Устойчивые перспективы экспериментальных сортов сахарного сорго российской селекции при выращивании в условиях Поволжья Российской Федерации и Гиссарской долины Республики Таджикистан с получением двух урожаев за сезон.

Е.Н. Кубарев, О.П. Кибальник, Б.Н. Сатторов Б.Н., К. Партоев, С.Н. Еланский, А.А. Астайкина, Д.С. Семин.

Для засушливых и жарких регионов Евразии с целью увеличения эффективности использования почвенно-растительных ресурсов на агроландшафтах рекомендуется выращивать засухоустойчивые высокопродуктивные растения. К таким растениям относятся сахароносные сорта сахарного сорго российской селекции.

Высокосахаристые сорта сахарного сорго выращиваются в кормовых и пищевых целях. Агротехнология возделывания и переработки сахарного сорго может быть безотходной с целью получения сока (сиропа), семян и жома (багассы). По своей питательности жом близок к сену, которое содержит 93 кормовых единицы. Семена сахарного сорго характеризуются коротким периодом покоя, и способны прорастать сразу после уборки. Зерно, имеющее буроватую или красноватую окраску эндосперма, содержит вяжущие дубильные вещества из группы танинов, что является кормовым недостатком, тогда как в спиртовом и мальтозном производстве это является преимуществом благодаря подавлению этими веществами гнилостных процессов. Сахар сахарного сорго, ценнее сахара из тростника и сахарной свёклы. Сироп из сахарного сорго содержит глюкозу и фруктозу, а также наиболее важные макро и микроэлементы, включая незаменимые серосодержащие аминокислоты, многие водорастворимые витамины. Сироп хорошо подходит для прикорма пчёл в безвзяточный период. Целесообразна сборка модулей в месте переработки урожая для получения ценных глюкозо-фруктозных сиропов.

Цель исследований: Повышение эффективности функционирования агропродовольственных систем Евразийского региона при использовании высокопродуктивных сортов сахарного сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в качестве исходного селекционного материал.

Задачи исследований:

– изучение комплекса хозяйственно-ценных признаков сортов сахарного сорго;

– исследование биохимического состава биомассы сахарного сорго;

– оценка исходного материала на устойчивость к болезням;

– анализ сортообразцов сахарного сорго по накоплению водорастворимых сахаров.

- изучение возможности получения двух урожаев за сезон в условиях выращивания Таджикистана и подбор наиболее подходящих сортов.

Продуктивность одних и тех же сортов в различных агроклиматических условиях может отличаться, что было проверено опытным путём, сотрудниками Аграрного центра МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с коллегами из «Россорго», г. Саратов, Российская Федерация и Института ботаники, физиологии и генетики и селекции АН Республики Таджикистан.

Работы испытания сортообразцов были выполнены в рамках проекта по проведению и организации обзорно-аналитических и научно-исследовательских полевых работ по разработке технологии возделывания, переработки, семеноводства инулинсодержащих и богатых сахарами сельскохозяйственных культур – цикория корневого, топинамбура и сахарного сорго, их сортоиспытанию и акклиматизации в районах Европейской части России и в предгорных районах Центральной Азии.

Опыты с четырьмя сортами проводились в двух регионах Евразии, с различными почвенно-климатическими характеристиками.

Испытания сортообразцов в Поволжье. Полевой опыт проведен на опытном поле института ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2022 г. (г. Саратов). Почва опытного участка представлена черноземом южным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 3,05%. Нитрификационная способность (по Кракову) – 7,7 мг/кг; фосфор (по Мачигину) – 25-37 мг/кг, калий (в углеаммонийной вытяжке) – 349-378 мг/кг. Реакция почвенной среды pH=7,0-7,3. Климат Саратовской области резко континентальный, с характерными проявлениями почвенных и воздушных засух. Температурный режим и условия влагообеспеченности неоднородны. Среднегодовая сумма осадков варьирует от 250 до 450 мм. Ресурсы тепла за период вегетации сорговых культур составляют 2400-3100°С. Среднегодовая температура воздуха +4,8°С. Наиболее высокие среднесуточные температуры воздуха (21,0-21,7°С) и количество выпавших осадков (51 мм) характерны для июля. Метеорологические условия этого года отличались от среднемноголетних показателей. Так, среднемесячная температура воздуха мая оказались ниже среднемноголетнего показателя на 3,4ºС, что отразилось на увеличении продолжительности прорастании семян сахарного сорго (20-23 дня). Средние показатели температуры воздуха июня и июля остались на уровне среднемноголетних и только в августе были выше на 4,1ºС. Июль характеризовался обильным выпадением осадков (73,5 мм), тогда как среднемноголетнее количество – 51,0 мм. Незначительное выпадение осадков было в августе – 12,6 мм.

Технология выращивания сорго в опыте – зональная. Предшественник – пар. Подготовка участка к посеву включала: весеннее боронование почвы, предпосевная культивация, разбивка участка конкурсного сортоизучения. Посев образцов сахарного сорго проведен 23 мая 2022 г. селекционной сеялкой СКС-6-10 с заделкой семян на глубину 6-8 см. Площадь делянок при широкорядном посеве с междурядьем 70 см составила 30,8 м2. Повторность трехкратная. Густота стояния растений при использовании на семенные цели – 100-150 тыс. растений/га. Уборка сортов проведена 30 сентября.

Измерение морфометрических признаков и оценка урожайности образцов сорго, питательной ценности биомассы выполнены согласно общепринятым методикам [1]. Описание морфометрических признаков проводили согласно Широкому унифицированному классификатору возделываемых видов рода *Sorghum bicolor Moench* [2]. Содержание водорастворимых сахаров в соке стебля образцов оценено в поле экспресс-методом с помощью рефрактометра. Статистический анализ выполнен с помощью дисперсионного однофакторного анализа в программе Агрос 2.09.

Оценку сортов по способности накапливать водорастворимые сахара в соке стеблей проводили экспресс-методом с помощью рефрактометра в поле. Сорт-стандарт Волжское 51 (рис. 1) показан в фазе кущения, в климатических условиях года оказался низким для группы сахарного сорго: содержание сахаров в соке главного стебля – 7,5%, тогда как в более жаркие сезоны этот показатель увеличивается на 10-12%. Другие сорта синтезировали в соке стебля существенно более высокий уровень показателя, варьирование которого составило от 10,1% (Шахерезада) до 16,5% (Севилья) (таблица 1).

Таблица 1 – Основные селекционные признаки сортов и урожайность сахарного сорго

Сорта сахарного сорго	Высота растений, см	Общ биомасса, т/га	Урожайность семян, т/га	Содержание сахаров, %
Шахерезада	197,2	29,98	3,62	10,1
Севилья	182,6	21,32	2,67	16,5
Изольда	190,9	22,48	3,69	15,2
Волжское 51	181,2	30,90	3,8	7,5
$НСР_{05}$		5,67	0,53	1,82

Рисунок 1 – Сорта сахарного сорго Волжское 51 в фазе кущения, Саратовская обл.

Изучаемые сорта сахарного сорго показаны на рисунках в фазе цветения (рис. 2-а,б и 3-а,б) отличались значительной изменчивостью по высоте растений при созревании. Стандартом выбран сорт Волжское 51 (181,2 см), на его уровне оказались сорта Севилья (182,6 см) и Изольда (190,9 см). Достоверно превысил стандарт новый сорт Шахерезада на 16,0 см, достигший высоты 197,2 см.

Рисунок 2 а,б – Сорта сахарного сорго Волжское 51 (слева), Севилья (справа)

Рисунок 3 а,б – Сорта сахарного сорго Шахерезада (слева), Изольда (справа)

Оценку сортообразцов сахарного сорго на устойчивость к пыльной головне проводили в естественных полевых условиях, не используя инфицированный фон. Из изученных сортов не обнаружено растений, поврежденных пыльной головней. Также сорта Волжское 51, Севилья и Шахерезада оказались устойчивы к бактериальной и полосатой пятнистости, которую определяли в питомнике искусственного заражения.

В условиях 2022 г. Саратовской области изучаемые сорта достигли фазы «полная спелость семян» к моменту уборки, несмотря на сложные погодные условия вегетационного сезона, характеризующиеся снижением среднесуточных температур воздуха в период посева, что значительно отразилось на продолжительности периода «посев-всходы» и в целом на прорастании семян. Новые сорта являются устойчивыми к основным распространенным среди сорговых культур болезням. При этом, более высокие значения селекционных признаков отмечено у сорта Шахерезада, а биохимических показателей – сорта Изольда и Севилья.

Испытания сортообразцов в Таджикистане были проведены в восточной части городской агломерации Душанбе (экспериментальный участок Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Республики Таджикистан, расположенного на высоте 840 м над уровнем моря). Среднемесячная температура воздуха в период вегетации сортов сорго составила 17,5^{O}C, сумма эффективных температур – 2567^{O}C и количество осадков 180 мм, что оказалось достаточным для продуктивного роста и развития сортов сорго в условиях опыта. Почвы опытного поля представляют собой типичный серозем. По своему механическому составу они преимущественно глинистые и местами встречаются слабоглинистые почвы. Почвы относятся к нейтральным и слабощелочным, pH может колебаться от 7,0 до 7,8. По содержанию гумуса в пахотном горизонте почвы относятся слабо гумусированным и колеблется от 1 до 1,5 %, почвы относятся к карбонатным с достаточно невысоким содержанием карбонатов, около 6,5 %. Почвы незасолённые и не загипсованные. Содержание хлорид ионов низкое, менее 0,01 %, так же, как и сухого остатка, порядка 0,17 %. По содержанию подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах почва относится к средне обеспеченным, в пахотном слое 0 – 25 см концентрация 28,5 мг/кг, в подпахотном 26,0 мг/кг. По содержанию обменного калия обеспеченность почв очень низкая, в слое 0-25 содержание 17,8, а в слое 25-50 16,1 мг/100 г.

Объектом исследований в Таджикистане были те же четыре сорта сахарного сорго с высокими урожайными характеристиками, предоставленные ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»: Шахерезада, Изольда, Севилья и Волжское 51. Технология посева сортов сахарного сорго была зональная. Схема посева 60 х 10 см, на один га около 167 тыс. растений. Посев семян проведен вручную. Форма делянки прямоугольная 5 на 8 метров. Повторность четырехкратная. Посев сортов сорго был проведен в два срока – весенний (17 апреля) и летний (15 июля). Во время вегетации наметили следующие фазы развития растений: всходов, образование соцветия (метелки), цветение, молочной, восковой и полной спелости зерна сортов сорго. Уборку урожая весеннего посева провели 15 сентября, а летнего – 15 ноября. Перед посевом в рядки вносили удобрения аммиачной селитры + нитроаммофоски, из расчёта 20 кг+40 кг/га по д.в. Глубина заделки семян сортов сорго составила 5-6 см. Сорта сорго были посеяны в отдельных делянках в четырехкратной повторности. После проведения посевов провели вспомогательный полив, чтобы получить всходы. В течение вегетации растений поливали 8 раз с расходом поливной воды за вегетацию примерно 2,3 тыс.м^3/га. За вегетацию провели два раза рыхление междурядий (вручную). Для учета урожайности с каждой делянки брали по 3 растения, всего 12 растений с каждого сорта. С каждого сорта сорго брали образцы для высушивания органов растений и определяли сухой массы растения из всех сортов сорго. Статистическую обработку данных провели по Б.А. Доспехову [3].

В таблице 2 показаны основные селекционные признаки сортов и урожайность сахарного сорго за два посева весной и летом, причем летом был выполнен совмещенный посев с фасолью.

Таблица 2 – Основные селекционные признаки сортов и урожайность сахарного сорго весеннего и летнего сева

Сорта сорго	Высота растений, см (весна/лето)	Масса стеблей и листьев, т/га (весна/лето)	Общая биомасса, т/га (весна/лето)	Урожайность семян, т/га (весна/лето)
Шахерезада	225/172	27,39/26,72	31,39/30,90	3,6/1,7
Севилья	222/171	17,03/17,54	21,03/16,97	3,6/1,7
Изольда	205/200	18,54/33,40	21,84/35,07	3,0/1,7
Волжское 51	200/181	35,57/25,05	40,07/27,56	4,0/2,5
Средняя	213/181	24,63/30,23	28,58/27,56	3,6/1,88
$НСР_{05}$	**4,63/6,25**	**4,63/1,21**	**5,09/5,22**	**0,21/0,21**

По высоте растений сорт Шахерезада превышал другие сорта, в том числе сорт стандарт Волжское 51, формируя стебель длиной 225 см. Диаметр стебля у сорта Волжское 51 достигал 5,0 см, что значительно больше, чем у других сортов сорго, Шахерезада 3,6, Севилья 3,5, Изольда 3,0. По таким важным признакам, как масса стеблей и листьев и общая биологическая масса сорт Волжское 51 значительно превышал показатели других сортов сорго.

Сорта сахарного сорго также отличались между собой по продолжительности межфазных периодов и вегетации. В зависимости от их генотипических особенностей по срокам прохождения межфазных периодов и вегетационного периода отличаются между собой. Наиболее короткий период вегетации наблюдался у сорта Севилья (106 дней), а наиболее продолжительный у сорта Волжское 51 (116 дней).

Таким образом, результаты изучения сортов сорго в условиях Гиссарской долины Таджикистана от весеннего срока сева показали, что сорт Волжское 51 по сравнению с другими сортами имеет наибольшие показатели по многим морфологическим признакам и общей биомассы.

Результаты летних посевов этих же сортов сахарного сорго совместно с фасолью отличались от весенних.

По высоте растений сорт Изольда при летнем посеве превышает другие сорта сорго на 19-29 см. Этот сорт также имеет высокий показатель по сравнению с другими сортами сорго по признаку массы стебля и листьев (на 3-5 т/га). Наибольший выход семян с гектара наблюдается у сорта Волжское 51, а по признаку общей биомассы у сорта Изольда (38,41т/га), что в два раза больше, чем у сорта Севилья. Таким образом, можно отметить, что при летнем сроке посева семян сорт Изольда по массе стеблей и листьев, и общей биомассы существенно превышает другие сорта сахарного сорго.

Следует отметить, что при совместном посеве сортов сорго с фасолью наблюдалось хорошее переплетение стебля фасоли всех сортов сорго (рис. 4).

Рисунок 4 – Летний совмещённый посев сахарного сорго с фасолью, Таджикистан.

Наши расчёты показали, что при совмещенном посеве, кроме получения высокого урожая зеленной массы сорго можно получать до 800 кг/га семян фасоли (при наличии 16 тыс. растений фасоли на один га 50 г урожая зерна с растения). При совмещенном посеве наблюдаются признаки синергичного взаимодействия разных видов растений, благодаря симбиотическим, азотфиксирующим клубеньковым бактериям на корнях фасоли, обогащается почва доступным для растений азотом, что благоприятно сказывается на росте и сахарного сорго, стебли которого в свою очередь является опорой для фасоли, позволяя в большей степени реализовать свой ростовой потенциал.

Сравнения сортов в разных почвенно-климатических зонах. Проведенные исследования показали различия в проявлении своих генотипических признаков в зависимости от сорта и сроков сева. Так по высоте растений сорта Севилья и Изольда значительно превышали сорт стандарт Волжское 51 при весеннем посеве в Душанбе и в Саратове, а при летнем посеве проявил себя сорт Изольда, обгоняя остальные сорта по высоте и близким к значениям весеннего сева (рис. 5).

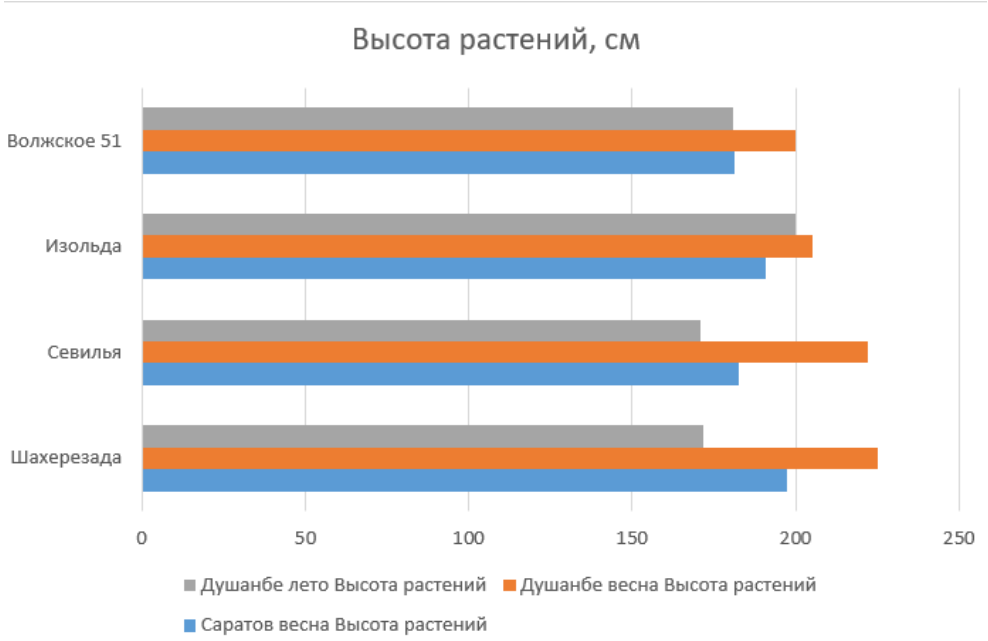

Рисунок 5 – Высота сортообразцов в зависимости от сроков и локации сева

Сорт стандарт Волжское 51 весеннего сева имел наибольшую биомассу среди всех сортов в независимости от локации и сроков сева (рис.6). Сорт Изольда летнего сева значительно превысил показатели по биомассе весеннего сева и сева в Поволжье, что связанно с раскрытием генотипических особенностей сорта, которые проявились при летнем севе, что позволяет использовать его при получении второго урожая в условиях Таджикистана. Сорт Севилья имел наименьшие показатели по биомассе, а сорт Шахерезада имел стабильно высокие показатели в независимости от сроков и локации сева, около 30 т/га.

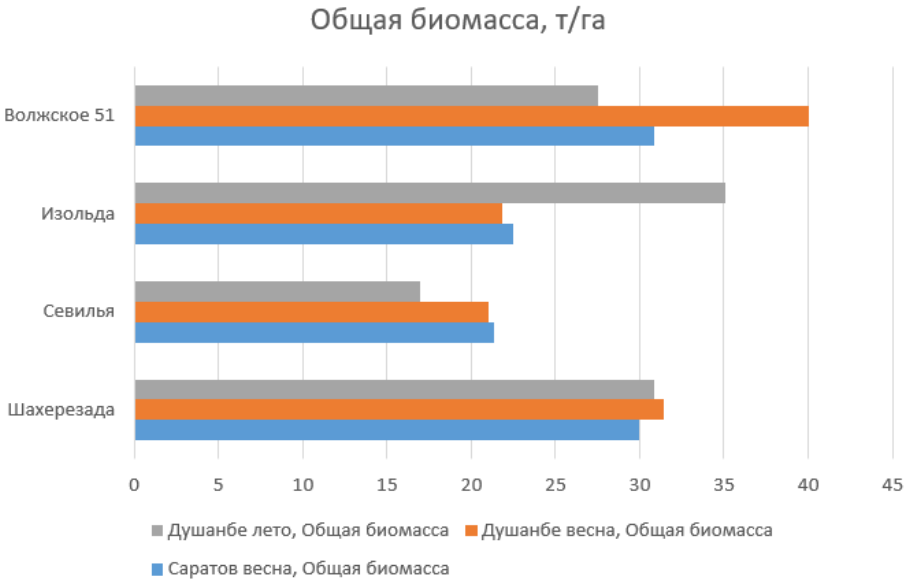

Рисунок 6 – Общая биомасса сортообразцов в двух регионах выращивания

Урожайность семян по сортам отличается значительно и зависит от сроков сева. На рисунке 7 показаны семена сортов Шахерезада и Изольда.

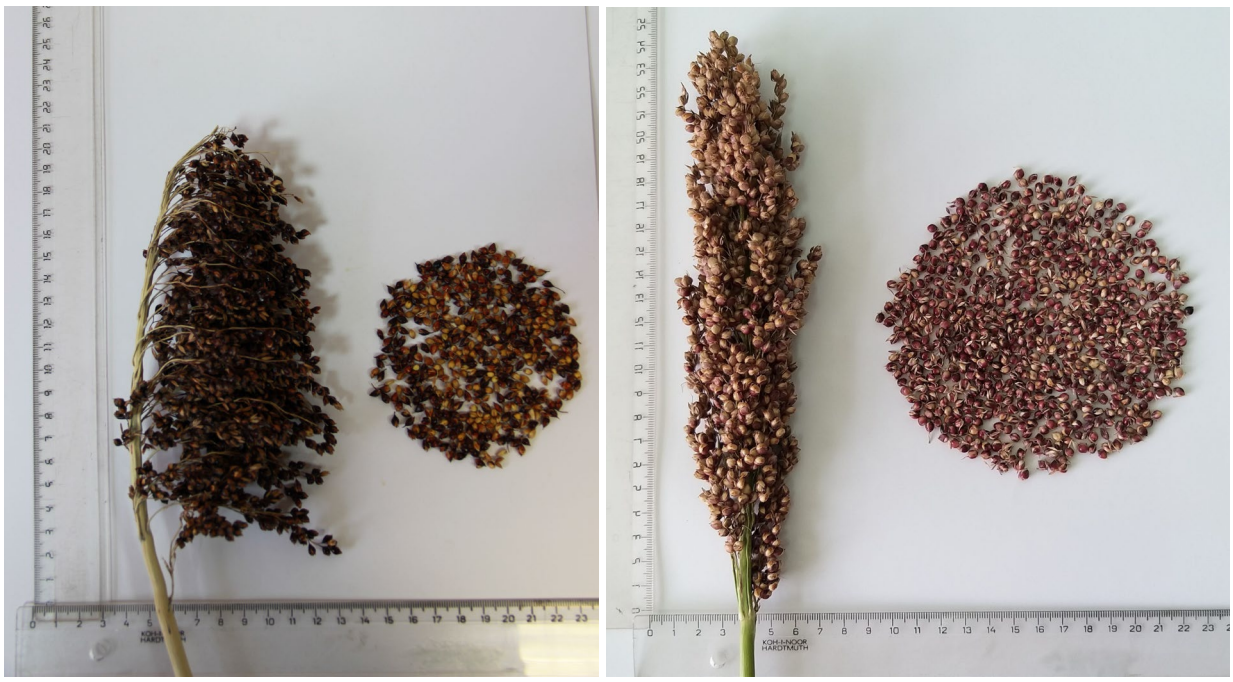

Рисунок 7 – Сорта сахарного сорго Шахерезада (слева), Изольда (справа)

При весеннем сроке посева урожайность семян всех сортов больше практически в два раза по сравнению с летним севом в Таджикистане (рис. 8). Урожайность семян в Поволжье и Таджикистане сортов Волжское 51 и Шахерезада имеет практически одинаковые значения, сорт Севилья весеннего сева в Таджикистане превышал занчения при севе в Поволжье почти на одну тонну с гектара, а сорт Изольда по урожайности семян в Поволжье превисил урожайность того же сорта в Таджикистане на более половины тонны с гектара.

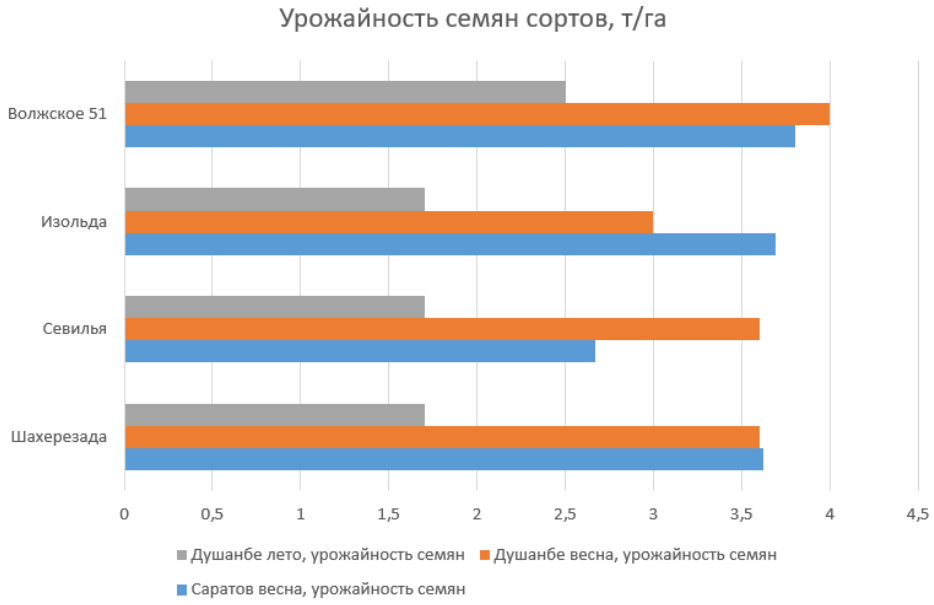

Рисунок 8 – Урожайность семян сортов сахарного сорго в двух регионах выращивания

Урожайность семян при летнем севе практически в два раза меньше чем при весеннем, при более-менее, одинаковых значениях по биомассе из-за особенностей физиологических процессов формирования генеративных органов в осенний период, в течение которого происходит, снижение среднемесячных температур и повышение количества выпадающих осадков.

Выводы

1. Таким образом, в результате проведённых полевых исследований можно сделать выводы что наиболее урожайными и устойчивыми сортами являются Волжское 51 и Шахерезада, как в условиях выращивания Поволжья, так и Таджикистана, причем, для летнего сева в Таджикистане можно рекомендовать сорта Изольда и Шахерезада. Сорт Севилья показал наименьшие показатели по урожайности, однако по содержанию сахаров превышал все остальные сорта, тем самым, уравнивая недобор по биомассе по сравнению с остальными сортообразцами.
2. Условия Гиссарской долины Таджикистана для всех изученных сортов сахарного сорго являются благоприятными, и в зависимости от их генетических особенностей имеют разные показатели по морфологическим и хозяйственно-ценным признакам.
3. При весеннем сроке посева сорт Севилья имеет наиболее короткий период вегетации (106 дней) по сравнению с другими сортами сорго (на 2-8 дней).
4. Сорт Волжское 51 по общей биомассе, урожайности семян значительно превышает показатели других сортов сахарного сорго, причем только при весеннем севе.
5. При летнем посеве сахарного сорго все сорта хорошо растут и развиваются, обеспечивают получение полноценного урожая зеленой массы, с показателями по общей биомассе, сопоставимыми с показателями при весеннем севе, кроме сортов Волжское 51, однако урожайность зерна при летнем посеве меньше практически в два раза. Однако сорт Изольда при летнем севе, показал значения биомассы значительно превышающие, чем при весеннем севе.
6. Способ совмещенных посевов сортов сахарного сорго с фасолью летом может успешно применяться при выращивании данных культур, при котором способствует получению до 800 кг/га урожая фасоли, без потери показателей по урожайности биомассы.
7. Показатели морфологических признаков сортов сахарного сорго при выращивании в Таджикистане превышают показатели при выращивании в Поволжье, что может быть связано с более жарким климатом и большим количеством солнечной радиации в данном регионе.

Литература

1. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М..1989. – *194 с.*
2. Якушевский Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода Sorghum Moench. / Е.С. Якушевский Е.С., С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук, и др. – Л. 1982. - 33 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М:1985. – 385 с.