

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4>

ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТООБРАЗЦОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Научная статья

Гусева С.А.^{1,*}, Бочкарева Ю.В.², Волков Д.П.³, Башинская О.С.⁴, Носко О.С.⁵, Ларина Т.В.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-7006-0429;

² ORCID : 0000-0003-0328-4654;

³ ORCID : 0000-0001-8055-6516;

⁴ ORCID : 0000-0002-9553-9994;

⁵ ORCID : 0000-0003-3120-1764;

⁶ ORCID : 0000-0002-3845-6578;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Российский научно-исследовательский институт кукурузы и сорго, Саратов, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (s.guseva76[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются результаты изучения относительной засухоустойчивости сортообразцов сахарной кукурузы. Для эксперимента были отобраны здоровые, выполненные зерна в количестве 50 штук в трехкратной повторности. В контрольном варианте семена проращивали в дистиллированной воде, а в опытном – в растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 и 12 атм. Показателем засухоустойчивости являлась доля проросших зерновок в опыте по отношению к контролю. Для углубленной оценки использовали критерий накопления сухой массы проростками. Определение всхожести семян гибридов кукурузы на растворах с различной степенью осмотического давления позволило выявить различия исследуемых образцов. Отмечено снижение всхожести семян при повышении осмотического давления с 94,7% до 67,07 и 51,06%. Снижение суммы сухой массы по сравнению с контролем составило: 72% – на растворе осмотика 9 атмосфер и 83% – 12 атмосфер. По проценту прорастания семян на растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 атмосфер относительную засухоустойчивость демонстрировали образцы: к-3151, Алина, к-4444, к-13807, Забава/к-4452, Цукерка/к-103, а на осмотическом растворе 12 атмосфер – Забава/к-4452 (тестерный гибрид) и Цукерка I₂. Выявили, что растворы сахарозы в концентрациях 9 и 12 атмосфер оказывали достоверный ингибирующий эффект на накопление сухого вещества проростками изучаемых форм сахарной кукурузы по сравнению с контролем. Наиболее слабую депрессию ростовых процессов у проростков, выращенных на растворе 9 атмосфер отметили у сортообразцов к-3151 и к-291, на растворе 12 атмосфер – к-3151 и самоопыленная форма (I₂) сорта Цукерка. Также были выявлены наиболее значимые взаимосвязи между изучаемыми признаками. По результатам изучения корреляционных связей между изучаемыми признаками наиболее значимая взаимосвязь выявлена между накоплением сухой массы проростками, выращенных на растворе 12 атм. и их степенью депрессии ($r = -0,96$) (коэффициент детерминации $R^2 = 0,91$).

Ключевые слова: засухоустойчивость, сахарная кукуруза, осмотическое давление раствора, доля прорастания, критерий накопления сухой массы.

AN EVALUATION OF RELATIVE DROUGHT TOLERANCE OF SUGAR MAIZE VARIETIES UNDER LABORATORY CONDITIONS

Research article

Guseva S.A.^{1,*}, Bochkareva Y.V.², Volkov D.P.³, Bashinskaya O.S.⁴, Nosko O.S.⁵, Larina T.V.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-7006-0429;

² ORCID : 0000-0003-0328-4654;

³ ORCID : 0000-0001-8055-6516;

⁴ ORCID : 0000-0002-9553-9994;

⁵ ORCID : 0000-0003-3120-1764;

⁶ ORCID : 0000-0002-3845-6578;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Russian Research Institute of Corn and Sorghum, Saratov, Russian Federation

* Corresponding author (s.guseva76[at]mail.ru)

Abstract

The article examines the results of a study of the relative drought tolerance of sugarcane varieties. For the experiment, healthy, fulfilled grains in number of 50 pieces in triplicate were selected. In the control variant, seeds were germinated in distilled water, and in the experimental variant in sucrose solution with osmotic pressure of 9 and 12 atm. The parameter of drought tolerance was the proportion of germinated grains in the experiment in relation to the control. For in-depth evaluation, we used the criterion of dry weight accumulation by the seedlings. Determination of germination of seeds of maize hybrids on solutions with different degrees of osmotic pressure revealed the differences of the studied samples. The decrease of seed germination with increase of osmotic pressure from 94.7% to 67.07 and 51.06% was noted. The reduction of the sum of dry weight as compared with the control was: 72% on the osmotic solution of 9 atm and 83% on the solution of 12 atm. According to the percentage of seed germination on sucrose solution with osmotic pressure of 9 atm the relative drought tolerance was

shown by the following samples: k-3151, Alina, k-4444, k-13807, Zabava/k-4452, Tsukerka/k-103, and on 12 atm osmotic solution – Zabava/k-4452 (tester hybrid) and Tsukerka I2. It was revealed that sucrose solutions at concentrations of 9 and 12 atm had a significant inhibitory effect on dry matter accumulation by seedlings of the studied forms of sugar maize compared with the control. The weakest depression of growth processes in seedlings grown on solution of 9 atm was observed in cultivars K-3151 and K-291, while K-3151 and self-pollinated form (I2) of Zukurka variety were grown on solution of 12 atm. The most significant correlations between the studied traits were also revealed. According to the results of the study of correlations between the studied traits, the most significant relationship was found between the accumulation of dry weight of seedlings grown on 12 atm solution and their degree of depression ($r = -0.96$) (coefficient determination $R^2=0.91$).

Keywords: drought tolerance, sugar maize, osmotic solution pressure, germination rate, dry matter accumulation criterion.

Введение

При подборе гибридов и сортов любой культуры необходимо учитывать все стрессовые факторы для конкретной зоны, в том числе и водный режим. Кукуруза экономнее других растений расходует влагу. Коэффициент транспирации составляет 230-250, в то время как у пшеницы он колеблется в пределах 430, у овса – 430, у ячменя – 382, проса – 266. При прорастании потребность зерновок кукурузы во влаге составляет 44% от собственной массы, в то время как у пшеницы она составляет 55%, ячменю – 50, овсу – 65%. Оптимальное количество осадков для вегетации кукурузы принято считать 450-600 мм, а влажность почвы – 60-75% [1], [2], [3].

Наибольшая потребность во влаге – во время всходов, за десять дней до выметывания и спустя 15-20 дней после выметывания (когда формируется пыльца и начинается формирование семян). Недостаток воды в эти периоды приводит в итоге к снижению урожая [1].

Так как окружающая среда оказывает значимое влияние на онтогенез растений, требования к сорту или гибриду должны зависеть от зоны возделывания. Также должны быть определены признаки и свойства, необходимые для большинства природных зон [4].

Погодные условия Нижневолжского региона, в частности Саратовской области, в период вегетации характеризуются высокой температурой воздуха, недостаточным количеством осадков и неравномерным их распределением. Вопрос о получении исходного материала для селекции новых сортов и гибридов сахарной кукурузы, устойчивого к засушливым условиям, остается актуальным.

Методы и методы исследования

Для изучения засухоустойчивости сахарной кукурузы были отобраны наиболее перспективные сортообразцы коллекции ВИР, Российской селекции, а также тестерные гибриды F1: k-3151, k-1585, Алина, k-4475, Услава, Краснодарский сахарный 250, k-103, k-4444, k-4456, k-13807, Цукерка, k-103, k-291, k-4840, Забава, Цукерка/k-103, Забава/ k-4452, Цукерка I₂.

Один из методов оценки относительной засухоустойчивости основан на лабораторном мониторинге процесса прорастания семян и формирования проростков на растворах осмотиков, имитирующих недостаток влаги [5], [6]. Данную методику возможно использовать для определения засухоустойчивости у разных сельскохозяйственных культур [6], [7].

Исследования проводились в 2023 г., двукратно, в трех повторностях. При рассмотрении результатов использовали средние данные. Были отобраны здоровые, выполненные зерна в количестве 50 штук. В контрольном варианте семена проращивали в дистиллированной воде, а в опытном – в растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 и 12 атм. (концентрация: 124 г, 165 г сахарозы на 1 л соответственно). Объем дистиллированной воды и раствора сахарозы одинаков как в контрольном варианте, так и в опытных вариантах. Учет всхожести семян, проросших в растворах сахарозы (и соответствующего контроля), проводился на 6 день (более длительное время приводит к развитию плесени). Проросшими считают семена, имеющие корешок не менее 1 см.

Доля прорастания зерновок в опыте по отношению к контролю являлась критерием засухоустойчивости, а для углубленной оценки выделенных образцов, согласно вышеуказанным методикам, использовали критерий накопления сухой массы проростками [5], [6].

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного, корреляционного анализов с использованием пакета программ Excel, AGROS2.07, а также методом обработки данных при альтернативной изменчивости [8], [9], [10].

Исследования выполнены в 2023 году по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ.

Основные результаты и обсуждение

Определение всхожести семян гибридов кукурузы на растворах с различной степенью осмотического давления позволило выявить различия исследуемых образцов (таблица 1). Отмечено снижение всхожести семян при повышении осмотического давления с 94,7% до 67,07 и 51,06% (в среднем). Снижение суммы сухой массы по сравнению с контролем составило: 72% – на растворе осмотика 9 атмосфер и 83% – 12 атмосфер.

По проценту прорастания зерновок в осмотических растворах изучаемые формы условно распределили на четыре группы: слабоустойчивые (всхожесть семян ≤ 25 %), среднеустойчивые (25...50 %), устойчивость вышесредней – (50...75%) и высокоустойчивые (≥ 75 %). На растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 атмосфер высокую степень относительной засухоустойчивости демонстрировали образцы: k-3151, Алина, k-4444, k-13807, Забава/k-4452, Цукерка/k-103. Генотипы с низкой устойчивостью – k-1585, k-103.

В качестве дополнительных диагностических признаков были использованы критерий накопления сухой массы проростками сахарной кукурузы: чем меньше масса сухого вещества, тем выше степень депрессии и тем менее устойчив образец. Высокую устойчивость к фактору стресса (степень депрессии < 25%) по данному критерию не

проявил ни один генотип. Наименьшую депрессию ростовых процессов на растворе 9 атмосфер отметили у сортообразовк-3151 и к-291.

Таблица 1 - Оценка относительной засухоустойчивости сортообразцов сахарной кукурузы при осмотическом давлении гипертонического раствора 9 атмосфер

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.2>

Сортообразец	Сумма сухой массы, контроль	Сумма сухой массы, 9атм.	Проросшие семена, %	sp-квадратическая ошибка	Доверительный интервал	Характеристика устойчивости по проценту прорастания	Степень депрессии %	Характеристика устойчивости по степени депрессии
к-3151	1,04	0,54	88,57	±1,39	89±2,76	высокая	48,46	средняя
к-1585	0,55	0,08	36,67	±0,94	37±1,87	низкая	86,46	низкая
Алина	0,89	0,18	78,13	±1,31	78±2,59	высокая	79,66	низкая
к-4475	1,30	0,20	61,76	±1,23	62±2,43	выше средней	84,60	низкая
Цукерка	0,61	0,18	63,33	±1,18	63±2,34	выше средней	70,49	низкая
Улада	0,83	0,18	70,00	±1,23	70±2,43	высокая	78,33	низкая
Краснодарский сах.250	0,83	0,32	74,07	±1,21	74±2,39	высокая	61,33	ниже средней
к-103	0,86	0,09	39,29	±0,94	39±1,87	ниже средней	89,02	низкая
к-291	0,68	0,34	51,35	±1,18	51±2,34	средняя	49,85	средняя
к-4444	0,52	0,14	75,86	±1,25	76±2,47	высокая	74,05	низкая
к-4456	1,33	0,41	72,73	±1,29	73±2,55	высокая	69,07	ниже средней
к-4840	0,91	0,20	55,17	±1,11	55±2,19	средняя	78,50	низкая
к-13807	1,02	0,38	84,00	±1,23	84±2,43	высокая	62,56	ниже средней
Забава	1,02	0,06	60,00	±1,23	60±2,43	выше средней	94,34	низкая
Забава/к-4452)	1,68	0,46	78,79	±1,32	79±2,62	высокая	72,78	низкая
Цукерка / к-103	1,22	0,35	80,56	±1,37	81±2,71	высокая	71,59	низкая
Цукерка I ₂	0,61	0,25	70,00	±1,23	70±2,43	высокая	58,51	ниже средней
Среднее	0,93	0,26	67,07	-	-	-	72,33	-

Доля зерновок, проросших в осмотическом растворе 12 атмосфер варьировала от 32,29 до 70,08% (таблица 2). Высокий процент всхожести был зафиксирован у генотипов Забава/к-4452 (тестерный гибрид) и ЦукеркаI₂. Тем не менее доля накопления сухой массы у большинства образцов – низкая (не превышала 32,44%). Наименьшая степень депрессии была выявлена у образца к-3151 и самоопыленной формы (I₂) сорта Цукерка.

Таблица 2 - Оценка относительной засухоустойчивости сортообразцов сахарной кукурузы при осмотическом давлении гипертонического раствора 12 атмосфер

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.3>

Сортообразец	Сумма массы, контроль	Сумма массы, 12атм.	Проросшие семена, %	sp-квадратическая ошибка	Доверительный интервал	Характеристика устойчивости	Степень депрессии %	Характеристика устойчивости
--------------	-----------------------	---------------------	---------------------	--------------------------	------------------------	-----------------------------	---------------------	-----------------------------

	ь	%	ошибка	л	ности по проценту прорастания	ности по степени депрессии		
к-3151	1,04	0,34	57,14	±2,42	57±2,42	выше средней	67,56	ниже средней
к-1585	0,55	0,03	43,33	±2,03	43±2,03	средняя	95,49	низкая
Алина	0,89	0,24	65,63	±2,46	66±2,46	выше средней	72,99	низкая
к-4475	1,30	0,07	35,29	±1,96	35±1,96	средняя	94,46	низкая
к-1976	0,61	0,14	40,00	±1,96	40±1,96	средняя	76,39	низкая
Услада	0,83	0,06	49,98	±2,16	50±2,16	средняя	92,86	низкая
Краснодарский сах.250	0,83	0,06	51,85	±2,10	51±2,10	выше средней	92,97	низкая
к-103	0,86	0,14	49,97	±2,10	50±2,10	средняя	83,88	низкая
к-291	0,68	0,01	32,43	±1,96	32±1,96	средняя	98,10	низкая
к-4444	0,52	0,14	62,07	±2,32	62±2,32	выше средней	74,05	низкая
к-4456	1,33	0,21	45,45	±2,16	45±2,16	средняя	84,61	низкая
к-4840	0,91	0,09	37,93	±1,89	38±1,89	средняя	90,52	низкая
к-13807	1,02	0,24	52,00	±2,03	52±2,03	выше средней	76,55	низкая
Забавка	1,02	0,09	37,14	±2,03	37±2,03	средняя	91,41	низкая
Забавка/к-4452	1,68	0,39	93,94	±2,79	94±2,79	высокая	76,72	низкая
Цук/к-103	1,22	0,24	41,67	±2,16	42±2,16	средняя	80,38	низкая
Цукерка I2	0,61	0,18	70,08	±2,46	70±2,46	высокая	69,59	ниже средней
Среднее	0,93	0,16	51,06	-	-	-	83,44	-

Изучение относительной засухоустойчивости генотипов сахарной кукурузы по критерию накопления проростками сухой массы показало, что ни один образец урожая 2022 года, пророщенные в растворах осмотиков, не приблизился по значениям к контролю, а на представленной ниже диаграмме видно значительное уменьшение значений сухой массы (рисунок 1).

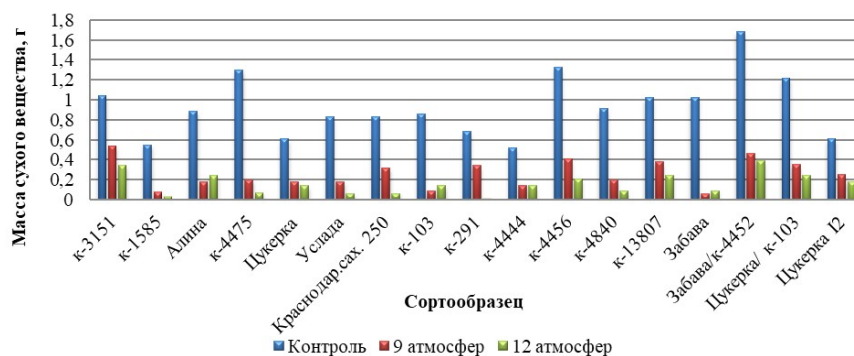


Рисунок 1 - Оценка относительной засухоустойчивости образцов сахарной кукурузы по критерию накопления сухой массы проростками в растворах 9 и 12 атмосфер

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.1>

В лабораторных условиях проведена оценка интенсивности начального роста ростков и корешков сортообразцов сахарной кукурузы в условиях дефицита воды, вызванного увеличением концентрации раствора сахарозы (таблица 3).

При расчете данных по каждому признаку выявили, что $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, F-критерий значим, нулевая гипотеза отвергается, и, следовательно, имеет смысл проводить дальнейшие исследования.

Таблица 3 - Дисперсионный анализ размеров проростков сортообразцов сахарной кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.2>

Сортообразец	Длина корня	Длина ростка	Длина корня	Длина ростка	Длина корня	Длина ростка
	Контроль		9 атмосфер		12 атмосфер	
Среднее, см	7,64	6,07	3,54	1,25	2,92	0,93
$F_{\text{факт}}$	125,20*	205,93*	15,07*	46,13*	438,46*	16,78*
$НСР_{0,05}$	0,46	0,39	0,83	0,23	0,19	0,30

Экстремумы средних линейных значений длины корня составили: контроль – 4,23...10,81 см, раствор 9 атмосфер – 1,56...5,53 см, 12 атмосфер – 0,51...5,53 см; длины ростка: 3,86...10,18 см, 0,83...2,61 см, 0,00...1,55 см соответственно. В ходе исследования отмечено снижение средних значений длины корешка (от 7,64 см до 3,54 и 2,92 см) и длины проростка (6,07 см до 1,25 и 0,93 см). На рисунках 4, 5 наглядно отражены особенности начального роста проростков на контроле и разных концентрациях раствора сахарозы (рисунки 2, 3). Отмечено, что с увеличением концентрации осмотика уменьшается линейная величина проростков, по сравнению с контрольным вариантом, а изменение показателей размера корней оказалось менее значительным чем ростков. Стоит выделить генотипы к-3151, Цукерка I₂, у которых длина корней, относительно контрольного варианта, снизилась незначительно. У образцов Алина, к-4444 и к-13807 наблюдалась стимуляция роста проростков с увеличением концентрации раствора осмотика.

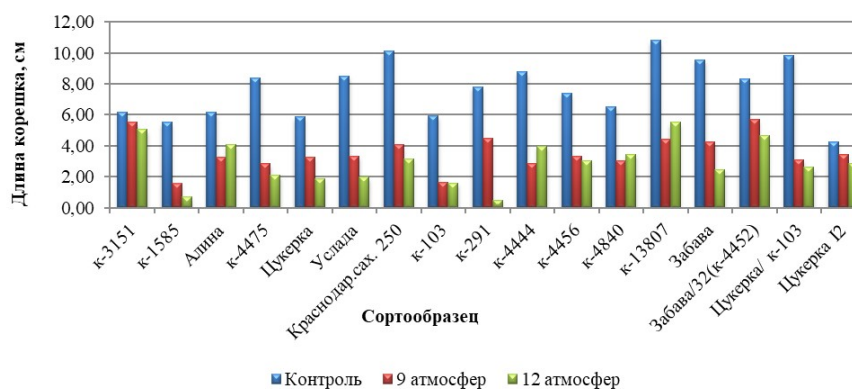


Рисунок 2 - Длина корешков сортообразцов сахарной кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.3>

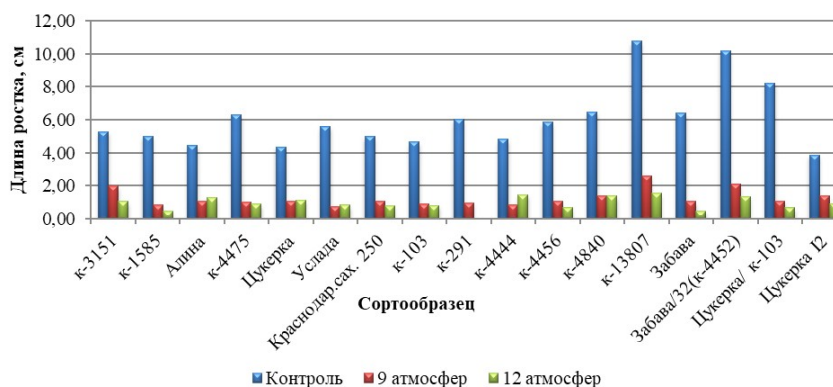


Рисунок 3 - Длина ростков сортообразцов сахарной кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.4>

Большинство биологических процессов находятся в тесной зависимости, при этом преобладают стохастические взаимосвязи, когда резульативный признак зависит от значений признаков-факторов. Связи между ними обычно

носят корреляционный характер, т.е. одному значению изучаемого признака-фактора может соответствовать много значений результативного признака, изменяющихся в различных направлениях.

При помощи анализа коэффициента корреляции можно оценить закономерности передачи признаков родителей своему потомству, взаимосвязи между разнообразными параметрами на генетическом и фенотипическом уровнях, их связи с окружающей средой и т.д. Наиболее значимая взаимосвязь выявлена между суммой сухой массы проростков, выращенных на растворе 12 атмосфер и их степенью депрессии ($r = -0,96$) (коэффициент детерминации $R^2 = 0,91$). Отрицательный коэффициент корреляции (обратная взаимосвязь) подтверждает результаты нашего исследования (чем меньше сумма накопленного сухого вещества, тем выше степень депрессии) (рисунок 4). Подобная картина наблюдалась у этих же параметров на 9 атмосферах ($r = -0,77$). Более слабая взаимосвязь, скорее всего, являлась следствием меньшей реакции образцов на концентрацию раствора. Также значимая, но положительная корреляционная связь была отмечена между длиной корня и длиной ростка на растворе 12 атмосфер ($r = 0,74$), длиной корня (9 атм.) и суммой сухой массы (9 атм.) (рисунок 5) ($r = 0,78$), доли проросших зерновок и суммы массы на растворе 9 атм. ($r = 0,69$).

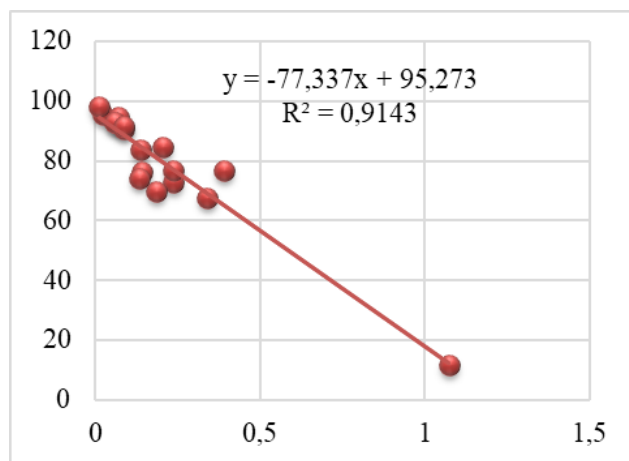


Рисунок 4 - Взаимосвязь суммы сухой массы и степени депрессии на растворе 12 атмосфер, 2023 г.

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.5>

Примечание: ось X – сумма сухой массы проростков, г, ось Y – степень депрессии, %

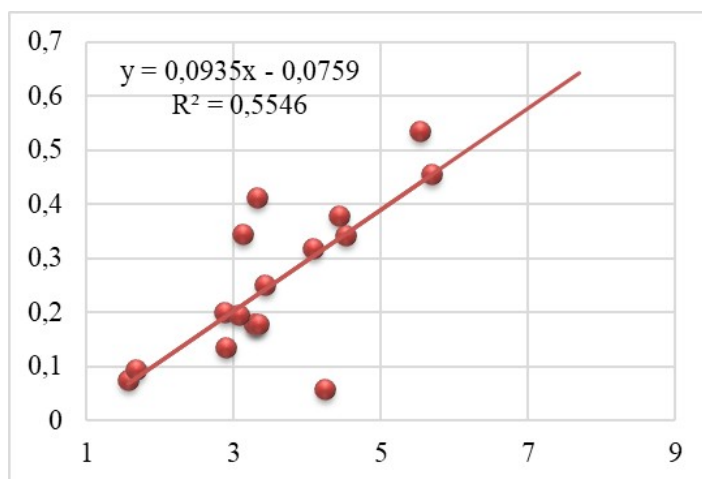


Рисунок 5 - Взаимосвязь суммы сухой массы и длины корня на растворе 9 атмосфер, 2023 г.

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.33.4.1>

Примечание: ось X – сумма сухой массы проростков, г, ось Y – степень депрессии, %

Заклучение

По проценту прорастания семян на растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 атмосфер относительную засухоустойчивость демонстрировали образцы: к-3151, Алина, к-4444, к-13807, Забава/к-4452, Цукерка/к-103. Высокий процент всхожести на осмотическом растворе 12 атмосфер был зафиксирован у генотипов Забава/к-4452 (тестерный гибрид) и Цукерка I₂.

Высокую устойчивость к засухе по критерию накопления сухой массы (степень депрессии < 25%) на осмотических растворах не проявил ни один генотип. Наиболее слабую депрессию ростовых процессов у проростков, выращенных на растворе 9 атмосфер отметили у сортообразцов к-3151 и к-291 (средняя степень депрессии). На растворе 12 атмосфер доля накопления сухой массы – низкая или ниже средней и не превышала 32,44% относительно контроля. Наименьшую степень депрессии выявили у образца к-3151 и самоопыленной формы (I₂) сорта Цукерка. Отметим, что растворы сахарозы в концентрациях 9 и 12 атмосфер оказывали достоверный ингибирующий эффект на накопление сухого вещества проростками изучаемых форм сахарной кукурузы по сравнению с контролем.

По результатам изучения корреляционных связей между изучаемыми признаками наиболее значимая взаимосвязь выявлена между накоплением сухой массы проростками, выращенных на растворе 12 атм. и их степенью депрессии ($r = -0,96$) (коэффициент детерминации $R^2 = 0,91$). Подобная картина наблюдалась у этих же параметров на 9 атмосферах ($r = -0,77$). Также значимая, но положительная корреляционная связь была отмечена между длиной корня и длиной ростка на растворе 12 атмосфер ($r = 0,74$), длиной корня (9 атм.) и суммой сухой массы (9 атм.) ($r = 0,78$), доли проросших зерновок и суммы массы на растворе 9 атм. ($r = 0,69$).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Шаповалова Л.Г. Влияние условий выращивания гибридных семян на их урожайные свойства / Л.Г. Шаповалова // Сб. научных трудов ВНИИМК. — Краснодар, 2003. — С. 63-65.
2. Удовенко Г.В. Механизмы адаптации растений к стрессам / Г.В. Удовенко // Физиология и биохимия культурных растений, 1979. — Т. 11 — № 2. — С. 99-106.
3. Патуринский А.В. Физиологическая оценка засухоустойчивости и потенциальной продуктивности селекционного материала зерновых культур / А.В. Патуринский, Н.С. Козулина // Вестник АГАУ, 2003. — № 4. — С. 151-156.
4. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (экологогенетические основы) / А. А. Жученко. — М.: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. — Т. II. — 708 с.
5. Методические указания по определению относительной засухоустойчивости образцов зернобобовых культур способом проращивания семян в растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением (горох, вика, фасоль, соя, чечевица, нут, чина, бобы, люпин) / сост. Кожушко Н.Н. — Л., 1978. — 12 с.
6. Методические указания по способу индивидуальной оценки жаро- и засухоустойчивости зерновых культур для генетических и селекционных целей / сост. Кожушко Н.Н., Ка-рамышев Р.М. — Л., 1989. — 10 с.
7. Методические указания по определению относительной жаростойкости и засухоустойчивости образцов зернобобовых культур способом проращивания семян в растворах сахарозы и после прогревания / сост. Волкова А.М., Кожушко Н.Н., Макаров Б.И. — Л., 1984. — 18 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М., 2011. — 352 с.
9. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel : учебное пособие / В.Р. Бараз. — Екатеринбург : ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. — 102 с.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shapovalova L.G. Vliyanie uslovij vyrashhivaniya gibridnyh semjan na ih urozhajnye svojstva [Influence of Growing Conditions of Hybrid Seeds on Their Yield Properties] / L.G. Shapovalova // Sb. nauchnyh trudov VNIIMK [Coll. of Scientific Works of VNIIMK]. — Krasnodar. 2003. — P. 63-65 [in Russian].
2. Udovenko G.V. Mehanizmy adaptacii rastenij k stressam [Mechanisms of Plant Adaptation to Stress] / G.V. Udovenko // Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 1979. — V. 11 — No. 2. — P. 99-106. [in Russian]
3. Paturinsky A.V. Fiziologicheskaja ocenka zasuhoustojchivosti i potencial'noj produktivnosti selekcion-nogo materiala zernovyh kul'tur [Physiological Assessment of Drought Resistance and Potential Productivity of Breeding Material of Grain Crops] / A.V. Paturinsky, N.S. Kozulina // Vestnik AGAU [Bulletin of ASAU], 2003. — No. 4. — P. 151-156 [in Russian].

4. Zhuchenko A. A. Adaptivnaja sistema selekcii rastenij (jekologogeneticheskie osnovy) [Adaptive System of Plant Breeding (Environmental Bases)] / A. A. Zhuchenk. — M.: Publishing House of Peoples' Friendship University "Agrorus", 2001. — Vol. II. — 708 p. [in Russian]
5. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju odnositel'noj zasuhoustojchivosti obrazcov zer-nobobovyh kul'tur sposobom prorashhivaniya semjan v rastvorah saharozy s vysokim osmoti-cheskim davleniem (goroh, vika, fasol', soja, chechevica, nut, china, boby, ljupin) [Guidelines for Determining the Relative Drought Resistance of Samples of Leguminous Crops by the Method of Seed Germination in Sucrose Solutions with High Osmotic Pressure (Peas, Vetch, Beans, Soybeans, Lentils, Chickpeas, Chin, Beans, Lupins)] / comp. by Kozhushko N.N. — L., 1978. — 12 p. [in Russian]
6. Metodicheskie ukazaniya po sposobu individual'noj ocenki zharo- i zasuhoustojchivosti zernovyh kul'tur dlja geneticheskikh i selekcionnyh celej [Guidelines for the Method of Individual Assessment of Heat and Drought Resistance of Grain Crops for Genetic and Breeding Purposes] / comp. by Kozhushko N.N., Karamyshev R.M. — L., 1989. — 10 p. [in Russian]
7. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju odnositel'noj zharostjivosti i zasuhoustojchivosti obrazcov zernobobovyh kul'tur sposobom prorashhivaniya semjan v rastvorah saharozy i posle pro-grevaniya [Guidelines for Determining the Relative Heat Resistance and Drought Resistance of Samples of Leguminous Crops by the Method of Seed Germination in Sucrose Solutions and after Heating] / comp. by Volkova A.M., Kozhushko N.N., Makarov B.I. — L., 1984. — 18 p. [in Russian]
8. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field Experience Methodology (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospehov. — M., 2011. — 352 p. [in Russian]
9. Baraz V.R. Korreljacionno-regressionnyj analiz svjazi pokazatelej kommercheskoj deja-tel'nosti s is-pol'zovaniem programmy Excel [Correlation and Regression Analysis of the Relationship between Indicators of Commercial Activity Using the Excel Program]: a tutorial / V.R. Baraz. — Yekaterinburg: GOU VPO "UGTU-UPI", 2005. — 102 p. [in Russian]
10. Lakin G.F. Biometrija [Biometrics] / G.F. Lakin. — M: Higher School, 1990. — 352 p. [in Russian]