

ГЕНЕТИКА

УДК: 577.21:631.526.32:635.657

**ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА КОЛЕКЦІЇ СОРТІВ НУТУ ЗА
МОРФОЛОГІЧНИМИ ТА МОЛЕКУЛЯРНИМИ МАРКЕРАМИ**

Г. Акініна, В. Попов

*Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва
пр. Московський, 142, Харків 61060, Україна
e-mail: gakinina@gmail.com*

Оцінена генетична структура колекції сортів нуту з Азії, Америки та Європи за поліморфізмом 15 морфологічних ознак і 13 мікросателітних локусів. Показаний подібний рівень різноманіття сортів нуту за морфологічними ознаками та мікросателітними локусами, оцінений за індексом різноманіття Шеннона. Візначено рідкісні ознаки, характерні для дослідженої вибірки сортів нуту. Виділені ознаки, які є диференціюючими в сортах нуту. Обговорюються особливості групування сортів у кластери.

Ключові слова: нут, мікросателіти, морфологічні ознаки, індекс різноманіття Шеннона, генетична структура.

Мінливість зразків генетичних колекцій нуту описують за морфологічними ознаками [13, 14], поліморфізмом запасних білків [7] та ізоферментів [4], а також різними типами ДНК-маркерів, таких як RAPD [9], RFLP [12], AFLP [16], ISSR [5, 9], SSR [8, 10, 11, 15]. Проте більшість зазначених маркерних систем мають незначну мінливість у сортах культурного нуту. Разом з тим, SSR (мікросателітні) маркери виявляли значний поліморфізм у сортах нуту [8, 15]. Саме цими маркерами найбільш насичені сучасні геномні карти нуту [17]. Секвенування генома культурного нуту показало, що ДНК цього виду містить 81 845 мікросателітних повторів, до 48 298 є можливість підібрати специфічні праймери та використовувати їх як маркери [18]. Таким чином, SSR маркери є корисним ресурсом для вивчення мінливості сортозразків культурного нуту, пошуку та картування генів-кандидатів агрономічно важливих ознак, маркерної селекції тощо.

При цьому наукові дані з вивчення генетичної структури сортів нуту з колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) за молекулярними маркерами в літературі відсутні.

У зв'язку з цим метою даної роботи стало вивчення генетичної структури колекції сортів нуту з різних країн світу за поліморфізмом морфологічних ознак і мікросателітних локусів.

Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були сорти нуту з Європи (Україна, Росія, Молдова, Іспанія, Італія, Угорщина, Чехія), Азії (Індія, Іран, Узбекистан) і Америки (США, Канада), отримані в НЦГРРУ (м. Харків). Всього 118 зразків. Репрезентативні вибірки сортів нуту з кожної країни становили 9–12 зразків. Сорти нуту з Італії, Угорщини, Чехії внаслідок їх нечисленності в колекції були об'єднані в загальну групу сортів – інші європейські країни (ІСК).

Оцінку генетичної структури колекції сортів нуту проводили за 15 морфологічними ознаками, які включали забарвлення стебла, ознаки листка (забарвлення, розмір листочків, форма листочків), квітки (розмір, забарвлення), зрілого боба (забарвлення, форма, довжина, ширина) та насіння (форма, особливості поверхні, забарвлення, маса 1000 насінин), форму рослини, а також за 13 мікросателітними локусами, що були описані іншими авторами як поліморфні (CaSTMS 10, CaSTMS 14, CaSTMS 25, NCPGR 21, NCPGR41, NCPGR 50, NCPGR51, NCPGR52, NCPGR55, NCPGR57, NCPGR81, NCPGR90, NCPGR94) [8, 11].

Опис морфологічних ознак досліджуваних сортів нуту був люб'язно наданий авторам старшим науковим співробітником Національного центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків) О. М. Безуглою.

Виділення ДНК, проведення полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) та електрофорез продуктів ампліфікації описано в попередніх роботах [1–3].

Частоти морфологічних ознак і мікросателітних локусів розраховували у програмі Excel за допомогою надбудови Microsatellite Tools for Excel (<http://animalgenomics.ucd.ie/sdeparc/ms-toolkit>).

Класифікацію сортів нуту здійснювали за допомогою кількісного кластерного аналізу в програмі Structure 2.3.4 (http://pritch.bsd.uchicago.edu/structure_software/release_versions/v2.3.4/html/structure.html). Достовірну кількість кластерів визначали за допомогою математичного алгоритму, запропонованого Evanno et al., 2005 [6].

Результати і їхнє обговорення

Поліморфізм морфологічних ознак у сортах нуту. Всі вивчені морфологічні ознаки були поліморфні в сортах нуту. Кількість градацій прояву кожної ознаки варіювала від 2 (забарвлення листків і зрілих бобів) до 11 (забарвлення насіння). Середня кількість градацій для однієї ознаки становила $3,8 \pm 2,18$.

Максимальний індекс різноманіття Шеннона (H') в сортах нуту фіксували за ознакою забарвлення насіння ($H'=1,75$). За цією ознакою сорти нуту з більшості вивчених країн відрізнялись найвищим рівнем мінливості. Значним рівнем поліморфізму в загальній вибірці сортів нуту відрізнялися також ознаки маса 1000 насінин і форма рослин ($H'=1,19$ і $1,15$ відповідно). У вибірках сортів з Молдови, Іспанії та США маса 1000 насінин була найбільш поліморфною ознакою.

Саме ознаки насіння визначають приналежність рослин нуту до двох різновидностей – *desi* та *kabuli* [13]. Показано, що найвищий рівень мінливості в колекції сортів нуту спостерігався саме за забарвленням насіння [14]. Серед 10 найбільш важливих диференціюючих морфологічних і агрономічних дескрипторів у колекції сортів нуту визначені забарвлення, характер поверхні та маса 1000 насінин [13].

Найменш мінливими в сортах нуту виявились ознаки забарвлення стебла, форма і забарвлення зрілого боба ($H'=0,52$, $0,52$, $0,54$ відповідно).

Загальний рівень поліморфізму сортів нуту за морфологічними ознаками за індексом Шеннона склав 0,86. При цьому найбільш поліморфними виявились групи сортів нуту ІЄК і США ($H'=0,87$ і $0,78$ відповідно). Значним рівнем поліморфізму, близьким до сортів нуту зі США, характеризувалися також сорти з Ірану і Канади ($H'=0,76$ в обох вибірках). Слід зазначити, що різноманіття сортів нуту в групі ІЄК, очевидно, обумовлювалося об'єднанням зразків із різних країн. Найменш поліморфними групами були зразки нуту з Молдови та Іспанії ($H'=0,46$ і $0,51$ відповідно).

У загальній вибірці більшість сортів нуту характеризувалася наявністю антоціанового забарвлення стебла, крупних листків сизо-зеленого кольору і яйцеподібної форми. За ознаками квітки і насіння більшість вивчених сортів нуту були представлені формами з білими квітками середнього розміру і переважно крупним округлим насінням жовто-рожевого і жовтого кольору зі слабо-горбкуватою поверхнею. Саме такі ознаки характерні для сортів нуту різновидності *kabuli*. *Desi* різновидність представлена у вивченій колекції нуту лише 8 сортами: Кубанський 199 (Росія), Без назви (Чехія, UD0500028), V 1545N 211-13, V 70 N 213-13 V, Negras N 214-13 (Іспанія), Без назви (UD0500001) і Іранський 918 (Іран), NEC 2302 (США).

За розмірами бобів і формою куща в дослідженій вибірці сортів нуту переважали форми з господарсько-важливими фенотиповими проявами цих ознак. Так, більшість вивчених сортів нуту характеризувалися наявністю довгих і широких бобів, а також стоячою формою куща. До рідкісних ознак у вивченій вибірці сортів нуту можна віднести вузький біб – (P 502 – Індія), а також сіре та червоно-фіолетове забарвлення насіння, яке було характерне для сортів Іранський 918 і Black chick Peasoharychgolite (Іран) відповідно.

Поліморфізм мікросателітних локусів у сортах нуту. Під час ампліфікації 13 мікросателітних локусів у сортах нуту виявлено 68 алельних варіантів. Два мікросателітних локуси (CaSTMS25 і NCPGR41) з 13 були мономорфними, інші виявляли поліморфізм. Максимальна кількість алельних варіантів – 8, спостерігалася за локусами CaSTMS 10, NCPGR 81, NCPGR 90, мінімальна – за локусами NCPGR 51 (2) і NCPGR 55 (3). Середня кількість алельних варіантів на один локус становила $5,15 \pm 2,58$.

Найбільш поліморфними в загальній вибірці сортів нуту виявилися локуси CaSTMS 10, NCPGR 90, і NCPGR 81 ($H=1,74, 1,53, 1,52$ відповідно). За локусом NCPGR 81 найвищий рівень поліморфності відзначений у сортах нуту з України, Росії, Молдови, Іспанії, групі сортів ІЄК; за локусом NCPGR 90 – у сортах з Індії, Ірану, Узбекистану; за локусом CaSTMS 10 – у сортах із Канади і США.

Мікросателітний локус NCPGR 55 був мономорфним у всіх досліджених вибірках сортів, крім США та Ірану ($H=0,72$ та $0,29$).

За різноманіттям мікросателітних локусів найвищим рівнем поліморфізму відрізнялися сорти нуту з Ірану ($H=0,90 \pm 0,54$) і США ($H=0,75 \pm 0,50$), найменш поліморфними були сорти з Іспанії ($H=0,43 \pm 0,40$) і Канади ($H=0,43 \pm 0,39$).

Більшість алельних варіантів вивчених мікросателітних локусів зустрічалися в загальній вибірці сортів нуту з частотою більше 20% (часті алелі) і 1–20% (загальні алелі). Також виявлені рідкісні алельні варіанти – 250 пн. за локусом CaSTMS10 (Лінія 154, США); 135 пн. (NEC 2288, Іран) та 180 пн. (Юбилейный, Росія) за локусом NCPGR 21; 215 пн. (КС 215087, Іран) за локусом NCPGR52; 195 пн. за локусом NCPGR55 (NEC 2298, США).

Незважаючи на те, що нут є облігатним самозапилювачем [13, 14], серед досліджених зразків були виявлено 8 гетерогенних сортів, у яких ампліфікувалося по два ДНК-продукти в одному локусі під час аналізу ДНК суміші насіння. У таких зразках був проведений понасінний аналіз, для кожного сорту проаналізовано 19 насінин. У результаті понасінного аналізу у сортів L 550 і С 118 з Індії ідентифіковано по 2 алельних варіанти (230 і 215) за локусом NCPGR 50. В обох сортах знайдені гетерозиготні індивіди, загальна частота гетерозигот в індійських зразках за локусом NCPGR 50 становила 0,066. За локусом NCPGR 90 гетерогенність ідентифікована у двох сортах з Індії, JG 1257 і NEC 2318, а також у двох сортах з Канади, 425-12 і 418-59. В сорті NEC 2318 (Індія) виявлені два алельних варіанти 200 і 155 пн, причому алельний варіант 155 пн зустрічався лише у одного індивіда. В сорті JG 1257 локус NCPGR 90 представлений двома алельними варіантами, 210 і 174 пн, за якими зустрічалися гомо- і гетерозиготні зразки. Загальний рівень гетерозиготності за локусом NCPGR 90 у сортах нуту з Індії становив 0,053. Для обох сортів з Канади 425-12 і 418-59 за локусом NCPGR 90 характерні алельні варіанти 200 і 155 пн, які були також представлені моно- і гетерозиготними зразками з частотою останніх 0,214. За локусом NCPGR 94 гетерогенність була виявлена у двох зразках нуту з Іспанії, Без назви (UD0500134) і Без назви (UD0500135). У цих сортах були ідентифіковані два алельних варіанти, 160 і 178 пн, які були представлені у вищеназваних сортах в гомо- і гетерозиготному стані. Частота гетерозигот за локусом NCPGR 94 у сортах із Іспанії становила 0,043. Рівень гетерозиготності в загальній вибірці сортів нуту за всіма мікросателітними локусами становив 0,006.

Класифікація сортів нуту за морфологічними та молекулярними маркерами

Для систематизації колекції сортів нуту за морфологічними та молекулярними маркерами проводили кількісний кластерний аналіз у програмі Structure 2.3.4. Достовірну кількість кластерів для досліджуваної матриці сортів нуту визначали за допомогою математичного алгоритму, запропонованого Evanno et al., 2005 [6]. Для цього сорти нуту послідовно групували в 2–15 кластерів з 20-кратною повторністю. На графіку, що відображає співвідношення кількості кластерів (K) від значення (ΔK) за найбільшим піком визначали достовірну кількість кластерів. Для дослідженої вибірки сортів нуту достовірною кількістю кластерів становила чотири (рис. 1). У першому кластері переважали сорти нуту з групи ІЄК, України та Росії, у другому – зразки з Узбекистану, Канади, США, Ірану. Переважну більшість представників третього кластеру утворювали європейські сорти нуту з Молдови, України, Росії,

Іспанії, четвертого кластеру – зразки з Індії, Ірану, США (табл. 1). Подібні закономірності групування сортів нуту були відзначені нами в попередніх роботах під час вивчення дивергенції популяцій сортів нуту з різних країн за допомогою філогенетичного та факторного аналізів [1, 2]. Так, сорти нуту з СНД та Європи, як правило, завжди утворювали спільний кластер, у той час як азійські й американські сорти об'єднувалися в інші групи.

Таблиця 1

Найменування локуса	Найменування кластера			
	1	2	3	4
CaSTMS10	204, 210, 220, 230, 240	180, 204, 215, 220, 230	204, 210, 220, 230, 240, 250	180, 204, 215, 220, 230, 240
CaSTMS14	120, 135, 140, 150	100, 110, 120, 130, 135	100, 110, 120, 135, 140, 150	100, 110, 120, 130, 135
CaSTMS25	178	178	178	178
NCPGR 21	155, 160	135, 145, 150, 155, 160	155, 160, 180	145, 150, 155, 160
NCPGR 41	264	264	264	264
NCPGR 50	215, 220, 230, 240	190, 215, 220, 230, 240	203, 210	190, 215, 220, 230, 240
NCPGR51	203	203, 210	230, 245, 260	203, 210
NCPGR52	245, 260	200, 225, 230, 245, 260	204	200, 215, 225, 230, 245, 260
NCPGR55	204	195, 204, 215	210, 221, 225, 230	204, 215
NCPGR57	210, 221	210, 221, 230, 240	180, 190, 200, 215, 222, 230	210, 221, 230, 240, 250
NCPGR81	180, 190, 200, 215, 230	200, 215, 222, 230, 240, 250	155, 174, 186, 194, 200, 210	190, 200, 215, 222, 230, 240, 250
NCPGR90	155, 200, 210	143, 174, 186, 194, 200, 210	155, 174, 188, 184, 200, 210	143, 155, 174, 186, 210, 240
NCPGR94	160, 178, 195	170, 178, 188, 195, 200	160, 178, 188, 195	170, 178, 188, 195, 200

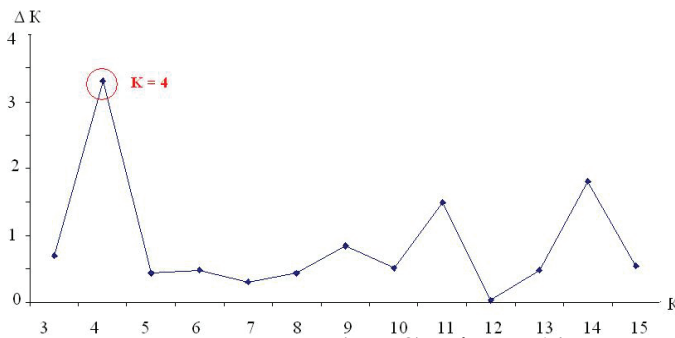


Рис. 1. Розрахунок кількості достовірних кластерів за алгоритмом, запропонованим Evanno et al., 2005 [6]: K – кількість кластерів, ΔK – статистичний коефіцієнт, який відображає співвідношення змінення логарифму ймовірності даних між послідовними значеннями K.

До першого кластера (рис. 2) увійшло 14 сортозразків нуту. Серед них по чотири сорти з України та Росії, п'ять зразків із групи сортів ІСК та один сорт із Канади. За морфологічними ознаками квітки та насіння, які були визначені як диференціюючі в дослідженій вибірці сортів нуту, для переважної більшості зразків були характерні бузково-рожеві квітки, округло-кутасте слабкогорбкувате темнозбарвлене насіння (червоно-коричневе, червоно-фіолетове, рожеве, горіхове).

Алельні варіанти мікросателітних локусів, характерні для представників кожного з чотирьох кластерів, наведені в табл. 2.

Слід зазначити, що деякі представники першого кластера за комплексом вивчених ознак тяжіли до інших кластерів. Так, зразки 11 (Пегас, Україна) та 104 (418-59, Канада) тяжіли до сортів нуту четвертого кластера на 12,7 в 37,9% відповідно, а у зразках 55 (УСВ 1, ІСК), 24 (Завольський, Росія), 1 (Луганець, Україна), Без назви (49, ІСК), Александрит (5, Україна) спостерігалась відповідність представникам третього кластера від 15,5 до 32,9%, в середньому на 23%.

Другий кластер (рис. 2) представлений 31 зразком нуту: по сім сортів з Канади та Узбекистану, по п'ять зразків з Ірану та США, чотири зразки з Індії, два – з Молдови, один – з України. Для цієї групи зразків були характерні представники з білими квітками й округлим слабкогорбкуватим насінням світлих кольорів (жовто-рожеве, жовте, рудувате).

Таблиця 2

Процент відповідності популяцій сортів нуту з різних країн до певного кластера, Q, %

Найменування групи сортів нуту	Процент відповідності групи сортів нуту до певного кластера, Q, %			
	1	2	3	4
Україна (1)	30,10	10,10	57,60	2,30
Росія (2)	30,10	2,30	58,60	9,10
Молдова (3)	0,90	16,80	81,60	0,70
Іспанія (4)	5,50	3,60	59,10	31,90
ІСК (5)	34,80	1,80	49,90	13,50
Індія (6)	3,60	38,50	2,80	55,10
Іран (7)	2,00	43,30	2,00	52,70
Узбекистан (8)	0,50	60,60	6,00	32,90
Канада (9)	18,10	47,40	5,10	29,50
США (10)	3,20	39,20	8,50	49,10

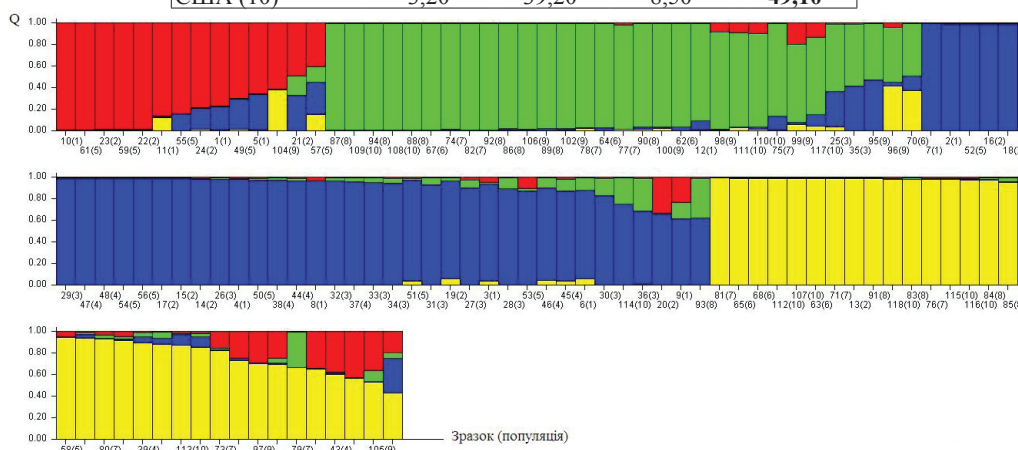


Рис. 2. Результати кластеризації сортів нуту з різних країн за морфологічними ознаками та мікросателітними локусами. Кожний стовпчик на діаграмі відповідає певному сортозразку нуту. В дужках указана популяція сортів, до якої належить зразок: 1 – Україна, 2 – Росія, 3 – Молдова, 4 – Іспанія, 5 – ІСК, 6 – Індія, 7 – Іран, 8 – Узбекистан, 9 – Канада, 10 – США. Червоні стовпчики – 1 кластер, зелені стовпчики – другий, сині – третій, жовті – четвертий. Q – коефіцієнт, що відображає кількісну приналежність кожного зразку до певного кластеру.

Сорти Костюжанський 26, СЭБ 119 (25 та 35, Молдова) та Sanford (95, Канада) займали проміжне положення між другим і третім кластером. Подібність до представників третього кластера в цих зразках становила 33,4, 41,1, 46,9% відповідно. Зразки CDC Marengo (96, Канада) та EC 26428 (70, Індія) тяжіли до представників четвертого кластера на 42,1 та 37,2% відповідно.

Третій кластер сортів, найбільш численний, об'єднував 40 сортозразків нуту, серед яких – десять зразків із Молдови, по сім зразків з України, Росії, Іспанії, шість зразків з групи сортів ІСК, один – з Узбекистану та один – зі США. Сорти нуту цього кластера характеризувалися білим забарвленням квітки, округлим і округло-кутастим насінням зі слабогорбкуватою поверхнею переважно жовто-рожевого кольору. Зразки Лінія 154 (114, США), Кишинівський 1 (36, Молдова), Узбекистанський 32 (93, Узбекистан) на 24,3, 30,2 та 36,8% відповідали за вивченими ознаками представникам другого кластера. Сорти Краснокутський 9 (20, Росія) та Дніпровський 5 (9, Україна) на 33, 0 та 23,5% відповідно були подібними до зразків першого кластера.

Четвертий кластер утворювали 33 зразки нуту, серед яких сім зразків були з Ірану, шість – зі США, п'ять сортів – з Іспанії, по чотири сорти з Узбекистану й Канади, два – з групи сортів ІСК та один зразок із Росії. Слід зазначити, що четвертий кластер сортів нуту відрізнявся найвищим рівнем поліморфізму за вивченими морфологічними ознаками

і мікросателітними локусами порівняно з іншими виділеними групами сортів. Для представників цього кластера характерні рідкісні морфологічні ознаки й алейні варіанти мікросателітних локусів (табл. 2). Очевидно, значний рівень поліморфізму вивчених ознак у цій групі сортів обумовлюється наявністю в ній значної кількості азійських сортів. Як відомо, генетичним центром походження нуту є Передньоазійський, а саме в центрах походження концентрується максимальний рівень поліморфізму рослин [15]. В цілому, для сортів четвертого кластера були характерні фенотипи з рожевим і бузково-рожевим забарвленням квіток, кутастим насінням із горбкуватою поверхнею. Як відомо, такі ознаки насіння характерні для *desi* різновидності нуту, що широко культивується в азійських країнах унаслідок своєї підвищеної стійкості до біотичних і абіотичних факторів середовища. За забарвленням насіння спостерігався значний поліморфізм, виявлено 8 градацій цієї ознаки. Також значною мінливістю відрізнялась у цій групі сортів форма рослин. Зустрічалися представники зі сланкою, прямостоячою, компактною та розкидистою формою куща. В цій групі сортів відзначені також нечасті алейні варіанти мікросателітних локусів, що не зустрічались у представників інших кластерів (табл. 2).

Таким чином, у результаті досліджень оцінена генетична структура колекції сортів нуту за морфологічними ознаками та мікросателітними локусами. Виявлено, що загальна досліджена вибірка сортів нуту має подібний рівень мінливості за цими критеріями. Відзначені зразки з нечастими морфологічними ознаками й алейними варіантами мікросателітних локусів. У результаті кластеризації сортів нуту охарактеризовані особливості групування сортів, кількісно оцінена відповідність кожного зразка нуту певному кластеру. Отримані дані доповняють інформацію про зразки генетичної колекції нуту НЦГРРУ та можуть використовуватися для подальшої наукової роботи для маркування певних генотипів, пошуку генів-кандидатів агрономічних ознак тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акініна Г. Е. Изучение изменчивости микросателлитных локусов сортов нута из разных стран методами молекулярного дисперсионного (AMOVA) и Q-факторного анализов // Вестн. Харьков. ун-та им. В. Н. Каразина. 2011. Вып. 13 (947). С. 63–69.
2. Акініна Г. Е., Попов В. Н. Дивергенция сортов нута селекции разных стран мира по морфологическим признакам и молекулярным маркерам // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. / НАН України, НААН України [та ін.]; редкол.: В. А. Кунах (голов. ред.). К.: Логос, 2011. Т. 10. С. 168–172.
3. Акініна Г. Е., Попов В. Н. Полиморфизм микросателлитных локусов в сортах нута европейского происхождения // Цитология и генетика. 2012. № 1. С. 27–36.
4. Ahmad F., Gaur P. M., Slinkard A. E. Isozyme polymorphism and phylogenetic interpretations in the genus *Cicer* L. // Theor Appl Genet. 1992. Vol. 83. P. 620–627.
5. Bhagyawant S. S., Srivastava N. Genetic fingerprinting of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm using ISSR markers and their relationships // African J. Biotechnol. 2008. Vol. 7 (24). P. 4428–4431.
6. Evanno G., Regnaut S., Goudet J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: A simulation study // Molecular Ecology. 2005. Vol. 14 (8). P. 2611–2620.
7. Ghaffoor A., Gulbaaz F. N., Afzal N. M. et al. Inter-relationship between SDS-PAGE markers and agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Pakistan J. Botany. 2003. Vol. 35. N 4. P. 613–624.
8. Huttel B., Winter P., Weising K. et al. Sequence-tagged microsatellite site markers for chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Genome. 1999. Vol. 42. P. 210–217.
9. Iruela M., Rubio J., Cubero J. I. et al. Phylogenetic analysis in the genus *Cicer* and cultivated chickpea using RAPD and ISSR markers // Theor. Appl. Genet. 2002. Vol. 104. P. 643–651.
10. Jomová K., Benková M., Kraic J. Enrichment of Chickpea Genetic Resources Collection Monitored by Microsatellites // Czech J. Genet. Plant Breed. 2009. Vol. 45. N 1. P. 11–17.
11. Sethy N., Edwards B., Bhatia S. Development of microsatellite markers and analysis of intraspecific genetic variability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Theor. Appl. Genet. 2006.

- Vol. 112. P.1416–1428.
12. Udupa S. M, Sharma A, Sharma R. P, Pai R. A Narrow genetic variability in *Cicer arietinum* L. as revealed by RFLP analysis // J. Plant Biochem. Biotech. 1993. Vol. 2. P. 83–86.
 13. Upadhyaya H. Geographical patterns of variation for morphological and agronomic characteristics in the chickpea germplasm collection // Euphytica. 2003. Vol. 132. P. 343–352.
 14. Upadhyaya H, Ortiz R., Bramel P., Singh S. Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection // Euphytica. 2002. Vol. 123. P. 333–342.
 15. Upadhyaya H., Dwivedi S., Baum M. et al. Genetic structure, diversity, and allelic richness in composite collection and reference set in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // BMC Plant Biology. 2008. Vol. 8. P.106.
 16. Nguyen T. T. , Taylor P. W. J. , Redden R. J. , Ford R. Genetic diversity estimates in Cicer using AFLP analysis // Plant Breeding. 2004. Vol. 123. P. 173–179.
 17. Varshney R. K., Glaszmann J. C., Leung H., Ribaut J. M. More genomic resources for less-studied crops // Trends Biotechnol. 2010. Vol. 28 (9). P. 452–460.
 18. Varshney R. K., Song C., Saxena R. K. et al. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement // Nature Biotechnol. 2013. Vol. 31. P. 240–246.

Стаття: надійшла до редакції 31.05.13

доопрацьована 08.11.13

прийнята до друку 08.11.13

GENETIC STRUCTURE OF COLLECTION OF CHICKPEA VARIETIES BY MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR MARKERS

G. Akinina, V. Popov

*Plant Production Institute nd.a. V.Ya. Yuriev
142, Moskovskiy Ave., Kharkiv 61060, Ukraine*

The genetic structure of collection of chickpea varieties from Asia, America and Europe by polymorphism of 15 morphological traits and 13 microsatellites loci is evaluated. The similar diversity level of chickpea varieties by morphological traits and microsatellites loci is shown, that is estimated by *Shannon's diversity index*. The rare traits that are typical for studied sample of chickpea varieties are observed. The traits that are differentiating in chickpea varieties are assigned. The features of grouping of varieties in clusters are discussed.

Keywords: chickpea, microsatellites, morphological traits, Shannon's diversity index, genetic structure.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ НУТА ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И МОЛЕКУЛЯРНЫМ МАРКЕРАМ

Г. Акинина, В. Попов

*Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева
пр. Московский, 142, Харьков 61060, Украина
e-mail: gakinina@gmail.com*

Оценена генетическая структура коллекции сортов нута из Азии, Америки и Европы по полиморфизму 15 морфологических признаков и 13 микросателлитных локусов. Показан сходный уровень разнообразия сортов нута по морфологическим признакам и микросателлитным локусам, оцененный по индексу разнообразия Шеннона. Отмечены редкие признаки, характерные для исследованной выборки сортов нута. Выделены признаки, которые являются дифференцирующими в сортах нута. Обсуждаются особенности группирования сортов в кластеры.

Ключевые слова: нут, микросателлиты, морфологические признаки, индекс разнообразия Шеннона, генетическая структура.