



**КОВАЛЕНКО**

**Наталія Петрівна,**

доктор історичних наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувач сектору наукознавства  
Інституту історії аграрної науки,  
освіти та техніки  
ННСГБ НААН  
(м. Київ)

**ЕВОЛЮЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ  
СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЬОВИХ  
ДОСЛІДІВ У ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ  
(ДРУГА ПОЛОВИНА ХІХ – ПОЧАТОК ХХІ СТОЛІТЬ)**

*Представлено еволюцію застосування методів математичної статистики для обробітку результатів польових дослідів, що забезпечило точність та вірогідність одержаних результатів дослідження, виявлення раніше невідомих закономірностей для сприятливого росту і розвитку сільськогосподарських культур. Визначено, що для виконання наукових досліджень у землеробстві ефективним є застосування дисперсійного аналізу статистичних даних у багатофакторних дослідах, що дозволило встановити приховані залежності багатьох біологічних явищ. Оцінено динаміку взаємовпливу основних чинників землеробства: застосування сівозмін, обробітку ґрунту, внесення добрив, засобів захисту рослин та погодних умов на продуктивність сільськогосподарських культур в Україні упродовж другої половини ХІХ – початку ХХІ століть.*

**Ключові слова:** еволюція, методи математичної статистики, дисперсійний аналіз, землеробство, землекористування, сільськогосподарські культури.

*Представлена еволюція применения методов математической статистики для обработки результатов полевых опытов, что обеспечило точность и достоверность полученных результатов исследования, выявление ранее неизвестных закономерностей для благоприятного роста и развития сельскохозяйственных культур. Определено, что для выполнения научных исследований в земледелии эффективным есть применение дисперсионного анализа статистических данных в многофакторных опытах, что позволило установить скрытые зависимости многих биологических явлений. Оценена динамика взаимовлияния основных факторов земледелия: применение севооборотов, обработки почвы, внесения удобрений, средств защиты*

*растений и погодных условий на продуктивность сельскохозяйственных культур в Украине на протяжении второй половины XIX – начала XXI веков.*

**Ключевые слова:** *эволюция, методы математической статистики, дисперсионный анализ, земледелие, землепользование, сельскохозяйственные культуры.*

*The evolution of application mathematical statistics methods have presented for processing of results of field experiments have provided the accuracy and reliability of the received results of research, detection of earlier unknown regularities for the favourable growth and development of crops. It's determined that for implementation of scientific studies in agriculture application of analysis of variance of statistical data in multivariate experiences is effective that has allowed establishing the hidden dependencies of many biological phenomena. The dynamics of interrelation of the basic factors of agriculture have estimated: application of crop rotations, tillage, fertilization, means of plants protection and weather conditions on cropping capacity in Ukraine during the second half of the XIX – at the beginning of the XXI centuries.*

**Key words:** *evolution, methods of mathematical statistics, analysis of variance, agriculture, land-tenure, crops.*

Отримання високої та сталої урожайності сільськогосподарських культур можливе лише при створенні рослинам сприятливих умов росту і розвитку. Це забезпечує на оптимальному рівні всі процеси перетворення енергії й обміну речовин у рослинному організмі, починаючи від фотосинтезу та закінчуючи утворенням кінцевих продуктів життєдіяльності рослин: білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів та ін. Забезпечення безперервного процесу утворення органічної речовини, уникнення навіть короточасних перерв у роботі як фотосинтезу у цілому, так і окремо кожної рослини, є необхідною умовою отримання високої та сталої урожайності з кращими показниками якості.

З цією метою на всіх етапах виконання сучасних наукових досліджень у землеробстві передбачено широке застосування математичної статистики, що дозволяє встановити приховані залежності, які притаманні багатьом біологічним явищам. Використання математичної статистики у землеробстві забезпечує точність і однозначність, ступінь вірогідності й надійності висновків; сприяє глибшому оцінюванню сутності науково-виробничих

проблем; виявленню раніше невідомих закономірностей та постановці нових актуальних завдань для вирішення у майбутньому.

Застосування математичної статистики для обробітку результатів польових дослідів зумовило виникнення та розвиток відповідних методів, що у подальшому стало невід'ємною складовою експериментальних досліджень у землеробстві. Їх удосконалення є одним з основних шляхів підвищення ефективності, результативності та якості наукових досліджень у землеробстві.

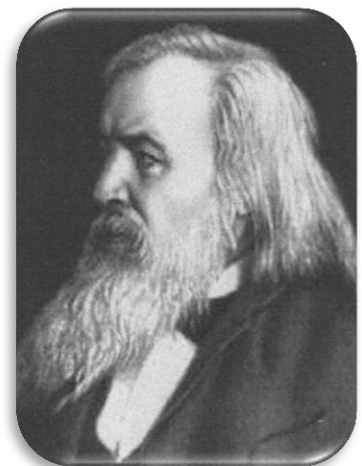
Вперше відомості про принципи кореляції, як відповідності та взаємозв'язку різноманітних чинників, наведено у працях видатного давньогрецького філософа-мислителя, вченого-енциклопедиста Аристотеля [1, с. 306]. Хоча більш системно у наукових дослідженнях їх почали використовувати у 1783 р. завдяки кривій розподілу випадкових величин французького вченого П. Лапласа та методу найменших квадратів німецького вченого К. Гауса. У 1889 р. англійські статистики Ф. Гальтон і К. Пірсон розробили методику кореляційного та регресійного аналізу. Але особливий внесок у розвиток методів статистичного планування експерименту зробив англійський вчений Р. Е. Фішер, який у 1935 р. опрацював методику математичного планування експерименту [2], у 1938 р. – теорію статистичної перевірки гіпотез, а саме дисперсійний аналіз [3]. Вчений вперше обґрунтував доцільність одночасного варіювання всіма чинниками на противагу широко поширеному однофакторному експерименту. Він розробив основи дисперсійного аналізу, описавши його повну класифікацію.



**Аристотель**



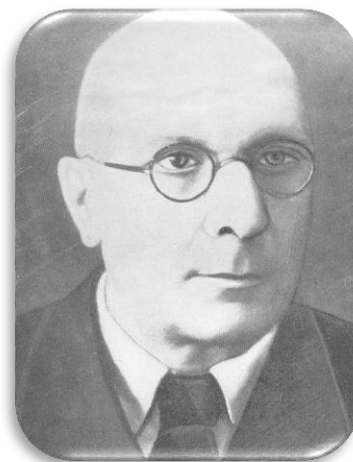
**Р. Е. Фішер**



**Д. І. Менделєв**

У другій половині XIX – на початку XX ст. методи математичної статистики для обробітку результатів досліджень у землеробстві отримали широкий розвиток у науковому просторі. У Російській імперії методи статистичного обробітку результатів досліджень у землеробстві вперше у 1867 р. застосував Д. І. Менделєєв, удосконалили у 1929 р. – М. Ф. Деревицький [4–5], у 1931 р. – В. М. Перегудов [6–7]. На необхідності їх застосування для вирішення точності польових дослідів у землеробстві акцентували увагу вітчизняні вчені: О. Г. Дояренко [8], М. А. Єгоров [9–10]. Вони розробили методику аналізу дослідних даних із обов'язковим застосуванням методів математичної статистики.

У 1911 р. одним із перших вітчизняних вчених, хто впровадив математичні методи (теорія ймовірностей та математична статистика) до аналізу спостережень у землеробстві був видатний вчений-агроном М. М. Вольф. У спеціальному розділі «Математические признаки ряда результатов, predeterminedных подавляющим влиянием постоянных факторов» у праці «Труды сети коллективных опытов с минеральными удобрениями в Екатеринославской губернии» вчений стверджував, що із застосуванням математичного аналізу отримували більш точні вирази величин, що характеризували одержані ряди [11, с. 110–114]. Він запропонував використати для аналізу статистичних рядів таблицю розподілу відхилень за К. Гаусом. Зазначену працю високо оцінили науковці у галузі землеробства, особливо опрацювання і викладення техніки обліку врожаїв зернових культур за середніми величинами.



**М. Ф. Деревицький**



**О. Г. Дояренко**



**М. А. Єгоров**

М. М. Вольф вперше у науковій практиці застосував математичні методи для оцінювання одержаних результатів польових дослідів на Харківській дослідній станції.

У першій половині ХХ ст. при виконанні методологічних досліджень О. К. Філіповським здійснено перші спроби аналізу розвитку впровадження математичних методів з точки зору точності одержаних результатів у підручнику «Сільськогосподарська дослідна справа» [12], М. М. Тулайковим у довіднику «Материалы по технике полевых и лабораторных опытов» [13] та А. О. Сапегіним у практичному посібнику для дослідників «Вариационная статистика» [14]. Вони відобразили наукові основи землеробства, показали, що вже склались певні напрями практичного застосування методів математичної статистики та теорії ймовірностей. Ними розроблені відповідні методики аналізу результатів та оцінки точності польових багатофакторних дослідів для вирішення проблем у землеробстві.

Досягнення щодо практичного застосування методів математичної статистики та теорії ймовірностей сприяли подальшому удосконаленню планування польового дослідів та статистичного обробітку дослідних даних. Прикладами таких досліджень є праці вчених П. Н. Константинова [15–17] і О. С. Молостова [18–19] про методи оцінки даних та заходи підвищення точності польових дослідів.



**М. М. Вольф**



**М. М. Тулайков**



**А. О. Сапегін**

У другій половині ХХ ст. системний підхід щодо досліджень у землеробстві із статистичним обробитком результатів дослідів знайшов найкраще синтезуюче втілення у працях Б. О. Доспехова [20–21]. На початку ХХІ ст. залежності між окремими показниками досліду (атмосферні опади, температура і вологість повітря, попередники, насичення сівозмін польовими культурами, стійкість проти хвороб та шкідників, врожайність культур, продуктивність сівозмін, якість продукції) виявляють за допомогою методів математичної статистики – коефіцієнтів кореляції для лінійних залежностей і кореляційного відношення для криволінійних зв'язків [22–25].



**П. Н. Константинов**

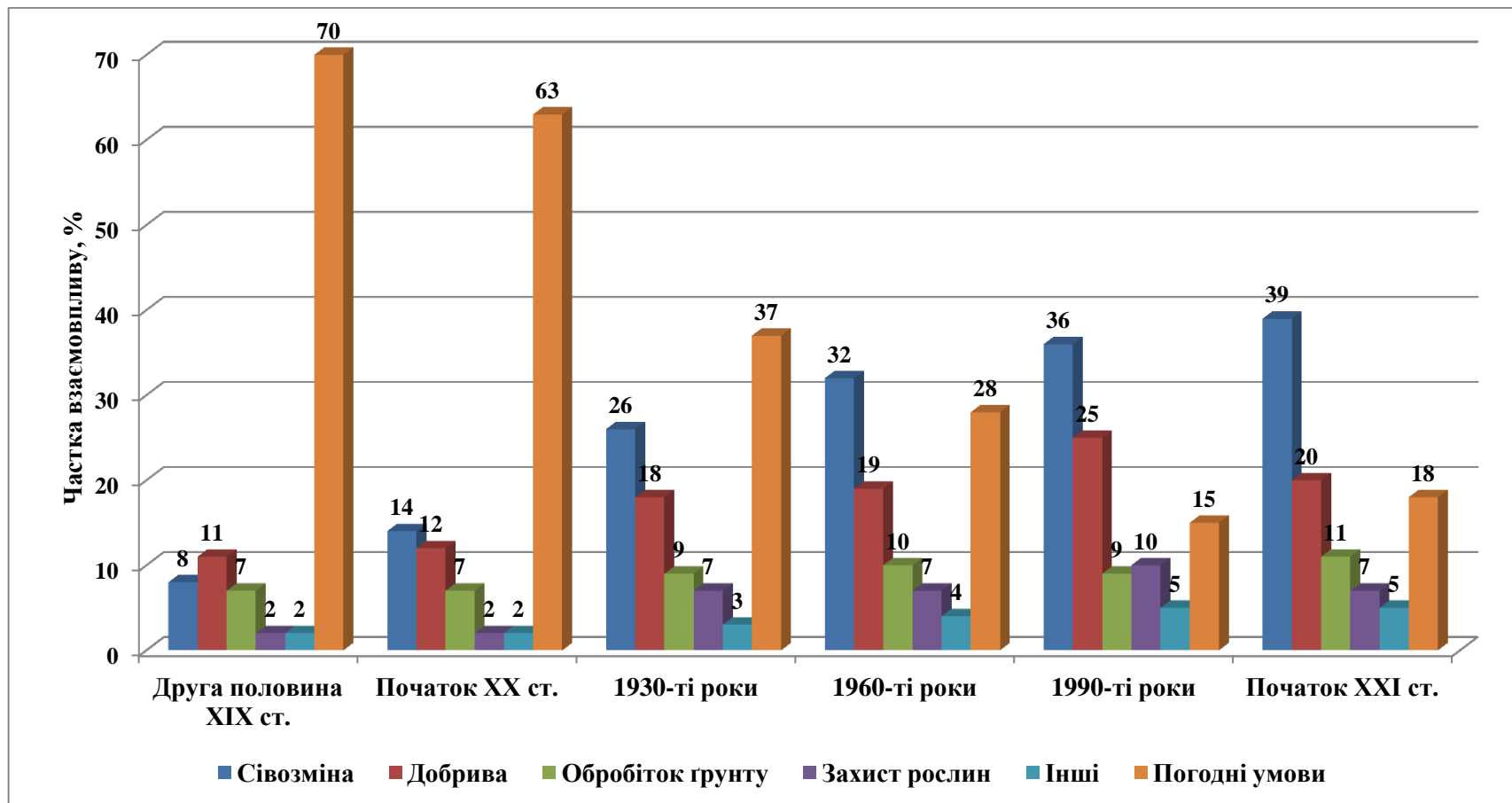
На основі багаторічних досліджень ефективності вирощування сільськогосподарських культур у стаціонарних багатофакторних польових дослідах автором визначено та математично оцінено взаємозв'язки між раціональним землекористуванням і основними чинниками землеробства та погодними умовами. Для встановлення частки взаємовпливу



**Б. О. Доспехов**

застосовано дисперсійний аналіз – метод аналізу статистичних даних у багатофакторних дослідах [19, с. 162; 20, с. 337]. Він ґрунтується на визначенні дії як систематичних (контрольованих) та випадкових (неконтрольованих) чинників, так і їх взаємодії на варіювання результативності загальної ознаки [5, с. 479–492; 7, с. 5–11; 21, с. 285–289].

Математично оцінено частку взаємовпливу основних чинників землеробства: застосування сівозмін, обробітку ґрунту, внесення добрив, засобів захисту рослин, інших чинників (використання сортів та гібридів, підготовка насіння, глибина і норма висіву, періоди сівби) та погодних умов на продуктивність зернових культур в Україні упродовж другої половини ХІХ – початку ХХІ ст. (рис. 1).



**Рис. 1. Динаміка частки взаємовпливу основних чинників землеробства та погодних умов на продуктивність зернових культур в Україні упродовж другої половини XIX – початку XXI ст., %**

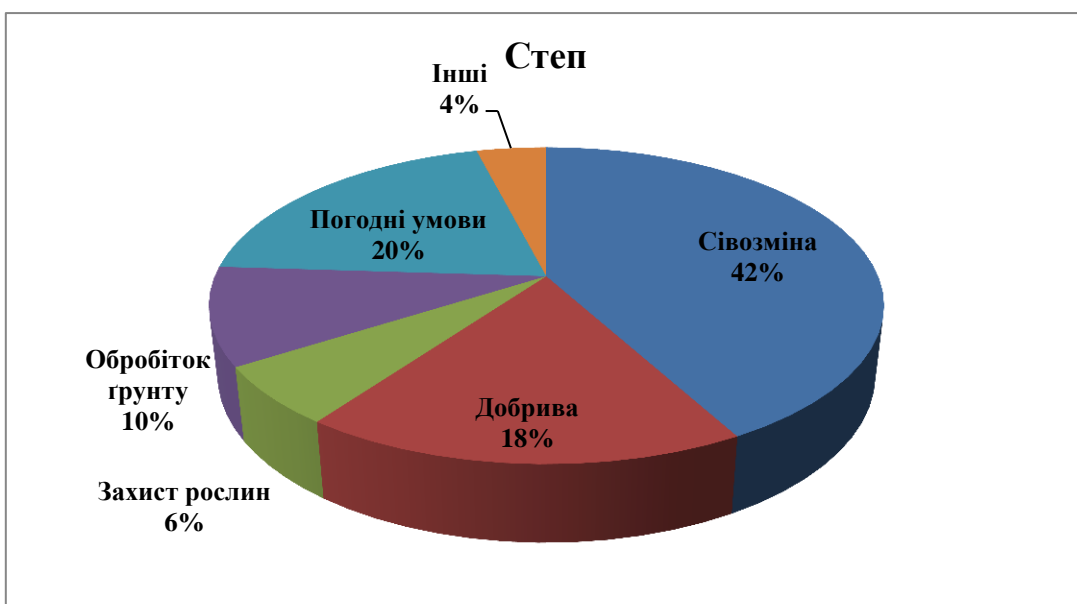
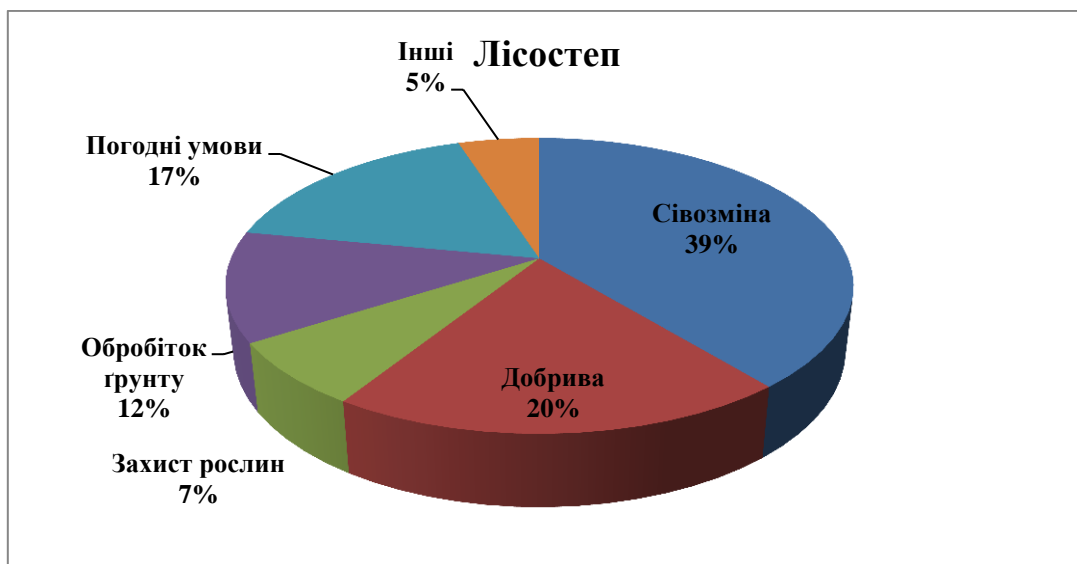
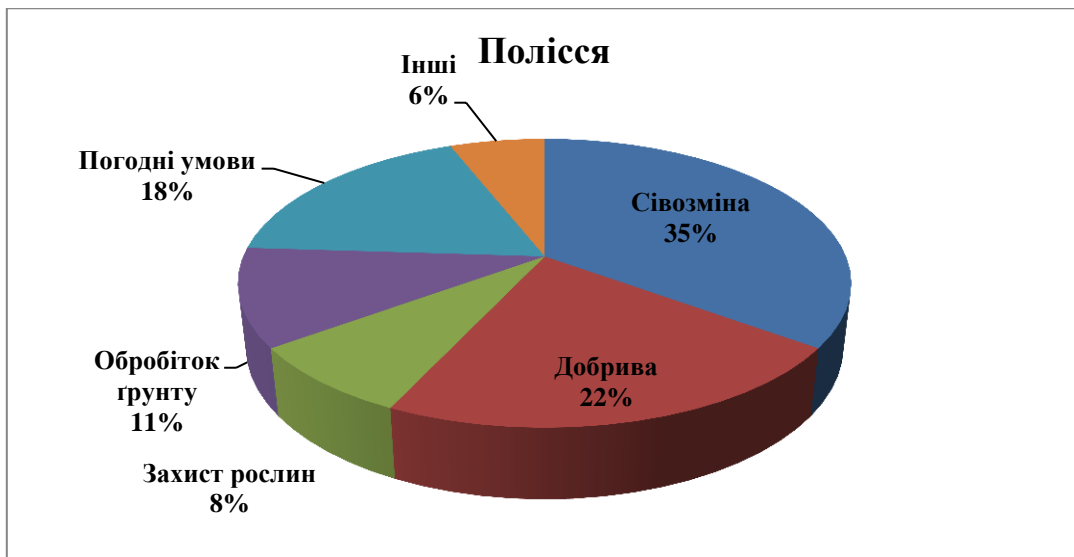
Представлена динаміка у результаті обробітку методом дисперсійного аналізу багаторічних даних з урожайності сільськогосподарських культур свідчить про збільшення за роками частки взаємовпливу на продуктивність зернових культур всіх чинників землеробства, що забезпечило зменшення негативної дії несприятливих погодних умов з 70 до 18 %. Зокрема, частка взаємовпливу сівозмінного чинника більше ніж за півтора століття зросла на 31 %, внесення добрив – на 9 %, захисту рослин – на 5 %, обробітку ґрунту – на 4 %. Це підтверджує актуальність застосування науково обґрунтованих агрофітоценозів, які удосконалювались за роками.

Математично оцінено частку взаємовпливу основних чинників землеробства: застосування сівозмін, внесення добрив, засобів захисту рослин, обробітку ґрунту, інших чинників (сорти та гібриди, підготовка насіння, глибина і норми висіву, періоди сівби) та погодних умов на раціональне землекористування в Україні на початку XXI ст. Кожен чинник при різних відхиленнях від норми (в екстремальних випадках) може стати вирішальним і обмежити величину можливого врожаю для певних ґрунтово-кліматичних умов.

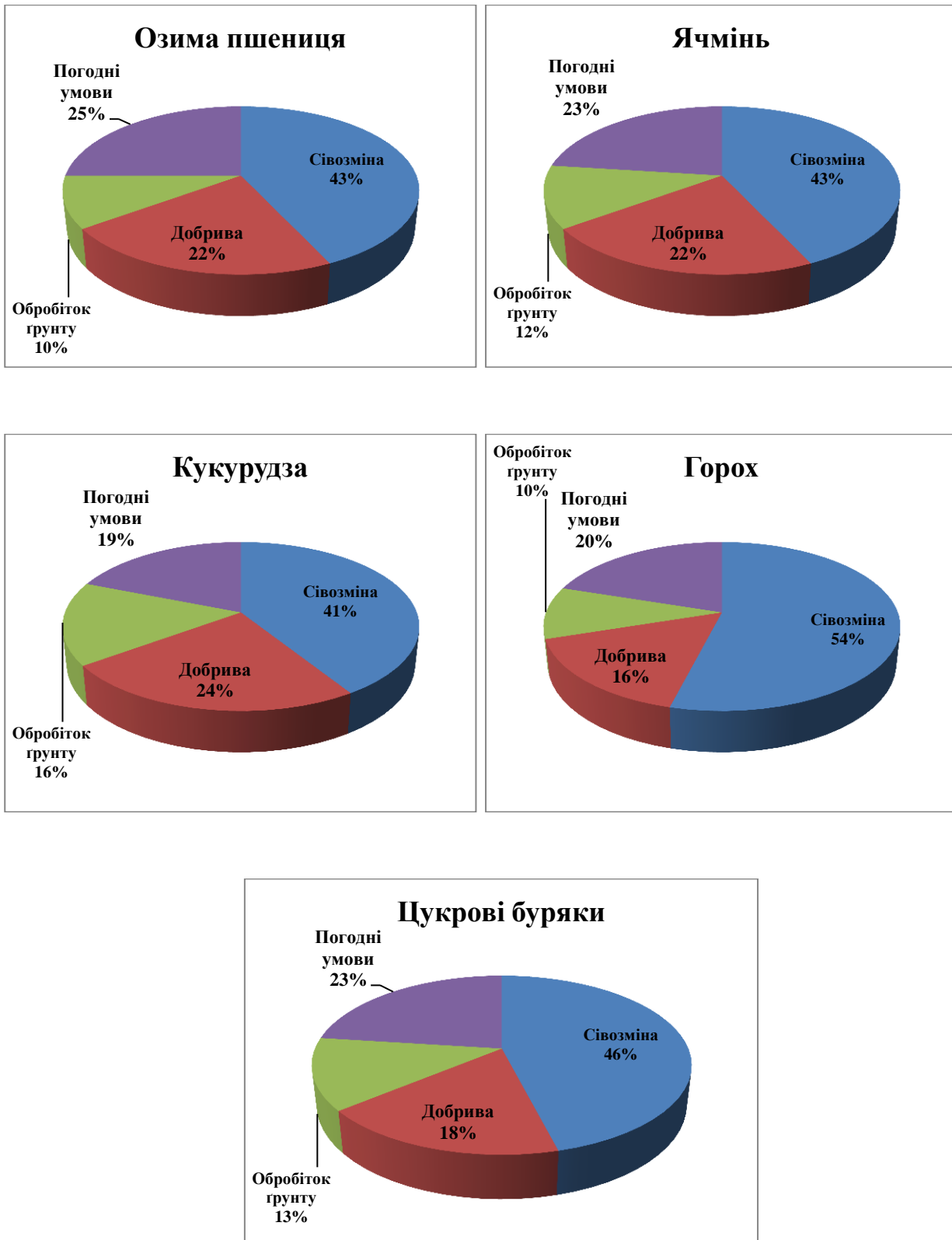
У результаті обробітку методом дисперсійного аналізу багаторічних даних з урожайності сільськогосподарських культур у Поліссі, Лісостепу та Степу України визначено, що найбільшу частку взаємовпливу на раціональне землекористування складає сівозмінний чинник – 35–42 % (рис. 2). Наступні чинники можна розмістити у низхідний ряд: внесення добрив – 18–22 %, погодні умови – 17–20 %, обробіток ґрунту – 10–12 %, захист рослин – 6–8 %, інші чинники (сорти та гібриди, підготовка насіння, глибина і норми висіву, періоди сівби) – 4–6 %.

Встановлено частку взаємовпливу основних чинників землеробства (сівозміна, добрива, обробіток ґрунту) та погодних умов на урожайність провідних сільськогосподарських культур у Лісостепу України. Найбільшу частку взаємовпливу на урожайність озимої пшениці, ячменю, кукурудзи, гороху, цукрових буряків складає сівозмінний чинник – 41,3–54,2 % (рис. 3).





**Рис. 2. Частка взаємовпливу основних чинників землеробства та погодних умов на раціональне землекористування в Україні на початку XXI ст., %**



**Рис. 3. Частка взаємовпливу основних чинників землеробства та погодних умов на урожайність провідних сільськогосподарських культур у Лісостепу України на початку XXI ст., %**

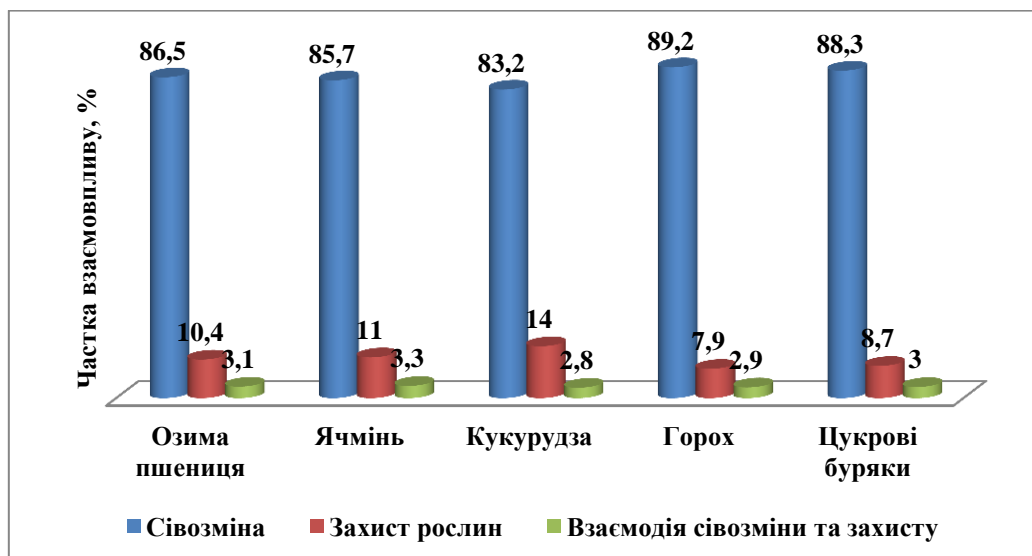
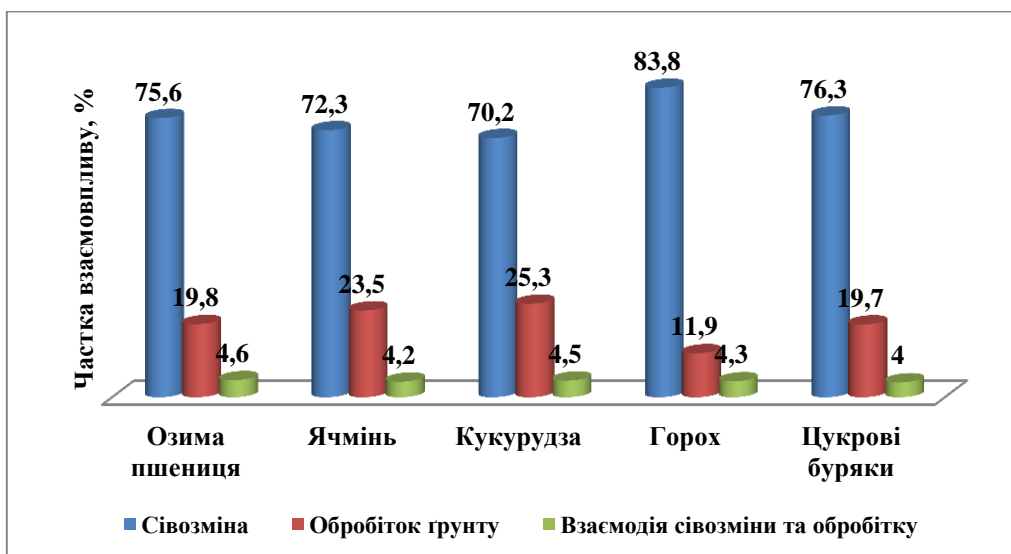
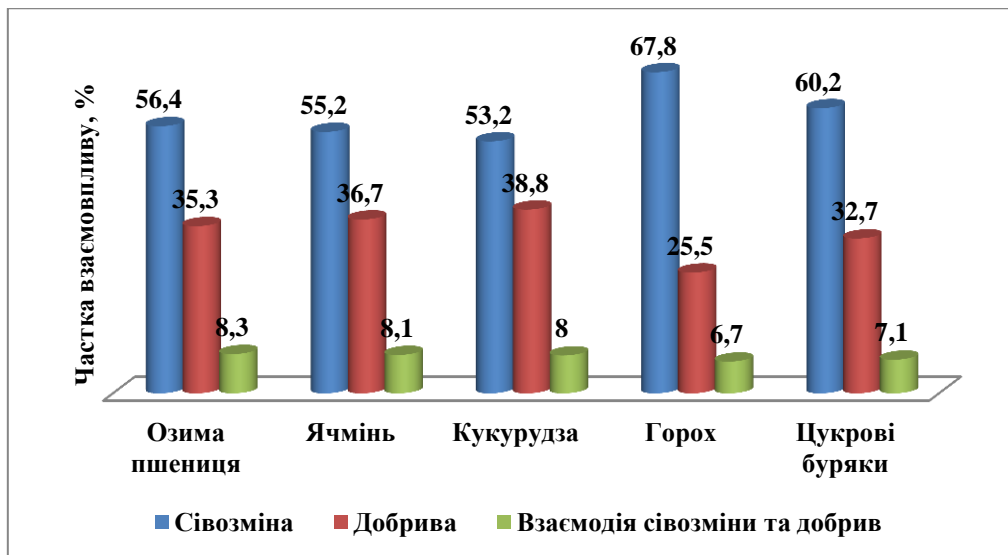
Наступні чинники можна розмістити у низхідний ряд: погодні умови – 18,7–25,3 %, внесення добрив – 16,1–23,5 %, обробіток ґрунту – 10,1–16,5 %.

Визначено частку сумісного взаємовпливу сівозміни та інших чинників землеробства (добрива, обробіток ґрунту, захист рослин) на урожайність провідних сільськогосподарських культур у Лісостепу України (рис. 4). Найбільшу частку взаємовпливу на урожайність всіх сільськогосподарських культур відмічено при взаємодії сівозмінного чинника із внесенням добрив, яка становить 6,7–8,3 %; найменшу – при взаємодії сівозмінного чинника із захистом рослин – 2,8–3,3 %; посереднє місце займає взаємодія сівозмінного чинника із обробітком ґрунту – 4,0–4,6 %.

Для озимої пшениці відсоток від сумісного взаємовпливу сівозміни та внесення добрив частка сівозмінного чинника становить 56,4 %, удобрення – 35,3 %, взаємодії цих чинників – 8,3 %; відсоток від сумісної дії сівозміни та обробітку ґрунту частка сівозмінного чинника становить 75,6 %, обробітку ґрунту – 19,8 %, взаємодії цих чинників – 4,6 %; відсоток від сумісної дії сівозміни та захисту рослин частка сівозмінного чинника становить 86,5 %, захисту рослин – 10,4 %, взаємодії цих чинників – 3,1 %.

Для ячменю відсоток від сумісного взаємовпливу сівозміни та внесення добрив частка сівозмінного чинника становить 55,2 %, удобрення – 36,7 %, взаємодії цих чинників – 8,1 %; відсоток від сумісної дії сівозміни та обробітку ґрунту частка сівозмінного чинника становить 72,3 %, обробітку ґрунту – 23,5 %, взаємодії цих чинників – 4,2 %; відсоток від сумісної дії сівозміни та захисту рослин частка сівозмінного чинника становить 85,7 %, захисту рослин – 11,0 %, взаємодії цих чинників – 3,3 %.

Отже, виникнення методів математичної статистики відбулося у Стародавній Греції з першою згадкою про принципи кореляції у працях видатного філософа-мислителя, вченого-енциклопедиста Аристотеля. На початку ХХ ст. статистичні методи для обробітку результатів досліджень у землеробстві отримали розвиток у працях вітчизняних вчених. Застосування методів математичної статистики для обробітку результатів польових дослідів



**Рис. 4. Частка взаємовпливу сівозміни та інших чинників землеробства на урожайність провідних сільськогосподарських культур у Лісостепу України на початку XXI ст., %**

забезпечило точність та вірогідність одержаних результатів дослідження, виявлення раніше невідомих закономірностей для сприятливого росту і розвитку сільськогосподарських культур.

У результаті обробітку методом дисперсійного аналізу багаторічних даних з урожайності сільськогосподарських культур встановлено, що упродовж другої половини XIX – початку XXI ст. частка взаємовпливу на продуктивність зернових культур всіх чинників землеробства збільшувалась, що стримувало негативну дію несприятливих погодних умов до 52 %. Ефективність попередників у сівозмінах значною мірою залежала від кількості внесених добрив та погодних умов. Диференціація способу обробітку ґрунту під основні культури у сівозміні залежно від попередника забезпечувала підвищення ефективності внесення добрив і отримання високої та сталої урожайності сільськогосподарських культур. Велике значення мало застосування ефективних сортів та гібридів, захисту рослин, підготовки насіння, глибини та норми висіву, а також оптимальних періодів сівби сільськогосподарських культур. Зазначені чинники перебували між собою у тісному взаємозв'язку та визначали величину врожаю.

#### ***Список використаних джерел***

1. Коваленко Н. П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI ст.): монографія / Н. П. Коваленко ; НААН, ННСГБ ; наук. ред. В. А. Вергунов. – К. : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 490 с.
2. Fisher R. A. The design of experiments / R. A. Fisher. – Edinburgh. – 1935. – 75 p.
3. Fisher R. A. Statistical methods for research workers / R. A. Fisher. – London. – 1938. – 80 p.
4. Деревицкий Н. Ф. Статистический метод в полевом опыте / Н. Ф. Деревицкий. – Ташкент, 1930. – 130 с.
5. Деревицкий Н. Ф. Опытное дело в растениеводстве / Н. Ф. Деревицкий. – Кишинев : Штиинца, 1962. – 616 с.
6. Перегудов В. Н. Статистические методы обработки данных полевого опыта / В. Н. Перегудов. – М. : Сельхозгиз, 1948. – 296 с.
7. Перегудов В. Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов / В. Н. Перегудов. – М.: Колос, 1978. – 183 с.

8. *Дояренко А. Г.* Постановка опытов с минеральными удобрениями на крестьянских землях / А. Г. Дояренко. – М., 1908. – 35 с.
9. *Егоров М. А.* Один из способов повышения точности метода полевого опыта / М. А. Егоров // Вестник сельского хозяйства. – 1908. – № 51–52. – С. 9–13.
10. *Егоров М. А.* К методике полевого опыта / М. А. Егоров // Журнал опытной агрономии. – СПб. : Типография Альтшулера. – 1909. – т. 10. – С. 502–517.
11. *Вольф М. М.* Труды сети коллективных опытов с минеральными удобрениями в Екатеринославской губернии / М. М. Вольф // Под ред. Б. Н. Рожественского. – Х. : Тип. «Печатное дело», 1911. – ч. 3. Результаты коллективных опытов. – 207 с.
12. *Філіповський О. К.* Сільськогосподарська дослідна справа : підручник для вищих шкіл / О. К. Філіповський. – Х. : Книгоспілка, 1927. – 183 с.
13. *Тулайков Н. М.* Материалы по технике полевых и лабораторных опытов / Н. М. Тулайков. – Саратов, 1932. – 147 с.
14. *Сапегин А. А.* Вариационная статистика : практическое элементарное пособие для агрономов-опытников и биологов / А. А. Сапегин. – М. : Сельхозгиз, 1937. – 86 с.
15. *Константинов П. Н.* Методика полевых опытов (с элементами теории ошибок) : учебное пособие / П. Н. Константинов. – М. : Сельхозгиз, 1936. – 392 с.
16. *Константинов П. Н.* Приемы повышения точности полевых опытов / П. Н. Константинов. – М., 1936. – 134 с.
17. *Константинов П. Н.* Основы сельскохозяйственного опытного дела в полеводстве / П. Н. Константинов. – М. : Сельхозгиз, 1952. – 446 с.
18. *Молостов А. С.* Методы оцінки даних польового досліду (до методики польового досліду) / А. С. Молостов. – Х. : Держсільгоспвидав, 1931. – 82 с.
19. *Молостов А. С.* Методика полевого опыта / А. С. Молостов. – М.: Колос, 1966. – 239 с.
20. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1965. – 423 с.
21. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
22. *Ткач Є. І.* Загальна теорія статистики : підручник / Є. І. Ткач. – Тернопіль : Лідер, 2004. – 388 с.
23. *Тарасенко Т. О.* Статистика : навчальний посібник / Т. О. Тарасенко. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 344 с.
24. *Ушкаренко В. О.* Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві / В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. – Херсон : Айлант, 2007. – 237 с.
25. *Лугінін О. С.* Статистика : підручник / О. С. Лугінін. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 608 с.