

УДК 340.64:577.213.32:572.2

DOI: 10.15587/2519-8025.2019.182148

АНАЛІЗ ЧАСТОТ 21 АУТОСОМНОГО МІКРОСАТЕЛІТНОГО ЛОКУСУ У ПОПУЛЯЦІЯХ МІСТ КИЄВА, ОДЕСИ, ХАРКОВА, ДНІПРА ТА ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

М. В. Савельєва, С. Р. Рушковський

Аутосомні STR-локуси на даний час є найбільш використовуваним інструментом в криміналістиці. Частоти алелів STR-локусів використовуються для розрахунку ймовірності випадкового збігу профілів при ідентифікації осіб та ймовірності спорідненості.

Метою роботи було дослідити поліморфізм 21 криміналістично значущого STR-локусу у популяціях міст Києва, Одеси, Харкова, Дніпра та Західної України.

Матеріали і методи. Референтна вибірка складала 1200 неспоріднених осіб змішаної популяції України. Геномну ДНК виділяли з клітин букального епітелію з використанням іонообмінної смоли Chelex[®]100. Виділену ДНК типували за допомогою методу полімеразної ланцюгової реакції за 21 аутосомним локусом, що входять до складу набору GlobalFiler™ Express PCR Amplification Kit. ПЛП-продукти було фракціоновано електрофоретично з використанням SeqStudio™ Genetic Analyzer System (Applied Biosystems, США). Розмір алелів було проаналізовано за допомогою програмного забезпечення GeneMapper 6. Статистичну обробку даних проводили за стандартними методами.

Результати. Наведено популяційно-генетичні дані за 21 STR локусом, що входять в систему GlobalFiler™ Express (D8S1179, D21S11, D7S820, CSF1PO, D3S1358, TH01, D13S317, D16S539, vWA, TPOX, D18S51, D5S818, FGA, D2S441, D19S433, D22S1045, SE33, D10S1248, D1S1656, D2S1338, D12S391). Були розраховані очікувана та спостережувана гетерозиготність, ймовірність випадкового збігу, дискримінуючий потенціал, потенціал виключення, індекс поліморфізму. Була визначена відповідність спостережуваного розподілу генотипів рівновазі Харді-Вайнберга. Було проведено порівняння частот алелів між популяціями.

Висновки. Показана висока інформативність дослідженої індивідуалізуючої системи з 21 аутосомного STR-локуса. Був вперше проаналізований локус SE33. Зафіксовані відмінності за частотами алелів STR-локусів між популяціями

Ключові слова: аутосомні STR-локуси, мікросателіти, генетичне різноманіття, ДНК-ідентифікація особи, частоти алелів

Copyright © 2019, M. Savelieva, S. Rushkovsky.

This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1. Вступ

Мінливість коротких тандемних повторюваних послідовностей (STR), або мікросателітів, які мають високий поліморфізм та дисперговані по всьому геному, активно вивчається з метою ідентифікації осіб та визначення ступеню генетичної спорідненості індивідів. Зокрема, в США корпорацією Promega створена база даних частот 29 аутосомних STR-локусів, що входять до різних комерційних наборів, ця база використовується для розрахунків в генетичних лабораторіях всього світу [1].

При розв'язанні питань встановлення родинних зв'язків доказовість і вірогідність висновків прямо залежить від інформативності досліджуваних локусів, яку можна оцінити на основі популяційних даних про генетичне різноманіття, а саме по частоті зустрічальності поліморфних варіантів мікросателітних локусів. Точність оцінки буде найбільш вірогідною, якщо при аналізі мікросателітних профілів будуть використовуватися популяційно-генетичні дані (частоти алелів, генотипів тощо), які характеризують певну популяційну групу, до якої відносяться відповідні особи. Частоти зустрічальності алелів для кожного локусу встано-

влюють шляхом популяційних досліджень референтної вибірки населення.

2. Літературний огляд

Частоти криміналістично значущих STR-локусів описані в різних країнах, що населені переважно слов'янами, зокрема в Польщі [2]: 15 STR-локусів, 870 учасників, Росії [3]: 15 STR-локусів, 1118 учасників, Білорусі [4]: 15 STR-локусів, 2580 учасників, Боснії [5]: 15 STR-локусів, 210 учасників, Хорватії [6]: 15 STR-локусів, 227 учасників. Серед регіонів України були охоплені популяції Києва: в 2013 р. 15 локусів 206 учасників [7], в 2019 р. 15 локусів 200 учасників [9], Одеси: в 2013 р. 15 локусів 237 учасників [7], Дніпра: в 2013 р. 15 локусів 311 учасників [7], Донецька: в 2011 р. 15 локусів 150 учасників [10], загальна популяція України [9] – в 2017 р. 15 локусів, 900 учасників. На жаль, в Україні немає загальної референтної бази частот STR-локусів, а дослідження, які опубліковані у відкритому доступі, мають розрізнений характер. По популяціях Харкова та Західної України дослідження частот алелів не проводились. Найбільш цілісним та актуальним на даний час є дослідження змішаної популяції

України по 15 мікросателітним локусам [7], з розміром референтної вибірки 900 осіб. Але, у випадках статистичного розрахунку ймовірності батьківства при відсутності матері, або спорідненості між ймовірними родичами другого та третього ступеня, для отримання найточнішого результату лабораторії використовують не менш ніж 20 локусів. Більший розмір вибірки також впливає позитивно на точність розрахунку.

Встановлення та порівняння частот алелів STR локусів між різними популяціями є важливими не тільки для більш вірогідного встановлення родинних зв'язків, але й для оцінки їх генетичної спорідненості та змін генетичної структури в результаті, наприклад, міграційних процесів. Раніше порівняння були проведені з метою визначення найчастіших алелів 15 аутосомних локусів між популяціями міст Києва, Одеси, Донецька та Дніпра [10].

Були виявлені відмінності частот найчастіших алелів локусів D3S1358, CSF1PO, D18S51, D5S818, vWA, FGA, між популяціями.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи було оцінити поліморфізм за 21 криміналістично значущим алельним локусом у популяціях міста Києва та Київської області, міст Одеса, Харків, Дніпро та Західної України (Львів, Чернівці, Івано-Франківськ, Ужгород, Хмельницький, Луцьк)

Для досягнення мети були поставлені такі задачі:

1. Проаналізувати ДНК-профілі **1200** неспоріднених осіб за STR-локусами: D8S1179, D21S11, D7S820, CSF1PO, D3S1358, TH01, D13S317, D16S539, vWA, TPOX, D18S51, D5S818, FGA, D2S441, D19S433, D22S1045, SE33, D10S1248, D1S1656, D2S1338, D12S391.

2. Розрахувати частоти алелів та статистичні параметри.

3. Порівняти частоти алелів в досліджуваних регіонах

4. Матеріали і методи

ДНК для аналізу виділяли з клітин букального епітелію від 1200 неспоріднених осіб. Матеріал був отриманий в медико-генетичному центрі "Мама Папа" (м. Київ, Україна) при проведенні молекулярно-генетичних досліджень для встановлення родинних зв'язків. Серед 1200 осіб 378 були з міста Києва та Київської області, 214 – з Одеси та Одеської області, 203 – з Дніпра та Дніпропетровської області, 203 – з Харкова та Харківської області, 202 – з Західної України (Львів, Чернівці, Івано-Франківськ, Ужгород, Хмельницький, Луцьк).

Виділення ДНК. Геномну ДНК виділяли з зразків букального епітелію з використанням іонообмінної смоли Chelex[®]100 (BioRad, США) відповідно до рекомендацій виробника [11].

ПЛР-ампліфікація. Виділену геномну ДНК типували за допомогою методу полімеразної ланцюгової реакції за 21 аутосомним гіперваріабельним локусом, що входять до складу набору GlobalFiler[™] Express PCR Amplification Kit (Applied Biosystems, США).

Серед досліджуваних 20 STR-локусів стандарту CODIS (Combined DNA Index System 2017) [12]: D8S1179 (хромосома 8), D21S11 (хромосома 21), D7S820 (хромосома 7), CSF1PO (хромосома 5), D3S1358 (хромосома 3), TH01 (хромосома 11), D13S317 (хромосома 13), D16S539 (хромосома 16), vWA (хромосома 12), TPOX (хромосома 2), D18S51 (хромосома 18), D5S818 (хромосома 5), FGA (хромосома 4), D2S441 (хромосома 2), D19S433 (хромосома 19), D22S1045 (хромосома 22), D10S1248 (хромосома 10), D1S1656 (хромосома 1), D2S1338 (хромосома 2), D12S391 (хромосома 12) та додатковий SE33 (хромосома 6),

При постановці ПЛР був здійснений позитивний контроль DNA Control 007, наданий виробником реагентів, тобто реакційна суміш містила ДНК з відомим набором алелів по кожному локусу. Негативний контроль був здійснений з використанням деіонізованої води. Дослідження проводили з використанням термоциклера Veriti[®] Thermal Cycler (Applied Biosystems, США), згідно з інструкцією виробника набору GlobalFiler[™] Express PCR Amplification Kit (Applied Biosystems, США) [13].

Типування STR. ПЛР-продукти було фракціоновано електрофоретично з використанням SeqStudio[™] Genetic Analyzer System (Applied Biosystems, США). Алелі було проаналізовано за допомогою алельної драбини з набору GlobalFiler[™] Express PCR Amplification Kit та розмірного стандарту GeneScan[™] 600 LIZ[®] Size Standard v2.0, з використанням програмного забезпечення GeneMapper[®] Software version 6 (Applied Biosystems, США).

Статистичний аналіз. Спостережувану та очікувану гетерозиготність (Hob та Hexp) розраховували за методом Nei et al [14]. Ймовірність випадкового збігу (PM), дискримінуючий потенціал (PD), потенціал виключення (PE), індекс поліморфізму (PIC), були розраховані згідно з формулами [15–17]. Відповідність спостережуваного розподілу генотипів рівновазі Харді-Вайнберга оцінювали за допомогою програмного забезпечення HW-quickcheck [18]. Статистичну значущість відмінностей між групами осіб з різних змішаних популяцій за частотами найбільш поширених алелів досліджуваних локусів визначали за критерієм χ^2 використовуючи таблицю 2×2 [19].

5. Результати дослідження

Частоти алелів, Hob, Hexp, PM, PD, PIC, PE надані в табл. 1–21. Слід зауважити, що поліморфізм STR-локусу SE33 в Україні був вперше проаналізований у даному дослідженні.

Таблиця 1

Частоти алелів локусу D3S1358

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 11 | 0.0008 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 13 | 0.0008 | 0.0013 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 14 | 0.1299 | 0.1393 | 0.1203 | 0.1404 | 0.1075 | 0.1343 |
| 15 | 0.2389 | 0.2387 | 0.2901 | 0.2094 | 0.2175 | 0.2363 |
| 16 | 0.2519 | 0.2361 | 0.2146 | 0.2857 | 0.2575 | 0.2811 |
| 17 | 0.2125 | 0.2215 | 0.2005 | 0.1995 | 0.2425 | 0.1915 |
| 18 | 0.1572 | 0.1592 | 0.1580 | 0.1527 | 0.1700 | 0.1443 |
| 19 | 0.0080 | 0.0027 | 0.0142 | 0.0123 | 0.0050 | 0.0100 |
| Ноб | 0.811 | 0.838 | 0.792 | 0.833 | 0.780 | 0.791 |
| Нехр | 0.793 | 0.793 | 0.790 | 0.792 | 0.787 | 0.790 |
| PM | 0.079 | 0.082 | 0.084 | 0.085 | 0.081 | 0.080 |
| PD | 0.921 | 0.918 | 0.916 | 0.915 | 0.919 | 0.920 |
| PIC | 0.793 | 0.793 | 0.790 | 0.792 | 0.787 | 0.790 |
| PE | 0.620 | 0.672 | 0.585 | 0.661 | 0.562 | 0.583 |

Таблиця 2

Частоти алелів локусу vWA

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 12 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 13 | 0.0038 | 0.0027 | 0.0095 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0025 |
| 14 | 0.0916 | 0.0851 | 0.0806 | 0.0821 | 0.0891 | 0.1275 |
| 15 | 0.1092 | 0.1037 | 0.1090 | 0.1169 | 0.1139 | 0.1075 |
| 16 | 0.1908 | 0.1795 | 0.1848 | 0.1716 | 0.2005 | 0.2275 |
| 17 | 0.2992 | 0.3218 | 0.2867 | 0.2910 | 0.3267 | 0.2500 |
| 18 | 0.2134 | 0.2074 | 0.2346 | 0.2363 | 0.1807 | 0.2125 |
| 19 | 0.0773 | 0.0838 | 0.0782 | 0.0846 | 0.0718 | 0.0625 |
| 20 | 0.0126 | 0.0160 | 0.0095 | 0.0174 | 0.0099 | 0.0075 |
| 21 | 0.0017 | 0.0000 | 0.0071 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| Ноб | 0.821 | 0.790 | 0.848 | 0.826 | 0.842 | 0.825 |
| Нехр | 0.802 | 0.796 | 0.804 | 0.802 | 0.794 | 0.809 |
| PM | 0.069 | 0.073 | 0.076 | 0.076 | 0.077 | 0.067 |
| PD | 0.931 | 0.927 | 0.924 | 0.924 | 0.923 | 0.933 |
| PIC | 0.802 | 0.796 | 0.804 | 0.802 | 0.794 | 0.809 |
| PE | 0.639 | 0.580 | 0.692 | 0.648 | 0.678 | 0.646 |

Таблиця 3

Частоти алелів локусу D16S539

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | 0.0071 | 0.0027 | 0.0212 | 0.0050 | 0.0025 | 0.0075 |
| 9 | 0.0831 | 0.0824 | 0.0967 | 0.0594 | 0.0647 | 0.1119 |
| 10 | 0.0428 | 0.0332 | 0.0613 | 0.0347 | 0.0498 | 0.0423 |
| 11 | 0.3133 | 0.3311 | 0.2901 | 0.3366 | 0.2935 | 0.3010 |
| 12 | 0.3284 | 0.3231 | 0.3184 | 0.3094 | 0.4005 | 0.2960 |
| 12.1 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 13 | 0.1904 | 0.1888 | 0.1816 | 0.2228 | 0.1592 | 0.2015 |
| 14 | 0.0331 | 0.0359 | 0.0283 | 0.0322 | 0.0299 | 0.0373 |
| 15 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| Ноб | 0.723 | 0.694 | 0.741 | 0.738 | 0.711 | 0.756 |
| Нехр | 0.748 | 0.741 | 0.767 | 0.736 | 0.721 | 0.765 |
| PM | 0.102 | 0.107 | 0.089 | 0.117 | 0.116 | 0.093 |
| PD | 0.898 | 0.893 | 0.911 | 0.883 | 0.884 | 0.907 |
| PIC | 0.748 | 0.741 | 0.767 | 0.736 | 0.721 | 0.765 |
| PE | 0.465 | 0.419 | 0.494 | 0.489 | 0.446 | 0.520 |

Таблиця 4

Частоти алелів локусу D3S1358

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | 0.0017 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0050 |
| 9 | 0.0508 | 0.0495 | 0.0425 | 0.0569 | 0.0520 | 0.0547 |
| 10 | 0.2754 | 0.2527 | 0.3090 | 0.2847 | 0.2822 | 0.2662 |
| 11 | 0.2767 | 0.2861 | 0.2642 | 0.2871 | 0.2599 | 0.2786 |
| 12 | 0.3199 | 0.3342 | 0.3019 | 0.3243 | 0.3119 | 0.3159 |
| 13 | 0.0596 | 0.0668 | 0.0519 | 0.0421 | 0.0693 | 0.0622 |
| 14 | 0.0155 | 0.0107 | 0.0283 | 0.0050 | 0.0198 | 0.0174 |
| 15 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Ноб | 0.748 | 0.733 | 0.759 | 0.792 | 0.708 | 0.761 |
| Нехр | 0.739 | 0.736 | 0.738 | 0.726 | 0.748 | 0.745 |
| PM | 0.118 | 0.119 | 0.120 | 0.141 | 0.106 | 0.114 |
| PD | 0.882 | 0.881 | 0.880 | 0.859 | 0.894 | 0.886 |
| PIC | 0.739 | 0.736 | 0.738 | 0.726 | 0.748 | 0.745 |
| PE | 0.507 | 0.481 | 0.526 | 0.584 | 0.441 | 0.529 |

Таблиця 5

Частоти алелів локусу D10S1248

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 10 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 | 0.0000 |
| 11 | 0.0021 | 0.0013 | 0.0095 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 12 | 0.0229 | 0.0239 | 0.0190 | 0.0402 | 0.0155 | 0.0151 |
| 13 | 0.2284 | 0.2420 | 0.2180 | 0.2437 | 0.2254 | 0.2010 |
| 14 | 0.3226 | 0.3032 | 0.3270 | 0.3015 | 0.3161 | 0.3819 |
| 15 | 0.2402 | 0.2447 | 0.2417 | 0.2236 | 0.2617 | 0.2261 |
| 16 | 0.1418 | 0.1503 | 0.1422 | 0.1382 | 0.1321 | 0.1382 |
| 17 | 0.0386 | 0.0332 | 0.0379 | 0.0427 | 0.0466 | 0.0377 |
| 18 | 0.0030 | 0.0013 | 0.0047 | 0.0075 | 0.0026 | 0.0000 |
| Ноб | 0.780 | 0.798 | 0.739 | 0.764 | 0.813 | 0.774 |
| Нехр | 0.764 | 0.765 | 0.765 | 0.777 | 0.761 | 0.742 |
| PM | 0.097 | 0.104 | 0.092 | 0.084 | 0.110 | 0.112 |
| PD | 0.903 | 0.896 | 0.908 | 0.916 | 0.890 | 0.888 |
| PIC | 0.764 | 0.765 | 0.765 | 0.777 | 0.761 | 0.742 |
| PE | 0.563 | 0.595 | 0.492 | 0.534 | 0.624 | 0.551 |

Таблиця 6

Частоти алелів локусу D8S1179

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 5 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 8 | 0.0100 | 0.0093 | 0.0094 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0124 |
| 9 | 0.0142 | 0.0159 | 0.0117 | 0.0099 | 0.0199 | 0.0124 |
| 10 | 0.0715 | 0.0780 | 0.0892 | 0.0665 | 0.0622 | 0.0547 |
| 11 | 0.0635 | 0.0595 | 0.0775 | 0.0591 | 0.0697 | 0.0547 |
| 12 | 0.1580 | 0.1561 | 0.1455 | 0.1404 | 0.1915 | 0.1592 |
| 13 | 0.3374 | 0.3228 | 0.3310 | 0.3645 | 0.3085 | 0.3731 |
| 14 | 0.2094 | 0.2288 | 0.2066 | 0.2044 | 0.1667 | 0.2239 |
| 15 | 0.1087 | 0.1032 | 0.0986 | 0.1158 | 0.1418 | 0.0896 |
| 16 | 0.0205 | 0.0185 | 0.0235 | 0.0271 | 0.0174 | 0.0174 |
| 17 | 0.0054 | 0.0053 | 0.0070 | 0.0025 | 0.0100 | 0.0025 |
| 18 | 0.0008 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| Ноб | 0.817 | 0.812 | 0.812 | 0.828 | 0.836 | 0.801 |
| Нехр | 0.796 | 0.798 | 0.802 | 0.783 | 0.811 | 0.771 |
| PM | 0.069 | 0.068 | 0.068 | 0.080 | 0.065 | 0.088 |
| PD | 0.931 | 0.932 | 0.932 | 0.920 | 0.935 | 0.912 |
| PIC | 0.796 | 0.798 | 0.802 | 0.783 | 0.811 | 0.771 |
| PE | 0.631 | 0.622 | 0.622 | 0.651 | 0.667 | 0.601 |

Таблиця 7

Частоти алелів локусу D2S11

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 26 | 0.0050 | 0.0027 | 0.0070 | 0.0099 | 0.0075 | 0.0000 |
| 27 | 0.0290 | 0.0293 | 0.0282 | 0.0197 | 0.0274 | 0.0404 |
| 28 | 0.1625 | 0.1463 | 0.1643 | 0.1478 | 0.1940 | 0.1742 |
| 28.2 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| 29 | 0.2036 | 0.2101 | 0.1972 | 0.2291 | 0.1866 | 0.1894 |
| 29.2 | 0.0029 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0074 | 0.0050 | 0.0025 |
| 30 | 0.2204 | 0.2181 | 0.2277 | 0.2167 | 0.2264 | 0.2146 |
| 30.2 | 0.0546 | 0.0559 | 0.0587 | 0.0591 | 0.0423 | 0.0556 |
| 31 | 0.0638 | 0.0691 | 0.0610 | 0.0665 | 0.0697 | 0.0480 |
| 31.2 | 0.0882 | 0.1011 | 0.0939 | 0.0591 | 0.0846 | 0.0909 |
| 32 | 0.0097 | 0.0066 | 0.0094 | 0.0197 | 0.0075 | 0.0076 |
| 32.2 | 0.1125 | 0.1184 | 0.0939 | 0.1133 | 0.1045 | 0.1288 |
| 33 | 0.0017 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0050 | 0.0000 |
| 33.2 | 0.0428 | 0.0399 | 0.0516 | 0.0443 | 0.0373 | 0.0429 |
| 34.1 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 34.2 | 0.0025 | 0.0013 | 0.0047 | 0.0049 | 0.0000 | 0.0025 |
| Ноб | 0.846 | 0.824 | 0.873 | 0.823 | 0.891 | 0.833 |
| Нехр | 0.853 | 0.852 | 0.854 | 0.852 | 0.849 | 0.854 |
| PM | 0.040 | 0.040 | 0.046 | 0.041 | 0.048 | 0.042 |
| PD | 0.960 | 0.960 | 0.954 | 0.959 | 0.952 | 0.958 |
| PIC | 0.853 | 0.852 | 0.854 | 0.852 | 0.849 | 0.854 |
| PE | 0.686 | 0.645 | 0.741 | 0.642 | 0.776 | 0.662 |

Таблиця 8

Частоти алелів локусу D18S51

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0071 | 0.0050 | 0.0127 | 0.0025 |
| 11 | 0.0156 | 0.0132 | 0.0142 | 0.0249 | 0.0152 | 0.0124 |
| 12 | 0.0955 | 0.0926 | 0.1156 | 0.1045 | 0.0888 | 0.0771 |
| 13 | 0.1026 | 0.0913 | 0.1014 | 0.1119 | 0.0964 | 0.1219 |
| 14 | 0.1522 | 0.1799 | 0.1368 | 0.1318 | 0.1523 | 0.1368 |
| 15 | 0.1581 | 0.1601 | 0.1533 | 0.1617 | 0.1777 | 0.1368 |
| 16 | 0.1754 | 0.1772 | 0.1769 | 0.1766 | 0.1701 | 0.1741 |
| 17 | 0.1312 | 0.1111 | 0.1533 | 0.1294 | 0.1472 | 0.1318 |
| 18 | 0.0828 | 0.0807 | 0.0731 | 0.0896 | 0.0787 | 0.0945 |
| 19 | 0.0395 | 0.0450 | 0.0259 | 0.0323 | 0.0355 | 0.0547 |
| 20 | 0.0227 | 0.0278 | 0.0189 | 0.0174 | 0.0178 | 0.0274 |
| 21 | 0.0093 | 0.0066 | 0.0118 | 0.0100 | 0.0076 | 0.0124 |
| 22 | 0.0076 | 0.0119 | 0.0071 | 0.0025 | 0.0000 | 0.0124 |
| 23 | 0.0017 | 0.0013 | 0.0047 | 0.0025 | 0.0000 | 0.0000 |
| 25 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0050 |
| Ноб | 0.876 | 0.862 | 0.910 | 0.871 | 0.838 | 0.905 |
| Нехр | 0.875 | 0.872 | 0.873 | 0.875 | 0.869 | 0.881 |
| PM | 0.029 | 0.030 | 0.035 | 0.033 | 0.035 | 0.031 |
| PD | 0.971 | 0.970 | 0.965 | 0.967 | 0.965 | 0.969 |
| PIC | 0.875 | 0.872 | 0.873 | 0.875 | 0.869 | 0.881 |
| PE | 0.746 | 0.720 | 0.817 | 0.736 | 0.671 | 0.807 |

Таблиця 9

Частоти алелів локусу D2S441

| Алець | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| 9 | 0.0021 | 0.0040 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| 9.1 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10 | 0.2338 | 0.2340 | 0.2356 | 0.2302 | 0.2538 | 0.2150 |
| 11 | 0.3122 | 0.3088 | 0.3173 | 0.3243 | 0.3325 | 0.2798 |
| 11.3 | 0.0558 | 0.0468 | 0.0553 | 0.0644 | 0.0736 | 0.0466 |
| 12 | 0.0324 | 0.0414 | 0.0216 | 0.0223 | 0.0254 | 0.0440 |
| 12.3 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| 13 | 0.0298 | 0.0374 | 0.0361 | 0.0223 | 0.0228 | 0.0233 |
| 13.3 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 14 | 0.2900 | 0.2767 | 0.2861 | 0.2995 | 0.2614 | 0.3394 |
| 15 | 0.0383 | 0.0441 | 0.0385 | 0.0322 | 0.0228 | 0.0492 |
| 16 | 0.0030 | 0.0027 | 0.0048 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0026 |
| Ноб | 0.767 | 0.765 | 0.788 | 0.797 | 0.792 | 0.689 |
| Нехр | 0.757 | 0.766 | 0.756 | 0.746 | 0.750 | 0.753 |
| PM | 0.100 | 0.095 | 0.104 | 0.117 | 0.113 | 0.095 |
| PD | 0.900 | 0.905 | 0.896 | 0.883 | 0.887 | 0.905 |
| PIС | 0.757 | 0.766 | 0.756 | 0.746 | 0.750 | 0.753 |
| PE | 0.539 | 0.535 | 0.578 | 0.594 | 0.584 | 0.412 |

Таблиця 10

Частоти алелів локусу TH01

| Алець | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 6 | 0.2180 | 0.2032 | 0.2028 | 0.2350 | 0.2264 | 0.2362 |
| 7 | 0.1408 | 0.1270 | 0.1509 | 0.1700 | 0.1169 | 0.1508 |
| 8 | 0.1088 | 0.1110 | 0.0920 | 0.1225 | 0.1070 | 0.1106 |
| 9 | 0.2150 | 0.2273 | 0.2382 | 0.1950 | 0.2289 | 0.1734 |
| 9.3 | 0.3065 | 0.3195 | 0.2995 | 0.2700 | 0.3134 | 0.3191 |
| 10 | 0.0105 | 0.0107 | 0.0165 | 0.0075 | 0.0075 | 0.0101 |
| 10.3 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Ноб | 0.775 | 0.773 | 0.745 | 0.775 | 0.796 | 0.789 |
| Нехр | 0.781 | 0.776 | 0.781 | 0.790 | 0.773 | 0.777 |
| PM | 0.084 | 0.087 | 0.083 | 0.080 | 0.096 | 0.087 |
| PD | 0.916 | 0.913 | 0.917 | 0.920 | 0.904 | 0.913 |
| PIС | 0.781 | 0.776 | 0.781 | 0.790 | 0.773 | 0.777 |
| PE | 0.553 | 0.549 | 0.502 | 0.553 | 0.592 | 0.579 |

Таблиця 11

Частоти алелів локусу D19S433

| Алець | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 6.2 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0027 | 0.0000 |
| 10 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0027 | 0.0000 |
| 11 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0080 | 0.0000 |
| 12 | 0.0768 | 0.0729 | 0.0753 | 0.0686 | 0.0691 | 0.0994 |
| 12.2 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0000 | 0.0000 |
| 13 | 0.2103 | 0.2045 | 0.2151 | 0.2314 | 0.2154 | 0.1878 |
| 13.2 | 0.0189 | 0.0121 | 0.0242 | 0.0200 | 0.0186 | 0.0221 |
| 14 | 0.3680 | 0.3623 | 0.3737 | 0.3629 | 0.3750 | 0.3674 |
| 14.2 | 0.0235 | 0.0182 | 0.0242 | 0.0371 | 0.0160 | 0.0249 |
| 15 | 0.1679 | 0.1903 | 0.1694 | 0.1571 | 0.1489 | 0.1657 |
| 15.2 | 0.0409 | 0.0385 | 0.0242 | 0.0314 | 0.0612 | 0.0497 |
| 16 | 0.0512 | 0.0506 | 0.0618 | 0.0543 | 0.0426 | 0.0470 |
| 16.2 | 0.0292 | 0.0425 | 0.0215 | 0.0200 | 0.0293 | 0.0276 |
| 17 | 0.0036 | 0.0020 | 0.0054 | 0.0057 | 0.0027 | 0.0028 |
| 17.2 | 0.0036 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0080 | 0.0028 |
| 18 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 18.2 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 |
| Ноб | 0.777 | 0.765 | 0.774 | 0.766 | 0.803 | 0.779 |
| Нехр | 0.780 | 0.779 | 0.774 | 0.779 | 0.779 | 0.786 |
| PM | 0.075 | 0.079 | 0.079 | 0.080 | 0.074 | 0.076 |
| PD | 0.925 | 0.921 | 0.921 | 0.920 | 0.926 | 0.924 |
| PIС | 0.780 | 0.779 | 0.774 | 0.779 | 0.779 | 0.786 |
| PE | 0.557 | 0.536 | 0.552 | 0.537 | 0.605 | 0.561 |

Таблиця 12

Частоти алелів локусу FGA

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 16 | 0.0008 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 17 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0025 | 0.0000 | 0.0025 |
| 18 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0166 | 0.0075 | 0.0101 | 0.0149 |
| 19 | 0.0803 | 0.0794 | 0.0806 | 0.0995 | 0.0678 | 0.0746 |
| 20 | 0.1387 | 0.1270 | 0.1232 | 0.1517 | 0.1382 | 0.1642 |
| 20.2 | 0.0017 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0075 |
| 21 | 0.1861 | 0.2050 | 0.1777 | 0.1493 | 0.1985 | 0.1841 |
| 21.2 | 0.0034 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 |
| 22 | 0.2092 | 0.2169 | 0.2085 | 0.2214 | 0.2010 | 0.1915 |
| 22.2 | 0.0067 | 0.0093 | 0.0047 | 0.0025 | 0.0075 | 0.0075 |
| 23 | 0.1218 | 0.1151 | 0.1209 | 0.1119 | 0.1583 | 0.1095 |
| 23.2 | 0.0063 | 0.0053 | 0.0071 | 0.0050 | 0.0075 | 0.0075 |
| 24 | 0.1206 | 0.1190 | 0.1469 | 0.1368 | 0.0729 | 0.1269 |
| 24.2 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0000 |
| 25 | 0.0752 | 0.0714 | 0.0664 | 0.0796 | 0.0930 | 0.0697 |
| 25.2 | 0.0021 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0000 |
| 26 | 0.0273 | 0.0251 | 0.0379 | 0.0149 | 0.0276 | 0.0323 |
| 27 | 0.0046 | 0.0040 | 0.0024 | 0.0075 | 0.0075 | 0.0025 |
| 28 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Hob | 0.866 | 0.841 | 0.858 | 0.886 | 0.905 | 0.866 |
| Hexp | 0.860 | 0.855 | 0.861 | 0.858 | 0.856 | 0.862 |
| PM | 0.036 | 0.039 | 0.040 | 0.042 | 0.043 | 0.038 |
| PD | 0.964 | 0.961 | 0.960 | 0.958 | 0.957 | 0.962 |
| PIC | 0.860 | 0.855 | 0.861 | 0.858 | 0.856 | 0.862 |
| PE | 0.727 | 0.678 | 0.710 | 0.766 | 0.805 | 0.726 |

Таблиця 13

Частоти алелів локусу D22S1045

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 10 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 11 | 0.1403 | 0.1398 | 0.1238 | 0.1500 | 0.1350 | 0.1542 |
| 12 | 0.0232 | 0.0255 | 0.0143 | 0.0200 | 0.0275 | 0.0274 |
| 13 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0000 |
| 14 | 0.0427 | 0.0565 | 0.0476 | 0.0400 | 0.0275 | 0.0299 |
| 15 | 0.3449 | 0.3495 | 0.3143 | 0.3750 | 0.3225 | 0.3607 |
| 16 | 0.3402 | 0.3280 | 0.3762 | 0.3100 | 0.3800 | 0.3159 |
| 17 | 0.0904 | 0.0860 | 0.1071 | 0.0850 | 0.0900 | 0.0871 |
| 18 | 0.0110 | 0.0081 | 0.0071 | 0.0150 | 0.0100 | 0.0174 |
| 19 | 0.0051 | 0.0054 | 0.0071 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0075 |
| 20 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0000 |
| Hob | 0.724 | 0.731 | 0.695 | 0.715 | 0.720 | 0.751 |
| Hexp | 0.735 | 0.739 | 0.730 | 0.731 | 0.724 | 0.737 |
| PM | 0.109 | 0.108 | 0.114 | 0.111 | 0.114 | 0.114 |
| PD | 0.891 | 0.892 | 0.886 | 0.889 | 0.886 | 0.886 |
| PIC | 0.735 | 0.739 | 0.730 | 0.731 | 0.724 | 0.737 |
| PE | 0.466 | 0.478 | 0.421 | 0.452 | 0.460 | 0.512 |

Таблиця 14

Частоти алелів локусу D5S1818

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 7 | 0.0046 | 0.0066 | 0.0024 | 0.0074 | 0.0025 | 0.0025 |
| 8 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 9 | 0.0561 | 0.0582 | 0.0495 | 0.0545 | 0.0498 | 0.0672 |
| 10 | 0.0787 | 0.0899 | 0.0778 | 0.0693 | 0.0796 | 0.0672 |
| 11 | 0.3338 | 0.3466 | 0.3373 | 0.3317 | 0.3184 | 0.3234 |
| 12 | 0.3455 | 0.3280 | 0.3420 | 0.3564 | 0.3507 | 0.3657 |
| 13 | 0.1683 | 0.1574 | 0.1722 | 0.1757 | 0.1841 | 0.1617 |
| 14 | 0.0101 | 0.0119 | 0.0094 | 0.0050 | 0.0149 | 0.0075 |
| 15 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 16 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 17 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Ноб | 0.752 | 0.751 | 0.788 | 0.718 | 0.761 | 0.741 |
| Нехр | 0.731 | 0.736 | 0.731 | 0.724 | 0.733 | 0.726 |
| PM | 0.124 | 0.115 | 0.136 | 0.128 | 0.128 | 0.137 |
| PD | 0.876 | 0.885 | 0.864 | 0.872 | 0.872 | 0.863 |
| PIC | 0.731 | 0.736 | 0.731 | 0.724 | 0.733 | 0.726 |
| PE | 0.513 | 0.512 | 0.576 | 0.456 | 0.529 | 0.495 |

Таблиця 15

Частоти алелів локусу D13S317

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | 0.1377 | 0.1376 | 0.1221 | 0.1601 | 0.1275 | 0.1418 |
| 9 | 0.0816 | 0.0754 | 0.0775 | 0.0911 | 0.0850 | 0.0846 |
| 10 | 0.0556 | 0.0463 | 0.0610 | 0.0665 | 0.0600 | 0.0522 |
| 11 | 0.3561 | 0.3545 | 0.3685 | 0.3276 | 0.3750 | 0.3557 |
| 12 | 0.2448 | 0.2434 | 0.2559 | 0.2266 | 0.2375 | 0.2612 |
| 13 | 0.0816 | 0.1058 | 0.0610 | 0.0887 | 0.0625 | 0.0697 |
| 14 | 0.0414 | 0.0370 | 0.0540 | 0.0394 | 0.0500 | 0.0299 |
| 15 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0050 |
| Ноб | 0.809 | 0.804 | 0.798 | 0.828 | 0.800 | 0.821 |
| Нехр | 0.776 | 0.776 | 0.767 | 0.794 | 0.769 | 0.769 |
| PM | 0.086 | 0.088 | 0.095 | 0.076 | 0.090 | 0.100 |
| PD | 0.914 | 0.912 | 0.905 | 0.924 | 0.910 | 0.900 |
| PIC | 0.776 | 0.776 | 0.767 | 0.794 | 0.769 | 0.769 |
| PE | 0.616 | 0.607 | 0.596 | 0.651 | 0.599 | 0.638 |

Таблиця 16

Частоти алелів локусу D7S820

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 7 | 0.0097 | 0.0067 | 0.0188 | 0.0148 | 0.0051 | 0.0050 |
| 8 | 0.1612 | 0.1604 | 0.1737 | 0.1429 | 0.1827 | 0.1468 |
| 9 | 0.1376 | 0.1361 | 0.1315 | 0.1281 | 0.1345 | 0.1592 |
| 10 | 0.2823 | 0.2695 | 0.2700 | 0.3030 | 0.3198 | 0.2612 |
| 11 | 0.2186 | 0.2453 | 0.2089 | 0.2094 | 0.1777 | 0.2289 |
| 11.2 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 12 | 0.1489 | 0.1361 | 0.1596 | 0.1724 | 0.1269 | 0.1592 |
| 13 | 0.0388 | 0.0418 | 0.0352 | 0.0271 | 0.0508 | 0.0373 |
| 14 | 0.0025 | 0.0027 | 0.0023 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 |
| Ноб | 0.823 | 0.827 | 0.831 | 0.833 | 0.807 | 0.811 |
| Нехр | 0.804 | 0.803 | 0.809 | 0.797 | 0.796 | 0.806 |
| PM | 0.069 | 0.071 | 0.069 | 0.075 | 0.076 | 0.069 |
| PD | 0.931 | 0.929 | 0.931 | 0.925 | 0.924 | 0.931 |
| PIC | 0.804 | 0.803 | 0.809 | 0.797 | 0.796 | 0.806 |
| PE | 0.642 | 0.651 | 0.658 | 0.661 | 0.612 | 0.620 |

Таблиця 17

Частоти алелів локусу TPOX

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 6 | 0.0017 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0025 |
| 8 | 0.5589 | 0.5597 | 0.5354 | 0.5427 | 0.5817 | 0.5758 |
| 9 | 0.0985 | 0.1061 | 0.1061 | 0.1055 | 0.0718 | 0.0960 |
| 10 | 0.0505 | 0.0570 | 0.0472 | 0.0477 | 0.0495 | 0.0455 |
| 11 | 0.2635 | 0.2480 | 0.2736 | 0.2789 | 0.2624 | 0.2677 |
| 12 | 0.0257 | 0.0265 | 0.0354 | 0.0226 | 0.0297 | 0.0126 |
| 13 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0000 |
| Hob | 0.613 | 0.618 | 0.632 | 0.618 | 0.619 | 0.571 |
| Hexp | 0.605 | 0.610 | 0.624 | 0.614 | 0.584 | 0.585 |
| PM | 0.211 | 0.203 | 0.198 | 0.217 | 0.226 | 0.227 |
| PD | 0.789 | 0.797 | 0.802 | 0.783 | 0.774 | 0.773 |
| PIС | 0.605 | 0.610 | 0.624 | 0.614 | 0.584 | 0.585 |
| PE | 0.307 | 0.313 | 0.331 | 0.313 | 0.314 | 0.257 |

Таблиця 18

Частоти алелів локусу D53S1656

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 10 | 0.0008 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 |
| 11 | 0.0979 | 0.1107 | 0.0711 | 0.1162 | 0.0939 | 0.0879 |
| 12 | 0.1390 | 0.1333 | 0.1090 | 0.1313 | 0.1574 | 0.1709 |
| 13 | 0.0636 | 0.0560 | 0.0758 | 0.0657 | 0.0609 | 0.0653 |
| 14 | 0.0890 | 0.0827 | 0.0924 | 0.0909 | 0.1015 | 0.0829 |
| 14.3 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0000 |
| 15 | 0.1229 | 0.0987 | 0.1611 | 0.1212 | 0.1193 | 0.1332 |
| 15.3 | 0.0530 | 0.0587 | 0.0592 | 0.0455 | 0.0431 | 0.0528 |
| 16 | 0.1233 | 0.1373 | 0.1303 | 0.1263 | 0.1066 | 0.1030 |
| 16.3 | 0.0445 | 0.0547 | 0.0427 | 0.0303 | 0.0406 | 0.0452 |
| 17 | 0.0492 | 0.0533 | 0.0498 | 0.0530 | 0.0457 | 0.0402 |
| 17.3 | 0.1352 | 0.1293 | 0.1469 | 0.1414 | 0.1523 | 0.1106 |
| 18 | 0.0047 | 0.0080 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0025 | 0.0050 |
| 18.3 | 0.0602 | 0.0600 | 0.0474 | 0.0530 | 0.0609 | 0.0804 |
| 19.3 | 0.0157 | 0.0147 | 0.0142 | 0.0177 | 0.0127 | 0.0201 |
| 20.3 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Hob | 0.888 | 0.904 | 0.867 | 0.909 | 0.863 | 0.884 |
| Hexp | 0.899 | 0.902 | 0.894 | 0.897 | 0.894 | 0.898 |
| PM | 0.019 | 0.020 | 0.023 | 0.025 | 0.024 | 0.022 |
| PD | 0.981 | 0.980 | 0.977 | 0.975 | 0.976 | 0.978 |
| PIС | 0.899 | 0.902 | 0.894 | 0.897 | 0.894 | 0.898 |
| PE | 0.771 | 0.804 | 0.729 | 0.814 | 0.721 | 0.764 |

Таблиця 19

Частоти алелів локусу D23S1338

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 15 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0027 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0000 |
| 16 | 0.0409 | 0.0567 | 0.0435 | 0.0198 | 0.0428 | 0.0357 |
| 17 | 0.2001 | 0.2146 | 0.1739 | 0.1723 | 0.2166 | 0.2170 |
| 18 | 0.0860 | 0.0749 | 0.0978 | 0.0847 | 0.0989 | 0.0769 |
| 19 | 0.1218 | 0.1255 | 0.1087 | 0.1469 | 0.1203 | 0.1071 |
| 20 | 0.1469 | 0.1336 | 0.1522 | 0.2006 | 0.1364 | 0.1181 |
| 21 | 0.0368 | 0.0283 | 0.0272 | 0.0311 | 0.0455 | 0.0549 |
| 22 | 0.0251 | 0.0283 | 0.0190 | 0.0424 | 0.0080 | 0.0275 |
| 23 | 0.1075 | 0.1194 | 0.1087 | 0.0960 | 0.1016 | 0.1071 |
| 24 | 0.1003 | 0.1053 | 0.1359 | 0.0621 | 0.0963 | 0.0989 |
| 25 | 0.1141 | 0.1032 | 0.1114 | 0.1073 | 0.1230 | 0.1291 |
| 26 | 0.0169 | 0.0081 | 0.0190 | 0.0254 | 0.0107 | 0.0247 |
| 27 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0027 |
| Hob | 0.866 | 0.883 | 0.875 | 0.836 | 0.877 | 0.852 |
| Hexp | 0.878 | 0.874 | 0.879 | 0.873 | 0.871 | 0.878 |
| PM | 0.028 | 0.033 | 0.030 | 0.032 | 0.034 | 0.029 |
| PD | 0.972 | 0.967 | 0.970 | 0.968 | 0.966 | 0.971 |
| PIС | 0.878 | 0.874 | 0.879 | 0.873 | 0.871 | 0.878 |
| PE | 0.726 | 0.760 | 0.745 | 0.668 | 0.749 | 0.698 |

Частоти алелів локусу SE33

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 9 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 11 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 |
| 11.2 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0000 |
| 12 | 0.0020 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0000 |
| 13 | 0.0141 | 0.0158 | 0.0215 | 0.0123 | 0.0111 | 0.0084 |
| 13.2 | 0.0030 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0031 | 0.0056 | 0.0028 |
| 14 | 0.0312 | 0.0404 | 0.0296 | 0.0245 | 0.0306 | 0.0251 |
| 14.2 | 0.0020 | 0.0035 | 0.0054 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 15 | 0.0373 | 0.0246 | 0.0591 | 0.0399 | 0.0333 | 0.0363 |
| 15.2 | 0.0010 | 0.0035 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 16 | 0.0463 | 0.0421 | 0.0349 | 0.0583 | 0.0389 | 0.0615 |
| 17 | 0.0730 | 0.0684 | 0.0699 | 0.0828 | 0.0778 | 0.0698 |
| 18 | 0.0599 | 0.0526 | 0.0780 | 0.0583 | 0.0611 | 0.0531 |
| 19 | 0.0665 | 0.0614 | 0.0591 | 0.0706 | 0.0639 | 0.0810 |
| 19.2 | 0.0030 | 0.0035 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0056 |
| 20 | 0.0519 | 0.0561 | 0.0511 | 0.0552 | 0.0500 | 0.0447 |
| 20.2 | 0.0086 | 0.0035 | 0.0188 | 0.0061 | 0.0083 | 0.0084 |
| 21 | 0.0166 | 0.0175 | 0.0161 | 0.0184 | 0.0083 | 0.0223 |
| 21.2 | 0.0151 | 0.0158 | 0.0054 | 0.0276 | 0.0083 | 0.0196 |
| 22 | 0.0111 | 0.0105 | 0.0134 | 0.0123 | 0.0111 | 0.0084 |
| 22.2 | 0.0277 | 0.0298 | 0.0323 | 0.0153 | 0.0278 | 0.0307 |
| 23 | 0.0050 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0184 | 0.0000 | 0.0056 |
| 23.2 | 0.0403 | 0.0544 | 0.0215 | 0.0399 | 0.0306 | 0.0475 |
| 24 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 24.2 | 0.0398 | 0.0351 | 0.0565 | 0.0399 | 0.0278 | 0.0419 |
| 25.2 | 0.0418 | 0.0386 | 0.0403 | 0.0399 | 0.0528 | 0.0391 |
| 26.2 | 0.0645 | 0.0737 | 0.0672 | 0.0798 | 0.0500 | 0.0475 |
| 27.2 | 0.0801 | 0.0842 | 0.0806 | 0.0706 | 0.0750 | 0.0866 |
| 28 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0000 |
| 28.2 | 0.0700 | 0.0789 | 0.0618 | 0.0491 | 0.0694 | 0.0838 |
| 29.2 | 0.0634 | 0.0684 | 0.0618 | 0.0613 | 0.0750 | 0.0475 |
| 30.2 | 0.0504 | 0.0439 | 0.0242 | 0.0429 | 0.0833 | 0.0615 |
| 31 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 31.2 | 0.0297 | 0.0316 | 0.0296 | 0.0307 | 0.0306 | 0.0251 |
| 32 | 0.0010 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 32.2 | 0.0166 | 0.0105 | 0.0161 | 0.0153 | 0.0306 | 0.0140 |
| 33 | 0.0050 | 0.0053 | 0.0054 | 0.0000 | 0.0111 | 0.0028 |
| 33.2 | 0.0086 | 0.0070 | 0.0108 | 0.0061 | 0.0139 | 0.0056 |
| 34 | 0.0025 | 0.0018 | 0.0081 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 |
| 34.2 | 0.0030 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0061 | 0.0028 | 0.0028 |
| 35 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0027 | 0.0031 | 0.0028 | 0.0028 |
| 35.2 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0054 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0000 |
| 36 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 |
| 36.2 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 38 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Ноб | 0.946 | 0.954 | 0.946 | 0.945 | 0.939 | 0.939 |
| Нехр | 0.949 | 0.948 | 0.949 | 0.949 | 0.947 | 0.947 |
| PM | 0.006 | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.011 | 0.010 |
| PD | 0.994 | 0.991 | 0.990 | 0.989 | 0.989 | 0.990 |
| PIC | 0.949 | 0.948 | 0.949 | 0.949 | 0.947 | 0.947 |
| PE | 0.889 | 0.907 | 0.890 | 0.887 | 0.875 | 0.875 |

Таблиця 21

Частоти алелів локусу D12S391

| Алель | Україна | Київ | Одеса | Харків | Дніпро | Зах.Укр. |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 15 | 0.0284 | 0.0259 | 0.0213 | 0.0690 | 0.0000 | 0.0135 |
| 16 | 0.0207 | 0.0165 | 0.0213 | 0.0172 | 0.0455 | 0.0270 |
| 17 | 0.1047 | 0.1108 | 0.1064 | 0.1121 | 0.0758 | 0.0811 |
| 17.3 | 0.0129 | 0.0142 | 0.0213 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0270 |
| 18 | 0.2041 | 0.1887 | 0.2872 | 0.2241 | 0.1667 | 0.1892 |
| 18.3 | 0.0168 | 0.0118 | 0.0213 | 0.0259 | 0.0152 | 0.0270 |
| 19 | 0.1150 | 0.1132 | 0.1064 | 0.1121 | 0.1515 | 0.1081 |
| 19.3 | 0.0065 | 0.0047 | 0.0106 | 0.0086 | 0.0000 | 0.0135 |
| 20 | 0.1085 | 0.1203 | 0.0957 | 0.0862 | 0.1061 | 0.0946 |
| 21 | 0.1253 | 0.1274 | 0.0957 | 0.1121 | 0.1515 | 0.1486 |
| 21.3 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0135 |
| 22 | 0.1214 | 0.1321 | 0.0745 | 0.1034 | 0.1364 | 0.1351 |
| 23 | 0.0762 | 0.0778 | 0.0851 | 0.0690 | 0.0909 | 0.0541 |
| 24 | 0.0375 | 0.0354 | 0.0319 | 0.0517 | 0.0303 | 0.0405 |
| 25 | 0.0168 | 0.0212 | 0.0106 | 0.0086 | 0.0000 | 0.0270 |
| 26 | 0.0039 | 0.0000 | 0.0106 | 0.0000 | 0.0303 | 0.0000 |
| Hob | 0.873 | 0.873 | 0.872 | 0.948 | 0.788 | 0.838 |
| Hexp | 0.883 | 0.882 | 0.861 | 0.881 | 0.878 | 0.889 |
| PM | 0.027 | 0.027 | 0.050 | 0.046 | 0.052 | 0.040 |
| PD | 0.973 | 0.973 | 0.950 | 0.954 | 0.948 | 0.960 |
| PIС | 0.883 | 0.882 | 0.861 | 0.881 | 0.878 | 0.889 |
| PE | 0.741 | 0.740 | 0.739 | 0.895 | 0.577 | 0.671 |

Для всіх локусів у всіх популяціях жодних відхилень від рівноваги Харді-Вайнберга не було знайдено. Алель 8 локусу TPOX (0.5589) виявилася найбільш поширеною серед усіх алельних варіантів по усіх локусах для змішаної української популяції. Найвища H_{ob} спостерігається для локуса SE33 (0.946), а найнижча - в локусі TPOX (0.613). Найбільш поліморфним локусом був SE33 (PIC = 0.949): він має 45 алельних варіантів, які зустрічаються в українських популяціях. Найменш поліморфним – TPOX (PIC=0.605): він має 7 алелів. Іншими найбільш інформативними локусами були D21S11, D2S1338, D18S51 та FGA (PIC>0.85). PE варіює від 0.307 до 0.889. Значення сукупного дискримінуючого потенціалу (PD) складає >99.999999999999 %.

Порівняльний аналіз змішаної популяції та міст Києва, Одеси, Дніпра, Харкову, Західної України виявив схожий характер розподілу частот алелів. Але, за деякими локусами, частоти алелів значно відрізнялися.

У табл. 21 наведення значення χ^2 по тим алелям, де були знайдені статистично значущі відмінності ($\chi^2 > 3,84$). Наприклад, частоти алеля 15 локуса D3S1358 значно відрізняються між популяціями Одеси та Харкова ($\chi^2=10.917$), а частоти алеля 12 локуса D16S539 – між Дніпром та Західною Україною ($\chi^2=13.408$).

Це свідчить про значні відмінності у генетичній структурі різних популяцій населення України, що потребує подальших досліджень.

Таблиця 22

Обрані алелі STR-локусів, що мають значні відмінності між популяціями різних міст

| Локус | Алель | Частота 1 | | Частота 2 | | χ^2 |
|----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|----------|
| D3S1358 | 15 | Одеса | 0,2901 | Харків | 0,2094 | 10,917 |
| vWA | 17 | Дніпро | 0,3267 | Зах. Укр. | 0,2500 | 8,299 |
| D16S539 | 12 | Дніпро | 0,4005 | Зах. Укр. | 0,2960 | 13,408 |
| D8S1179 | 14 | Київ | 0,2288 | Дніпро | 0,1667 | 8,193 |
| D2S441 | 14 | Дніпро | 0,2614 | Зах. Укр. | 0,3394 | 6,828 |
| TH01 | 9 | Одеса | 0,2382 | Зах. Укр. | 0,1734 | 8,106 |
| FGA | 24 | Одеса | 0,1469 | Дніпро | 0,0729 | 19,953 |
| D7S820 | 11 | Київ | 0,2453 | Дніпро | 0,1777 | 9,023 |
| SE33 | 30.2 | Одеса | 0,0242 | Дніпро | 0,0833 | 20,350 |
| D1S1656 | 15 | Київ | 0,0987 | Одеса | 0,1611 | 9,603 |
| D10S1248 | 14 | Київ | 0,3032 | Зах. Укр. | 0,3819 | 7,902 |

Примітка: $p < 0,05$ при $\chi^2 > 3,84$; $p < 0,01$ при $\chi^2 > 6,63$; $p < 0,001$ при $\chi^2 > 10,83$

6. Обговорення результатів дослідження

В роботі були отримані частоти 21 STR-локусу в популяції України. Раніше в Україні були опубліковані дані тільки по частотам 15 STR-локусів. Вперше в Україні був проаналізований локус SE33, що виявився найбільш поліморфним (PIC=0,949). Порівняно з найбільшим існуючим дослідженням в Україні [7], структура частот алелей спільних 15 STR-локусів значно не відрізняється: спектр найпоширених алельних варіантів збігається.

Були порівняні частоти між популяціями та встановлені статистично значущі відмінності. Для досліджень рекомендовано використовувати саме частоти конкретного регіону.

Отримані частоти можуть бути використані генетичними лабораторіями для підвищення вірогідності статистичних розрахунків на спорідненість, особливо це важно в складних випадках: батьківство без участі матері, неспівпадіння одного локусу при ймовірній мутації, спорідненість другого та третього порядку: брати-сестри, бабуся-онуки тощо.

Обмеження дослідження. У цьому дослідженні популяції України надаються частоти 21 STR-локусу, у розрахунках складних випадків спорідненості цієї кількості не завжди достатньо. Для інших

локусів потрібно користатися іншими референтними базами даних.

Перспективи подальших досліджень. В Україні наступні дослідження можуть бути спрямовані в напрямку розширення панелі аутосомних локусів, а також в напрямку долучення до вибірки інших регіонів України.

7. Висновки

1. В роботі були вперше проаналізовані популяційно-статистичні дані, які характеризують генетичну варіабельність за 21 аутосомним криміналістично значущим STR-локусом, вибірка склала 1200 осіб української популяції.

2. Показана висока інформативність дослідженої індивідуалізуючої системи (сукупний PD>99.9999999999 %). Був вперше проаналізований локус SE33, який виявився найбільш поліморфним у всіх досліджених змішаних популяціях України (PIC=0,949).

3. Зафіксовані статистично значущі відмінності за частотами STR-локусів між популяціями, тобто змішана популяція України є неоднорідною, і тому для розрахунків ймовірності спорідненості краще брати частоти конкретного регіону.

Література

- Steffen, C. R., Coble, M. D., Gettings, K. B., Vallone, P. M. (2017). Corrigendum to "U.S. Population Data for 29 Autosomal STR Loci" [Forensic Sci. Int. Genet. 7 (2013) e82–e83]. *Forensic Science International: Genetics*, 31, e36–e40. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.08.011>
- Soltyszewski, I., Spolnicka, M., Kartasinska, E., Konarzewska, M., Pepinski, W., Janica, J. (2006). Genetic variation of STR loci D3S1358, TH01, D21S11, D18S51, Penta E, D5S818, D13S317, D7S820, D16S539, CSF1PO, Penta D, vWA, D8S1179, TPOX and FGA by GenePrint PowerPlex 16 in a Polish population. *Forensic Science International*, 159 (2-3), 241–243. doi: <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.05.014>
- Semikhodskii, A., Kozub, N. A., Sozinov, I. A. (2012). Genetic data on 15 STR loci in the Caucasian population of the Russian Federation. *Cytology and Genetics*, 46 (6), 373–378. doi: <http://doi.org/10.3103/s0095452712060102>
- Zhivotovsky, L. A., Veremeichyk, V. M., Kuzub, N. N., Atramentova, L. A., Udina, I. G., Kartel, N. A., Tsybovsky, I. S. (2009). A reference data base on STR allele frequencies in the Belarus population developed from paternity cases. *Forensic Science International: Genetics*, 3 (3), e107–e109. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fsigen.2008.10.003>
- Konjhodžić, R., Kubat, M., Škavić, J. (2004). Bosnian population data for the 15 STR loci in the Power Plex 16 kit. *International Journal of Legal Medicine*, 118 (2), 119–121. doi: <http://doi.org/10.1007/s00414-004-0431-x>
- Projić, P., Skaro, V., Samija, I., Pojskić, N., Durmić-Pasić, A., Kovacević, L. et. al. (2007). Allele frequencies for 15 short tandem repeat loci in representative sample of Croatian population. *Croatian Medical Journal*, 48, 473–477. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17696301>
- Яворський, Б. І., Кривда, Р. Г. (2013). Дослідження алельного поліморфізму 15 аутосомних мікросателітних локусів, що входять до складу мультиплексної індивідуалізуючої панелі «Ampflstr®Identifiler» («Applied Biosystems», США), у змішаних популяціях мешканців деяких регіонів України. *Буковинський медичний вісник*, 17 (3 (67 (1))), 188–192. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bumv_2013_17_3%281%29_82
- Serga, S. V., Dombrovskiy, I. V., Maistrenko, O. M., Ostapchenko, L. I., Demydov, S. V., Krivda, R. G., Kozeretska, I. A. (2017). Allele frequencies for 15 STR loci in the Ukrainian population. *Forensic Science International: Genetics*, 29, e40–e41. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.05.004>
- Kozeretska, O. I., Maistrenko, O. M., Serga, S. V., Dombrovskiy, I. V., Ostapchenko, L. I., Demydov, S. V., Kozeretska, I. A. (2019). Allele frequencies for 15 forensic STR loci in a population sample from the Kyiv region, Ukraine. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 1–6. doi: <http://doi.org/10.1080/00450618.2019.1581255>
- Яворський, Б. І., Кривда, Р. Г., Івашина, О. Х., Войченко, В. В. (2011). Результати популяційних досліджень 15 аутосомних мікросателітних локусів геномної ДНК у змішаній популяції мешканців України. *Український морфологічний альманах*, 9 (2), 124–131. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uhora_2011_9_2_34
- Walsh, P. S., Metzger, D. A. (1991). Higuchi R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques*, 10, 506–513. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1867860>
- Frequently Asked Questions on CODIS and NDIS (2017). Available at: <https://www.fbi.gov/services/laboratory/biometric-analysis/codis/codis-and-ndis-fact-sheet>

13. GlobalFiler™ Express PCR Amplification Kit User Guide (2016). Available At: https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/4477672_GlobalFilerExpress_UG.pdf
14. Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89, 583–590. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17248844>
15. Huston, K. A. (1998). Statistical Analysis of STR Data. GenePrint™.1998. Available at: <https://promega.media/-/media/files/resources/profiles-in-dna/103/statistical-analysis-of-str-data.pdf>.
16. Evett, I. W., Weir, B. S. (1998). *Interpreting DNA Evidence: Statistical Genetics for Forensic Scientists*. Massachusetts: Sinaur Associates Inc. Sunderland, 278.
17. Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., Davis, R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American journal of human genetics*, 32, 314–331. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1686077/>
18. Kalinowski, S. T. (2006). hw-quickcheck: an easy-to-use computer program for checking genotypes for agreement with Hardy-Weinberg expectations. *Molecular Ecology Notes*, 6 (4), 974–979. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2006.01456.x>
19. Greenwood, P. E., Nikulin, M. S. (1996). *A guide to chi-squared testing*. New York: Wiley, 304. Available at: <https://www.wiley.com/en-us/A+Guide+to+Chi+Squared+Testing-p-9780471557791>

Received date 02.05.2019

Accepted date 27.05.2019

Published date 30.06.2019

Савельєва Марина Володимирівна, кафедра загальної та медичної генетики, навчально-науковий центр "Інститут біології та медицини", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, м. Київ, Україна 01033, Медико-генетичний центр "Мама Папа", вул. Тарасівська, 2, м. Київ, Україна 01033
E-mail: marynasavelieva@gmail.com

Рушковський Станіслав Ричардович, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра загальної та медичної генетики, Навчально-науковий центр "Інститут біології та медицини", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, Україна, м. Київ, 01033
E-mail: rushkovsky@univ.kiev.ua