

УДК 911+504

ТРОФОГЕОГРАФІЯ: СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ)

Некос А. Н., Висоцька О. В., Порван А. П., Семибратова П. В.

Харківський національний університет імені В.Н. Карабіна

Харківський національний університет радіоелектроніки

Визначені сучасні напрямки трофогеографічних досліджень. Наведені результати дисперсійного аналізу впливу природних складових – ландшафт і ґрунт на показники концентрації хімічних елементів в продукції рослинного походження. Розглянуто перспективи подальших трофогеографічних досліджень щодо впливу природних та соціально-економічних факторів на мікроелементний склад рослинної продукції.

Ключові слова: трофогеографія; продукція рослинного походження; мікроелементи; природні та соціально-економічні фактори; дисперсійний аналіз.

Постановка проблеми. Сучасні трофогеографічні дослідження [6, 7] щодо концентрації мікроелементів у продуктах рослинного походження враховують, у першу чергу, географічні особливості території. Визначення впливу природних факторів (ландшафти та ґрунт) на накопичення хімічних елементів в рослинній продукції є важливим, що можна підтвердити шляхом проведення дисперсійного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема якості продуктів харчування рослинного походження є надзвичайно актуальною. Дослідження показали, що забруднення рослинних продуктів важкими металами може привести до негативних наслідків у стані здоров'я населення, яке майже щоденно споживає ці продукти харчування. Надходження хімічних елементів до рослин можуть бути як кореневим шляхом через ґрунт, так і аеральним.

За дослідженнями А. Кабата-Пендіас, надлишок мікроелементів у ґрунті – більший стрес для рослинної продукції, ніж їх нестача. Механізми, що приймають участь в процесах обмеження надходження мікроелементів, набагато слабші, ніж ті, що приймають участь у поглинанні дефіцитних мікроелементів [3], тому рослини не здатні в повній мірі протистояти високим концентраціям важких металів на території, де вони вирощуються.

Відомо, що на накопичення мікроелементів у ґрунті впливає рН ґрунту. Найбільшу рухливість, як визначає О. І. Перельман, важкі метали проявляють в кислих ґрунтах тому що, в таких умовах слабо розчинні окисли важких металів переходять в іонну форму, яка в свою чергу легко засвоюється рослинною продукцією. В кислих ґрунтах найбільш рухливі Cd, Co, Cu, Ni, Zn. А Pb та Cd дуже активно сорбуються у верхніх шарах гумусового горизонту суглинистих ґрунтів, міграційні процеси по всьому ґрунтовому профілю незначні [9].

Що стосується питань перерозподілу хімічних елементів у різних ландшафтах, то за даними В.

В. Добровольського (1969), мікроелементи виносяться з поверхневим стоком з вододілу і високих терас в долини річок і заплави, внаслідок чого відбувається диференціація мікроелементів і в заплавах затримуються важкі метали, а більш рухливі мікроелементи мігрують разом з поверхневими водами [2]. Тому важкі метали значно активніше розсіюються в долинних і балково-долинних формах рельєфу в порівнянні з вододілами.

Малишева Л. Л. досліджувала територіальні одиниці з точки зору їх хімічного складу, фізико-хімічних особливостей, міграції мікроелементів між компонентами і ландшафтно-геохімічними системами [4]. Можливо ще перелічити багато напрямків досліджень мікроелементного складу природних компонентів і рослинної продукції, але обсяги статті не дозволяють це зробити.

Однак, слід відзначити, що комплексні дослідження впливу природних і соціально-економічних факторів на хімічний склад продуктів харчування рослинного походження у спеціальній літературі майже не висвітлені.

Мета досліджень – оцінити шляхом дисперсійного аналізу вплив природних складових (ландшафтів та ґрунтів) на вміст мікроелементів у харчовій продукції рослинного походження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Трофогеографічні дослідження проводяться на екологічному факультеті Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна вже багато років [5, 6, 7] і завдяки ним вже встановлено певні географічні закономірності формування хімічного складу харчової продукції рослинного походження. Виявлено, що екологічний стан навколишнього середовища, природні і соціально-економічні умови впливають на особливості накопичення мікроелементів у рослинній продукції.

Дослідження охопили майже всі географічні пояси у північній півкулі. Дослідження проводилися в Україні, Білорусі, РФ, Польщі, Словаччині,

Угорщині, Китаї, що розташовані в помірному поясі; Туреччині, Ізраїлі, на Кіпрі, розміщених у суб-тропічному поясі; Єгипті, Катарі, розміщених у тропічному поясі та Індії – субекваторіальний пояс.

На території України дослідження проводилися у лісовій, лісостеповій, степовій природних зонах, Карпатах та Криму, тобто у регіонах з різними природними і соціально-економічними умовами. Всього було відібрано для аналізів більше 2,5 тис. зразків, із них – більше 600 зразків ґрунту і 1400 зразків овочів, фруктів, ягід і лікарських трав, а також зразки атмосферного пилу, опадів, роси, снігу тощо.

В межах природних зон України виділяються фізико-географічні краї і райони, що відрізняються, у першу чергу, за геолого-геоморфологічними і ґрунтовими умовами, які впливають на міграцію і перерозподіл мікроелементів у ґрунтах і рослинності. Пошук закономірностей в перерозподілі хімічних елементів у ґрунтах, різних геоморфологічних та ландшафтних умовах – одна з найважливіших задач в наших дослідженнях. Ці природні фактори визначають особливості поверхневого стоку, міграцію мікроелементів, їх акумуляцію і як наслідок транслокацію у рослини. Великий масив експериментальних даних надав можливість шляхом статистичної математичної обробки визначити певні закономірності впливу природних складових «ґрунт» і «ландшафт» на концентрацію хімічних елементів у рослинних харчових продуктах.

Дослідження проводилося у два етапи: проведення дисперсійного аналізу з метою визначення наявності впливу фактору «ґрунт»; проведення дисперсійного аналізу з метою визначення наявності впливу фактору «Ландшафт».

На першому етапі досліджень чинником А є «ґрунт». Відгук на чинник «ґрунт» – концентрація хімічних елементів у продуктах харчування рослинного походження. Таким чином, були отримані значення концентрації важких металів в рослинах x_{ik} – i – елемент ($i = \overline{1, m}$) – k вибірки

($k = \overline{1, m}$), де $m=10$ – число досліджуваних вибірок, рівне числу металів (1 – Fe, 2 – Mn, 3 – Zn, 4 – Cu, 5 – Ni, 6 – Pb, 7 – Al 8 – Co, 9 – Cr, 10 – Cd), що вивчаються, n_k – число даних у k – вибірці, що є відгуком на чинник А – «ґрунт», які змінюються на 13 рівнях (А1 – дерново-піщані, А2 – дерново-підзолисті, А3 – лугово-буроземні, А4 – сірі-лісові, А5 – чорноземи опідзолені та типові (лісостепові), А6 – чорноземи звичайні (північно степові), А7 – чорноземи на нелесових породах, А8 – лучно-чорноземні, А9 – каштанові (сухо

степові) в комплексі із солонцями і солодами, А10 – буроземні, А11 – підзолисто-буроземні, А12 – коричневі лучні та лучно-болотні, А13 – жовтоземи).

Основною передумовою для можливості проведення дисперсійного аналізу є однорідність дисперсії між вибірками. Перевірку гіпотези про гомогенність дисперсій статистичних популяцій провели з використанням тесту Левіне:

$$W = \frac{(N - m)}{m - 1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^k N_i (Z_i - Z_{..})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^{N_i} (Z_{ik} - Z_i)^2}$$

N – загальна кількість спостережень в усіх вибірках;

N_i – кількість спостережень в i -й групі;

$Z_i = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} Z_{ik}$ – математичне співвідношення всіх $Z_{ik} = \begin{cases} |x_{ik} - \bar{x}_k| \\ |x_{ik} - \tilde{x}_k| \end{cases}$;

$Z_{..} = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} Z_{ik}$ – математичний збіг Z_{ik} для k -й вибірки;

\bar{x}_k – середнє арифметичне k -й вибірки;

\tilde{x}_k – медіана k -й вибірки.

Якщо рівень значущості p тесту Левіне менше 0,05, то отримана для вибірок різниця дисперсій маловірогідно є результатом випадковості процесу дослідження. Тому нульова гіпотеза про те, що дисперсії рівні для всіх вибірок, відкидається і можна зробити висновок, що дисперсії статистичних популяцій є різними. Однією з переваг тесту Левіне є те, що він не вимагає того, щоб дані були отримані з нормально розподіленої статистичної популяції [8].

За результатами проведення тесту можна констатувати не значиму відмінність між вибірковими дисперсіями в групах. Виняток становлять три показники – Cu, Pb, Co для яких $p < 0,05$.

Далі було проведено дисперсійний аналіз за традиційною схемою [1, 10]. Аналіз результатів показав *дуже значимий* вплив чинника «ґрунт» на вміст таких мікроелементів, як Fe, Mn, Zn, Ni, Al, Cr, Cd. Дисперсійний аналіз, на жаль, не виявив значимого впливу чинника «ґрунт» на вміст Co, Pb, Cu в рослинних продуктах харчування.

При проведенні другого етапу досліджень чинником А виступає «Ландшафт», що змінюється на 9 рівнях: А1 – міжрічкові: рівнинні лесові, піднесені і відносно вирівняні; А2 – міжрічкові: рівнинні лесові і відносно вирівняні, розчленовані ярами й балками; А3 – міжрічкові: рівнинні лесові розчленовані ярами й балками; А4 – долинні: рівнинні лесові, сильно розчленовані ярами й балками; А5 – долинні: рівнинні лесові, розчленовані ярами й балками; А6 – долинні: рівнинні лесові, розчленовані ярами й балками; А7 – долинні: рівнинні лесові плоскі; А8 – долинні: рівнинні дрібногорбисті; А8 –

долинні: рівнини плоскі й слабкохвилясті; А9 - балково-долинні.

Схема проведення другого етапу досліджень і аналізу отриманих результатів аналогічні першому. Результати проведення тесту Левіне свідчать про те, що вибіркові дисперсії в групах відрізняються не значимо. Виключення складає Pb, для якого $p < 0,05$.

Проведений дисперсійний аналіз показав, що *дуже значимим* виявився вплив чинника «Ландшафт» на вміст Mn, Al, Cd, Fe в рослинних продуктах харчування. Також спостерігається *значимий вплив* чинника «Ландшафт» на вміст таких металів, як Zn, Ni, Co, Cr. Проте, дисперсійний аналіз не виявив значимого впливу досліджуваного чинника на вміст в продуктах харчування Cu, Pb.

Висновки. Проведені дослідження показали, що ґрунт значно впливає на накопичення Fe, Mn, Zn, Ni, Al, Cr, Cd в продукції рослинного походження і не відіграє вирішальної ролі в накопиченні Co, Pb, Cu. Також визначено, що ландшафт впливає на накопичення Mn, Al, Cd, Fe, Zn, Ni, Co, Cr. Результати дисперсійного аналізу не показали значимого впливу ландшафту на накопичення Cu та Pb в продукції рослинного походження. Проведені трофогеографічні дослідження та дисперсійний аналіз масиву статистичних даних дозволяє окреслити перспективні напрямки трофогеографічних досліджень щодо визначення впливу наступних природних складових – температурний режим, опади, пил, роса, вологість, ерозійні процеси, тощо на концентрацію мікроелементів у рослинній продукції щоденного споживання та соціально-економічних факторів (наприклад, викиди антропогенного походження).

Список літератури

1. Гусев А. Н. Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии: учеб. пособ. / А. Н. Гусев. — М.: Учеб.-метод. коллектор «Психология», 2000. — 136 с.
2. Добровольський В. В. Аккумуляция редких и рассеянных химических элементов растительностью зональных ландшафтов СССР. — Общие теоретические проблемы биологической продуктивности. / В. В. Добровольський — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — 34 - 41 с.
3. Кабата-Пендиас А. Проблемы современной биогеохимии микроэлементов. / А. Кабата-Пендиас // Рос. хим. ж. — 2005. Т. XLIX. — № 3 — С. 15 — 19.
4. Малишева Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території. / Л. Л. Малишева. — К.: РВЦ «Київський університет», 1997. — 264 с.
5. Некос А. Н. Вплив різних геоморфологічних і ґрунтових умов на екологічну безпеку рослинної продукції що продукується в межах Лісостепу. / А. Н. Некос // Міжвідомчий збірник «Метеорологія, кліматологія, гідрологія». — 2008. — Т.1, № 50. — С. 48 - 52.
6. Некос А. Н. Проблеми дослідження якості рослинної продукції — теорія і практика трофогеографії. / А. Н. Некос // Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Сер. Екологія. — 2008. — № 801 — С. 7 - 14.
7. Некос А. Н. Розвиток наукових уявлень про вплив природних та антропогенних чинників на якість рослинної продукції. / А. Н. Некос // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. — 2010. - №893. — С. 15-18.
8. Орлова И. В. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS. / И. В. Орлова, Н.А Концева, В. Турундаевский. — М.: Вузовский учеб. 2009. — 320 с.
9. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. — М.: Высш. шк., 1989. — 423 с.
10. Таганов Д. SPSS: статистический анализ в маркетинговых исследованиях. / Д. Таганов. — СПб: «Питер», 2005. — 192 с.

Некос А. Н., Высоцкая Е. В., Порван А. П., Семибратова П. В. Трофогеография: современные исследования и перспективы развития (результаты дисперсионного анализа влияния природных факторов на химический состав растительной продукции). Определены современные направления трофогеографических исследований. Приведены результаты дисперсионного анализа влияния природных составляющих — ландшафтов и почв - на химический состав и показатели концентрации химических элементов в продукции растительного происхождения. Рассмотрены перспективы последующих трофогеографических исследований влияния природных и социально-экономических факторов на микроэлементный состав растительной продукции.

Ключевые слова: трофогеография; продукция растительного происхождения; микроэлементы; природные и социально-экономические факторы; дисперсионный анализ.

Nekos A. N., Visotska O. V., Porvan A. P., Semybratova P. V. Tropho-geography: modern researches and perspective (results of the dispersive analysis of the natural factor impacts on the chemical composition of plant products). Modern directions of tropho-geographical researches are defined. Results of dispersive analysis of impact of natural components — landscapes and soils - on the chemical composition and concentration of chemical components in products of vegetable origin are presented in the article. The perspectives of future tropho-geographical researches are discussed in relation to impact of natural and socio-economic factors on microelement composition of vegetable products.

Key words: tropho-geography; products of vegetable origin; microelements; natural and socio-economic factors; dispersive analysis.