

УДК 633.174:631.671.3+547.979.7

4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ЦМС-ЛИНИЙ СОРГО НА ОСНОВЕ РАЗНЫХ СТЕРИЛЬНЫХ ЦИТОПЛАЗМ К ЗАСУШЛИВЫМ УСЛОВИЯМ

Кибальник Оксана Павловна
к.б.н., главный научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код: 9632-2976
e-mail: kibalnik79@yandex.ru

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы. Саратов, Россия

Изучение особенностей проявления засухоустойчивости сельскохозяйственных культур имеет важное теоретическое и прикладное значение в селекции особенно в условиях усиления аридизации климата. Сорго характеризуется устойчивостью к засухе, однако у некоторых образцов перенесение стресса в отдельные фазы приводит к снижению урожайности зерна и биомассы. Поэтому расширение генетического разнообразия исходного материала за счет вовлечения ЦМС-линий с генетически различными типами стерильности в селекцию гибридов сорго является актуальным. Цель исследований заключалась в изучении влияния типов ЦМС на изменчивость накопления зеленых пигментов и оводненности листьев в основные фазы развития растений материнских форм. Объекты исследований (всего 7): ЦМС-линии сорго с геномом Карлика 4в на основе А1, А2, А3, А4, А5, А6 типов ЦМС и их фертильный аналог. В разные фазы вегетации растений определяли изменение накопления хлорофиллов в наибольшем листе (2016-2017 гг.) и оводненность тканей листьев (2023 г.) по общепринятым методикам. Для создания наиболее устойчивых к абиотическому стрессу гибридов сорго целесообразно использовать ЦМС-линии на основе стерильных цитоплазм А4 и А5. Цитоплазма А4 оказывала положительный эффект на оводненность тканей листьев (72,08% в среднем по фазам вегетации), а цитоплазма А5 – на синтез хлорофиллов: наибольшее количество в фазу цветения (1,06-1,47 мг/г) в зависимости от сезона выращивания. Содержание зеленых пигментов и оводненности тканей листьев снижалось к концу вегетации

Ключевые слова: СОРГО, ЦМС-ЛИНИИ, ЛИСТ, ОВОДНЕННОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ, ЗЕЛЕННЫЕ ПИГМЕНТЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-200-004>

<http://ej.kubagro.ru/2024/06/pdf/04.pdf>

UDC 633.174:631.671.3+547.979.7

4.1.2 Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences, agricultural sciences)

MECHANISMS OF ADAPTATION OF CMS SORGHUM LINES BASED ON DIFFERENT STERILE CYTOPLASMAS TO ARID CONDITIONS

Kibalnik Oksana Pavlovna
Cand.Biol.Sci., Chief Researcher
RSCI SPIN-code: 9632-2976
e-mail: kibalnik79@yandex.ru

Federal State Budgetary Research Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

The study of the features of the manifestation of drought resistance of agricultural crops has important theoretical and applied importance in breeding, especially in conditions of increased climate aridization. Sorghum is characterized by drought resistance, however, in some samples, stress transfer into separate phases leads to a decrease in grain and biomass yields. Therefore, the expansion the genetic diversity of the source material by involvement CMS-lines with genetically different types of sterility in the selection of sorghum hybrids is relevant. The purpose of the study was to study the influence of CMS types on the variability of the accumulation of green pigments and leaf moisture during the main phases of plant development of maternal forms. Objects of research (7 in total): CMS-sorghum lines with the genome Karlik 4b based on A1, A2, A3, A4, A5, A6 types of CMS and their fertile analogue. In different phases of plant vegetation, changes in the accumulation of chlorophylls in the largest leaf (2016-2017) and the hydration of leaf tissues (2023) were determined in accordance with generally accepted methods. To create the most resistant to abiotic stress sorghum hybrids, it is advisable to use CMS lines based on sterile A4 and A5 cytoplasm. Cytoplasm A4 had a positive effect on the hydration of leaf tissues (72.08% on average in the phases of vegetation), and cytoplasm A5 – on the synthesis of chlorophylls: the largest amount in the flowering phase (1.06-1.47 mg/g), depending on the growing season. The content of green pigments and water content of leaf tissues decreased towards the end of the growing season

Keywords: SORGHUM, CMS-LINES, LEAVES, WATER CONTENT, DROUGHT RESISTANCE, GREEN PIGMENTS

Введение. Воздействие засухи, как и любого другого абиотического стрессора, приводит к угнетению роста сельскохозяйственных растений и, как следствие, снижению продуктивности. В последние годы физиологи и селекционеры уделяли большое внимание пониманию механизмов адаптации растений, подбору культур, способных произрастать в стрессовых условиях. Таким образом, адаптация растений – важный фактор, который определяет влияние внешней среды не только на производство продуктов питания, но и кормов для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы [2].

Сорго – полевая культура, которая характеризуется устойчивостью ко многим стрессорам, включая жару, засуху, засоление, наводнение, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами [1]. Приспособительные свойства к недостатку влаги заключаются в развитой корневой системе, большом количестве на листе устьиц и восковидном налете, который способствует предохранению растения от перегрева, испарения и др. Однако, не смотря на уникальные физиологические и биологические особенности сорго, стресс от засухи может негативно повлиять на его развитие в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия, а также стадии растений, в период которой он наступает. Исследования проведенные ранее показали, что сорго чувствительно к засухе в основном перед цветением и после него. В тоже время скрининг генотипов показал реакцию сорго на действие стрессора и во время цветения. В этой связи поиск доноров засухоустойчивости для использования их в качестве исходного материала при создании гибридов F1 за счет вовлечения ЦМС-линий с цитоплазмами такими как А1, А2, А3, А4, А5, А6 является актуальным.

Цель исследований: изучение влияния типов ЦМС на изменчивость накопления зеленых пигментов и оводненности листьев в основные фазы развития растений материнских форм.

В задачи исследований входило:

- определение хлорофиллов в листьях А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в в фазы кущение, выметывание, цветение;
- оценка оводненности тканей листьев растений ЦМС-линий и фертильного аналога в фазы выметывание, цветение и молочно-восковая спелость;
- анализ цитоплазматических эффектов на проявление физиологических признаков стерильных линий сорго.

Материалы и методы. Шесть стерильных линий сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5, А6 типов ЦМС и фертильный аналог возделывали в городе Саратов на экспериментальном участке поля института на делянках площадью 7,7 м² при их рендомизированном размещении. Определение физиологических признаков осуществляли по общепринятым методикам.

Вариабельность количества пигментов в наибольшем листе в зависимости от фазы вегетации растений определяли в период 2016-2017 гг. спектрофотометрическим методом. Концентрацию хлорофиллов рассчитывали согласно уравнениям:

$$C_{\text{хл.а}} = 9,784 \times D_{662} - 0,990 \times D_{664}, \quad C_{\text{хл.б}} = 21,426 \times D_{664} - 4,650 \times D_{662},$$

где D_{662} и D_{664} – значения оптической плотности хлорофиллов.

Содержание хлорофиллов (А, мг/г) с учетом объема вытяжки (V, мл), концентрации (С, мг/л) и навески (Р) исследуемого материала рассчитывали по формуле:

$$A = C \times V / (P \times 1000).$$

Оводненность тканей (%) листьев в период выметывания, цветения и молочно-восковой спелости растений сорго определяли в 2023 г. как соотношение между разностью массы сырой и сухой навесок, разделенной на массу сырой навески, выраженной в процентах.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена дисперсионным двухфакторным анализом в программе Агрос 2.09.

Гидротермические условия в периоды вегетации растений сорго оказались различными: более высокие показатели суммы активных температур в 2016 г. – 2702°C, 2475°C – 2017 г. и 2557°C – 2023 г., тогда как выпадение осадков – 137,3 мм, 248,9 мм и 176,2 мм, соответственно. Незначительное выпадение осадков отмечено в июне и августе 2016 г., августе 2017 г. и 2 декаде июня и 1-2 декадах августа 2023 г. Среднесуточные температуры воздуха, значительно превышающие среднегодовалые показатели, наблюдались в 2-3 декадах июня 2016 г., 1 и 3 декадах июля 2023 г., 1-2 декаде августа в каждый год исследований. Изменчивость гидротермических условий сказались на росте растений и позволили всесторонне оценить исходный материал на устойчивость к абиотическому стрессору.

Результаты исследований. В настоящее время разработаны и широко используются в селекции методические подходы по оценке засухоустойчивости растений. Известно, что синтез пигментов в листьях растений зависит от генотипических особенностей, освещенности, старения листьев, действия факторов внешней среды. В данной работе выявление наиболее устойчивых к стрессу ЦМС-линий сорго основывалось на определении суммы хлорофиллов в листьях и их общей оводненности тканей в различные по гидротермическим условиям выращивания.

Исследования 2016 г. показали, что ЦМС-линии на разных типах цитоплазм различались по сумме хлорофиллов. В среднем по фазам вегетации цитоплазмы А3 и А6 снижали накопление хлорофиллов до 1,29-1,32 мг/г по сравнению с цитоплазмами А1, А2, А4 и А5 (1,45-1,49 мг/г). При этом, наибольшее количество пигментов синтезировалось к фазе выметывания метелки (1,80 мг/г), а затем в цветение снижалось (0,97 мг/г). Отмечены некоторые особенности по синтезу пигментов в отдельные фазы развития растений (рисунок 1). В фазу кущение и цветение наибольшее содержание хлорофиллов выявлено у растений с цитоплазмой А5 (1,64 и

1,47 мг/г, соответственно), тогда как в выметывание – с цитоплазмой А3 (1,99 мг/г).

Продолжение исследований в 2017 г. позволили установить, что в среднем по фазам вегетации цитоплазмы А4 и А6 снижали накопление хлорофиллов до 0,48-0,59 мг/г по сравнению с цитоплазмами А1, А2, А3 и А5 (0,62-0,74 мг/г). Высокое содержание хлорофиллов наблюдалось в начальное развитие растений фазу кущение (0,71 мг/г). В последующие фазы синтез пигментов снижался, однако по количеству хлорофиллов в фазы выметывание и цветение различия оказались не существенными (0,56-0,62 мг/г).

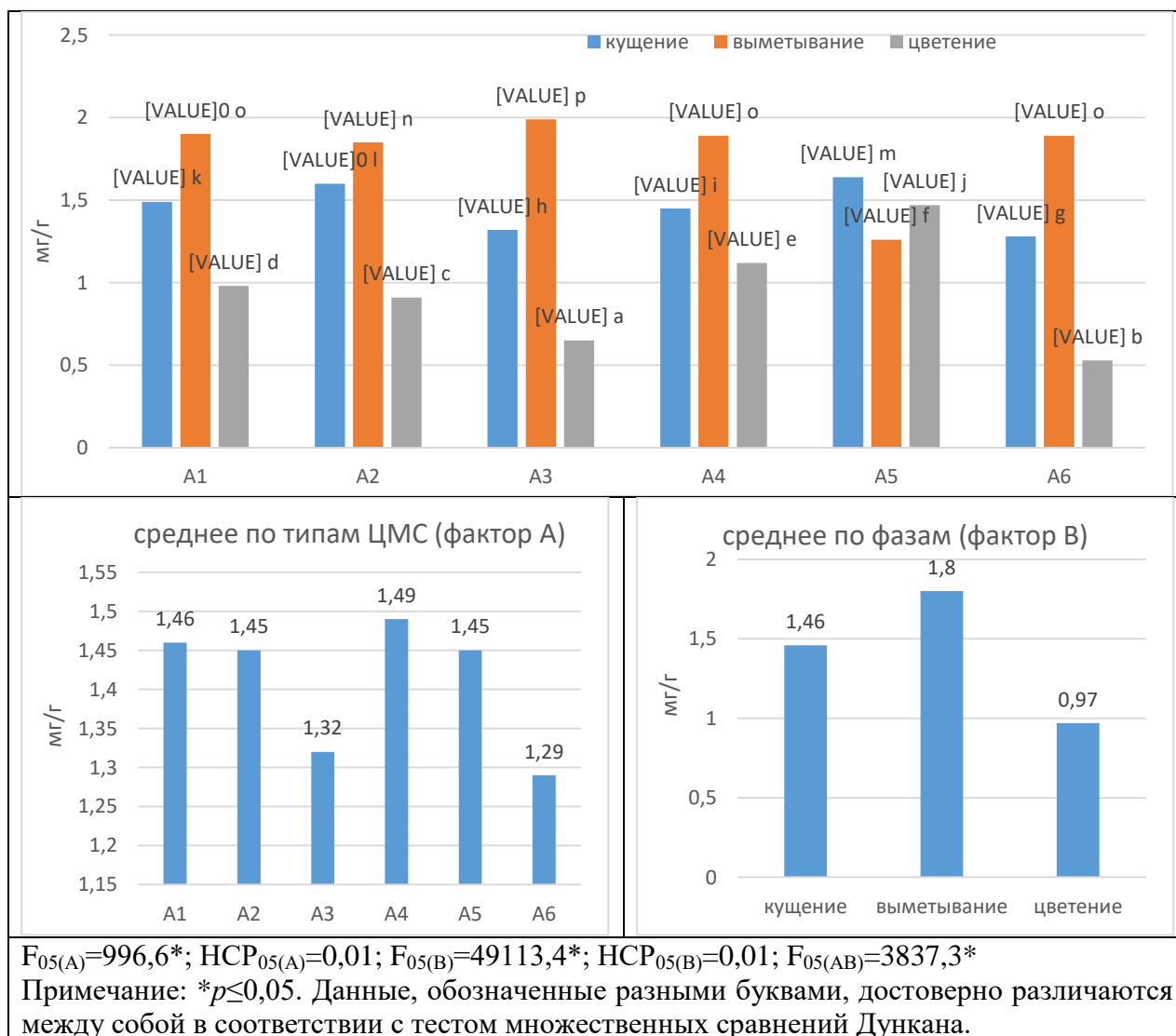


Рисунок 1 – Изменение суммы хлорофиллов в листьях ЦМС-линий сорго в зависимости от фазы вегетации, 2016 г.

Следует отметить, что в период кущения наибольшее содержание хлорофиллов выявлено у растений ЦМС-линий с цитоплазмами A2 и A3 (0,87-0,88 мг/г); в выметывание – с цитоплазмами A1 и A5 (0,64-0,75 мг/г); в цветение – с цитоплазмой A5 (1,06 мг/г) (рисунок 2). Изучение влияния цитоплазмы на образование хлорофиллов позволило выявить преимущество цитоплазмы A5 в период выметывания и цветения соцветия.

Дальнейшее изучение устойчивости материнских линий сорго с использованием различных типов цитоплазм, к засушливым условиям проводилось на основе исследований водного режима листьев, а именно по показателю общего содержания воды (оводненность тканей).

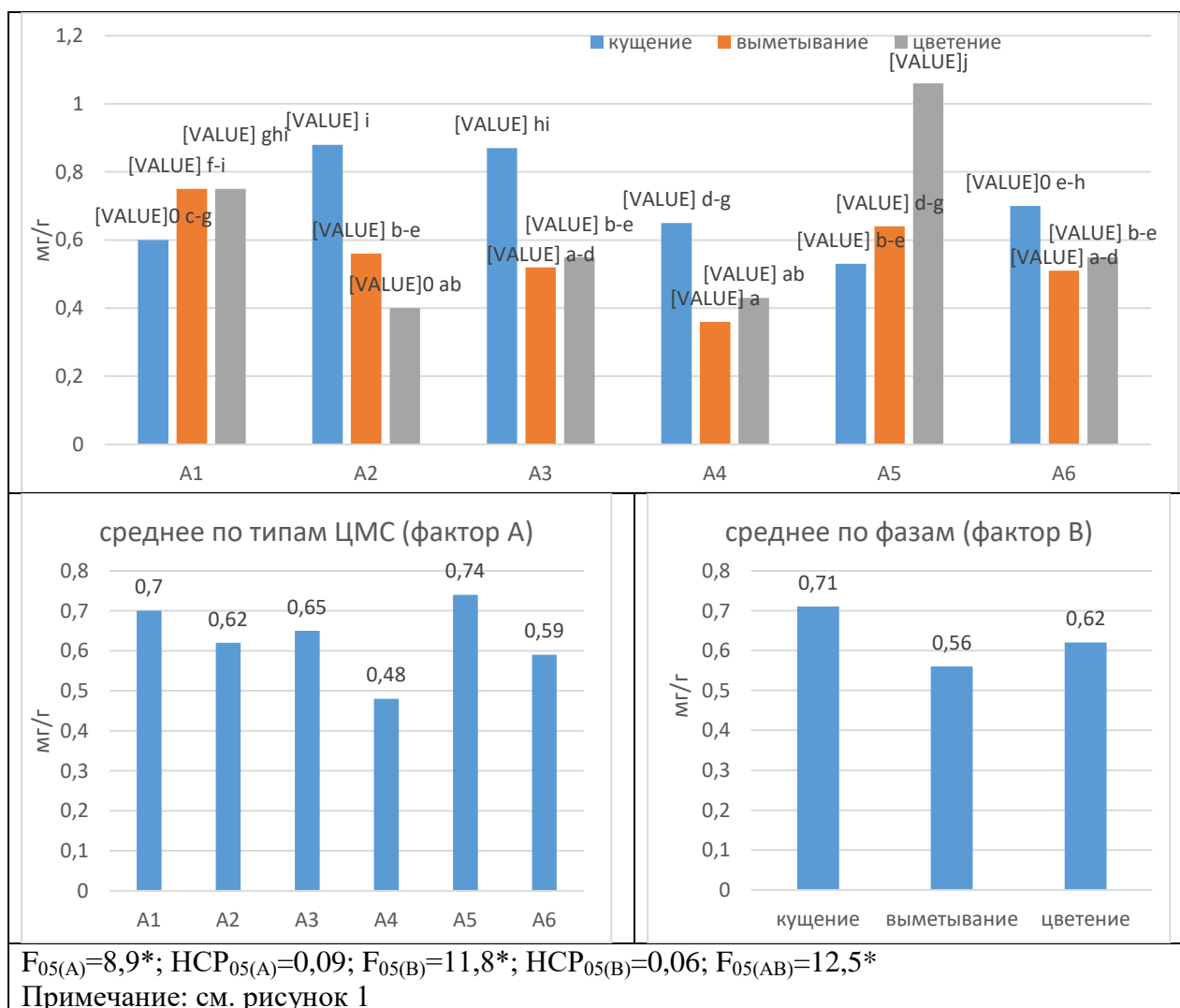


Рисунок 2 – Изменение суммы хлорофиллов в листьях ЦМС-линий сорго в зависимости от фазы вегетации, 2017 г.

По результатам испытания 2019-2022 гг. установлено, что ЦМС-линия А5 Карлик 4в характеризовалась наибольшей оводненностью тканей листьев по сравнению с аналогами на А2 и А3 типах цитоплазм: 74,55% и 72,64-73,22%, соответственно [3]. Рассмотрение различий между ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в и фертильным аналогом в конкретные фазы с помощью двухфакторного дисперсионного анализа в 2023 г. показало, что в среднем по фазам стерильные линии между собой и фертильным аналогом не различались: оводненность листьев оказалась в пределах 70,80-72,08% (рисунок 3). При этом, ЦМС-линия с цитоплазмой А4 отличалась наибольшим значением признака по сравнению с аналогами на цитоплазмах А2, А3 и А5 (70,80-70,99%). Рассмотрение цитоплазматических эффектов в отдельные фазы развития растений показало, что при наступлении выметывания метелки более низкой оводненностью характеризовалась А3 Карлик 4в (70,60%); в период цветения стерильная линия А4 Калик 4в отличалась высоким показателем (74,78%); при достижении молочно-восковой спелости цитоплазмы А4 и А5 снижали значение признака (68,25-68,59%) по сравнению с цитоплазмой А3 и фертильным аналогом (70,29-70,32%). Следует отметить, что у стерильной линии А3 Карлик 4в оводненность листьев оставалась стабильной в течение изучаемого периода и составила 70,29-71,71%.

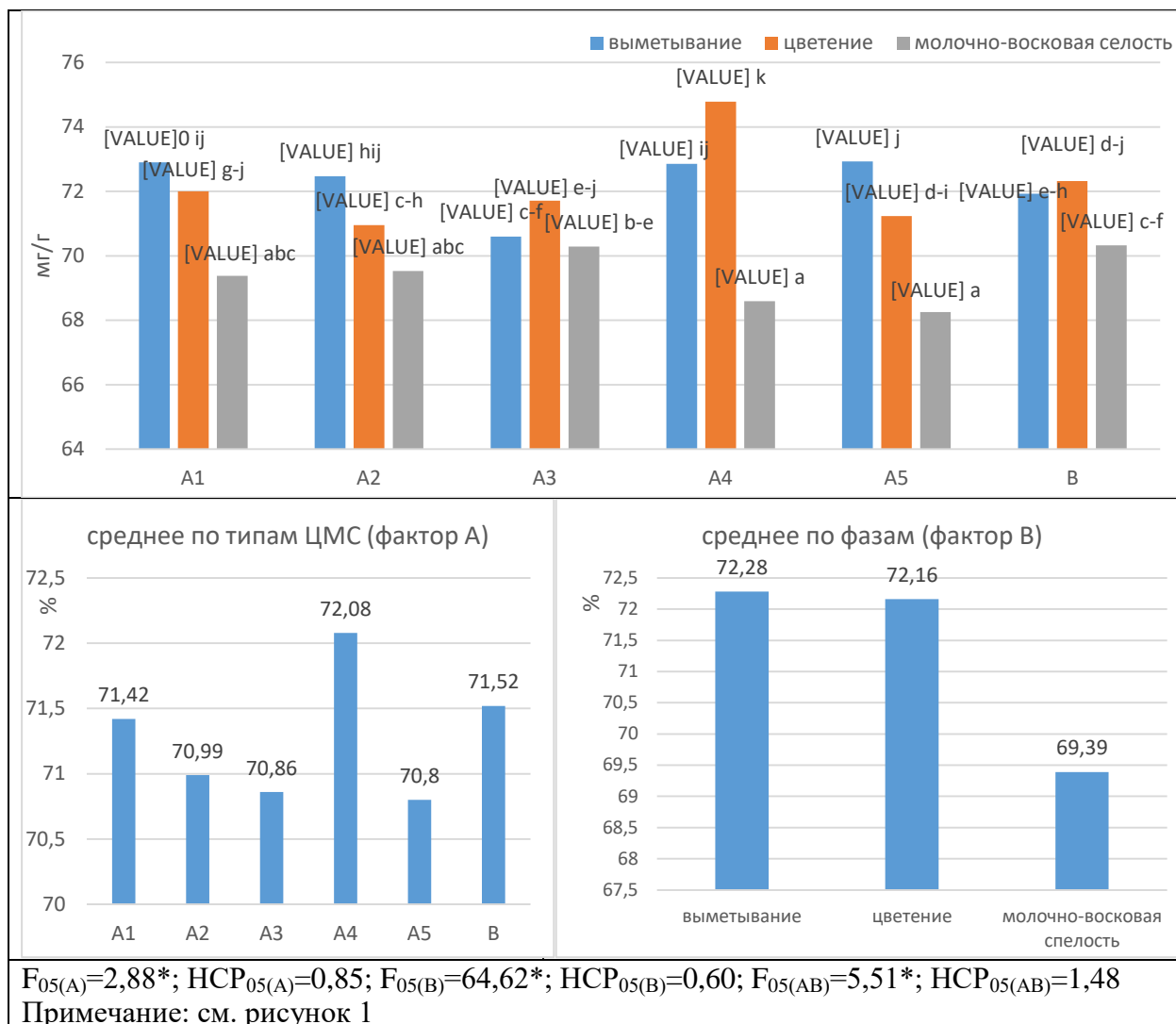


Рисунок 3 – Содержание воды в листьях ЦМС-линий сорго и фертильного аналога в зависимости от фазы вегетации, 2023 г.

Изучение оводненности по фазам показало снижение показателей по мере старения листьев: значение признака снизилось на 2,89% за период от выметывания до молочно-восковой спелости. При этом между фазами выметывание и цветение значимых различий не отмечено – 72,16-72,28%.

Выводы. Установлены некоторые особенности синтеза зеленых пигментов в зависимости от типа стерильности ЦМС-линий сорго и фазы развития растений. Вместе с тем, ежегодное влияние цитоплазмы А5 на наибольшее накопление хлорофиллов в листьях стерильных линий, различающихся только типом ЦМС наблюдалось в фазу цветение – 1,06-

1,47 мг/г. Изучение водного режима показало преимущество цитоплазмы А4: оводненность листьев материнской линии в среднем по фазам составила 72,08% с наибольшим значением признака в фазу цветения. По мере старения растений содержание зеленых пигментов и оводненности тканей листьев снижалось. Полученные результаты целесообразно использовать в селекции гибридов F1 сорго, характеризующихся повышенной засухоустойчивостью.

Список литературы

1. Bibi, A. Screening of sorghum (*Sorghum bicolor* Var Moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol / A. Bibi, H.A. Sadaqat, M.H.N. Tahir, H.M. Akram // Journal of Animal&Plant Sciences. – 2012. – V. 22(3). – P. 671-678.
2. Gano, B. Adaptation Responses to Early drought Stress of West Africa Sorghum Varieties / B. Gano, J.S.B. Dembele, T.K. Tovignan, B. Sine, V. Vadez, D. Diouf, A. Audebert // Agronomy. – 2021. – V. 11. – e. 443.
3. Kibalnik, O.P. The influence of meteorological conditions on the parameters of the water regime of CMS-lines sorghum leaves / O.P. Kibalnik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – № 190. – С. 21-27.

References

1. Bibi, A. Screening of sorghum (*Sorghum bicolor* Var Moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol / A. Bibi, H.A. Sadaqat, M.H.N. Tahir, H.M. Akram // Journal of Animal&Plant Sciences. – 2012. – V. 22(3). – P. 671-678.
2. Gano, B. Adaptation Responses to Early drought Stress of West Africa Sorghum Varieties / B. Gano, J.S.B. Dembele, T.K. Tovignan, B. Sine, V. Vadez, D. Diouf, A. Audebert // Agronomy. – 2021. – V. 11. – e. 443.
3. Kibalnik, O.P. The influence of meteorological conditions on the parameters of the water regime of CMS-lines sorghum leaves / O.P. Kibalnik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – № 190. – С. 21-27.