



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.811:633.11:
519.21(0.75.8)

© 2019

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВМІСТУ БІЛКА В ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ВІД ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

М.В. Лісовий¹, Л.М. Малярець²

¹доктор сільськогосподарських наук

²доктор економічних наук, професор

¹ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

²Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця,
просп. Науки, 9а, м. Харків, 61166, Україна
e-mail: ¹labl@meta.ua, ²malyarets@ukr.net

Надійшла 17.12.2018

Мета. Розробити методичний підхід до визначення впливу показників родючості ґрунту на вміст білка в зерні пшениці озимої на основі математичних методів обробки експериментальної інформації польових дослідів. **Методи.** Комплекс математичних інструментів розвідувального аналізу, коефіцієнти кореляції між досліджуваними показниками, регресійні залежності вмісту білка пшениці озимої від показників родючості ґрунту, прогнозні моделі вмісту білка в зерні за рівняннями кривих росту, інтегральний показник рівня родючості ґрунту та його вплив на вміст білка в зерні пшениці озимої. **Результати.** На основі аналітичних обчислень встановлено, що зміна вмісту білка в зерні пшениці озимої залежить від зміни вмісту азоту нітратів, рухомих форм фосфору та калію у ґрунті. Обчислено прогноз умісту білка в зерні пшениці озимої на 3 наступні періоди. Визначено міру сумісного впливу трьох показників ґрунту на вміст білка в зерні пшениці озимої. Розроблено методичний підхід до математичної обробки експериментальної інформації польових дослідів на прикладі встановлення залежностей впливу показників родючості ґрунту на вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах степової зони. **Висновки.** Встановлено рівні залежності вмісту білка в зерні пшениці озимої від показників родючості ґрунту: високу залежність від зміни вмісту азоту нітратів, середню – від зміни вмісту рухомого калію, низьку – від зміни вмісту рухомого фосфору в ґрунті. За прогнозом зміна вмісту білка в зерні на найближчу перспективу має тенденцію до зростання.

Ключові слова: польові досліді, показники ґрунту, пшениця озима, білок, математичні методи, коефіцієнти кореляції, прогнозні моделі.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-02>

Однією з проблем аграрного сектору є нарощування обсягів виробництва сільськогосподарської продукції високої якості. Пшениця озима займає перше місце серед продовольчих культур в Україні та інших країнах світу. Відомо, що якість зерна пшениці озимої залежить від багатьох чинників, а саме: погодно-кліматичних умов, сівозміни, попередників, систем удобрення, родючості ґрунту, системи землеробства. Пшениця озима формує врожай в основному завдяки родючості ґрунту і, насамперед забезпеченості його рухомими поживними речовинами. Відомо, що із поживних речовин найважливішими є рухомі сполуки азоту, фосфору й калію. Отже, для розроблення заходів щодо збільшення якісного врожаю актуально встановити вплив ґрунтових показників на вміст білка в зерні пшениці озимої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впливу різних природних та антропогенних чинників на вміст білка в зерні пшениці озимої вивчали науковці впродовж багатьох років [1–6]. Особливо багато уваги приділялося дослідженням впливу органічних і мінеральних добрив на якість зерна пшениці. З огляду на те, що рослини формують урожай та якість зерна в основному завдяки природній родючості, між показниками ґрунту та якості зерна є певна залежність. Тому важливо встановити міру впливу показників ґрунту на якість зерна пшениці озимої та їх взаємозв'язок. Ця проблема не нова, проте дослідження щодо її розв'язання до цього часу були непослідовними [7–10]. З огляду на зростання актуальності проблеми отримання зерна високої якості вчені та практики продовжують наукові дослідження в цьому напрямі. Слід зазначити, що обґрунтування способів розв'язання цієї проблеми можливе також завдяки використанню накопиченої експериментальної інформації польових дослідів та їх обробки методами математичної статистики [11, 12].

Мета досліджень — розробити методичний підхід до визначення впливу показників родючості ґрунту на вміст білка пшениці озимої на основі математичної обробки експериментальної інформації польових дослідів.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення досліджень використано

1. Експериментальні дані вмісту рухомих поживних речовин у чорноземі звичайному та вмісту білка в зерні пшениці озимої

Номер польового дослідів	Уміст поживних речовин у ґрунті, мг/кг			Уміст білка в зерні, % (y)
	x ₁	x ₂	x ₃	
1	10,0	102	118	8,2
2	11,0	90	211	11,0
3	11,5	110	233	13,0
4	10,5	37	119	12,5
5	14,5	97	278	11,9
6	19,0	58	340	12,9
7	10,5	146	244	12,8
8	29,0	126	325	13,2
9	21,0	127	285	10,7
10	17,0	93	233	12,2
11	14,0	92	180	10,3
12	12,0	120	205	11,6
13	42,0	91	290	13,7
14	18,5	85	200	15,8
15	16,5	99	220	15,1
16	28,0	100	243	16,1
17	21,5	117	260	15,3
18	10,5	95	210	17,8
19	9,5	116	190	14,8
20	14,0	91	400	12,8
21	21,5	78	254	13,2
22	22,5	170	436	11,6
23	10,5	94	270	13,9
24	22,0	140	200	13,0
25	10,0	115	208	12,0
26	7,0	115	150	14,5
27	11,5	85	188	13,0
28	13,5	108	288	14,0
29	12,5	80	180	13,9
30	8,5	114	280	13,0
31	11,0	116	245	11,5
32	9,5	95	170	9,6
33	4,5	80	245	9,9
34	8,0	106	230	10,7
35	12,5	95	345	13,9

Примітка. x₁ — уміст азоту нітратів за методом Грандваль-Ляжу (N); x₂ — уміст рухомого фосфору (P₂O₅) за Чиріковим; x₃ — уміст рухомого калію (K₂O) за методом Маслової; y — уміст білка у зерні пшениці озимої (до табл. 1–3).

результати польових короткострокових дослідів агрохімічної служби на чорноземах звичайних малогумусних важко-суглинкових північного Правобережного і Лівобережного Дніпровського Степу [13]. Водночас досліджено вплив рухомих сполук азоту, фосфору й калію на вміст білка в зерні пшениці озимої. Визначено вміст рухомих поживних речовин у ґрунті та білка в зерні пшениці озимої (табл. 1).

Обчислення експериментальних даних здійснено за допомогою статистичного пакета *Statgraphics Centurion*.

Результати досліджень. Початковим етапом обробки експериментальних даних є розвідувальний аналіз, який передбачає проведення детального дослідження вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті та вмісту білка в зерні пшениці озимої на основі вивчення законів розподілу значень цих показників за допомогою інструментів описової статистики. До їх складу входять: показники стану, які описують положення значень величини ознаки на числовій осі (вибіркове середнє, вибіркоче медіана, мода, максимальне й мінімальне значення, перцентилі, зокрема квартилі); показники розкиду, які описують ступінь розкиду значень величини щодо свого центра та характеризують ступінь їх мінливості (дисперсію сукупності значень, стандартне відхилення, розмах сукупності, міжквартильний розмах); показники форми розподілу значень величини ознаки (коефіцієнти асиметрії та ексцесу, нормований коефіцієнт асиметрії, нормований коефіцієнт ексцесу); графічні засоби, що описують закон розподілу значень величини ознаки (гістограми, кумуляти, блокові діаграми, таблиці частот). У процесі аналізу даних особливу увагу звертали на існування викидів у наборі значень і з'ясовували їх причину [11]. Слід зазначити, що дослідження числових характеристик і законів розподілу значень цих показників є передумовою коректності використання математичних методів для наступних етапів аналізу експериментальних даних. Визначено основні числові характеристики показників родючості ґрунту та вмісту білка в зерні пшениці озимої (табл. 2).

Порівняння середнього значення і медіани, аналіз нормованих коефіцієнтів

асиметрії та ексцесу свідчать, що розподіл значень показника вмісту азоту нітратів можна вважати близьким, для решти показників — далеким від нормального закону розподілу. Такі висновки підтверджують і побудовані гістограми та блокові діаграми — «ящики з вусами» показників (рис. 1).

На наступному етапі обчислювали коефіцієнти кореляції вмісту білка в зерні пшениці озимої та показників родючості ґрунту, а саме: $r_{yx_1} = 0,263$; $r_{yx_2} = -0,0506$; $r_{yx_3} = 0,0937$. Уміст білка пшениці озимої найбільше пов'язаний з умістом азоту нітратів, коефіцієнти кореляції з фосфором і калієм низькі. За допомогою регресійних рівнянь обчислювали коефіцієнти детермінації (R) парних регресійних залежностей (табл. 3).

Порівняльна залежність вмісту білка в зерні пшениці озимої від зміни вмісту поживних речовин у ґрунті така: вища — для вмісту азоту нітратів ($R^2 = 11,794\%$), середня — від зміни вмісту рухомого калію ($R^2 = 9,363\%$), низька — від зміни вмісту

2. Числові характеристики показників родючості ґрунту та вмісту білка в зерні пшениці озимої

Числова характеристика	Умове позначення показників			
	y	x ₁	x ₂	x ₃
Кількість	35	35	35	35
Середнє значення	12,84	15,0143	102,371	242,086
Медіана	13,0	12,5	99,0	233,0
Мода	13,0	10,5	95,0	
Дисперсія	3,94776	55,6983	583,476	4890,43
Стандартне відхилення	1,9869	7,46313	24,1552	69,9316
Коефіцієнт варіації, %	15,4743	49,7069	23,5957	28,8871
Стандартна похибка	0,335847	1,2615	4,08298	11,8206
Мінімум	8,2	4,5	37,0	118,0
Максимум	17,8	42,0	170,0	436,0
Розмах	9,6	37,5	133,0	318,0
Нормований коефіцієнт:				
асиметрії	0,168426	4,11054	0,378812	1,81053
ексцесу	0,491172	4,6965	2,35483	1,22187

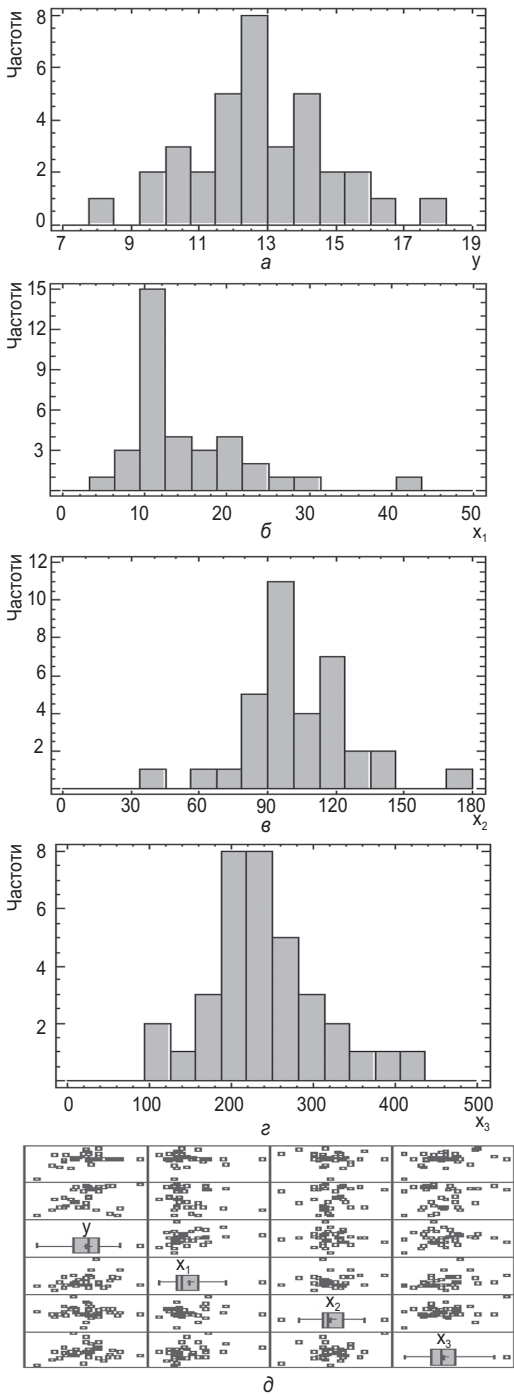


Рис. 1. Гістограми: а – уміст білка в зерні пшениці озимі; б – азоту нітратів; в – фосфору; г – калію; д – «ящики з вусами» цих показників

рухомого фосфору ($R^2 = 0,693\%$).

Для виявлення зміни вмісту білка в зерні пшениці озимі обчислювали його прогнозні значення за рівнянням: $y = \frac{1}{0,075 + \frac{0,039}{t}}$ [12].

Про статистичну якість цієї моделі свідчать: коефіцієнт детермінації ($R^2 = 28,94\%$), критерій Фішера ($F = 13,44$), критерій Дарбіна-Уотсона ($DW = 1,89$). Прогнозні значення вмісту білка в зерні пшениці озимі мають тенденцію збільшення.

Оскільки на вміст білка в зерні пшениці озимі сумісно впливають 3 показники родючості ґрунту, то доцільно визначити рівень їх сумісної дії за допомогою інтегрального показника (I_j). Для визначення сумісного впливу показників родючості ґрунту на вміст білка в зерні пшениці озимі обчислили експериментальні дані за регресійним рівнянням: $y = \sqrt{130,694 + 124,81I}$. Значення інтегрального показника коливається в інтервалі від 0 до 1. Обчислено значення інтегрального показника рівня родючості ґрунту за експериментальними даними (рис. 2).

Максимальне значення інтегрального показника рівня родючості ґрунту дорівнює $I_{\max} = 0,5449$, що відповідає вмісту азоту нітратів $x_1 = 42$ мг/кг ґрунту; умісту рухомого фосфору $x_2 = 91$; умісту рухомого калію $x_3 = 290$ мг/кг ґрунту. При цьому рівень білка в зерні становить 13,7%.

3. Парні регресійні залежності вмісту білка в зерні (y) від показників родючості ґрунту (x_1, x_2, x_3)

Показник родючості ґрунту	Регресійне рівняння
Уміст азоту нітратів (x_1)	$y = \frac{1}{0,07 + \frac{0,123}{x_1}}$ $R^2 = 11,794\%$
Уміст рухомого фосфору (x_2)	$y = \sqrt{177,93 - 0,0008x_2^2}$ $R^2 = 0,693\%$
Уміст рухомого калію (x_3)	$y = \frac{1}{0,067 + \frac{2,1935}{x_3}}$ $R^2 = 9,363\%$

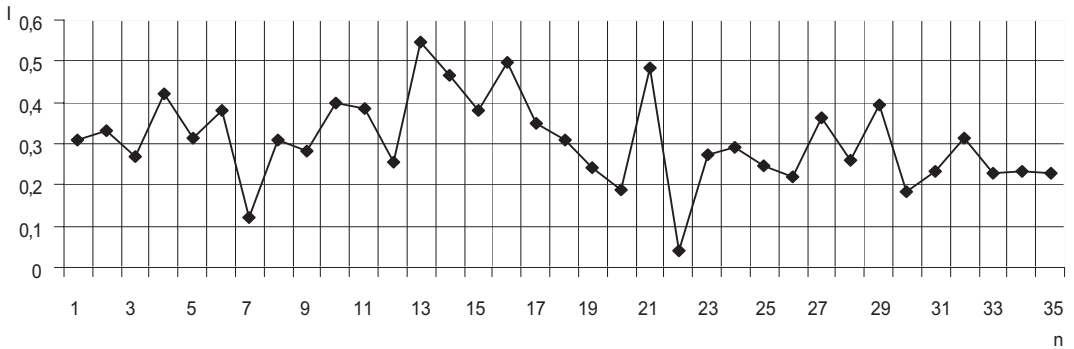
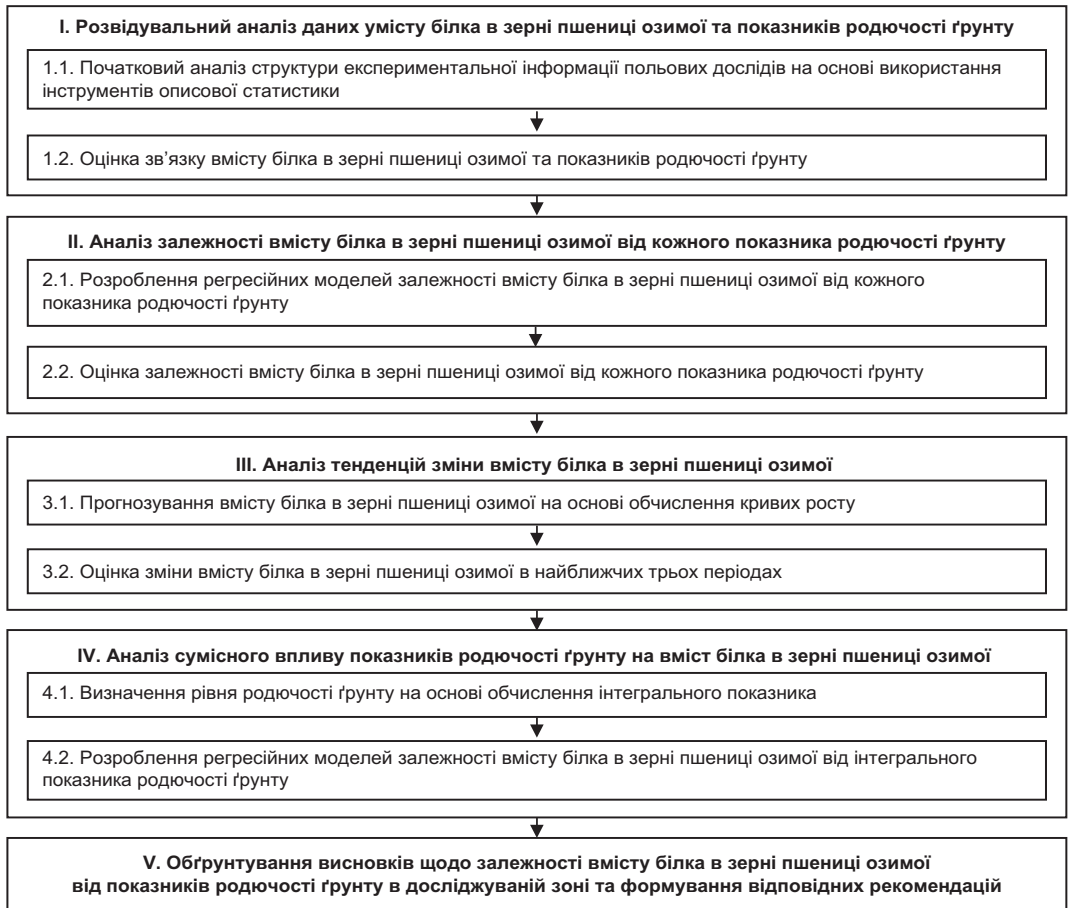


Рис. 2. Зміни значень інтегрального показника рівня родючості ґрунту (I), обчисленого за методом таксономічного коефіцієнта розвитку [11]; n — номер польового дослідю; —◆— I

4. Етапи математичної обробки експериментальної інформації польових дослідів



Отже, розроблено методичний підхід до математичної обробки експериментальної інформації польових дослідів на прикладі

встановлення залежностей впливу показників родючості ґрунту на вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах степової зони (табл. 4).

Висновки

Розроблено методичний підхід до математичної обробки експериментальної інформації польових дослідів. Установлено рівні залежності вмісту білка в зерні пшениці озимої від показників родючості ґрунту, а саме: висока залежність — від зміни вмісту азоту нітратів у ґрунті, середня — від зміни

вмісту рухомого калію, низька — від зміни вмісту рухомого фосфору. За прогнозом зміна вмісту білка на найближчу перспективу має тенденцію до зростання. Ці дослідження спрямовано на раціональне використання поживних речовин ґрунту для отримання зерна пшениці озимої високої якості.

Лисовой Н.В.¹, Малярец Л.М.²

¹ННЦ «Інститут почвознавства і агрохімії імені А.Н. Соколовського», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, 61024, Україна, ²Харьковский национальный экономический университет имени С. Кузнеця, просп. Науки, 9а, г. Харьков, 61166, Україна; e-mail: ¹labl@meta.ua, ²malyarets@ukr.net

Определение зависимости содержания белка в зерне пшеницы озимой от показателей плодородия почв

Цель. Разработать методический подход к определению влияния показателей плодородия почвы на содержание белка в зерне пшеницы озимой на основе математических методов обработки экспериментальной информации полевых опытов. **Методы.** Комплекс математических инструментов разведочного анализа, коэффициенты корреляции между изучаемыми показателями, регрессионные зависимости содержания белка пшеницы озимой от показателей плодородия почв, прогнозные модели содержания белка в зерне по уравнениям кривых роста, интегральный показатель уровня плодородия почвы и его влияние на содержание белка в зерне пшеницы озимой. **Результаты.** На основании аналитических расчетов установлено, что изменение содержания белка в зерне пшеницы озимой зависит от изменения содержания азота нитратов, содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. Рассчитан прогноз содержания белка в зерне пшеницы на 3 ближайших периода. Определен уровень совместного влияния трех показателей почвы на содержание белка в зерне пшеницы озимой. Разработан методический подход к математической обработке экспериментальной информации полевых опытов на примере установления зависимостей влияния показателей плодородия почвы на содержание белка в зерне пшеницы озимой в условиях степной зоны. **Выводы.** Установлено уровни зависимости содержания белка в зерне пшеницы озимой от показателей плодородия почвы: высокий — от изменения содержания азота нитратов, средний — от изменения содержания подвижного

калия, низкий — от изменения содержания подвижного фосфора в почве. Прогноз изменения белка в зерне на ближайший период имеет положительную тенденцию.

Ключевые слова: полевые опыты, показатели почвы, пшеница озимая, белок, математические методы, коэффициенты корреляции, прогнозные модели.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-02>

Lisovyi M.¹, Maliarets L.²

¹NSC «A.N. Sokolovskyi Institute of soil science and agrochemistry», Chaikovska Str., 4, Kharkiv, 61024, Ukraine, ²S. Kuznets Kharkiv national economic university, Nauky avenue, 9a, Kharkiv, 61166, Ukraine; e-mail: ¹labl@meta.ua, ²malyarets@ukr.net

Determination of dependence between the content of protein in grain of winter wheat and parameter of fertility of soil

The purpose. To elaborate methodical approach to determination of influence of parameters of soil fertility on the content of protein in grain of winter wheat on the basis of methods of mathematical processing experimental information of field experiments. **Methods.** Complex of mathematical tools of prospecting analysis, correlation coefficients at studied parameters, regression dependences of content of protein of winter wheat on parameters of fertility of soils, prognostic models of content of protein in grain using equations of growth curves, integrated parameter of the level of soil fertility and its influence upon the content of protein in grain of winter wheat. **Results.** On the basis of analytical calculations it is determined that change of content of protein in grain of winter wheat depends on change of content of nitrogen of nitrates, content of mobile forms of phosphorus and potassium in soil. In grain of wheat the forecast of content of protein is calculated for 3 nearest seasons. The level of joint influence of three parameters of soil on the content of protein in grain of winter wheat is specified. Methodical approach to mathematical processing the experimental information of field experiments on an instance of determination of dependences of influence of parameters of soil fertility on the content of protein in grain of winter wheat in conditions of steppe zone is developed. **Conclusions.** Levels are determined of dependence of content of

protein in grain of winter wheat from parameters of soil fertility: high — from change of content of nitrogen of nitrates, average — from change of content of mobile potassium, low — from change of content of mobile phosphorus in soil. Forecast of change of protein in

grain for the nearest season has a positive trend.

Key words: field experiments, parameters of soil, winter wheat, protein, mathematical methods, correlation coefficients, prognostic models.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-02>

Бібліографія

1. Щепетьев М.А. Накопление элементов питания растениями озимой пшеницы и влияние их на урожай и качество зерна. *Инженерный вестник Дона*. 2012. Т. 23. № 4. 91 с.
2. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Фактори стабілізації виробництва зерна пшениці озимої в Лісостепу Правобережному. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 2. С. 17–23.
3. Ferdoush J.N., Rahman M.M. Effects of Boron Fertilization and Sowing Date on the Grain Protein Content of Wheat Varieties. *J. of Environmental Science and Natural Resources*. 2013. № 6(1). P. 41–45.
4. Shejalova S., Cerny J., Mitura K. et al. The influence of nitrogen fertilization on duality of winter wheat grain. *Mendel Net. Crech Republic*. 2014. V. 1. P. 105–109.
5. Hlisnikovski L., Kunzova E. Effect of Mineral and Organic Fertilizers on Yield and Technological Parameters of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Illimerized Luvisol. *Polish J. of Agronomy*. 2014. № 17. P. 18–24.
6. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F. et al. Models of grain quality in wheat. *Field Crops Research*. 2017. V. 202, 15 February. P. 1–4.
7. Бойко Г.И. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в связи с типом почвы и удобрениями в южной части Полесья УССР. *Агротехника*. 1976. № 5. С. 72–77.
8. Лісовий М.В., Комариста А.В. Вплив показників родючості ґрунту на якість зерна пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 11. С. 10–12.
9. Бакаева Н.П., Салтыкова О.Л. Урожайность и биохимические показатели качества озимой пшеницы в зависимости от плодородия почвы в лесостепи Заволжья. *Научная перспектива*. 2011. № 8. С. 69–71.
10. Лісовий М.В. Нормативні показники якості зерна пшениці озимої на чорноземах Лісостепу та Степу. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 8. С. 5–7.
11. Пономаренко В.С., Малярець Л.М. Аналіз даних у дослідженнях соціально-економічних систем: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2009. 432 с.
12. Малярець Л.М. Економіко-математичне моделювання: навчальний посібник. Харків: Вид. ХНЕУ, 2010. 312 с.
13. Гринь Г.С., Крупський М.К. Принципи агроґрунтового районування Української РСР. *Агротехніка і ґрунтознавство*. Київ, 1969. № 12. С. 3–26.