эффективность применения методики оценки гибридов кукурузы по селекционным индексам для выявления регионально ориентированных генотипов. По селекционному индексу ценности сорта выделены перспективные гибриды 100/28 ($C_{\text{иц}} = 8,44$), 100/27 ($C_{\text{иц}} = 8,26$), сочетающие экологическую стабильность, повышенную урожайность и пониженную уборочную влажность зерна. Эти гибриды пригодны для выращивания в условиях ограниченного периода вегетации Уральского и Западно-Сибирского регионов. Гибриды 140-26 и 140-28, выделившиеся по урожайности в наиболее лимитированных условиях Челябинска, не могут быть рекомендованы для культивирования в северных регионах. Из-за более продолжительного периода вегетации (ФАО 150) они не обеспечивают минимальную влажность зерна.

Применение методики оценки генотипов по селекционному индексу ценности сорта ($C_{\text{иц}}$) возможно, помимо кукурузы, и для других сельскохозяйственных культур, показатель влажности зерна при сборе урожая для которых является актуальным.

Список литературы

1. Trudy F. C. Mackay A-maize-ing diversity. Science. 2009;325(5941):688-689. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1178420>
2. Сотченко В. С. Роль кукурузы в повышении продовольственной безопасности страны. Вестник Российской академии наук. 2015;85(1):12-14. DOI: <https://doi.org/10.7868/S086958731501017X> EDN: TELWMV
3. Сотченко В. С., Горбачёва А. Г., Панфилов А. Э., Ветошкина И. А., Замятин А. Д. Зерновая продуктивность кукурузы как функция географических пунктов, сроков посева и длительности хранения семян. АПК России. 2016;23(3):687-694. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27192859> EDN: WXPBFX
4. Heng Z., Yuanyuan L., Jian-Kang Z. Developing naturally stress-resistant crops for a sustainable agriculture. Nature Plants. 2018;4(12):989-996. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0309-4>
5. Dai A. G. Increasing drought under global warming in observations and models. Nature Climate Change. 2013;3:52-58. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1633>
6. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск, 1997. 372 с.
7. Troyer A. F. Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids. Crop Science. 2006;46(2):528-543. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0065>
8. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур. Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus> EDN: WZJQEN
9. Орлянский Н. А., Зубко Д. Г., Орлянская Н. А. Селекция кукурузы на раннеспелость – достижения и перспективы. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013;(2(37)):107-111. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20206457> EDN: RAEQCF
10. Супрунов А. И., Перевязка А. П., Перевязка Д. С., Терещенко А. А. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании. Рисоводство. 2019;4(45):19-24. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41559966> EDN: PJTTTT
11. Сотченко В. С., Горбачёва А. Г., Панфилов А. Э., Казакова Н. И., Ветошкина И. А. Норма и стабильность реакции раннеспелых гибридов кукурузы на условия вегетации. Кормопроизводство. 2020;(4):39-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42835588> EDN: PCSQQL

12. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности. *Зерновое хозяйство России*. 2018;(4):47-51.
DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51> EDN: OXHODN
13. Зайцев С. А., Жужукин В. И., Гудова Л. А., Волков Д. П., Гусева С. А., Носко О. С. Экологический подход в адаптированной системе селекции среднепоздних гибридов кукурузы (ФАО 300-399) в Нижнем Поволжье. *Аграрный научный журнал*. 2021;(3):19-24. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i3pp19-24> EDN: LITLEP
14. Kusmiec A., de Leon N., Schnable P. S. Harnessing phenotypic plasticity to improve maize yields. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1377. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01377>
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36-40. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
16. Елисеев С. Л., Елисеев А. С. Вызревание зерна кукурузы в северных районах кукурузосеяния. *Пермский аграрный вестник*. 2015;(1(9)):11-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172588> EDN: TNCFTV
17. Сотченко В. С., Панфилов А. Э., Горбачёва А. Г., Казакова Н. И., Ветошкина И. А. Скорость потери влаги зерном кукурузы в период созревания в зависимости от генотипа и условий среды. *Сельскохозяйственная биология*. 2021;56(1):54-65. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.1.54rus> EDN: ISXXGM
18. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов. *Кукуруза и сорго*. 2016;(2):3-7.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26283455> EDN: WDEEND
19. Панфилов А. Э., Зезин Н. Н., Овчинников П. Ю. Биологическая продуктивность ультрананних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона. *Аграрный вестник Урала*. 2022;(3(218)):35-47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48647889> EDN: YEKOFT
20. Логинова А. М., Губин С. В., Гетц Г. В. Изучение гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях южной лесостепи Омской области. *АПК России*. 2021;28(3):326-331.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46642927> EDN: WUZYIYQ
21. Орлянская Н. А., Чеботарёв Д. С. Адаптивный потенциал исходного материала для селекции ранне-спелых гибридов кукурузы в условиях Центрально-Чернозёмного региона. *Сахар*. 2022;(12):20-24.
DOI: <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-12-20-24> EDN: LXOFXP

References

1. Trudy F. C. Mackay A-maize-ing diversity. *Science*. 2009;325(5941):688-689.
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1178420>
2. Sotchenko V. S. The role of corn in improving the food security of the country. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* = Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015;85(1):12-14. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.7868/S086958731501017X>
3. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Panfilov A. E., Vetoshkina I. A., Zamyatin A. D. Grain productivity of maize hybrids as a function of geographical points, sowing periods and seed storage duration. *APK Rossii* = Agro-Industrial Complex of Russia. 2016;23(3):687-694. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27192859>
4. Heng Z., Yuanyuan L., Jian-Kang Z. Developing naturally stress-resistant crops for a sustainable agriculture. *Nature Plants*. 2018;4(12):989-996. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0309-4>
5. Dai A. G. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*. 2013;3:52-58. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1633>
6. Kilchevskiy A. V., Khotyleva L. V. Ecological plant breeding. Minsk, 1997. 372 p.
7. Troyer A. F. Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids. *Crop Science*. 2006;46(2):528-543.
DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0065>
8. Rybas' I. A. Breeding grain crops to increase adaptability. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2016;51(5):617-626. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.5.617rus>
9. Orlyanskiy N. A., Zubko D. G., Orlyanskaya N. A. Achievements and prospects of corn selective breeding with a view to earliness of ripening. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Voronezh state agrarian university. 2013;(2(37)):107-111. (In Russ.).
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20206457>
10. Suprunov A. I., Perevyazka A. P., Perevyazka D. S., Tereshchenko A. A. Selection of early maturing maize hybrids with quick return of moisture by grain at maturation. *Risovodstvo* = Rice Growing. 2019;4(45):19-24. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41559966>
11. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Panfilov A. E., Kazakova N. I., Vetoshkina I. A. Reaction norm and stability of short-season maize hybrids as affected by environment. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2020;(4):39-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42835588>
12. Krivosheev G. Y., Ignatiev A. S. Ecological trials of new maize hybrids in the conditions of various moisture supply. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018;(4):47-51. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51>

13. Zaytsev S. A., Zhuzhukin V. I., Gudova L. A., Volkov D. P., Guseva S. A., Nosko O. S. Ecological approach in the adapted breeding system of mid-late maize hybrids (FAO 300-399) in the lower Volga region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2021;(3):19-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i3pp19-24>
14. Kusmec A., de Leon N., Schnable P. S. Harnessing phenotypic plasticity to improve maize yields. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1377. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01377>
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36-40. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
16. Eliseev S. L., Eliseev A. S. Ripening maize grain in northern zones of maize seeding. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2015;(1(9)):11-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172588>
17. Sotchenko V. S., Panfilov A. E., Gorbacheva A. G., Kazakova N. I., Vetoshkina I. A. Genotype and environment influence on the rate of grain moisture loss in corn during ripening period. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2021;56(1):54-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.54rus>
18. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. Evaluating the results of ecological testing of maize hybrids using selection indexes. *Kukuruz i sorgo*. 2016;(2):3-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26283455>
19. Panfilov A. E., Zezin N. N., Ovchinnikov P. Yu. Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;(3(218)):35-47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48647889>
20. Loginova A. M., Gubin S. V., Getts G. V. Studying the corn hybrids of different ripeness groups in the southern forest-steppe of Omsk region. *APK Rossii* = Agro-Industrial Complex of Russia. 2021;28(3):326-331. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46642927>
21. Orlyanskaya N. A., Chebotarev D. S. Adaptive potential of the source material for the breeding of early maturing hybrids of corn in the conditions of the Central Black Earth region. *Sakhar* = Sugar. 2022;(12):20-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-12-20-24>

Сведения об авторах

✉ **Орлянская Наталья Алексеевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» (Воронежский филиал), ул. Чайнова, 13, п. Опытной станции ВНИИК, Хохольский р-н, Воронежская обл., Российская Федерация, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9456-6640>

Орлянский Николай Алексеевич, доктор с.-х. наук, и.о. директора филиала, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» (Воронежский филиал), ул. Чайнова, 13, п. Опытной станции ВНИИК, Хохольский р-н, Воронежская обл., Российская Федерация, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2703-9816>

Чеботарёв Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» (Воронежский филиал), ул. Чайнова, 13, п. Опытной станции ВНИИК, Хохольский р-н, Воронежская обл., Российская Федерация, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-2783>

Information about the authors

✉ **Natalya A. Orlyanskaya**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Department of Breeding and Grain Production of Maize, All-Russian Research Institute of Maize (affiliated branch in Voronezh), Chayanov str., 13, Experimental Station of ARRIM, Khokholsky District, Voronezh region, Russian Federation, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9456-6640>

Nikolay A. Orlyansky, DSc in Agricultural Science, Acting Director of the Branch, All-Russian Research Institute of Maize (affiliated branch in Voronezh), Chayanov str., 13, Experimental Station of ARRIM, Khokholsky District, Voronezh region, Russian Federation, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2703-9816>

Dmitry S. Chebotarev, junior researcher, the Department of Breeding and Grain Production of Maize, All-Russian Research Institute of Maize (affiliated branch in Voronezh), Chayanov str., 13, Experimental Station of ARRIM, Khokholsky District, Voronezh region, Russian Federation, 396835, e-mail: vf-nauka@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-2783>

✉ – Для контактов / Corresponding author