

innovation system of Ukraine needs, first of all, the policy of resource conservation, transition to renewable energy, including biomass, encouraging businesses to use resource-saving, environmentally friendly technologies based on the use of renewable resources.

So, the study of the characteristics of national innovation systems is essential to the transformation towards the bioeconomy. Existing systems could improve its efficiency by using short-term policy, learning experience more effective in certain aspects of innovative bioeconomy system, that are similar in structure, as well as by long-term policy of adaptation innovation systems. Such structural changes ultimately can also serve as models for the transition from less developed economy to the knowledge based bioeconomy.

Keywords: *the bioeconomy, national innovation system, innovation, bioproducts, the environment, parameters of national innovation systems*

УДК 633:635:631.572:631.874.3

ТРАНСФОРМОВАНІ РІВНЯННЯ Ф. І. ЛЕВІНА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

А. М. ТИХОВОД, вчений агроном, директор
Агрофірма «Ольвія» Приазовського району Запорізької області
e-mail: antihovod@mail.ru

Анотація. *Встановлено, що символічною моделлю зв'язків між врожайністю основної (z) та побічної (s) продукції рослин має бути не рівняння прямої $s = a + bz$, а ступенєва функція $s = bz^{\alpha}$. Дворівневі прямолінійні рівняння регресії Ф. І. Левіна для визначення врожайності соломи (або стебел чи бадилля), по- верхневих і кореневих решток трансформовані у ступенєві чисельні моделі.*

Ключові слова: *врожайність, основна продукція, побічна продукція, по- верхневі рештки, корені, символічна модель, чисельна модель*

Актуальність. Фахівці з агрономії змушені щорічно опосередковано – через урожайність основної продукції – визначати врожайність соломи, стебел чи бадилля польових та овочевих культур на всіх полях, де вони будуть загорнуті під наступну культуру. І не приблизно, а надійно, оскільки для розкладу в ґрунті тонни побічної продукції треба вносити в середньому 9 кг азоту додатково до норми, потрібної для наступної культури. Зниження врожайності побічної продукції призводить до конкуренції за азот між рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами і зменшення врожайності наступної культури, а завищення – до невикористаних витрат коштів на добрива.

© А. М. Тиховод, 2016

А науковцям, для розрахунків балансу гумусу та кругообігу поживних речовин, потрібні ще й надійні маси поверхневих решток та коренів, які також можна визначити тільки за врожайністю основної продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зазвичай врожайність соломи, стебел чи бадилля визначають за індексами їх виходу ($IBC - I$). Це відношення мас продукції – побічної (s) до основної (z) – із площі 1 м^2 [1]. Підрахувавши врожайність основної продукції на певному полі, множать її на цей індекс і отримують урожайність побічної продукції у ц/га : $s = Iz$. Це рівняння прямої лінії, що виходить із початку координат.

Але ми встановили, що I – змінна величина. Так, у середньо-соломистих сортів озимої пшениці після пару при врожайності зерна $z = 40 \text{ ц/га}$ врожайність соломи $s = 47,3 \text{ ц/га}$, $I = 1,18$, а при $z = 70 \text{ ц/га}$ – $s = 90,8 \text{ ц/га}$, $I = 1,30$.

Насправді цей зв'язок здебільшого криволінійний. На це першим звернув увагу Ф. І. Левін [2] ще у 1977 р. і, щоб хоч частково врахувати криволінійність, для більшості культур створив рівняння прямолінійної регресії окремо для низького і високого рівнів врожаю основної продукції (табл. 1), як радили тоді в окремих працях [3] підбирати лінії відгуку залежних показників від змін незалежних величин. Від цього його прогностичні лінії на графіках набули коліно-подібного вигляду, що суперечить біологічній природі накопичення біологічної маси рослинами. Надалі дослідники ігнорували криволінійність зв'язку і стали застосовувати прямолінійну регресію для будь-якої врожайності [4], всупереч висновку Ф. І. Левіна. Про біологічну природу залежності між врожайністю основної та побічної продукції ні вони, ні Ф. І. Левін навіть не замислювалися.

Мета дослідження – виявити теоретичні засади і символічну (літерну) модель залежності між врожайністю основної продукції як аргументом та масою побічної продукції, поверхневих решток і коренів як функціями; на їх основі трансформувати найбільш цитовані дворівневі рівняння прямолінійної регресії Ф. І. Левіна з табл. 1 для позбавлення їх графіків від коліноподібності та підвищення надійності визначення названих функцій за рахунок цього.

Матеріали і методи дослідження. Як накопичені первинні дані для табл. 1 Ф. І. Левін не повідомляє. Він тільки підкреслює: це результати багаторічних визначень біомаси рослинних залишків у нечорноземній зоні і степових областях; масу коренів польових культур визначали в період цвітіння, коли вона досягала максимальної величини; коренева система по можливості цілою відмивалася з монолітних зразків ґрунту після тривалого розмокання монолітів у воді; розміри монолітів відповідали або були кратні площі живлення рослин.

Щодо методики трансформування рівнянь прямолінійної регресії в іншу форму, то її доречніше описати після виявлення нової символічної моделі.

1. Біомаса польових культур і рівняння регресії для визначення маси рослинних залишків за врожаєм основної продукції (за Ф. І. Левіним [2])

Культури	Біомаса, ц/га				Рівняння регресії для визначення:		
	врожай – основна продукція, z	солома, стебла, бадилля s	поверхневі рештки, r	корені q	побічної продукції, $s = \dots$	поверхневих решток, $r = \dots$	коренів, $q = \dots$
Озиме жито	10-25	22-50	6,5-11	16-26	$1,8z + 3,8$	$0,3z + 3,2$	$0,6z + 8,9$
	26-40	51-65	11,1-13,8	28-36	$1,0z + 25$	$0,2z + 6,3$	$0,6z + 13,9$
Озима пшениця	10-25	20-45	6,5-12	15-28	$1,7z + 3,4$	$0,4z + 2,6$	$0,9z + 5,8$
	26-40	46-57	12,1-13,5	29-40	$0,8z + 25,9$	$0,1y + 8,9$	$0,7z + 10,2$
Яра пшениця	10-20	17-30	6-9	14-22	$1,3z + 4,2$	$0,4z + 1,8$	$0,8z + 6,5$
	21-30	31-35	9,1-10,8	23-30	$0,5z + 19,8$	$0,2z + 5,4$	$0,8z + 6,0$
Ячмінь	10-20	15-24	6-9,5	14-22	$0,9z + 6,5$	$0,4z + 1,8$	$0,8z + 6,5$
	21-35	25-39	9,6-10,8	23-30	$0,9z + 7,2$	$0,09z + 7,6$	$0,4z + 13,4$
Овес	10-20	14-29	6-8,8	12-22	$1,5z + 1,2$	$0,3z + 3,2$	$1,0z + 2,0$
	21-35	31-42	9-11,2	24-30	$0,7z + 16,2$	$0,15z + 6,1$	$0,4z + 16,0$
	5-20	12-34	6-9	10-22	$1,5z + 4,5$	$0,2z + 5,0$	$0,8z + 7,0$
Просо	21-30	36-54	9,3-12	23-28	$2,0z + 7,1$	$0,3z + 3,3$	$0,56z + 11,2$
	5-20	11-30	4-6	10-20	$1,3z + 4,5$	$0,14z + 3,5$	$0,66z + 7,5$
Горох	20-30	31-40	6,5-8	21-24	$1,2z + 3,0$	$0,20z + 1,7$	$0,37z + 12,9$
	5-15	13-30	5,5-8	11-22	$1,7z + 4,7$	$0,25z + 4,3$	$1,1z + 5,3$
Гречка	16-30	31-50	8,1-11	23-30	$1,3z + 10,3$	$0,20z + 5,2$	$0,54z + 14,1$
	50-200	8-27	3-9	8-20	$0,12z + 2,0$	$0,04z + 1,0$	$0,08z + 4,0$
Картопля	201-350	28-44	10-13	21-28	$0,1z + 3,9$	$0,03z + 4,1$	$0,06z + 8,6$
	100-200	12-26	1,5-3	10-17	$0,14z + 1,7$	$0,03z + 0,8$	$0,07z + 3,5$
Цукрові буряки	201-400	30-50	3-3,5	18-30	$0,1z + 10,0$	$0,003z + 2,3$	$0,06z + 5,4$
	50-200	6,5-24	2,5-5	8-16	$0,12z + 0,5$	$0,02z + 1,5$	$0,06z + 5,0$
Овочі	250-400	30-48	5,1-6	17-22	$0,12z + 0,0$	$0,006z + 3,6$	$0,04y + 6,0$
	50-200	4,5-17	1,5-3	8-15	$0,08z + 0,1$	$0,01z + 1,0$	$0,05y + 5,5$
Кормові корене-плоди	200-400	18-40	3-3,5	16-26	$0,11z - 4,6$	$0,003z + 2,4$	$0,05z + 5,2$
	100-200	–	6,2-8,8	21-33	–	$0,03z + 3,6$	$0,12z + 8,7$
Кукурудза на силос	201-350	–	9-12	33-45	–	$0,02z + 5,0$	$0,08z + 16,2$
	10-40	–	8-14	18-42	–	$0,2z + 6,0$	$0,8z + 11,0$
Багаторічні трави	30-60	–	13-16	45-75	–	$0,1z + 10,0$	$1,0z + 15,0$

Кукурудза на зерно	10-35	30-60	6-12	15-34	$1,2z+17,5$	$0,23z+3,5$	$0,8z+5,8$
Соняшник	8-30	20-60	7-15	15-28	$1,8z+5,3$	$0,40z+3,1$	$1,0z+6,6$
Льон	3-10	30-65	–	13-22	$5,0z+15,0$	–	$1,3z+9,4$
Коноплі	3-10	45-80	–	15-30	$5,0z+30,0$	–	$2,2z+9,1$
Силосні	100-200	–	8-12	16-26	–	$0,04z+4,0$	$0,09z+7,0$
Однорічні трави	10-40	–	7-11	15-35	–	$0,13z+6,0$	$0,7z+7,5$

Результати дослідження та їх обговорення. Тривалі пошуки у фаховій літературі дали нам змогу виявити теоретичну основу зв'язку між показниками, наведеними в табл. 1 – це вчення про *алометрію*, тобто співвідносний ріст органів або частин рослин чи тварин, уперше серйозно досліджений Дж. Хакслі (J. S. Huxley) [5] і коротко, але всебічно описаний в навчальному посібнику В. М. Шмідта [6].

Біологічна суть алометрії полягає в тому, що відношення *швидкостей* синхронного росту двох органів чи частин рослин і тварин залишається приблизно постійною величиною.

Дж. Хакслі прийшов до висновку, що алометрію слід описувати ступеневою функцією – $s = bz^\alpha$, де z – розмір (або маса – *A. T.*) одного органу, s – іншого, b – константа початкового росту (при $z = 1$ $s = b$), α – константа відносної швидкості (темпу) росту одного органу порівняно з іншим.

При $\alpha = 1$ органи ростуть із однаковою швидкістю, це випадок ізометрії. Тільки за неї графік залежності s від z буде пряма лінія, що виходить із початку координат. У решті випадків це криволінійні залежності, що теж виходять із початку координат.

При $\alpha > 1$ орган s росте швидше від органу z , це випадок позитивної алометрії. При $\alpha < 1$ орган s росте повільніше за орган z , це випадок негативної алометрії (рис. 1).

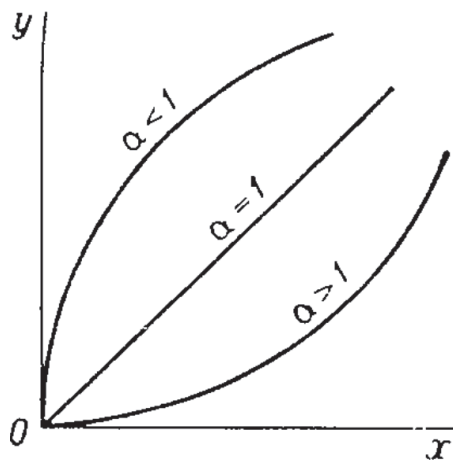


Рис. 1. Зображення можливих проявів алометрії (за В. М. Шмідтом [6])

Для поверхневих решток символна модель має вигляд $r = bz^\alpha$, для коренів – $q = bz^\alpha$. Зрозуміло, що чисельно параметри b і α для кожного виду біомаси будуть мати своє значення.

Однією з корисних властивостей степеневі функції $s = bz^\alpha$ є те, що для визначення чисельних значень її параметрів b і α достатньо мати надійні координати всього двох точок. Значення параметрів обчислюють після її логарифмування. Потім складають і розв'язують наступну систему рівнянь:

$$\begin{aligned} \lg b + \alpha \lg z_1 &= \lg s_1; \\ \lg b + \alpha \lg z_2 &= \lg s_2. \end{aligned}$$

Щоб прискорити цей процес ми скористалися можливостями середовища Excel для побудови точкових графіків залежності одного показника від іншого з автоматичним виведенням на графік її степеневі чисельної моделі. Тоді в Excel слід вводити не логарифми, а звичайні числа.

Відомо (Урбах В. Ю. [7, с. 301, рис. 51]), що лінія прямолінійної регресії має найменшу похибку в точці з координатами $(\bar{z}; \bar{s})$. Саме їх слід вводити в Excel для тих культур, які мали низький і високий рівні врожайності. Наприклад, для озимої пшениці (див. табл. 1): у першій групі врожайність зерна $\bar{z}_1 = (10 + 25):2 = 17,5$ ц/га, соломи – $\bar{s}_1 = (22 + 50):2 = 36$ ц/га; у другій групі – відповідно $\bar{z}_2 = (26 + 40):2 = 33$, $\bar{s}_2 = (51 + 65):2 = 58$ ц/га.

Отже, в Excel для побудови графіка зв'язку між урожайністю зерна і соломи озимої пшениці як первинні дані слід ввести такі числа:

z	s
17,5	36,0
33,0	58,0

Із ними Excel видає наступне рішення: $b = 4,812$ ц/га, $\alpha = 0,678$ (рис. 2).

Одержана прогностична крива відгуків урожайності соломи озимої пшениці на коливання врожайності зерна проходить через центри обох груп врожайності, що були в дослідженні Ф. І. Левіна, не має коліноподібної форми, і, на відміну від двох перетинних відрізків прямої, опирається на теоретичну основу – вчення про співвідносний ріст органів або частин рослин.

Для кукурудзи на зерно, соняшника, льону, конопель, силосних культур (без кукурудзи) та однорічних трав на сіно, – вони навмисно розміщені в кінці табл. 1 і 2, – Ф. І. Левін скористався їх врожайністю в цілому, не виділяючи низького та високого рівнів. Тому для перетворення його рівнянь регресії у чи-сельні степеневі вирази ми скористалися координатами точок початку та кінця загального інтервалу даних. Наприклад, для кукурудзи на зерно (див. табл. 1) у залежності між z і s це наступні числа:

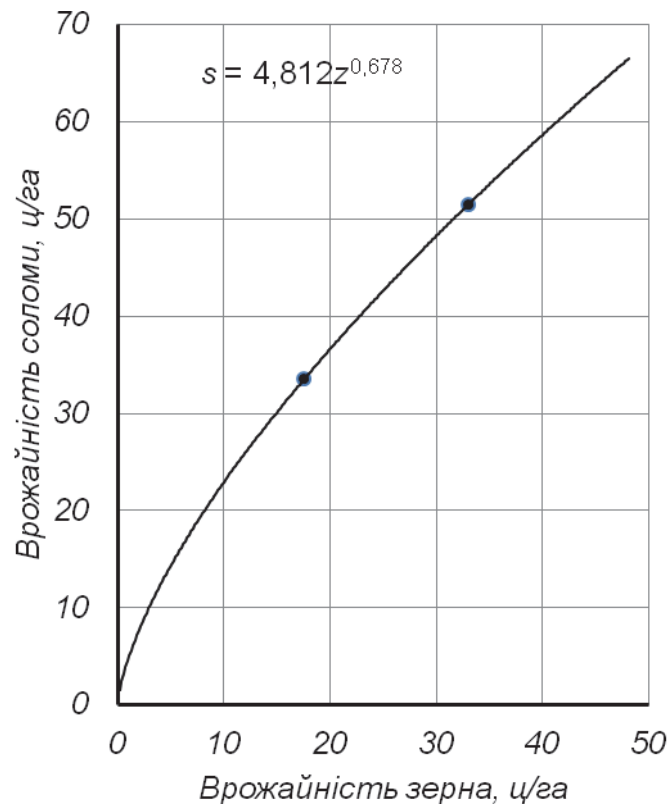


Рис. 2. Степенева форма зв'язку між урожайністю зерна і соломи озимої пшениці за даними з табл. 1

z	s
10	30
35	60

Із ними Excel видає таке рішення: $s = 8,391z^{0,553}$.

Ступеневі чисельні моделі для всіх культур і видів біомаси наведені в табл. 2. За її даними видно, що тільки у цукрових буряків і кормових корене-плодів маса гички, а у багаторічних трав – маса коренів, зростають швидше, ніж урожайність основної продукції, оскільки α -параметр у них більше від одиниці (позитивна алометрія). У решти культур і видів біомаси навпаки, проявляється негативна алометрія – маса соломи або бадилля, поверхневих решток і коренів зростають повільніше, ніж урожайність основної продукції.

Результати порівняльних розрахунків врожайності соломи озимої пшениці за трьома версіями чисельних моделей її залежності від урожайності зерна наведено в табл. 3.

Щодо версії Ф. І. Левіна та її ступеневого виразу $s = 4,812z^{0,678}$, то розбіжність прогнозів зумовлена позбавленням прогностичної лінії від колінчастої форми заради підвищення їх надійності.

Для створення версії $s = 0,878z^{1,088}$ ми навмисно об'єднали в одну сукупність дані про 33 сучасні сорти озимої пшениці після пару, гороху та соняшнику в Донському НДІСГ [4] і про сорт Безоста 1 після жита на

зелений корм у Кримському СГІ, ігноруючи властивості сортів, попередників і добрив. Саме так діяв Ф. І. Левін.

2. Ступеневі чисельні моделі для визначення маси рослинних залишків за врожайністю основної продукції, ц/га (реконструйовані автором рівняння регресії Ф. І. Левіна з табл. 1)

Культура	Урожайність основної продукції – z	Чисельна модель для визначення маси:		
		соломи, бадилля – s	поверхневих решток – r	коренів – q
Озиме жито	0 – 40	$s = 4,185z^{0,752}$	$r = 1,782z^{0,556}$	$q = 3,139z^{0,664}$
Озима пшениця	0 – 40	$s = 4,812z^{0,678}$	$r = 2,136z^{0,512}$	$q = 2,545z^{0,746}$
Яра пшениця	0 – 30	$s = 3,885z^{0,665}$	$r = 1,676z^{0,553}$	$q = 2,316z^{0,757}$
Ячмінь	0 – 35	$s = 2,274z^{0,794}$	$r = 2,353z^{0,440}$	$q = 3,361z^{0,620}$
Овес	0 – 35	$s = 2,164z^{0,848}$	$r = 1,919z^{0,498}$	$q = 2,284z^{0,741}$
Просо	0 – 30	$s = 2,134z^{0,941}$	$r = 2,166z^{0,492}$	$q = 3,069z^{0,654}$
Горох	0 – 30	$s = 2,772z^{0,792}$	$r = 1,291z^{0,536}$	$q = 3,423z^{0,585}$
Гречка	0 – 30	$s = 3,734z^{0,760}$	$r = 2,586z^{0,417}$	$q = 4,453z^{0,569}$
Картопля	0 – 350	$s = 0,213z^{0,913}$	$r = 0,113z^{0,823}$	$q = 0,458z^{0,708}$
Цукрові буряки	0 – 400	$s = 0,087z^{1,074}$	$r = 0,158z^{0,531}$	$q = 0,211z^{0,830}$
Овочі	0 – 400	$s = 0,133z^{0,983}$	$r = 0,517z^{0,410}$	$q = 1,032z^{0,508}$
Кормові коренеплоди	0 – 400	$s = 0,045z^{1,134}$	$r = 0,296z^{0,420}$	$q = 0,415z^{0,688}$
Кукурудза на силос	0 – 350	–	$r = 0,465z^{0,555}$	$q = 1,292z^{0,607}$
Багаторічні трави	10 – 60	–	$r = 2,423z^{0,470}$	$q = 0,674z^{1,179}$
Кукурудза на зерно	10 – 35	$s = 8,391z^{0,553}$	$r = 1,678z^{0,553}$	$q = 3,333z^{0,653}$
Соняшник	8 – 30	$s = 3,551z^{0,831}$	$r = 2,110z^{0,577}$	$q = 5,619z^{0,472}$
Льон	3 – 10	$s = 14,815z^{0,642}$	–	$q = 8,044z^{0,437}$
Коноплі	3 – 10	$s = 26,620z^{0,478}$	–	$q = 7,969z^{0,576}$
Силосні, без кукурудзи	100 – 200	–	$r = 0,541z^{0,585}$	$q = 0,636z^{0,700}$
Однорічні трави	10 – 40	–	$r = 3,304z^{0,326}$	$q = 3,672z^{0,611}$

Як бачимо, моделі $s = 4,812z^{0,678}$ і $s = 0,878z^{1,088}$ мають великі розбіжності. Згідно з першою з них, створеною за даними табл. 1, урожайність соломи росте значно повільніше від урожайності зерна (сильно виражена негативна алометрия), а згідно з другою для сучасних сортів – дещо швидше (слабко виражена позитивна алометрия). Кількісно середня врожайність соломи при розрахунках за рівнянням $s = 4,812z^{0,678}$ у 1,28 раза вище, ніж за рівнянням $s = 0,878z^{1,088}$.

Аналогічні розрахунки для ярого ячменю показали, що за чисельною моделлю $s = 2,274z^{0,794}$ (див. табл. 2) маса соломи в 1,81 раза вище, ніж за моделлю $s = 0,764z^{0,981}$, створеною за нашими даними, отриманими в досліді Кримського СГІ із сортом Одеський 100.

3. Прогноз маси соломи озимої пшениці за врожайністю її зерна

Урожайність зерна: z , ц/га	Прогноз маси соломи (s , ц/га) за чисельною моделлю:		
	Ф. І. Левіна (табл. 1)	$s = 4,812z^{0,678}$ (табл. 2)	$s = 0,878z^{1,088}$ (загальна)
0	3,4	0,0	0,0
1	5,1	4,8	0,9
10	20,4	22,9	10,8
20	37,4	36,7	22,9
25	45,9	42,7	29,1
26	46,7	43,8	30,4
30	49,9	48,3	35,5
40	57,9	58,7	48,6
50	65,9	68,3	61,9
60	73,9	77,3	75,5

Отже, сорти сімдесятих років минулого століття, коли проводив свої дослідження Ф. І. Левін, були більш соломисті, ніж сучасні сорти.

Тож рівняння регресії Ф. І. Левіна вже інформаційно застаріли. Та поки не з'явиться аналогічна інформація про сучасні сорти, особливо про поверхневі рештки та корені, науковці будуть користатися ними й надалі. Саме тому ми перетворили їх у степеневу форму і для решти культур.

Користуватися ними можна тільки у випадках, коли немає сучасних даних, таких як наші в табл. 4.

4. Чисельні моделі залежності врожайності соломи (s , ц/га) від урожайності зерна (z , ц/га) у зернових культур в Степу

Попередник	Сорти		
	Мало-соломисті	Середньо-соломисті	Багато-соломисті
<i>Озима пшениця</i>			
Пар	$s = 0,662z^{1,119}$ $R^2 = 0,857$	$s = 0,641z^{1,166}$ $R^2 = 0,860$	$s = 0,307z^{1,375}$ $R^2 = 0,916$
Озиме жито на зелений корм	–	$s = 1,653z^{0,943}$ $R^2 = 0,886$	–
Горох	$s = 0,763z^{1,090}$ $R^2 = 0,843$	$s = 1,086z^{1,043}$ $R^2 = 0,787$	$s = 0,639z^{1,202}$ $R^2 = 0,958$
Соняшник	$s = 0,947z^{1,051}$ $R^2 = 0,950$	$s = 0,571z^{1,217}$ $R^2 = 0,952$	–
<i>Озимий ячмінь Циклон</i>			
Озима пшениця	–	$s = 0,720z^{1,010}$ $R^2 = 0,992$	–
<i>Ярий ячмінь Одеський 100</i>			
Сорго на зерно	–	$s = 0,764z^{0,981}$ $R^2 = 0,954$	–

Ці моделі створені за даними Донського НДІСГ [4] про соломистість 33 сортів озимої пшениці після пару, гороху та соняшнику. Інститут розташований у Приазов'ї майже на одній широті із селом Розівка

Куйбишевського району Запорізької області. У польових дослідях Кримського СГІ з озимою пшеницею сорту Безоста 1 після озимого жита на зелений корм, а також із озимим і ярим ячменем брав участь автор статті.

Перед створенням цих моделей ми встановили, що для суттєвого підвищення надійності визначення врожайності соломи озимої пшениці, рівняння її залежності від урожайності зерна слід установлювати окремо для кожного попередника, а в їх межах – для запропонованих автором груп сортів за солонистістю, а саме: найменш солонистих із середнім ІВС $\leq 0,8$, дуже мало-солонистих з ІВС 0,81–1,0, малосолонистих з ІВС 1,01–1,2, середньосолонистих із ІВС 1,21–1,40, багатосолонистих з ІВС 1,41–1,6, дуже багатосолонистих з ІВС 1,61–1,80 та найбільш солонистих із середнім ІВС $>1,80$.

У Донському НДІСГ із них виявилось три групи, названі в табл. 4.

Сорти озимого ячменю Циклон і ярого Одеський 100 віднесені до середньосолонистих умовно, оскільки для цих культур немає повідомлень, достатніх для створення такої шкали солонистості сортів, як для озимої пшениці.

Рівняння прямолінійної регресії для сучасних сортів деяких культур наводить Донський НДІСГ (табл. 5).

5. Залежність між урожайністю зерна (z) і сухою масою побічної продукції (s), ц/га (за даними Донського НДІСГ [4])

Культура	Рівняння для визначення маси побічної продукції	Коефіцієнт детермінації, R^2
Озима пшениця після: пару	$s = 1,2z + 13,8$	0,90
гороху	$s = 0,8z + 12,9$	0,85
люцерни	$s = 0,8z + 10,0$	0,75
кукурудзи	$s = 0,9z + 4,0$	0,85
Озиме жито	$s = 1,3z + 6,1$	0,86
Кукурудза на зерно	$s = 1,3z + 5,3$	0,79
Ярий ячмінь	$s = 0,8z + 2,4$	0,93
Горох	$s = 0,5z + 9,9$	0,73
Соняшник	$s = 1,2z + 6,5$	0,80

На жаль, їх неможливо перетворити у степеневу форму, тому що тут навіть не вказані інтервали значень z , у яких вони «дієздатні».

Таким чином, для визначення врожайності побічної продукції озимої пшениці, озимого та ярого ячменю в Степу України слід користуватися нашими чисельними моделями з табл. 4, а для озимого жита, кукурудзи на зерно, гороху і соняшнику – рівняннями регресії Донського НДІСГ із табл. 5. Для решти культур поки що доводиться використовувати ступеневі чисельні моделі Левіна – Тиховода, що наведені у табл. 2. Тією самою таблицею доводиться користуватися для визначення маси поверхневих решток і коренів у всіх культур.

Узагалі варто було б доручити зональним науково-дослідним установам України провести нові дослідження з цього приводу з основними культурами та сучасними українськими сортами.

Висновки і перспективи. 1. Теоретичною основою залежності між урожайністю основної продукції рослин як аргументом та масою побічної продукції, поверхневих решток і коренів як функціями є вчення про алометрію. Тож символічною моделлю цього зв'язку має бути не рівняння прямої лінії, а ступенева функція.

2. Найбільш цитовані рівняння дворівневої прямолінійної регресії Ф. І. Левіна для 20 культур трансформовані у ступеневі чисельні моделі, що підвищує надійність визначення врожайності побічної продукції та маси поверхневих решток і коренів.

3. Рівняння регресії Ф. І. Левіна навіть у ступеневій формі інформаційно застаріли, оскільки сорти сімдесятих років минулого століття мали більші середні індекси виходу побічної продукції, ніж сучасні сорти. Тому для озимої пшениці, озимого і ярого ячменю створені чисельні ступеневі моделі врожайності соломи з урахуванням попередників та солонистості сучасних сортів.

Список літератури

1. Основи наукових досліджень в агрономії : підруч. / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз ; за ред. В. О. Єщенка. – К. : Дія. – 2005. – 288 с.

2. Левин Ф. И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции / Ф. И. Левин // Агрохимия. – 1977. – № 8. – С. 36–42.

3. Маневич Ш. С. Простейшие статистические методы анализа результатов наблюдений и планирования эксперимента : учеб.-метод. пособие / Ш. С. Маневич. – Казань : Казанский СХИ, 1970. – 108 с.

4. Нормативы и методика применения побочной продукции сельскохозяйственных культур для обеспечения бездефицитного баланса органического вещества в почвах на землях сельскохозяйственного назначения / [Лабунцев А. В., Сивашов В. Ю., Целуйко О. А. и др.]. – П. Рассвет : Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2010. – 50 с.

5. Huxley, J. S. Problems of relative growth / J. S Huxley – New York : 1932. – 276 p.

6. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике : учеб. пособие / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

7. Урбах В. Ю. Биометрические методы / В. Ю. Урбах. – М. : Наука, 1964. – 416 с.

References

1. Yeshchenko, V. O. ed., Kopitko, P. G., Oprishko, V. P., Kostogriz, P. V. (2005). *Osnovi naukovikh doslidzen' v agronomii* [Principles of scientific researches in agronomy]. Ukraine, Kyiv: Diia, 288.

2. Levin, F. I. (1977). *Kolichestvo rastitel'nikh ostatkov v posevakh polevikh kul'tur i ego opredelenie po urozhaiu osnovnoi produktsii* [Amount of plant residues in

field crops and their determination by the yield of the main products]. Russia: Agricultural Chemistry, 8, 36–42.

3. Manevich, S. S. (1970). Prosteishie statisticheskie metodi analiza rezul'tatov nabljudenii i planirovaniia eksperimenta [Elementary statistical methods of analysis of observations and planning of the experiment]. Kazan, Russia: Kazan Agricultural Institute, 108.

4. Labintsev, A. V., Sivachev, V. Yu., Tseluiko, O. A. i dr. (2010). Normativi i metodika primeneniia pobochnoi produktsii sel'skhoziaistvennikh kul'tur dlia obespecheniia bezdefitsitnogo balansa organicheskogo veshchestva v pochvakh na zemliakh sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia [The standards and methodology of collateral agricultural products' application to ensure sufficient balance of organic matter in soils on agricultural lands]. N. the Dawn, Russia: Don zonal research Institute of agriculture, 50.

5. Huxley, J. S. (1932). Problems of relative growth. New York, 276.

6. Schmidt, V. M. (1984). Matematicheskie metodi v botanike [Mathematical methods in botany]. Leningrad, Russia: Publishing house Leningrad University press, 288.

7. Urbakh, V. Ju. (1964). Biometricheskie metodi [Biometric methods]. Moscow, Russia: Science, 416.

ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ УРАВНЕНИЯ Ф. И. ЛЕВИНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

А. Н. Тиховод

Аннотация. Установлено, что символьной моделью связей между урожайностью основной (z) и побочной (s) продукции растений должно быть не уравнение прямой $s = a + bz$, а степенная функция $s = bz^{\alpha}$. Двухуровневые прямолинейные уравнения регрессии Ф. И. Левина для определения урожайности соломы (или стеблей, или ботвы), поверхностных и корневых остатков трансформированы в степенные численные модели.

Ключевые слова: урожайность, основная продукция, побочная продукция, поверхностные остатки, корни, символьная модель, численная модель

THE TRANSFORMED EQUATIONS BY F. I. LEVIN FOR DETERMINATION OF THE YIELD OF COLLATERAL PRODUCTS

A. M. Tyhovod

Abstract. It is established that the symbolic model of relations between the productivity of the main (z) and collateral (s) plants' products should not be the equation of the direct line $s = a + bz$, but it should be the power function $s = bz^{\alpha}$. Two-level rectilinear regression equations by F. I. Levin for determining the yield of straw (or stems, or leaves), surface and root residues, have been transformed into power numerical model.

Keywords: yield, main products, collateral products, surface residues, roots, symbolic model, numerical model