

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәннәралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 3 (127). - Р.45-54. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

[doi.org/10.51452/kazatu.2025.3\(127\).1987](https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.3(127).1987)

УДК 633.36

Исследовательская статья

Оценка засухоустойчивости гибридных линий нута (*Cicer arietinum L.*) в условиях Акмолинской области

Габдола Ә.Ж.^{1,2} , Хасанова Г.Ж.² , Джатаев С.А.² 

¹РГУ «Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур»
МСХ РК

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина,
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Габдола Ә.Ж.: for_work_15@mail.ru

Соавторы: (1: ГХ) khasanova-gulmira@mail.ru; (2: СД) satidjo@gmail.com

Получено: 21.05.2025 **Принято:** 03.09.2025 **Опубликовано:** 30.09.2025

Аннотация

Предпосылки и цель. Нут (*Cicer arietinum L.*) относится к засухоустойчивым культурам, однако дефицит влаги может существенно снижать его продуктивность. В связи с этим, актуальной задачей является создание засухоустойчивых сортов, адаптированных к условиям Северного Казахстана. Цель данного исследования – оценка гибридных линий нута на засухоустойчивость с применением лабораторных и полевых методов.

Материалы и методы. Полевые испытания проводились в условиях Акмолинской области. Для определения засухоустойчивости использовались методы проращивания семян в растворе сахарозы, оценка выживаемости растений после воздействия стрессовых условий, а также расчёт индекса засухоустойчивости гибридных линий.

Результаты. По данным полевых испытаний, наибольшей засухоустойчивостью отличались гибридные линии 18/3-1-1 и 18/3-1-2-2. В условиях осмотического стресса, вызванного проращиванием в растворе сахарозы, высокую устойчивость продемонстрировали гибридные линии 36/3-3, 35-15 и 35-3. Наиболее выносливым в тесте на выживаемость оказалась гибридная линия 18/3-1-1, сохранивший жизнеспособность и способность к восстановлению после стрессового воздействия.

Заключение. Полученные данные могут быть использованы в дальнейших селекционных программах и послужить основой для создания нового засухоустойчивого сорта нута, адаптированного к условиям Северного Казахстана.

Ключевые слова: нут; селекция; засухоустойчивость; гибридная линия.

Введение

Нут благодаря своей питательной ценности считается одной из важных и универсальных зернобобовых культур. В семенах нута содержится от 15 до 25% белка [1]. В основном это незаменимый белок и незаменимые аминокислоты (лизин, метионин и триптофан), которые имеют важную роль в рационе человека. Кроме пищевых качеств, нут также имеет и агрономическое преимущество. Он является отличным «санитаром», который борется с сорняками и предотвращает вспышки заболеваний, а способность фиксировать атмосферный азот повышает плодородие почвы, что благоприятно сказывается на последующих зерновых культурах [2].

Абиотические стрессы сдерживают рост бобовых культур, которые являются частью устойчивых сельскохозяйственных растений, которые могут улучшить плодородие почвы через эффективный симбиоз с ризобиями. Эти культуры, при правильной оптимизации в севооборотах и сельскохозяйственных системах, могут приносить доход фермерам и быть ценным продуктом питания для потребителей. Продовольственные бобовые или зернобобовые культуры занимают 80,3 млн га. Зернобобовые играют ключевую роль в устойчивом земледелии, так как способствуют более эффективному использованию воды в агроэкосистемах, снижают влияние антропогенных факторов, поддерживают высокий уровень почвенного плодородия, способствуют сохранению экологического баланса флоры и фауны и положительно влияют на сохранение диких экосистем.

Засуха представляет собой серьёзную проблему для сельского хозяйства в условиях изменения климата и растущего населения планеты. Экстремальные засушливые условия оказывают отрицательное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, нарушая их рост, физиологию и размножение.

В глобальном масштабе засуха снижает урожайность нута примерно на 45-50%. Проведено множество исследований, направленных на изучение влияния засухи на различные характеристики нута, включая раннюю спелость, особенности корней, содержание углеродных изотопов, биомассу побегов, а также морфологические, физиологические, биохимические и молекулярные особенности. Засухоустойчивость нута (*Cicer arietinum L.*) является важным фактором для его выращивания в условиях ограниченного водоснабжения. По биологическим особенностям нут считается самой засухоустойчивой и жаростойкой культурой среди зернобобовых культур, кроме того нут устойчив к холоду. Это связано с тем, что в листьях нута содержится высокое количество связанной воды и органических кислот [3].

У нута есть ряд преимуществ перед другими зернобобовыми культурами, к которым относятся неприхотливость к почвам и питанию, не полегаемость, не растрескивание при созревании и не осыпаемость [4].

На оптимальный рост, развитие и размножение растений влияют разные биотические и абиотические стрессы. Засуха относится к одной из основных абиотических факторов, которая негативно влияет на развитие и урожайность растений. Последствия засухи будут возрастать по мере изменения климата и дефицита воды. Способность растений переносить стресс от засухи зависит от их способности воспринимать и передавать стрессовый стимул, а также инициировать передачу сигнала и проявлять различные морфологические, физиологические, биохимические и молекулярные изменения на разных уровнях. Реакция и выносливость растений на тот или иной стресс варьирует в зависимости от генотипа и окружающей среды, что может быть обусловлено биологическими различиями между генотипами, ростом растений и условиями стресса [5].

Растения считаются засухоустойчивыми, если в процессе онтогенеза они могут адаптироваться к кратковременному водному дефициту и дать сравнительно высокий урожай в таких условиях. Устойчивость растений к конкретному абиотическому стрессу характеризуется как высокая, средняя и слабая. Исследования показывают, что на засухоустойчивость сорта влияют генетика и факторы окружающей среды [6].

Существуют разные методы определения относительной засухоустойчивости сельскохозяйственных культур. В основном используется метод проращивания семян в осмотических растворах с повышенным давлением [6]. Целью исследования было определение засухоустойчивости семян нута в лабораторных и полевых условиях. В нашей работе мы провели оценку относительной и полевой засухоустойчивости гибридных линий нута.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2022-2024 гг. в сухо-степной зоне на базе ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» (Акмолинская область, Шортандинский район, п. Научный). Объектами исследования являлись гибридные линии поколения F4, F5, F6 и родительские формы. Посев проводился в оптимальные сроки, то есть во второй декаде мая, сеялкой ССФК-7. Размер делянки - 2 м². Полевые эксперименты закладывались на обыкновенном черноземе, относящиеся по механическому составу к тяжелосуглинистым почвам. Погодные данные были получены с метеостанции НПЦЗХ им. А.И. Бараева.

В эксперименте семена нута проращивались в растворе сахарозы, который имитирует дефицит почвенной влаги. Использовался метод проращивания семян в растворе сахарозы, предложенный *Н.Н. Кожушко* [7]. Для определения засухоустойчивости в лабораторных условиях использовали 10,8% раствор сахарозы, осмотическое давление в котором составляло 9 атмосфер. Раствор сахарозы кипятили в течение 5 мин. на водяной бане, затем охладили до комнатной температуры. В растворе сахарозы семена проращивали в 3-х кратной, а в качестве контроля в дистиллированной воде в 2-х кратной повторности. Семена проращивали в автоклавированных чашках Петри в климокамере (Growth Chamber System, Lab Companion) при температуре 20-21 °C в течение 6 суток (рисунок 1). В зависимости от процента прорастания семян в растворе сахарозы засухоустойчивость оценивали по 4 группам: 1 – высокоустойчивые, проросло 85-100% семян; 2 – устойчивость выше средней, 75-84%; 3 – среднеустойчивые, проросло 51-74%; 4 – слабо- и неустойчивые, проросло 0-50% семян. Число проросших семян в опыте и в контроле оценивали на седьмой день и вычисляли процент прорастания семян (P%) по следующей формуле:

$$P = \frac{a}{b} * 100\%, \quad (1)$$

где, а - среднее число семян, проросших в растворе сахарозы;

б - среднее число семян, проросших в контроле.



Рисунок 1 – Выращивание образцов нута в климокамере
(Growth Chamber System, Lab Companion)

Для визуальной оценки засухоустойчивости был проведен тест на выживаемость растений при засухе. Для этого нут выращивали в контролируемых условиях в климатических камерах ECON при температуре 23-24 °C. В течение первых двух недель растения находились в камерах с регулярным поливом, после чего их не поливали еще две недели. По истечении этого срока все горшки были обильно политы водой, и через пять дней была проведена оценка выживаемости. Выжившими считались растения, сохранившие зеленую окраску листьев и признаки регенерации. Коэффициент выживаемости рассчитывали по формуле [8, 9]:

$$SR (\%) = (\text{число зелёных растений} / \text{общее число растений}) \times 100, \quad (2)$$

Полевые наблюдения проводились в условиях естественного увлажнения. В процессе вегетации отмечались фенологические фазы развития, биометрические показатели растений, а также параметры урожайности и её структурные элементы. Для определения засухоустойчивости в полевых условиях использовали индекс устойчивости к засухе (DSI), который рассчитывается по формуле *Фишера* и *Маурера* [10]:

$$DSI = \frac{1 - \frac{Y}{Y_p}}{1 - \frac{X}{X_p}}, \quad (3)$$

DSI - индекс засухоустойчивости;

Y - урожайность сорта в условиях стресса;

Y_p - урожайность сорта без стресса;

X - средняя урожайность по всем сортам при стрессе;

X_p - средняя урожайность по всем сортам без стресса.

Чем ниже значение индекса, тем выше засухоустойчивость сорта [11].

Статистический анализ был проведен в программе Excel, вычислили средние значения, стандартное отклонение (SD), стандартная ошибка среднего (SE), а также относительная всхожесть при осмотическом стрессе (% от контроля).

Результаты и обсуждение

В течение всего исследуемого периода (2022-2024 гг.), по данным метеостанции НПЦЗХ им. А.И.Бараева, погодные условия Акмолинской области существенно отличались от среднестатистических многолетних показателей. Так, в 2022 году отмечалось отклонение температуры воздуха в сторону повышения, особенно в мае, когда среднее значение превысило норму на 3,2 °C. Подобная тенденция сохранялась и в июне–июле, в то время как август оказался немного прохладнее обычного (- 0,2 °C). Самым теплым за все три года стал 2023 год. В отличие от него, май 2024 года выдался холоднее, чем в предыдущие годы и в среднем по многолетним данным, хотя июнь и июль, напротив, характеризовались повышенными температурами.

Осадки в разные годы распределялись крайне неравномерно (рисунок 2). В 2022 году за период вегетации выпало 117,2 мм осадков. Несмотря на это, май оказался засушливым, хотя по суммарному количеству осадков он превзошёл аналогичный период последующих лет. Значение гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) составило 0,4, что указывает на выраженные признаки засухи [12]. В 2023 году дефицит влаги стал ещё более выраженным – за весь вегетационный сезон выпало лишь 39 мм осадков, при этом в мае зарегистрировано всего 2,5 мм. ГТК снизился до критического уровня 0,1, что существенно ухудшило водный режим для растений. В 2024 году метеорологическая обстановка была более благоприятной: за вегетационный период зарегистрировано 237,9 мм осадков, а ГТК достиг 1,1, что свидетельствует об улучшении влагообеспеченности. Однако, май по-прежнему оставался сухим (всего 5,66 мм осадков), а основной объём атмосферной влаги пришёлся на август. Это привело к затруднениям при проведении уборки урожая из-за того, что почва была слишком увлажнённой.

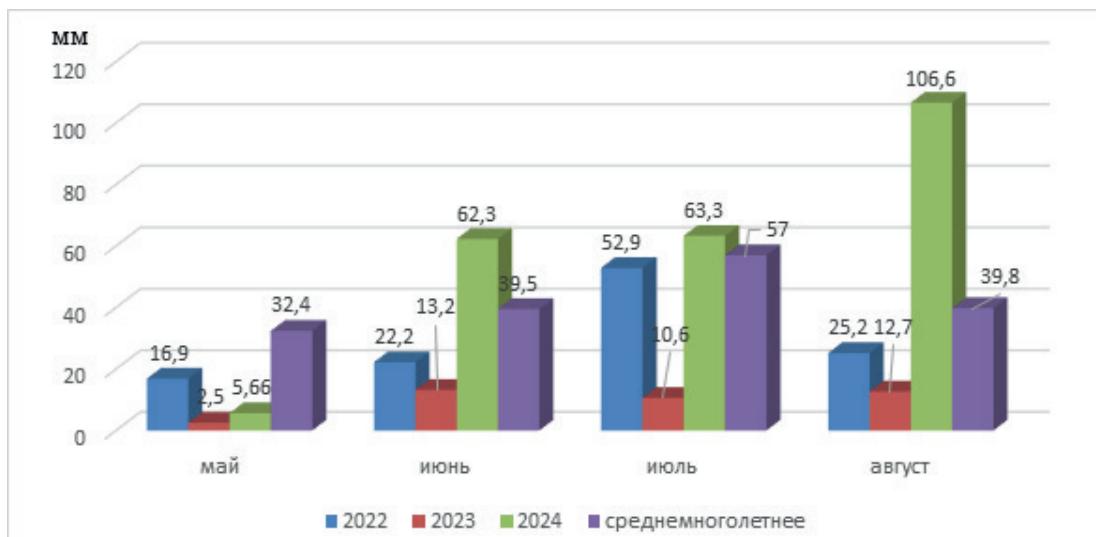


Рисунок 2 – Количество осадков за вегетационный период (2022-2024 гг.)

Для комплексной оценки исследуемых гибридных линий был проведен анализ урожайности и массы 1000 семян за 2022-2024 гг. Эти показатели позволяют объективно охарактеризовать продуктивность растений и качество формируемого семенного материала в условиях засухи. Итоговые данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность и масса 1000 семян гибридных линий нута (2022-2024 гг.)

| П/н | Гибридная линия | урожайность, г/м ² | | | | масса 1000 семян, г | | | |
|-----|-----------------|-------------------------------|---------|---------|-------|---------------------|---------|---------|-------|
| | | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Ср. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Ср. |
| 1 | 35-15 | 77,9 | 138,0 | 280,4 | 165,4 | 128,2 | 134,3 | 172,0 | 144,8 |
| 2 | 36/3-3 | 77,5 | 97,0 | 259,3 | 144,6 | 163,0 | 157,5 | 195,5 | 172,0 |
| 3 | 35-19-4 | 151,5 | 72,0 | 229,7 | 151,1 | 219,5 | 199,4 | 231,8 | 216,9 |
| 4 | 35-3 | 70,5 | 77,0 | 219,2 | 122,2 | 221,4 | 158,8 | 218,0 | 199,4 |
| 5 | 18/3-1-1 | 210,5 | 157 | 186,4 | 184,6 | 297,7 | 194,2 | 238,0 | 243,3 |
| 6 | 23/2-13 | 48,5 | 85,0 | 156,3 | 96,6 | 185,7 | 147,6 | 212,2 | 181,8 |
| 7 | 18/3-1-2-2 | 206,0 | 138,0 | 146,4 | 163,5 | 226,2 | 202,2 | 305,7 | 244,7 |
| 8 | 40-1-2 | 158,5 | 63,0 | 155,7 | 125,7 | 89,0 | 164,1 | 182,1 | 145,1 |
| 9 | 41-2 | 128,5 | 45,0 | 181,4 | 118,3 | 175,4 | 210,8 | 265,7 | 217,3 |

Согласно данным таблицы 1, урожайность по гибридным линиям существенно варьировалась как по годам, так и в среднем за исследуемый период. Наиболее высокие средние значения отмечены у гибридной линии 18/3-1-1 (184,6 г/м²) и 18/3-1-2-2 (163,5 г/м²), что указывает на их относительную стабильность и продуктивность в условиях засухи. В то же время гибридная линия 23/2-13 имела наименьший средний показатель (96,6 г/м²). По массе 1000 семян также выделились линии 18/3-1-2-2 (244,7 г) и 18/3-1-1 (243,3 г), что свидетельствует о формировании более выполненного семенного материала. Линии 35-3 и 35-19-4, несмотря на средние показатели урожайности, отличались высоким весом 1000 семян (199,4 и 216,9 г соответственно).

Засухоустойчивость гибридных линий оценивалась по индексу засухоустойчивости, который колебался в пределах 0,1-1 баллов (рисунок 3), что указывает на различную степень их чувствительности к засухе.

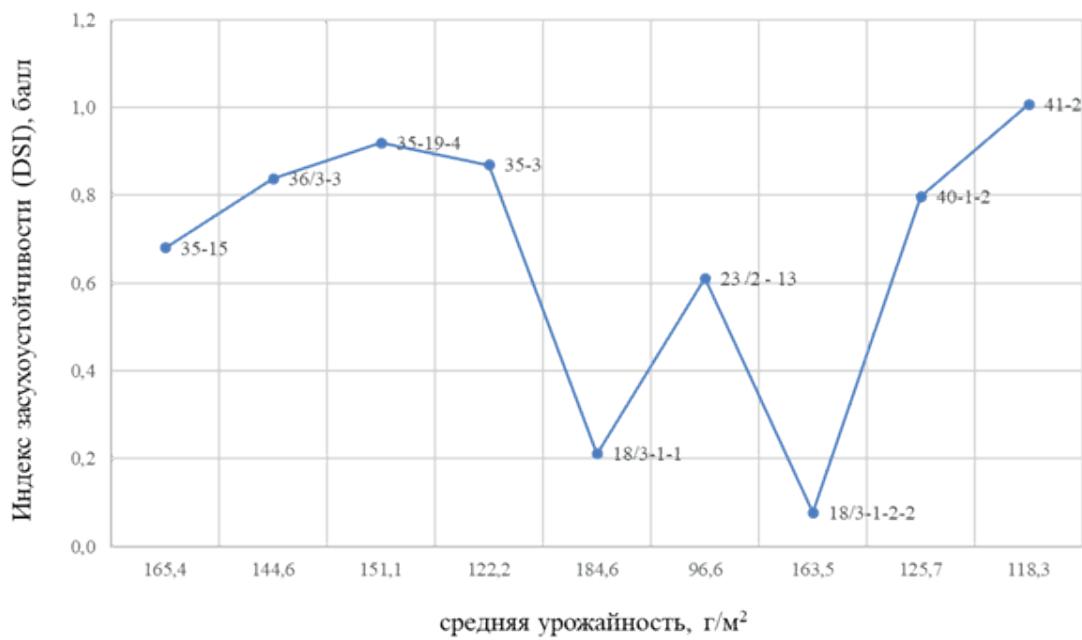


Рисунок 3 – Индекс засухоустойчивости нута, среднее за 2022-2024 гг.

Данные, представленные на рисунке 3, демонстрируют выраженные различия между гибридными линиями нута по индексу засухоустойчивости и средней урожайности. Можно предположить, что гибридная линия 18/3-1-1, имея высокую урожайность (184,6 г/м²), обладает также высокой устойчивостью к засухе, поскольку его индекс засухоустойчивости составляет 0,2 балла. Похожее наблюдается и у гибридной линии 18/3-1-2-2, у которого при урожайности 163,5

г/м² индекс устойчивости был 0,1 балла. Это делает данные гибридные линии перспективными для использования в дальнейших исследованиях в условиях засухи. У других гибридных линий индекс засухоустойчивости был в диапазоне от 0,6 до 1,0 балла, что указывает на менее низкую адаптацию к условиям засухи. Среди всех образцов наименьшая урожайность (96,6 г/м²) отмечена у линии 23/2-13, которая при индексе 0,6 балла характеризуется как слабоустойчивая к засухе. Для линий 35-19-4 и 41-2 значения индекса составили 0,9 и 1,0, что указывает на их чувствительность к засушливым условиям.

Гибридные линии нута по проценту прорастания в сахарозе можно разделить на три группы: 1 - высокоустойчивые к ним отнесли гибридные линии 36/3-3, 35-15, 35-3; 2 - среднеустойчивые 18/3-1-1, 35-19-4; все остальные были слабоустойчивые (рисунок 4).

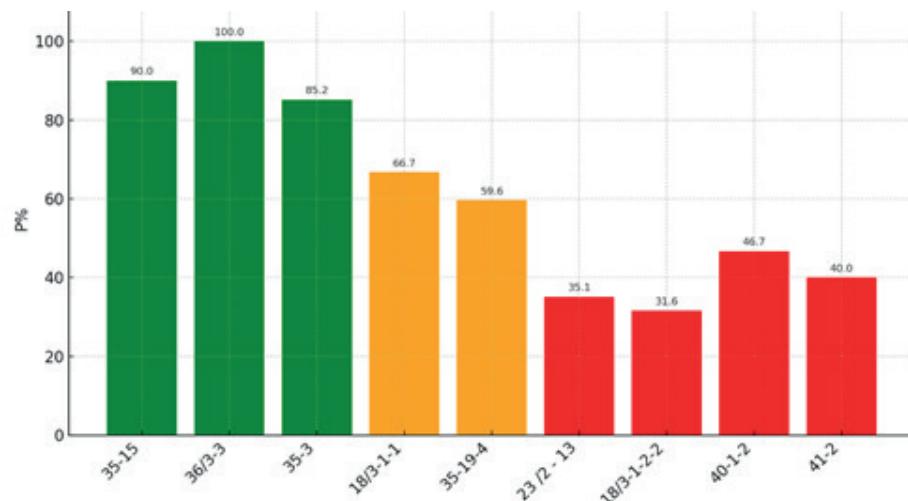


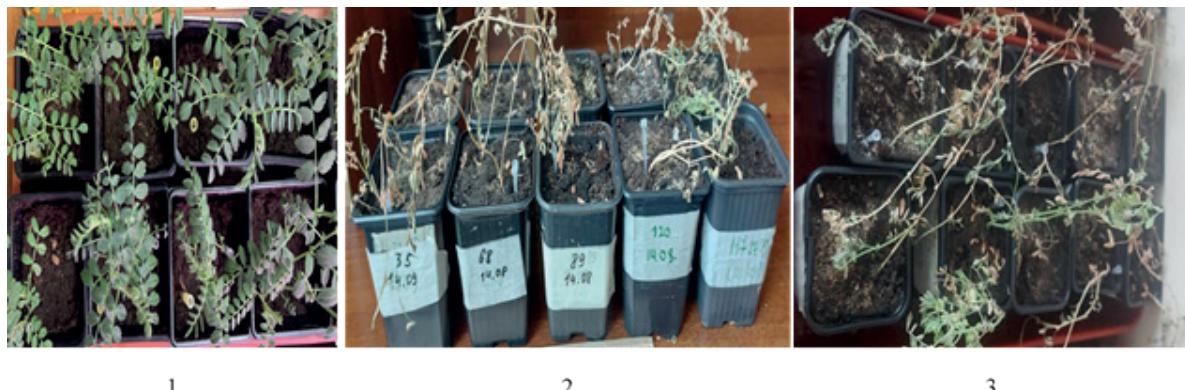
Рисунок 4 – Процент прорастания семян нута в растворе сахарозы. Зеленым цветом обозначены - высокоустойчивые; желтым - среднеустойчивые и красным – слабоустойчивые, среднее за 2022-2024 гг.

Результаты определения засухоустойчивости гибридных линий нута в лабораторных условиях представлены на рисунке 4, согласно которым, гибридные линии были условно разделены на три группы. Высокий процент прорастания был у гибридной линии 36/3-3, что показывает его устойчивость к осмотическому давлению. Также высокие показатели были у гибридных линий 18/3-1-1 (66,7%) и 35-19-4 (59,6%), данные гибридные линии показали средний уровень устойчивости, показывая наличие умеренной адаптации к водному дефициту. Остальные гибриды показали слабое прорастание в растворе сахарозы, что свидетельствует о их чувствительности к осмотическому стрессу.

В исследованиях *A. Muscolo* и др. отмечено [13], что генотип, проявляющий устойчивость к засолению или засухе на стадии семян, со временем может изменять степень своей толерантности: становиться более чувствительным при длительном воздействии стрессовых факторов либо, напротив, формировать адаптивную систему защиты и повышать устойчивость. В связи с этим полученные результаты подтверждают, что гибридные линии, показавшие низкий уровень прорастания в условиях осмотического стресса, в полевых условиях отличались высокой урожайностью и засухоустойчивостью.

Результаты теста на выживаемость растений в условиях засухи представлены на рисунке 5. Для проведения испытания семена растений проращивали в течение 5 суток в стерильных чашках Петри, увлажняли дистиллированной водой, после чего проростки переносили в питательный универсальный грунт и выращивали в контролируемых условиях климатической камеры ECON при температуре 22 °C, фотопериоде 16/8 ч (день/ночь) и интенсивности освещения около 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. В течение двух недель растения выращивались при регулярном поливе, затем в течение последующих двух недель полив полностью прекращался, что моделировало стресс засухи. После восстановления полива выживаемость растений оценивали через 5 суток по

наличию признаков регенерации. Устойчивые растения демонстрировали сохранение зеленой окраски листьев и здорового внешнего вида. Напротив, растения, не перенёсшие стресс, находились в угнетенном состоянии - их стебли лежали на поверхности почвы, а листья были сухими и пожелтевшими.



1

2

3

Рисунок 5 – Тест на выживаемость растений нута при засухе:

1 - растения без стресса; 2 - растения под стрессом; 3 - выжившие растения

Тест на выживаемость показал, что гибридная линия 18/3-1-1 характеризуется коэффициентом выживаемости 50%, что может свидетельствовать о её засухоустойчивости. После периода стрессовых условий растения сохраняли тургор, их листья оставались зелеными и не демонстрировали выраженных признаков увядания. Эти наблюдения указывают на возможную способность данной гибридной линии адаптироваться к водному дефициту. Вместе с тем результаты отражают реакцию растений только в условиях проведенного эксперимента и требуют подтверждения в полевых испытаниях.

Заключение

В результате комплексного исследования засухоустойчивости гибридных линий нута, включающего проращивание в растворе сахарозы, тест на выживаемость и полевые испытания, были выявлены перспективные генотипы с высокой степенью адаптации к водному стрессу. По результатам полевых испытаний, наибольшую устойчивость к засухе продемонстрировали гибридные линии 18/3-1-1 и 18/3-1-2-2. На этапе проращивания в условиях осмотического стресса (сахарозный раствор) выделились гибридные линии 36/3-3, 35-15 и 35-3. При проведении теста на выживаемость наиболее устойчивой оказалась гибридная линия 18/3-1-1, сохранивший жизнеспособность и способность к восстановлению после стрессового воздействия.

Сопоставление данных, полученных на основании лабораторных и полевых исследований, позволило выделить гибридную линию 18/3-1-1 как наиболее стабильную и универсальную по показателям засухоустойчивости. Её высокая адаптивность как на ранних этапах онтогенеза, так и в полевых условиях позволяет рекомендовать данную гибридную линию для последующего включения в селекционные программы, направленные на создание засухоустойчивых сортов нута.

Вклад авторов

ӨҒ: проведение полевых опытов, проведение лабораторных испытаний, анализ полученных данных и написание основной части текста статьи. ГХ: консультирование по вопросам проведения исследований, помощь в постановке опытов, проверка и редактура текста. СД: консультирование по вопросам обработки данных, проверка.

Список литературы

- 1 Richards, MF, Maphosa, L., Preston, AL. (2022). Impact of sowing time on chickpea (*Cicer arietinum* L.) biomass accumulation and yield. *Agronomy*, 12(1), 160. DOI:10.3390/agronomy12010160.
- 2 Sajjad, M., Rashid, K., Shah, J., Hassan, F., Asadullah, HM, Mahmood, N., Ghuffar, S., Sabtai, U., Hassan, A., Qayyum, A. (2021). Assessment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on physiognomic attributes under water deficit conditions at seedling stage. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(51-52), 1-7.
- 3 Rani, A., Devi, P., Jha, UC, Sharma, KD, Siddique, KHM, Nayyar, H. (2020). Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1759. DOI:10.3389/fpls.2019.01759.
- 4 Varshney, RK, Thudi, M., Nayak, SN, Gaur, PM, Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Jaganathan, D., Koppolu, J., Bohra, A., Tripathi, S., Rathore, A., Jukanti, AK, Jayalakshmi, V., Vemula, A., Singh, S., Yasin, M., Sheshshayee, MS, Viswanatha, KP. (2013). Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 126(6), 1619-1639. DOI: 10.1007/s00122-013-2230-6.
- 5 Shihhare, R., Lata, C. (2019). Assessment of pearl millet genotypes for drought stress tolerance at early and late seedling stages. *Biologia Plantarum*, 41(3), 39. DOI:10.1007/s11738-019-2831-z.
- 6 Любимова, АВ, Мамаева, ВС, Менщикова, АА. (2022). Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата. *Аграрный вестник Урала*, 6, 49-59. DOI:10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59.
- 7 Кожушко, НН. (Сост.). (1978). *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)*. Ленинград: ВИР.
- 8 Dubrovina, AS, Kiselev, KV, Khristenko, VS, Aleynova, OA. (2015). VaCPK20, a calcium-dependent protein kinase gene of wild grapevine *Vitis amurensis* Rupr, mediates cold and drought stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 185, 1-12. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.05.020.
- 9 Rico-Cambron, TY, Bello-Bello, E., Martínez, O., Sánchez-González, JJ, Vázquez-Pardo, FM, Ayala-Garay, AV. (2023). A non-invasive method to predict drought survival in *Arabidopsis* using quantum yield under light conditions. *Plant Methods*, 19, 127. DOI: 10.1186/s13007-023-01107-w.
- 10 Fischer, RA, Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912. DOI: 10.1071/AR9780897.
- 11 Щенникова, ИН, Панихина, ЛВ. (2024). Влияние засухи на развитие элементов структуры урожайности сортов ярового ячменя. *Известия ТСХА*, 3, 111-121. DOI:10.26897/0021-342X-2024-3-111-121.
- 12 Ионова, ЕВ, Лиховидова, ВА, Лобунская, ИА. (2019). Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы). *Зерновое хозяйство России*, 6, 18-22. DOI:10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
- 13 Muscolo, A., Junker, A., Klukas, C., Weigelt-Fischer, K., Riewe, D., Altmann, T. (2015). Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. *Journal of Experimental Botany*, 66(18), 5467-5480. DOI: 10.1093/jxb/erv208.

References

- 1 Richards, MF, Maphosa, L., Preston, AL. (2022). Impact of sowing time on chickpea (*Cicer arietinum* L.) biomass accumulation and yield. *Agronomy*, 12(1), 160. DOI:10.3390/agronomy12010160.
- 2 Sajjad, M., Rashid, K., Shah, J., Hassan, F., Asadullah, HM, Mahmood, N., Ghuffar, S., Sabtai, U., Hassan, A., Qayyum, A. (2021). Assessment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on physiognomic attributes under water deficit conditions at seedling stage. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(51-52), 1-7.
- 3 Rani, A., Devi, P., Jha, UC, Sharma, KD, Siddique, KHM, Nayyar, H. (2020). Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1759. DOI:10.3389/fpls.2019.01759.

- 4 Varshney, RK, Thudi, M., Nayak, SN, Gaur, PM, Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Jaganathan, D., Koppolu, J., Bohra, A., Tripathi, S., Rathore, A., Jukanti, AK, Jayalakshmi, V., Vemula, A., Singh, S., Yasin, M., Sheshshayee, MS, Viswanatha, KP. (2013). Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 126(6), 1619-1639. DOI: 10.1007/s00122-013-2230-6.
- 5 Shihhare, R., Lata, C. (2019). Assessment of pearl millet genotypes for drought stress tolerance at early and late seedling stages. *Biologia Plantarum*, 41(3), 39. DOI:10.1007/s11738-019-2831-z.
- 6 Lyubimova, AV, Mamaeva, VS, Menshchikova, AA. (2022). Geneticheskaya zasuhoustojchivost' sovremennoy sortov ovza posevnogo kak otvet global'nому izmeneniyu klimata. *Agrarnyj vestnik Urala*, 6, 49-59. DOI:10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59 [in Russ].
- 7 Kozhushko, NN. (Sost.). (1978). *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu otnositel'noj zasuhoustojchivosti obrazcov zernobobovyh kul'tur sposobom prorashchivaniya semyan v rastvorah saharozy s vysokim osmoticheskim davleniem (goroh, vika, fasol', soya, chechevica, nut, china, boby, lyupin)*. Leningrad: VIR. [in Russ].
- 8 Dubrovina, AS, Kiselev, KV, Khristenko, VS, Aleynova, OA. (2015). VaCPK20, a calcium-dependent protein kinase gene of wild grapevine *Vitis amurensis* Rupr, mediates cold and drought stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 185, 1-12. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.05.020.
- 9 Rico-Cambron, TY, Bello-Bello, E., Martínez, O., Sánchez-González, JJ, Vázquez-Pardo, FM, Ayala-Garay, AV. (2023). A non-invasive method to predict drought survival in *Arabidopsis* using quantum yield under light conditions. *Plant Methods*, 19, 127. DOI: 10.1186/s13007-023-01107-w.
- 10 Fischer, RA, Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912. DOI: 10.1071/AR9780897.
- 11 Shchennikova, IN, Panikhina, LV. (2024). Vliyanie zasukhi na razvitiye elementov struktury urozhaynosti sortov yarovogo yachmenya. *Izvestiya TSKhA*, 3, 111-121. DOI:10.26897/0021-342X-2024-3-111-121 [in Russ].
- 12 Ionova, EV, Likhovidova, VA, Lobunskaya, IA. (2019). Zasukha i hidrotermicheskiy koefitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev otsenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury). *Zernovoe khozyaystvo Rossii*, 6, 18-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22 [in Russ].
- 13 Muscolo, A., Junker, A., Klukas, C., Weigelt-Fischer, K., Riewe, D., Altmann, T. (2015). Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. *Journal of Experimental Botany*, 66(18), 5467-5480. DOI: 10.1093/jxb/erv208.

Ақмола облысы жағдайында ноқат (*Cicer arietinum* L.) буданды линияларының құрғақшылыққа төзімділігін бағалау

Ғабдола Ә.Ж., Хасанова Г.Ж., Джатаев С.А.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Ноқат (*Cicer arietinum* L.) құрғақшылыққа төзімді дақылдарға жатады, алайда ылғалдың жетіспеушілігі оның өнімділігін айтарлықтай төмендедуі мүмкін. Осыған байланысты Солтүстік Қазақстан жағдайына бейімделген құрғақшылыққа төзімді сорттарды өсіру өзекті. Бұл зерттеудің мақсаты - зертханалық және танаптық әдістерді пайдалана отырып, ноқат буданды линияларының құрғақшылыққа төзімділігін бағалау.

Материалдар мен әдістер. Далалық сынақтар Ақмола облысы жағдайында жүргізілді. Құрғақшылыққа төзімділікті анықтау үшін сахароза ерітіндісінде тұқымның өнү әдістері, стрестік жағдайларға ұшыраганнан кейін өсімдіктердің өмір сүруін бағалау және буданды линиялардың құрғақшылыққа төзімділік индексін есептеу қолданылды.

Нәтижелер. Танаптық сынақтарға сәйкес, 18/3-1-1 және 18/3-1-2-2 буданды линиялары құрғақшылыққа төзімділігімен ерекшеленді. Сахароза ерітіндісінде өнуден туындаған осмостық стресс жағдайында 36/3-3, 35-15 және 35-3 буданды линиялары жоғары төзімділікті көрсетті. 18/3-1-1 буданы өмір сүру сынағында ең төзімді болып шықты, стрестік әсерден кейін өміршөндік пен қалпына келтіру қабілетін сақтап қалды.

Көрітынды. Алынған деректер одан әрі селекциялық бағдарламаларда пайдаланылуы мүмкін және Солтүстік Қазақстанның жағдайына бейімделген ноқаттың құргақшылыққа төзімді жаңа сортын жасау үшін негіз болады.

Кілт сөздер: ноқат; селекция; құргақшылыққа төзімділік; буданды линия.

Evaluation of drought tolerance of chickpea hybrid lines (*Cicer arietinum L.*) under the conditions of the Akmola region

Ádemi Zh. Ғabdola, Gulmira Zh. Khassanova, Satyvaldy A. Jatayev

Abstract

Background and Aim. Chickpea (*Cicer arietinum L.*) is considered a drought-resistant crop, however moisture deficit can significantly reduce its productivity. Therefore, developing drought-resistant varieties adapted to the conditions of Northern Kazakhstan is a relevant task. The aim of this study was to evaluate chickpea hybrid lines for drought tolerance using both laboratory and field methods.

Materials and Methods. Field trials were conducted in the Akmola region. Drought tolerance was determined using methods including seed germination in sucrose solution, evaluation of plant survival after exposure to stress conditions, and calculation of drought tolerance index for the hybrid lines.

Results. According to the field trial data, hybrids 18/3-1-1 and 18/3-1-2-2 demonstrated the highest drought tolerance. Under conditions of osmotic stress induced by germination in sucrose solution, hybrid lines 36/3-3, 35-15 and 35-3 showed high resistance. Hybrid line 18/3-1-1-1 proved to be the most resistant in the survival test, maintaining viability and ability to recover after stress exposure.

Conclusion. The obtained results can be used in further breeding programs and may serve as a basis for the development of new drought-resistant chickpea variety adapted to the conditions of Northern Kazakhstan.

Keywords: chickpea; breeding; drought tolerance; hybrid line.