

УДК 004:311.21:338.43  
© 2016

**Є.М. ХАРЧЕНКО,**  
кандидат технічних наук

Дніпропетровський державний  
аграрно-економічний університет,  
Україна

E-mail: [evgenia547@mail.ru](mailto:evgenia547@mail.ru)

м. Дніпропетровськ, Ворошилова, 25

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ВИБОРУ ПРЕПАРАТІВ  
ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН  
З ВИКОРИСТАННЯМ  
ЕКОНОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

*Доведено доцільність комплексної оцінки вибору препаратів для захисту рослин на базі економетричного аналізу. Для встановлення форми досліджуваних факторів, впливаючих на захист рослин, пропонується, окрім економетричного аналізу, проводити графічний аналіз в середовищі додатка Microsoft Excel, що зможе підвищити як достовірність проведеного аналізу, так і ефективність вибору й використання хімічних та біологічних препаратів у захисті рослин.*

*Ключові слова:* захист рослин, економетрія, статистична обробка, кореляційно-регресійний аналіз, агрономія, Microsoft Excel.

**Актуальність проблеми.** Надмірне використання мінеральних добрив, пестицидів, біологічних та хімічних препаратів на тлі промислового забруднення значно ускладнює екологічну ситуацію в Україні, знижує відтворювальну здатність біосфери та екологічну стійкість агроландшафтів. Одним із важливих резервів збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, підвищення її якості є захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів. Застосування нових хімічних, біологічних та інших засобів захисту рослин, упровадження нових сортів і технологій вирощування сільськогосподарських культур вимагають від агротоваровиробників знання сучасних інформаційних технологій.

Протягом останніх років істотно розширюється асортимент біологічних та хімічних препаратів, які стримують збудників хвороб, забезпечують захист рослин від двох і більше видів шкідливих організмів. Так, база даних “Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні” включає 5242 препарати, зареєстрованих до 17.09.2014 року. Вибрати найбільш ефективні серед них можна лише за

допомогою використання економетричного аналізу, тобто методів математичної статистики, зокрема кореляційно-регресійного аналізу. Очевидно, що широкому впровадженню методів математичної статистики для розв’язання різного роду господарських задач, у тому числі й у захисті рослин, сприяє використання комп’ютерної техніки та новітніх інформаційних технологій, а саме, електронних таблиць Microsoft Excel. Для більшості явищ природи в області захисту рослин, які є об’єктами наукових досліджень, найбільш характерні кореляційні зв’язки. Їх форми дуже різноманітні. Вони можуть бути прямі і зворотні, сильні і слабкі, лінійні та криволінійні, прості та множинні. Для встановлення зв’язків і залежностей між спостережуваними факторами в захисті рослин і виявлення найбільш ефективних застосовується кореляційно-регресійний аналіз.

Суттєвий внесок у вирішенні проблеми статистичної обробки експериментальних даних зробили такі науковці, як В.Ф. Пересишкін, С.В. Дронов, А.Т. Опря, А.М. Годін [1–4]. Економетричним аналізом, зокрема обробкою експериментальних даних з ви-

користанням кореляційно-регресійного аналізу в агрономічних напрямках, опікувалися дослідники Н.К. Васильєва, І.Ю. Леснікова, Н.М. Самарець, М.В. Терещенко, Н.А. Чорна та ін. [5–10].

Питаннями, які все ще залишаються поза увагою науковців, є графічний аналіз факторів і програма розрахунку показників кореляційно-регресійного аналізу в динаміці в середовищі електронних таблиць Microsoft Excel для підвищення ефективності вибору препаратів у захисті рослин. З метою вибору методу розрахунку конкретних показників кореляційно-регресійного аналізу, а конкретно простої лінійної, часткової чи множинної кореляції та регресії до проведення розрахунків, нами пропонується проводити графічний аналіз у додатку Microsoft Excel для встановлення форми (лінійна, криволінійна) досліджуваних факторів.

**Метою роботи** стало використання економетричного аналізу, зокрема кореляції та регресії для підвищення ефективності вибору препаратів при розв'язанні задач в області захисту рослин. З методологічної точки зору необхідно було вирішити три основні задачі:

1) проведення графічного аналізу в MS Excel для встановлення форми чи структури (лінійна, криволінійна) досліджуваних факторів;

2) розрахунок простої лінійної, часткової або множинної кореляції залежно від кількості та структури досліджуваних факторів;

3) на основі результатів досліджень прийняття науково обґрунтованих висновків і рішень для підвищення ефективності вибору препаратів для захисту рослин.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для вирішення задач у захисті рос-

лин методом кореляційно-регресійного аналізу використовували електронні таблиці MS Excel. За їх допомогою були:

- побудовані діаграми зв'язку досліджуваних факторів;
- обчислена і оцінена суттєвість коефіцієнтів простої лінійної кореляції;
- розраховані й проаналізовані коефіцієнти регресії;

*Проста лінійна кореляція* – це найбільш проста форма кореляції. Основний її показник – коефіцієнт кореляції  $r$ , який визначає форму та тісноту зв'язку.

Коефіцієнт кореляції визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Для оцінки  $r$  в MS Excel використовується функція КОРРЕЛ.

Для оцінки суттєвості  $r$  обчислюють його помилку  $s_r$ :

$$s_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} \quad (2)$$

де  $n$  – кількість парних значень показників, за якими обчислюється значення  $r$ , а також критерій суттєвості  $t_r$ ,

$$t_r = \frac{r}{s_r} \quad (3)$$

Якщо  $t_r \geq t_{теор}$ , то кореляційний зв'язок суттєвий. Теоретичне значення критерію Стьюдента беруть із таблиць при рівні ймовірності 95 і 99% та числі ступенів вільності  $n-2$ .

Розглянемо приклад. Визначити вплив насінневої інфекції ярої пшениці на схожість насіння. Дані до прикладу:

№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Уражені рослини, %	69	66	64	46	39	38	23	18	17	8	7,9
Схожість насіння, %	32	33	42	40	81	63	67	86	91	82	78

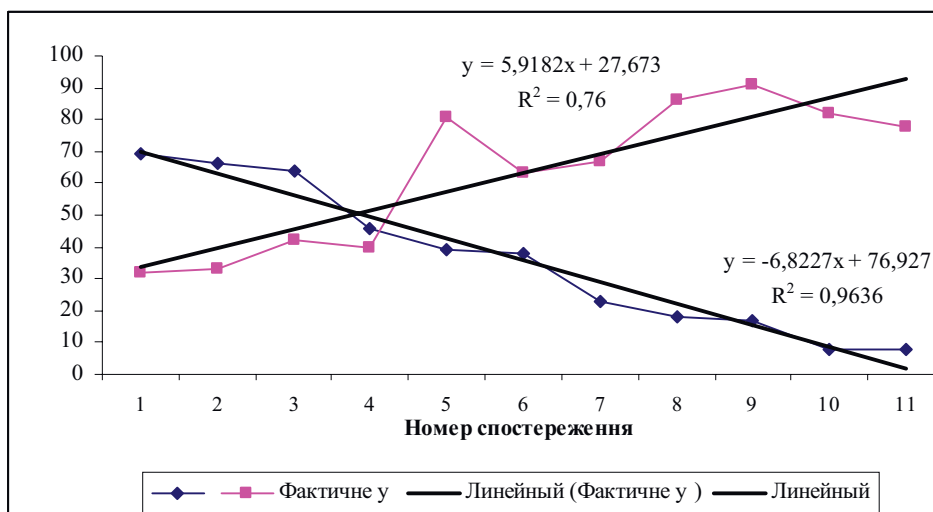


Рис. 1. Лінійна форма факторів “уражені рослини, %” і “схожість насіння, %”

Зображення на рис. 1 підтверджує використання лінійної кореляції, оскільки ряди даних “уражені рослини, %” і “схожість насіння, %” апроксимуються лінійними трендами. Коефіцієнти кореляції між фактором “уражені рослини, %” і лінійним трендом

дорівнює 0,87, а між фактором “схожість насіння, %” і лінійним трендом – 0,98, що підкреслює значний прямий зв’язок між досліджуваними факторами.

На рис. 2 наведено розрахунок лінійної кореляції і зроблені висновки щодо суттєвос-

F7		fx =КОРЕНЬ((1-F5)/(СЧЕТ(В5:В15)-2))				
	A	B	C	D	E	F
1	Проста лінійна кореляція					
2						
3						
4	№ пп	Уражені рослини, %	Схожість насіння, %	Коефіцієнт кореляції:	r =	-0,9
5	1	69	32	Коефіцієнт детермінації:	r <sup>2</sup> =	0,8
6	2	66	33	Помилка r:	s =	0,15
7	3	64	42	Критерій суттєвості:	t <sub>r</sub> =	6,5
8	4	46	40	Число ступенів вільності	v =	9
9	5	39	81	Критерій суттєвості t <sub>теор.</sub> :	t <sub>теор.</sub> =	4,8
10	6	38	63	<b>ВИСНОВОК</b>		
11	7	23	67	Так як t <sub>r</sub> > t <sub>теор.</sub> , зв’язок між факторами «уражені рослини, %» та «схожість насіння, %» є суттєвий з ймовірністю 0,99 %		
12	8	18	86			
13	9	17	91			
14	10	8	82			
15	11	7,9	78			
16						
17						
18						
19						

Рис. 2. Розрахунок простої лінійної кореляції між факторами “уражені рослини, %” і “схожість насіння, %” в MS Excel

ті зв'язку двох розглянутих факторів, тобто “уражені рослини, %” і “схожість насіння, %”, згідно з критерієм Стьюдента в додатку MS Excel. У чарунці F4 обчислюється  $r$  за формулою: =КОРРЕЛ(B5:B24). Його значення (-0,9) свідчить про сильний зворотний зв'язок між факторами. У чарунках F7, F10 та F13 обчислюються помилка  $s_r$  за формулою (2), критерій суттєвості  $t_r$  за формулою (3) та число ступенів вільності  $n-2$  за формулою: =СЧЕТ((B5:B24)-2).

**Регресія** – це один з основних показників кореляційного зв'язку, що вимірюється коефіцієнтом регресії  $b_{yx}$ , який показує, в якому напрямі та на яку величину в середньому змінюється функція ( $y$ ) при зміні аргументу ( $x$ ) на одиницю. Коефіцієнт регресії вимірюється в тих самих одиницях, що й функція, і має той ж самий знак, що й його коефіцієнт

кореляції. Обчислюється коефіцієнт регресії за формулою

$$b_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (4)$$

де  $\bar{x}, \bar{y}$  – середні арифметичні аргументу і функції відповідно;  $n$  – кількість вимірювань.

На рис. 3 представлено розрахунок регресії для наведеного прикладу. У діапазоні чарунок H15:L25 розраховані допоміжні дані для обчислення коефіцієнтів регресії. У чарунках I26, K26, L26 – суми допоміжних даних. У чарунках E27, F27 за допомогою функції СРЗНАЧ обчислюються середні арифметичні вхідних даних (“уражені рослини, %” і “схожість насіння, %”). У чарун-

H15		fx =E15-SES27						
	D	E	F	G	H	I	J	K
12	<b>Регресія</b>							
13								
14	№ пп	Уражені рослини x, %	Схожість насіння y, %	у передбачене, %	(x <sub>i</sub> -X)	(x <sub>i</sub> -X) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -Y)	(y <sub>i</sub> -Y) <sup>2</sup>
15	1	69,2	32,4	34	33,4	1116	-30,77	947,0
16	2	66,2	33,3	37	30,4	925	-29,87	892,4
17	3	63,6	42,4	39	27,8	773	-20,77	431,5
18	4	45,5	39,8	55	9,7	94	-23,37	546,3
19	5	38,5	80,9	61	2,7	7	17,73	314,3
20	6	37,5	62,9	62	1,7	3	-0,273	0,1
21	7	23	66,7	74	-12,8	164	3,527	12,4
22	8	17,6	85,7	79	-18,2	331	22,53	507,5
23	9	16,7	90,5	80	-19,1	364	27,33	746,8
24	10	8	81,9	87	-27,8	772	18,73	350,7
25	11	7,9	78,4	87	-27,9	778	15,23	231,9
26	Середнє x <sub>i</sub>		Середнє y <sub>i</sub>		5328			4980,7
27	35,79		63,17					
28	b <sub>yx</sub> = -0,866		$b_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)(y_i - Y)}{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}$		$b_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)(y_i - Y)}{\sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2}$			
29	b <sub>xy</sub> = -0,927							
30								
31								
32								
34	$s_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2}}$				s <sub>r</sub> = 0,16	t <sub>b</sub> = $\frac{b}{s_r}$	t <sub>b</sub> = 5,58	
35								
36					v=n-2= 9			t <sub>теор</sub> = 4,48
38					t <sub>b</sub> > t <sub>теор</sub>		P=0,99	

Рис 3. Розрахунок коефіцієнтів регресії в MS Excel

ках E28, E30 розраховують коефіцієнти регресії за формулою (4). Помилка коефіцієнта регресії  $s_b$  дорівнює 0,16 (чарунка G33) і критерій суттєвості  $t_b = 5,58$  (чарунка K33). Теоретичне значення критерію Стьюдента з таблиць при числі ступенів вільності 9 становить  $t_{теор} = 4,8$ . Порівнюючи критерій суттєвості  $t_b > t_{теор}$  ( $5,58 > 4,8$ ) при числі ступенів вільності 9, виявили, що зв'язок між факторами суттєвий, з ймовірністю 99 %. У

діапазоні G15 : G25 розраховані передбачені значення функції  $y$  ("схожість насіння, %") згідно з рівнянням регресії.

Аналізуючи значення коефіцієнтів регресії, можна стверджувати, що зі зміною фактора "уражені рослини" (аргумент  $x$ ) на 1 % фактор "схожість насіння" (функція  $y$ ) зменшується на 0,866 %; зі зміною фактора "схожість насіння" (функція  $y$ ) – на 1 %, фактор "уражені рослини" – на 0,9 %.

### Висновки

Для підвищення ефективності використання біологічних та хімічних препаратів у захисті рослин пропонується:

- застосовувати економетричний аналіз досліджуваних факторів (рядів даних);
- з метою вибору методу розрахунку конкретних показників кореляції та регресії проводити графічний аналіз у MS Excel для встановлення форми (лінійна, криволінійна) досліджуваних факторів;
- використовувати програми розрахунку показників кореляційно-регресійного аналізу в електронних таблицях MS Excel в динамі-

ці, що дозволяє багаторазово вводити дані в той самий діапазон чарунок з миттєвим отриманням результатів.

Порівнюючи отримані показники кореляційно-регресійного аналізу для різних факторів у захисті рослин, вибираються найефективніші з них, ураховуючи якісні й кількісні показники (коефіцієнти кореляції та регресії, токсичність препарату, ціну, тощо). Запропоновані програми розрахунку показників кореляційно-регресійного аналізу можуть бути використані в будь-яких галузях виробництва як для наукових досліджень, так і для практичних цілей.

### Бібліографія

1. Леснікова І.Ю. Основи роботи і вирішення задач сільського господарства в середовищі електронних таблиць Excel: навч. посібник / І.Ю. Леснікова, Є.М. Харченко. – Дніпропетровськ: Пороги, 2002. – 147 с.
2. Дронов С.В. Многомерный статистический анализ: учебное пособие / С.В. Дронов. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003. – 213 с.
3. Опря А.Т. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань): навч. посібник / А.Т. Опря. – К.: Центр навч. літ-ри, 2012. – 448 с.
4. Годин А.М. Статистика: учебник / А.М. Годин. – М.: Дашков и К°, 2012. – 451 с.
5. Моделювання технологічних процесів у середовищі Microsoft Excel: навч. посібник / [М.В. Терещенко, Є.М. Харченко, В.М. Ковшов, Ю. Леснікова, В.О. Петренко, О.І. Гогенко, Ф.К. Клименко]. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. – 266 с.
6. Васильєва Н.К. Методи й моделі оптимізації в економіці: навч. посібник / Н.К. Васильєва. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2008. – 142 с.
7. Васильєва Н.К. Моделювання розвитку аграрних підприємств регіонального кластера сільського господарства / Н.К. Васильєва. – Агросвіт. – 2012. – № 8. – С. 11–14.
8. Самарець Н.М. Використання інформаційних технологій у статистичному аналізі даних для аграрних підприємств / Н.М. Самарець, Є.М. Харченко, Н.О. Чорна // Агросвіт. – 2013. – № 20. – С. 14–20.
9. Samarets N. Application of mathematical models of transportation problems for optimization of agroindustrial production / N. Samarets // The providing of sustainable development of agricultural sector for its innovative base: collective monograph. – Science and Education Ltd, SHEFFIELD, 2015. – P. 176–183.
10. Чорна Н.О. Використання кривих Лоренца для оцінки рівномірності розподілу сільськогосподарських угідь в еко-агровиробництві / Н.О. Чорна // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – № 1. – С. 73–76.

Рецензенти – доктори економічних наук, професори Н.К. Васильєва, І.І. Вініченко