

Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer arietinum* L.) методом кластерного анализа

Н.А. Вус , Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая

Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева Национальной академии аграрных наук Украины, Харьков, Украина

 e-mail: vus.nadezhda@gmail.com

Аннотация. Оценка генетических ресурсов нута (*Cicer arietinum* L.) в нетипичной для выращивания зоне (восточная часть лесостепи Украины) дает возможность выделить ценный исходный материал для приоритетных направлений селекции. В статье представлены результаты кластерного анализа образцов нута Национального центра генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ) по комплексу агрономических характеристик. В период 2005–2017 гг. были изучены 653 образца базовой коллекции нута НЦГРРУ: 369 образцов морфотипа *kabuli* и 284 – *desi*. Выделены 152 источника ценных признаков по 11 показателям: засухоустойчивости, устойчивости к аскохитозу, скороспелости (длительности вегетационного периода), урожайности, продуктивности, количеству продуктивных бобов, количеству семян с одного растения, реакции на нитрагинизацию, содержанию белка, крупности семян, разваримости. Эти образцы (77 типа *kabuli* – светлоокрашенные и 75 *desi* – темноокрашенные) были сгруппированы по комплексу ценных хозяйственных признаков с помощью кластерного анализа методом евклидовых расстояний. Результаты исследования показали, что представленная выборка состоит из четырех кластеров. В кластере 1 преобладают образцы типа *kabuli* с оптимальным сочетанием ценных признаков: засухоустойчивость, устойчивость к аскохитозу, крупносемянность, высокая урожайность и продуктивность, количество бобов и семян, содержание белка в семенах. В этот кластер вошли стандарты и большинство эталонов, которые характеризуются высокой адаптивностью к условиям восточной части лесостепи Украины. Образцы кластера 2 отличаются высокой устойчивостью к аскохитозу, позднеспелостью, мелкосемянностью, низким содержанием белка, средней реакцией на нитрагинизацию и высокой продуктивностью за счет большого количества продуктивных бобов и семян с одного растения. Большая часть образцов этого кластера – мелкосемянные позднеспелые образцы типа *kabuli*. Кластер 3 состоит из трех образцов, отличающихся высокой крупностью семян, средним уровнем урожайности, высокой реакцией на нитрагинизацию и повышенным содержанием белка при низкой устойчивости к аскохитозу. Кластер 4 объединяет преимущественно образцы морфотипа *desi* (63%), среднеспелые со средними показателями урожайности, содержания белка и устойчивости к аскохитозу, с невысокой крупностью семян и продуктивностью, низкой разваримостью и засухоустойчивостью. Представители этого кластера – преимущественно источники одного признака – и могут иметь узкое применение в специализированных селекционных программах. На основе полученных данных предлагается приоритетное использование образцов первого кластера в селекционных программах по созданию сортов нута для лесостепной зоны.

Ключевые слова: нут; кластерный анализ; генетические ресурсы; источники ценных признаков; селекция.

Для цитирования: Вус Н.А., Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н. Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer arietinum* L.) методом кластерного анализа. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020; 24(3):244-251. DOI 10.18699/VJ20.617

Determination of the breeding value of collection chickpea (*Cicer arietinum* L.) accessions by cluster analysis

N.A. Vus , L.N. Kobzyeva, O.N. Bezuglaya

Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuryev of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

 e-mail: vus.nadezhda@gmail.com

Abstract. Assessment of the genetic resources of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a zone that is atypical for its cultivation (eastern forest-steppe of Ukraine) gives an opportunity to identify valuable starting material for priority breeding areas. The article presents the results of a cluster analysis on chickpea accessions from the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine (NCPGRU) for a set of agronomic characteristics. In 2005–2017, 653 chickpea accessions from the NCPGRU's core collection were studied: 369 *kabuli* accessions and 284 *desi* accessions. One hundred and fifty two sources of valuable traits were identified for 11 parameters: drought tolerance, resistance to *Ascochyta* leaf and pod spot, early ripening (vegetation period length), yield, performance, number of productive pods and seed number per plant, response to nitrogenization, protein content, seed size, and cooking quality. These accessions (77 *kabuli* accessions are light-colored and 75 *desi* ones are dark-colored) were grouped by a set of valuable economic characteristics using cluster analysis with the Euclidean distance as a measure. The study showed that this sample consisted of 4 clusters. Cluster 1 contained mainly *kabuli* accessions with optimal combinations of valuable traits: drought tolerance, resistance to *Ascochyta* leaf and pod spot, large seeds, high

yield capacity and performance, pod and seed numbers as well as protein content in seeds. This cluster includes standards and most of reference varieties, which are well-adapted to the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine. The accessions of cluster 2 are characterized by high resistance to Ascochyta leaf and pod spot, late ripening, small seeds, low protein content, moderate response to nitrogenization, high performance attributed to a large number of productive pods and seeds per plant. Most of the accessions of this cluster are small-seeded late-ripening *kabuli* accessions. Cluster 3 consists of 3 accessions, which have large seeds and high protein content in them, give moderate yields, are highly responsive to nitrogenization and poorly resistant to Ascochyta leaf and pod spot. Cluster 4 comprises mainly *desi* accessions (63 %), which are mid-ripening, with small seeds, low performance, moderate yield capacity, medium protein content, poor cooking quality, moderate resistance to Ascochyta leaf and pod spot, and low drought tolerance. Representatives of this cluster are predominantly sources of one trait and may have restricted application in specialized breeding programs. Based on the data obtained, we concluded that the accessions of cluster 1 were preferable in breeding programs to develop chickpea varieties for the forest-steppe zone.

Key words: chickpea; cluster analysis; genetic resources; sources of valuable traits; breeding.

For citation: Vus N.A., Kobyzeva L.N., Bezuglaya O.N. Determination of the breeding value of collection chickpea (*Cicer arietinum* L.) accessions by cluster analysis. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(3):244-251. DOI 10.18699/VJ20.617

Введение

Производство нута в мире растет с каждым годом, особенно в засушливых регионах, где он является главным источником белка для населения. Основные факторы, сдерживающие распространение нута в Украине, – нехватка селекционных сортов, пригодных для выращивания в условиях различных географических зон страны, которые сочетали бы в себе высокое качество семян и устойчивость к воздействию био- и абиотических факторов. Ведущие страны по выращиванию нута уже прошли этот путь, создали и продолжают создавать пластичные сорта, что позволяет расширять регионы их выращивания.

Изучение генетического разнообразия весьма полезно при работе с генетическими ресурсами и для селекционных программ и включает в себя маркировку, идентификацию и/или удаление дубликатов в генофонде и создание сердцевинных коллекций (Aliu et al., 2016).

Нут – это дешевый источник высококачественного белка в рационе миллионов людей, который считается хорошей альтернативой животному белку для сбалансированного питания. По качеству белок нута уступает только белку молока. Это вторая по важности зернобобовая культура в мире, а в некоторых частях, таких, как Индийский субконтинент, – первая (Singh et al., 2015). В культуре выделяют два основных морфотипа нута: *desi* и *kabuli*. Семена нута типа *desi* мелкие, угловатые с темной окраской семенной оболочки; *kabuli* – относительно крупные, гладкие, желтой, желто-розовой и кремовой окраски.

Семена нута *kabuli* – более ценные благодаря высокому содержанию белка, пищевых волокон, сложных углеводов и минеральных веществ. Нут употребляют в разных формах, как с декортикацией (снятие семенной оболочки), так и без нее. Использование без декортикации включает в себя варку, обжаривание или измельчение до пастообразного состояния (например, при изготовлении хумуса). Нут типа *desi* употребляют в измельченном состоянии (*dhal*) и в виде муки (*besan*). Нутовая мука в смеси с пшеничной или рисовой используется для изготовления хлеба (*chapati*) и в кондитерском производстве (Tripathi et al., 2012). Важную роль в значительном распространении культуры нута играет его высокая засухоустойчивость. Эта особенность позволяет выращивать его в местах рискованного земледелия с ограниченным количеством осад-

ков и получать высокие урожаи ценного пищевого белка. В условиях расширения засушливых зон и увеличения бездождевых периодов такая особенность культуры расширяет перспективы ее выращивания. Но для увеличения посевных площадей необходимо создание новых сортов нута, адаптированных к конкретным условиям.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), внедрение инновационных селекционных программ позволило увеличить общую урожайность нута с 0.71 т/га в 1996 г. до 0.96 т/га в 2014 г. (FAOSTAT, 2016).

На Украине за последние два года производство нута выросло с 6.5 до 19.2 тыс. т за счет внедрения в производство отечественных сортов, таких как Память, Триумф, Буджак и Одиссей, с потенциальной урожайностью 1.8–2.3 т/га (Кернасюк, 2018). Таких результатов селекционеры Украины смогли достичь благодаря широкому использованию генофонда нута, который исследуется в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ, Харьков), его коллекция насчитывает 1897 образцов и представлена на 91 % зарубежными сортами. Среди них 134 образца украинского происхождения, из которых 38 селекционных сортов. Коллекция нута банка генетических ресурсов растений Украины отнесена FAO к числу важнейших в мире по объему и разнообразию. Все образцы проходят трехлетнее изучение и оценку по показателям фенологии, морфологии, устойчивости к болезням, качества и химического состава семян, вследствие чего выделяют источники ценных признаков для дальнейшей селекционной работы. По результатам работы формируются рабочие, признаковые, генетические и другие коллекции (The Second Report..., 2010).

Для создания новых сортов важно использование хорошо изученного и подобранного исходного материала. Кроме того, многочисленные отечественные и зарубежные исследования показывают, что селекционные сорта имеют узкую генетическую базу, несмотря на широкий спектр образцов нута, имеющихся в генбанках разных стран (Акинина, Попов, 2012; Khamassi et al., 2012; Benzohra et al., 2013; Вус и др., 2017a). Расширение генетической базы путем привлечения новых родительских пар для скрещивания – важный механизм в селекционной работе, но этот материал должен быть хорошо изучен и адаптирован к определенной климатической зоне.

Работа с коллекцией генетических ресурсов растений подразумевает исследование большого количества образцов по широкому спектру разнокачественных признаков, что использовали для изучения коллекций кукурузы (Kroonenberg et al., 1995), риса (Nandini et al., 2017), чечевицы (Шихалиева и др., 2018), нута (Malik et al., 2014) и других культур. Для удобства селекционной работы различные генотипы классифицируют в кластеры на основе генетического разнообразия и проводят оценку степени генетической дивергенции между ними. Методы кластерного анализа – один из наиболее приемлемых инструментов оценки относительного вклада различных составляющих признаков в общее разнообразие, количественной оценки степени дивергенции и выбора генетически разных родителей для получения желательных рекомбинантов. Это было успешно осуществлено N. Gupta с коллегами, которые исследовали 20 образцов винограда по девяти признакам урожайности (Gupta et al., 2017), и E.J. Oliveira с коллегами – для анализа генбанка маниоки в Бразилии (Oliveira et al., 2016). Применение этого метода для оценки селекционного материала на ранних этапах селекции дает возможность ускорить процесс создания новых сортов (Вильчинская и др., 2017). Он используется для анализа агрономических, фенологических и морфологических признаков разных сельскохозяйственных культур, для оценки как результатов гибридизации, так и разнообразия генофонда (Motavassel, 2013). При решении поставленной задачи используют разные варианты кластерного анализа. Так, L.F. Araújo с коллегами применили несколько вариантов одновременно с помощью метода одинарной связи, полной связи, медианы, средней связи внутри кластера и средней связи между кластерами при оценке 11 образцов хлопчатника и установили, что наиболее эффективным был метод средней связи между кластерами (Araújo et al., 2014).

Кластерный анализ широко используется в селекционной практике при оценке различных культур и сравнении их параметров. G. Evgenidis с коллегами применили этот метод в работе с исходным материалом томатов (Evgenidis et al., 2011). M. Khodadadi в оценке генетического разнообразия и подбора родительских пар 36 образцов озимой пшеницы применил метод евклидовых расстояний и метод Варда (Khodadadi et al., 2011). Метод евклидовых расстояний был также взят A. Subramanian и N. Subbaraman для группировки 38 образцов кукурузы по 25 признакам, что позволило выделить максимально удаленные пары для скрещиваний и показало, что географическое происхождение не связано с проявлением изученных признаков (Subramanian, Subbaraman, 2010). Работа P.M. Kroonenberg с коллегами наглядно демонстрирует эффективность методов кластерного анализа для изучения коллекций ресурсов кукурузы (Kroonenberg et al., 1995).

Для оценки генетического разнообразия пшеницы В. Меча с коллегами применили метод кластерного анализа и основных компонентов (Меча et al., 2017). В работе В. Nandini для оценки 14 агрономических признаков у образцов риса был использован метод К-среднего (Nandini et al., 2017). При выделении исходного материала для селекции на качество зеленых бобов у фасоли использован метод Маханолобиса (Haralaya et al., 2017). А. Kahraman с

коллегами для группировки 35 образцов фасоли применяли метод евклидовых расстояний, позволяющий оценить сходство между образцами и выделить группы подобных образцов (Kahraman et al., 2014). Этот же метод был взят при анализе результатов исследования основных хозяйственно ценных признаков у образцов чечевицы (Шихалиева и др., 2018). S.R. Malik с помощью метода кластерного анализа провел оценку 113 образцов нута морфотипа *desi* по 11 агрономическим признакам, что способствовало выделить группу образцов с комплексом признаков, объединяющих наиболее ценные генотипы для дальнейшей селекции (Malik et al., 2014). В работе S. Aliu с коллегами проведено изучение качественного состава семян нута и их связи с показателями урожайности (Aliu et al., 2016).

Методы кластерного анализа дают возможность сравнивать разное количество образцов: от шести (Kayan, Adak, 2012) до более трехсот (Naghavi et al., 2012), по разным количеству и качеству исследуемых признаков – как качественных, так и количественных. Ученые из стран, где нут является важной сельскохозяйственной культурой, применяли метод кластерного анализа для оценки генетического или селекционного материала. Для кластерного анализа используются как фенологические и морфологические, так и генетические признаки (Hajibarat et al., 2014; Aggarwal et al., 2015). При сравнении разнокачественных, но агрономически ценных признаков, таких как урожайность, устойчивость к болезням, длина вегетационного периода и качество семян, при изучении образцов нута чаще всего используется метод евклидовых расстояний, который дает выявить иерархическую структуру среди изученных образцов, сгруппировать их по комплексу признаков и подобрать наиболее перспективные пары для скрещивания. Метод позволяет оценить как сходство, так и отличие образцов и характеризует меру проявления изученного признака (Syed et al., 2012; Malik et al., 2014). Это дает возможность выделить для скрещивания наиболее удаленные образцы, что может положительно повлиять на эффект гетерозиса.

С помощью кластерного анализа можно сравнивать образцы на уровне генетических маркеров и характеризовать степень проявления исследуемых признаков, как, например, в инбредных линиях кукурузы или потомствах одного скрещивания (Subramanian, Subbaraman, 2010; Shrestha, 2016). Исследования К. Khamassi с коллегами доказали, что кластеризация по морфологическим признакам близка к генотипической кластеризации по SSR-маркерам ($r = 0.554$, $p = 0.001$), это дает возможность вести эффективный подбор родительских пар для скрещивания на основе оценки только морфологических особенностей (Khamassi et al., 2012).

Цель нашей работы – с помощью кластерного анализа провести группировку образцов нута и отобрать для дальнейшей селекционной работы источники из кластеров, которые характеризуются комплексом ценных хозяйственных признаков.

Материалы и методы

Материалом для исследований, проведенных в 2005–2017 гг., были 653 образца из базовой коллекции нута НЦГРПУ. Образцы были представлены двумя нетаксоно-

мическими группами: *kabuli* (светлосемянные – белые, кремовые, бежевые) – 369 образцов и *desi* (темносемянные – красные, коричневые, зеленые, черные и др.) – 284 образца. Географически изученные образцы имеют происхождение из 20 стран мира. Среди образцов морфотипа *kabuli* большинство из Украины – 21 %, Индии – 20, Сирии – 13, Афганистана – 11 и Ирана – 10 %. Основное количество образцов типа *desi* происходит: из Индии – 46 %, Канады – 12, Сирии и Украины по 7 %. По биологическому статусу образцы представлены старыми и современными коммерческими отечественными и зарубежными сортами и линиями. Большинство исследованного разнообразия – селекционные линии: 63 % – типа *kabuli* и 77 % – типа *desi*.

Оценку проводили по 11 показателям: засухоустойчивости, устойчивости к аскохитозу, скороспелости (длительности вегетационного периода), урожайности, продуктивности, количеству продуктивных бобов, количеству семян с одного растения, реакции на нитрагинизацию, содержанию белка, крупности семян, разваримости.

Полевые исследования выполнены в коллекционном питомнике лаборатории генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур научного севооборота № 1 Института растениеводства им. В.Я. Юрьева (Харьковский район Харьковской области, северо-восточная часть левобережной лесостепи Украины). Агротехника – общепринятая для зоны при выращивании зернобобовых культур. Предшественник – озимая пшеница. Посев проведен ручными сажалками, учетная площадь – 1 м², схема посева: 10 × 30 см. Стандарты высевали через каждые 20 изучаемых коллекционных образцов. Стандарт морфотипа *kabuli* – сорт Розанна (Украина), *desi* – Краснокутский 123 (Россия).

Коллекционные образцы нута изучали согласно «Методическим указаниям ВИР по изучению зернобобовых культур» (1975) и «Методическим рекомендациям по изучению генетических ресурсов зернобобовых культур» (Кобызева и др., 2016), описание хозяйственных и биологических признаков проводили по классификатору рода *Cicer* L. (Безуглая и др., 2012). Оценка коллекционных образцов на устойчивость к аскохитозу проведена согласно «Методическим указаниям по изучению устойчивости зерновых бобовых культур к болезням» (1976). Данные по устойчивости к аскохитозу получены на провокационном фоне в условиях эпифитотий 2005 и 2016 гг. (Косенко, Безуглая, 2006; Безуглая и др., 2007; Вус и др., 2017а; Вус, Кобызева, 2018). Для расчетной матрицы использованы средние балльные оценки за годы эпифитотий.

Засухоустойчивость оценивали по индексам устойчивости, разработанным зарубежными учеными (Fisher, Maurer, 1978; Rosielle, Hamblin, 1981; Bouslama, Schapaugh, 1984; Gavuzzi et al., 1997; Ribaut, Poland, 1999; Yücel, Mart, 2014). Проведенная нами ранее оценка засухоустойчивости образцов нута с использованием индексов засухоустойчивости (Вус и др., 2017б) позволила разработать балльную шкалу оценки засухоустойчивости. Превышение медианного показателя по каждому отдельному индексу определяется как один балл. Сумма баллов дает семибалльную оценку: от 0 до 7, где 0 – не превышает медианный уровень ни по одному индексу, 7 – превышает по семи индексам. Таким образом, в работе использована

следующая шкала засухоустойчивости: 0 баллов – образец очень восприимчив к засухе, 7 – засухоустойчив.

Реакция образцов на нитрагинизацию при предпосевной обработке семян была изучена на делянках размером 2 м² без повторений, схема посева: 10 × 30 см, посев – в оптимальные сроки, согласно методике (Дидович и др., 2010). Семена обрабатывали непосредственно перед посевом ризобифитом на основе штамма 065 *Mesorhizobium ciceri*. Контроль – посев без обработки семян ризобифитом. Уровень реакции образцов на нитрагинизацию выражали в прибавке урожайности в процентах по отношению к контролю.

В лаборатории генетики, биотехнологии и качества Института растениеводства им. В.Я. Юрьева Национальной академии аграрных наук выявляли содержание белка в семенах методом Кьельдаля (Ермаков, 1987). Определение разваримости проводили согласно методическим рекомендациям (Комаров, Прорешнева, 1992).

В результате оценки 653 образцов базовой коллекции нута НЦГРПУ по 11 показателям выделено 152 источника ценных признаков: 77 типа *kabuli* и 75 – *desi*. Эти образцы были использованы далее для группировки методом евклидовых расстояний.

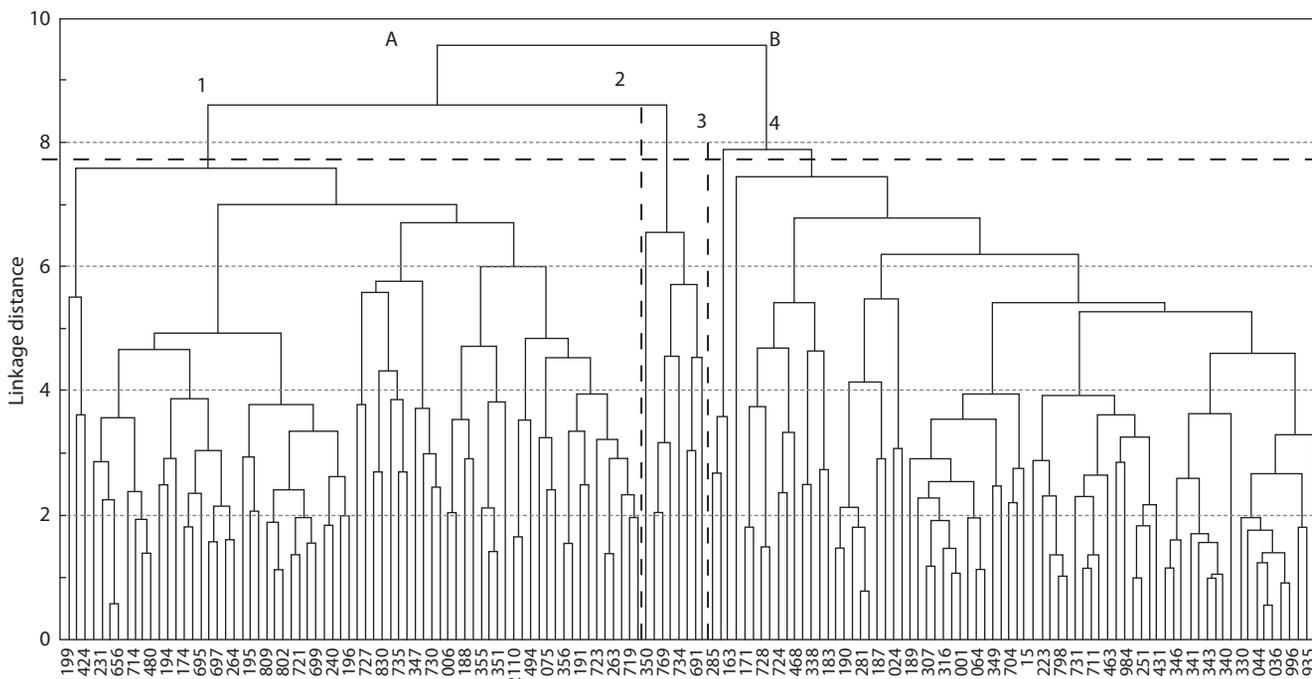
Статистический анализ экспериментальных данных проведен методами вариационного, дисперсионного и кластерного анализов на персональном компьютере при помощи пакета лицензионных программ Microsoft Office Excel (лицензионный № 44208338, дата выдачи 27.06.2008), Statistics 6.0 (лицензионный № ВХХR502С631824NET3).

Результаты

Первичная дифференциация 152 образцов определила два кластера, А и В, с практически равным количеством образцов: 78 и 74 соответственно (рисунок). Большая часть образцов кластера А представлена морфотипом *kabuli* (63 % образцов этого кластера), кластера В – *desi* (62 %). Разделение на морфотипы в нашем исследовании выполнено только по окраске семенной оболочки: *kabuli* – светлоокрашенные, *desi* – темноокрашенные, что допускает установить связь ценных хозяйственных признаков с окраской семян.

Далее каждый из первичных кластеров разделился на два неравных вторичных: А – на кластеры 1 и 2 (70 и 8 образцов соответственно) и В – на кластеры 3 и 4 (3 и 71 образец) (таблица).

В первом кластере 43 образца из 70 относятся к типу *kabuli*. Они обладают оптимальным сочетанием 8 из 11 изученных признаков: засухоустойчивость (4.30 балла), устойчивость к аскохитозу (6.14 балла), крупность семян (271.54 г/1000 семян), высокая урожайность (328.17 г/м²), продуктивность (14.47 г/раст.), количество бобов (37.50 шт.) и семян (53.13 шт.), содержание белка в семенах (18.00 %). В этот кластер вошли стандарты морфотипов *kabuli* и *desi*: Розанна (Украина) и Краснокутский 123 (Россия); эталоны НЦГРПУ по устойчивости к аскохитозу: UD0500196 (Азербайджан), UD0500264 (Украина) и UD0500240 (Сирия); высоких вкусовых качеств: UD0500417 (Украина), пригодности к механизированной уборке: UD0500444 (Украина). Образцы этого кластера характеризуются высокой адаптацией к условиям восточной части лесостепи



Кластеризация образцов нута (*Cicer arietinum* L.) по комплексу ценных хозяйственных признаков методом евклидовых расстояний.

Распределение образцов нута по кластерам

Признак	Кластер 1 (70 образцов)		Кластер 2 (8 образцов)		Кластер 3 (3 образца)		Кластер 4 (71 образец)	
	Среднее	SD	Среднее	SD	Среднее	SD	Среднее	SD
ЗУ, балл	4.30	1.87	1.00	1.41	2.96	1.78	1.85	1.65
УА, балл	6.14	1.89	7.00	2.39	3.67	2.31	4.49	1.55
ВП, сут	91.54	4.41	93.13	2.90	88.00	1.73	88.54	3.70
П, г	14.47	3.53	14.70	4.48	11.75	1.20	11.82	2.91
М, г	271.54	71.31	209.69	75.78	291.35	91.14	225.38	92.01
ПБ, шт.	37.50	7.22	59.47	5.77	27.43	6.81	34.21	7.82
КС, шт.	53.13	17.15	86.92	24.72	34.46	15.43	52.12	18.33
У, г/м ²	328.17	78.59	289.48	57.37	294.50	38.27	272.54	62.89
Р, мин	131.37	17.16	114.83	16.27	134.00	2.83	132.08	20.37
СБ, %	18.00	1.61	17.57	1.03	19.22	1.75	18.49	1.59
Н, % к контролю	101.10	5.60	108.38	9.13	141.67	3.79	102.93	6.80
МТ, % <i>kabuli</i>	61		75		67		37	

Примечание. ЗУ – засухоустойчивость; УА – устойчивость к аскохитозу; ВП – вегетационный период; П – продуктивность; М – масса 1000 семян; ПБ – количество продуктивных бобов на растении; КС – количество семян на растении; У – урожайность; Р – разваримость; СБ – содержание белка; Н – нитрагинизация; МТ – морфотип; SD – стандартное отклонение.

Украины и являются наиболее перспективным материалом для селекционных программ по созданию сортов с комплексом полезных признаков.

Кластер 2 представлен восемью образцами, из которых шесть – типа *kabuli*, и два – *desi*. Эти образцы обладают высокой устойчивостью к аскохитозу (7.00 баллов), позднеспелостью (вегетационный период 93.13 сут), мелкосемянностью (масса 1000 семян – 209.69 г), низким содержанием белка (17.57 %), средней реакцией на нитрагинизацию (108.38 % к контролю), при этом высокая продуктивность (14.70 г) формируется за счет большого количества продуктивных бобов (59.47 шт.) и количества

семян (86.92 шт.) с одного растения. Все шесть образцов типа *kabuli* этого кластера – мелкосемянные позднеспелые, которые наиболее устойчивы к аскохитозу (Reddy, Singh, 1984). Это местные образцы из Молдовы – UD0500691, UD0500692, UD0500734, UD0500762, России – UD0500769 и Индии – UD0501256. Кроме того, к этому кластеру относятся образцы-эталон морфотипа *desi* по признакам «высокое количество семян» и «высокое количество продуктивных бобов с растения» – UD0500022 (Грузия) и UD0501350 (Индия).

Кластер 3 насчитывает всего три образца: два – морфотипа *kabuli* (UD0501163 (Украина) и UD0501268 (Индия))

и один *desi* – UD0501285 (Сирия). Образцы этого кластера характеризуются высокой крупностью семян (масса 1000 семян 291.35 г), средней урожайностью (294.50 г/м²), высокой реакцией на нитрагинизацию (141.67 % к контролю) и повышенным содержанием белка (19.22 %) при низкой устойчивости к аскохитозу (3.67 баллов).

Кластер 4 объединяет преимущественно образцы морфотипа *desi* (63 %), которые характеризуются среднеспелостью (вегетационный период 88.54 сут), невысокой крупностью семян (масса 1000 семян 225.38 г), невысокой продуктивностью (11.82 г), средней урожайностью (272.54 г/м²), средним содержанием белка (18.49 %), низкой разваримостью (132.08 мин), средней устойчивостью к аскохитозу (4.49 баллов), низкой засухоустойчивостью (1.85 баллов). Представители этого кластера – преимущественно источники одного признака и могут иметь лишь узкое применение в специализированной селекции.

Обсуждение

Ведущая роль в определении продуктивности растений образцов нута принадлежит числу семян и массе бобов на растении (Zali et al., 2011; Казыдуб и др., 2015). Поэтому при селекции на продуктивность важно учитывать эти признаки. В нашем исследовании максимальное количество продуктивных бобов и семян с растения имеют образцы второго кластера, но их немного (8) и они имеют невысокий показатель засухоустойчивости. При этом образцы первого кластера с максимальным уровнем урожайности и показателями элементов продуктивности выше среднего в комплексе с устойчивостью к аскохитозу и засухе имеют высокую ценность для селекции. Такие показатели, как продуктивность, высота растения, содержание белка и количество бобов на растении тесно сопряжены между собой и положительно коррелируют с урожайностью (Kayan, Adak, 2012). В наших исследованиях этими свойствами обладают образцы первого и второго кластеров.

Во многих работах установлено, что длительность вегетационного периода, высота растений, число ветвей и семян на растении находятся преимущественно под контролем аддитивных генов, имеют прямую и высокую фенотипическую корреляцию с урожайностью семян (Syed et al., 2012). Следовательно, селекция таких признаков может быть эффективна для повышения урожайности. Ступенчатый регрессионный анализ показал, что количество семян на растении и масса 100 семян объясняют 96 % общего изменения урожайности. Следовательно, урожай нута можно улучшить, выбрав идиотип, имеющий большее количество вторичных и первичных ветвей, а также большее количество бобов на растении, количество семян на растении и вес 100 семян (Zali et al., 2011). По результатам нашего анализа, наибольшая крупность семян отмечена у образцов третьего кластера, но у них меньше всего продуктивных бобов и семян на растении, тогда как образцы первого кластера, незначительно уступая в среднем по крупности, имеют большее количество семян и продуктивных бобов. Следовательно, в селекции на урожайность приоритет в использовании у образцов первого кластера.

Часто исследователи нута изучают образцы какого-то одного морфотипа. А. Taleei изучал образцы морфотипа *desi* в условиях Ирана (Taleei, Shaabani, 2016), S.R. Malik – в Пакистане (Malik et al., 2014). М. Aarif в Индии (Aarif et al., 2017) и S. Aliu в Косово (Aliu et al., 2016) исследовали образцы типа *kabuli*. В нашей работе изучены образцы двух морфотипов, которые были оценены в одинаковых условиях и четко дифференцировались сначала в два первичных кластера, А и В, и в дальнейшем – в кластерах 1 и 4, где сосредоточено основное количество образцов (70 и 71 соответственно), отмечено преобладание в кластере 1 образцов морфотипа *kabuli*, а в кластере 4 – *desi*. Применение в селекции образцов из отдаленных кластеров разных морфотипов позволит использовать окраску семян как маркирующий признак и расширить генетическую базу селекционных сортов.

Крупносемянные сорта обычно более чувствительны к условиям окружающей среды, поэтому выделение образцов и создание исходного материала с высокой массой 1000 семян, толерантных к биотическим факторам, имеют важное значение для селекционной работы (Гриднев и др., 2012). С целью получения селекционного материала с повышенной устойчивостью к аскохитозу и комплексом ценных признаков целесообразно проводить скрещивания крупносемянных образцов третьего кластера с образцами первого и второго, с высокой устойчивостью к аскохитозу.

Применяемый в современной селекции системный подбор родительских пар при скрещивании, основы которого были заложены Н.И. Вавиловым (1967), развиты учеными разных стран (Серебровский, 1969; Vural, Karasu, 2007; Aarif et al., 2017; Naralaya et al., 2017), показывает, что генотипы из кластеров, имеющих максимальное расстояние между ними, могут быть использованы в качестве родительских компонентов в селекционных программах для получения сортов с комплексом урожайности и качества семян, особенно при скрещивании образцов разного эколого-географического происхождения.

Заключение

Кластерный анализ является эффективным методом оценки большого количества коллекционных образцов нута по ряду признаков, что позволяет подобрать родительские пары для различных селекционных программ. Выделен исходный материал с комплексом признаков и сгруппирован в четыре кластера. Предпочтительны при селекции сортов нута, адаптированных к условиям восточной лесостепи Украины образцы первого кластера. Образцы второго кластера важны в селекции на устойчивость к аскохитозу и высокую продуктивность. Образцы третьего кластера: UD0501163 (Украина) – крупносемянный эталон положительной реакции на нитрагинизацию с высоким содержанием белка в семенах; UD0501268 (Индия) – с высокой реакцией на нитрагинизацию и средней устойчивостью к аскохитозу, а также UD0501285 (Сирия) – крупносемянный, среднеустойчивый к аскохитозу, характеризуются высокой ценностью при создании коммерческих сортов нута, но требуют повышения адаптивных свойств. Четвертый кластер – источники одного признака и могут иметь узкое применение в специализированной селекции.

Список литературы / References

- Акинина Г.Е., Попов В.Н. Полиморфизм микросателлитных локусов в сортах нута европейского происхождения. Цитология и генетика. 2012;46(1):27-36.
[Akinina G.E., Popov V.N. Polymorphism of microsatellite loci in European chickpea cultivars. Tsitologiya i genetika = Cytology and Genetics. 2012;46(1):27-36. (in Ukrainian)]
- Безуглая О.Н., Кобызева Л.Н., Косенко Н.А. Источники адаптивности нута к условиям зоны неустойчивого увлажнения. Ген. рес. рослин. 2007;4:78-83.
[Bezuglaya O.N., Kobzyeva L.N., Kosenko N.A. Sources of chickpea adaptability to a zone of unstable humidification. Genetychni Resursy Roslyn = Plant Genetic Resources (Kharkiv). 2007;4:78-83. (in Ukrainian)]
- Безуглая О.Н., Кобызева Л.Н., Рябчун В.К., Петренко В.П., Сокол Т.В., Докукина К.И., Маркова Т.Ю. Широкий унифицированный классификатор рода *Cicer* L. Харьков, 2012.
[Bezuglaya O.N., Kobzyeva L.N., Ryabchun V.K., Petrenkova V.P., Sokol T.V., Dokukina K.I., Markova T.Yu. Broad Harmonized Classifier of the Genus *Cicer* L. Kharkov, 2012. (in Ukrainian)]
- Вавилов Н.И. Избранные произведения: в 2-х томах. Л.: Наука, 1967.
[Vavilov N.I. Selected Works: In 2 vols. Leningrad: Nauka Publ., 1967. (in Russian)]
- Вильчинская Л.А., Городыська О.П., Диянчук М.В., Каминна О.О. Кластерный анализ в селекции гречихи. Вісн. укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. 2017;15(2):145-149.
[Vilchynskaya L.A., Gorodyska O.P., Dyianchuk M.V., Kamina O.O. Cluster analysis in buckwheat breeding. Visnyk Ukrainshoho Tovarystva Henetykiv i Seleksioneriv = Herald of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders. 2017;15(2):145-149. ISSN 2415-3680 (Online), ISSN 1810-7834 (Print). (in Ukrainian)]
- Вус Н.А., Безуглая О.Н., Кобызева Л.Н. Формирование рабочей коллекции нута по устойчивости к аскохитозу. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017a;4:19-24.
[Vus N.A., Bezuglaya O.N., Kobzyeva L.N. Formation of a work chickpea collection by Ascochyta blight tolerance. Zernobobovye i Krupyanye Kultury = Legumes and Groat Crops. 2017a;4:19-24. (in Russian)]
- Вус Н.А., Кобызева Л.Н. Уровень пораженности образцов нута в зависимости от фазы развития растений в условиях восточной части Лесостепи Украины. Вісник Львівського національного аграрного університету: Агронімія. 2018;22(1):210-217.
[Vus N.A., Kobzyeva L.N. Infection degree of chickpea accessions depending on phases of plant development in the eastern forest-steppe of Ukraine. Visnyk Lvivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu: Agronomiya = Proceedings of the Lviv National Agrarian University. Agricultural Sciences. 2018;22(1):210-217. (in Ukrainian)]
- Вус Н.А., Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н. Селекционная ценность образцов нута по засухоустойчивости в условиях восточной Лесостепи Украины. Наукові доповіді НУБіП. 2017b;4(68):17.
[Vus N.A., Kobzyeva L.N., Bezuglaya O.N. Breeding value of chickpea accessions in terms of drought resistance in the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine. Naukovi Dopovidi NUBiP = Scientific Reports of the National University of Bioresources and Nature Management. 2017b;4(68):17. (in Ukrainian)]
- Гриднев Г.А., Булынтsev С.В., Сергеев Е.А. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции нута в условиях Тамбовской области. Зернобобовые и крупяные культуры. 2012;2:51-54.
[Gridnev G.A., Bulyntsev S.V., Sergeyev Ye.A. Sources of commercially valuable traits for chickpea breeding in the Tambov region. Zernobobovye i Krupyanye Kultury = Legumes and Groat Crops. 2012;2:51-54. (in Russian)]
- Дидович С.В., Толкачев Н.З., Мельничук Т.Н., Пархоменко Т.Ю., Каменева И.А., Чайковская Л.А., Кузнецова Л.Н., Шерстобоев Н.К., Гритчина Л.Ю., Алексеенко Н.В., Пархоменко А.Л., Абдурашитов С.Ф., Токмакова Л.Н., Надкерничный С.П., Сичкар В.И., Бушулян О.В., Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н., Паштетский В.С., Адамень Ф.Ф., Щигорцова Е.Л., Пташник О.П., Ключенко В.В., Плохенко Д.В., Пронин В.А. Биологизация агротехнологии выращивания нута (рекомендации по эффективному применению микробных препаратов). Симферополь, 2010.
[Didovich S.V., Tolkachev N.Z., Melnichuk T.N., Parkhomenko T.Yu., Kameneva I.A., Chaikovskaya L.A., Kuznetsova L.N., Sherstoboyev N.K., Gritchina L.Yu., Alekseenko N.V., Parkhomenko A.L., Abdurashitov S.F., Tokmakova L.N., Nadkernichny S.P., Sichkar V.I., Bushulyan O.V., Kobzyeva L.N., Bezuglaya O.N., Pashtetskiy V.S., Adamen F.F., Schigortsova E.L., Ptaшник O.P., Klyuchenko V.V., Plochenko D.V., Pronin V.A. Biologization of the Agrotechnology of Chickpea Cultivation (Recommendations for the Effective Use of Microbial Aents). Simferopol, 2010. (in Russian)]
- Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987.
[Yermakov A.I. Methods of Biochemical Investigations of Plants. Leningrad: Agropromizdat Publ., 1987. (in Russian)]
- Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Демьяненко К.А. Сортоизучение коллекции нута в южной лесостепи Западной Сибири. Современные проблемы науки и образования. 2015;1(1):1658. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17249>.
[Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Demyanenko K.A. Variety studies into chickpea collections in the southern forest-steppe of Siberia. Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education. 2015;1(1):1658. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17249>. (in Russian)]
- Кернасюк Ю. Перспективный нут: Технология выращивания нута в Украине. Економічний гектар. 2018. <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/10611-perspektyvnyi-nut.html>.
[Kernasyuk Yu. Promising chickpea: Technology of chickpea cultivation in Ukraine. Ekonomichnyy Gektar = Economic Hectare. 2018. <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/10611-perspektyvnyi-nut.html>. (in Ukrainian)]
- Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н., Силенко С.И., Колотилов В.В., Сокол Т.В., Докукина К.И., Василенко А.А., Безуглый И.М., Вус Н.А. Методические рекомендации по изучению генетических ресурсов зернобобовых культур. Харьков, 2016.
[Kobzyeva L.N., Bezuglaya O.N., Sylenko S.I., Kolotylov V.V., Sokol T.V., Dokukina K.I., Vasylenko A.A., Bezuglyy I.M., Vus N.A. Methodological Recommendations for Studies into Grain Legume Genetic Resources. Kharkiv, 2016. (in Ukrainian)]
- Комаров В.И., Прорешнева Р.К. Технологическая оценка зерна гороха, чечевицы, фасоли. Методические рекомендации. Л., 1992.
[Komarov V.I., Proreshneva R.K. Technological Evaluation of Pea, Lentil, and Bean Grain. Methodological Recommendations. Leningrad, 1992. (in Russian)]
- Косенко Н.А., Безуглая О.Н. Источники адаптивности нута к условиям восточной Лесостепи Украины: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Днепропетровск, 2006;22-23.
[Kosenko N.O., Bezuglaya O.N. Chickpea sources of adaptability to the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine. In: Abstracts from the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Theoretical and Practical Achievements of Young Agrarian Scientists". Dnepropetrovsk, 2006;22-23. (in Ukrainian)]
- Методические указания ВИР по изучению зернобобовых культур. Л., 1975.
[Methodical Recommendations for Studies into Grain Legume Genetic Resources of the All-Union Research Institute of Plant Breeding. Leningrad, 1975. (in Russian)]
- Методические указания по изучению устойчивости зерновых бобовых культур к болезням. Л.:ВИР, 1976.
[Methodical Guidelines for Studies of Resistance of Grain Legumes to Diseases. Leningrad: VIR Publ., 1976. (in Russian)]
- Серебровский А.С. Селекция животных и растений. М.: Колос, 1969.
[Serebrovskiy A.S. Animal and Plant Breeding. Moscow: Kolos Publ., 1969. (in Russian)]
- Шихалиева К.Б., Аббасов М.А., Рустамов Х.Н., Бабаева С.М., Акперов З.И. Роль генофонда чечевицы (*Lens culinaris* Medik.) из коллекции зернобобовых культур в решении задач селекции

- в Азербайджане. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018; 2(26):36-43. DOI 10.24411/2309-348X-2018-10013.
- [Shikhaliyeva K.B., Abbasov M.A., Rustamov Kh.N., Babayeva S.M., Akperov Z.I. Role of lentil gene pool (*Lens culinaris* Medik.) from legume collection in the solution of breeding problems in Azerbaijan. Zernobobovye i Krupyanye Kultury = Legumes and Groat Crops. 2018;2(26):36-43. DOI 10.24411/2309-348X-2018-10013. (in Russian)]
- Aarif M., Rastogi N.K., Johnson P.L., Yadav S.K. Genetic divergence analysis in *kabuli* chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Pharmacogn. Phytochem. 2017;6(4):1775-1778.
- Aggarwal H., Rao A., Kumar A., Singh J., Rana J.S., Naik P.K., Chhokar V. Assessment of genetic diversity among 125 cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) of Indian origin using ISSR markers. Turk. J. Bot. 2015;39:218-226. DOI 10.3906/bot-1401-1480.
- Aliu S., Kaul H.-P., Rusinovich I., Shala-Mayrhofer V., Fetahu S., Zeka D. Genetic diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosovo. Turk. J. Field Crops. 2016;21(1):156-161. DOI 10.17557/tjfc.57905.
- Araújo L.F., Almeida W.S., Bertini C.H.C.M., Chagas Vidal Neto F., Bleicher E. The use of different clustering methods in the evaluation of genetic diversity in upland cotton. Rev. Ciên. Agron. 2014;45(2): 312-318.
- Benzohra I.E., Bendahmane B.S., Labdi M., Benkada M.Y. Sources of resistance in chickpea germplasm to three pathotypes of *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. in Algeria. World Appl. Sci. J. 2013;21(6):873-878. DOI 10.5829/idosi.wasj.2013.21.6.2874.
- Bouslama M., Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques or heat and drought tolerance. Crop Sci. 1984;24:933-937. DOI 10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x.
- Evgenidis G., Traka-Mavrona E., Koutsika-Sotiriou M. Principal component and cluster analysis as a tool in the assessment of tomato hybrids and cultivars. Int. J. Agron. 2011. Article ID 697879. DOI 10.1155/2011/697879.
- FAOSTAT, 2016. URL: <http://faostat3.fao.org/compare/E>.
- Fisher R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 1978;29(5):897-912.
- Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M., Campanile R.G., Ricciardi G.L., Borghi B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 1997;77:523-531.
- Gupta N., Gill M., Arora N.K. Cluster analysis for fruit yield components in grapes. Electron. J. Plant Breed. 2017;8(1):306-310. DOI 10.5958/0975-928X.2017.00044.8.
- Hajibarat Z., Saidi A., Hajibarat Z., Talebi R. Genetic diversity and population structure analysis of landrace and improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes using morphological and microsatellite markers. Environ. Exp. Biol. 2014;12:161-166.
- Haralaya D., Salimath P.M., Aghora T.S., Adivappan N., Ganga P.S. Genetic diversity analysis by D² clustering of yield and yield attributing traits in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Pharmacogn. Phytochem. 2017;6(6):1331-1335.
- Kahraman A., Onder M., Ceyhan E. Cluster analysis in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Turk. J. Agric. Nat. Sci. 2014;Sp. Is. 1:1030-1035.
- Kayan N., Adak M.S. Associations of some characters with grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pak. J. Bot. 2012;44(1):267-272.
- Khamassi K., Kaab L.B.B., Khoufi S., Chaabane R., Teixeira Da Silva J.A., Mackay I.J., Ben Naceur M. Morphological and molecular diversity of Tunisian chickpea. Europ. J. Hort. Sci. 2012;77:1611-4426.
- Khodadadi M., Fotokian M.H., Miransari M. Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. Aust. J. Crop Sci. 2011;5(1):17-24.
- Kroonenberg P.M., Basford K.E., Ebskamp A.G.M. Three way cluster and component analyses of maize variety trials. Euphytica. 1995;84: 31-42.
- Malik S.R., Shabbir G., Zubir M., Iqbal S.M., Ali A. Genetic diversity analysis of morpho-genetic traits in Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.). Int. J. Agric. Biol. 2014;16:956-960.
- Mecha B., Alamerew S., Assefa A., Assefa E., Dutamo D. Genetic diversity based on multivariate analysis for yield and its contributing characters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Agri. Res. Tech. 2017;8(5):555748. DOI 10.19080/ARTOAJ.2017.08.555748.
- Motavassel H. Grouping phenological and morphological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) Ardabil region using cluster analysis and detection function. IJFAS. 2013;2(23):1091-1094.
- Naghavi M.R., Monfared S.R., Humberto G. Genetic diversity in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces as revealed by microsatellite markers. Czech J. Genet. Plant Breed. 2012;48(3):131-138.
- Nandini B., Gangappa E., Rajanna M.P., Mahadevu P., Ramesh S., Hittalmani P.V.S. Genetic variability analysis for grain yield and its components traits in traditional rice varieties (TRVs). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017;6(8):494-502. DOI 10.20546/ijcmas.2017.608.064.
- Oliveira E.J., Aud F.F., Morales C.F.G., Oliveira S.A.S., Santos V.S. Non-hierarchical clustering of *Manihotesculenta* Crantz germplasm based on quantitative traits. Rev. Ciên. Agron. 2016;47(3):548-555. DOI 10.5935/1806-6690.20160066.
- Reddy M.V., Singh K.B. Evaluation of a world collection of chickpea germplasm accessions for resistance to ascochyta blight. Plant Dis. 1984;68(10):900-901.
- Ribaut J.-M., Poland D. (Eds.). Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments. A Strategic Planning Workshop held at CIMMYT. Mexico, 1999.
- Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 1981;21(6):943-946.
- Shrestha J. Cluster analysis of maize inbred lines. J. Nepal Agric. Res. Council. 2016;2:33-36. DOI 10.3126/jnarc.v2i0.16119.
- Singh P.K., Shrivastava N., Sharma B., Bhagyawant S.S. Effect of domestic processes on chickpea seeds for antinutritional contents and their divergence. Am. J. Food Sci. Technol. 2015;3(4):111-117.
- Subramanian A., Subbaraman N. Hierarchical cluster analysis of genetic diversity in Maize germplasm. Electron. J. Plant Breed. 2010; 1(4):431-436.
- Syed M.A., Islam M.R., Hossain M.S., Alam M.M., Amin M.N. Genetic divergence in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bangladesh J. Agril. Res. 2012;37(1):129-136.
- Taleei A., Shaabani J. Yield potential analysis of Desi chickpea genotypes in water stress conditions. Adv. Sci. Technol. Let. (BSBT). 2016;142:9-16. DOI 10.14257/astl.2016.142.02.
- The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 2010.
- Tripathi S., Sridhar V., Jukanti A.K., Suresh K., Rao B.V., Gowda C.L.L., Gaur P.M. Genetic variability and interrelationships of phenological, physicochemical and cooking quality traits in chickpea. Plant Genet. Resour. 2012;10(3):194-201. DOI 10.1017/S1479262112000251.
- Vural H., Karasu A. Agronomical characteristics of several chickpea ecotypes (*Cicer arietinum* L.) grown in Turkey. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 2007;35(2):33-38.
- Yücel D., Mart D. Drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Turk. J. Agric. Nat. Sci. 2014; Sp. Is. 1:1299-1303.
- Zali H., Farshadfar E., Sabaghpour S.H. Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Crop Breed. J. 2011;1(2):127-132.

ORCID ID

N.A. Vus orcid.org/0000-0001-7098-9158

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 15.08.2019. После доработки 11.02.2020. Принята к публикации 11.02.2020.