



УДК 631.8:631.454

**О. Ю. Стасіневич**

кандидат с.-г. наук, доцент  
кафедри агрохімії і ґрунтознавства  
Уманського національного  
університету садівництва  
stasinevych@ukr.net

**Г. М. Господаренко**  
доктор с.-г. наук, професор  
кафедри агрохімії і ґрунтознавства  
Уманського національного  
університету садівництва



**Е. В. Прокопенко**  
кандидат с.-г. наук, доцент кафедри  
прикладної інженерії та охорони праці  
Уманського національного  
університету садівництва



## ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ

**Анотація.** Проаналізовано вплив тривалого застосування різних норм добрив і систем удобрення в польовій сівозміні, а також інших чинників на врожайність ячменю ярого. Обґрунтовано та доведено істотний вплив зміни параметрів показників родючості ґрунту під впливом удобрення і сівозміни на рівень і динаміку врожайності ячменю ярого. На основі проведених досліджень розроблено основні лінійні моделі впливу добрив за різні періоди проведення дослідів на врожайність ячменю ярого. Математичний аналіз даних урожайності ячменю ярого у досліді за різних варіантів удобрення показав, що за низьких норм добрив ( $N_{45}P_{45}K_{45}$ ) не вдається її підтримувати на постійному рівні, хоч вона була вищою порівняно з ділянками без добрив. У варіантах дослідів з високими дозами добрив з часом відмічено зменшення середньорічного приросту врожайності, що в першу чергу можна пояснити підвищенням вмісту в ґрунті рухомих форм елементів живлення і оптимальним забезпеченням ними рослин. Тобто поживний режим ґрунту вже не є лімітуючим чинником формування врожаю ячменю ярого. Подальше його підвищення можливе за рахунок такого чинника, як сорт.

**Ключові слова:** дози добрив, системи удобрення, родючість ґрунту, фактори впливу, ячмінь ярий.

**Г. Н. Господаренко**

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії і почвознавства  
Уманський національний університет садівництва

**А. Ю. Стасіневич**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агрохімії і почвознавства  
Уманський національний університет садівництва

**Е. В. Прокопенко**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри прикладної інженерії і охорони праці  
Уманський національний університет садівництва

### УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВОМ СЕВОБОРОТЕ

**Аннотация.** Проанализировано влияние длительного применения различных норм удобрений и систем удобрения в полевом севообороте, а также других факторов на урожайность ячменя ярового. Обосновано и доказано существенное влияние изменения параметров показателей плодородия почвы под влиянием удобрения и севооборота на уровень и динамику урожайности ячменя ярового.

На основе проведенных исследований разработаны основные линейные модели влияния удобрений за различные периоды проведения опыта на урожайность ячменя ярового. Математический анализ данных урожайности ячменя ярового в опыте при различных вариантах удобрения показал, что при низких нормах удобрений ( $N_{45}P_{45}K_{45}$ ) не удается ее поддерживать на постоянном уровне, хотя она была выше по сравнению с участками без удобрений. В вариантах опыта с высокими дозами удобрений со временем отмечено уменьшение среднегодового прироста урожайности, что в первую очередь можно объяснить повышением содержания в почве подвижных форм элементов питания и оптимальным обеспечением ими растений. То есть питательный режим почвы уже не является лимитирующим фактором формирования урожая ячменя ярового. Дальнейшее его повышение возможно за счет такого фактора как сорт.

**Ключевые слова:** дозы удобрений, системы удобрения, плодородие почвы, факторы влияния, ячмень.

**G. N. Hospodarenko**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agricultural Chemistry and Soil Science  
Uman National University of Horticulture

**O. Y. Stasinyevych**

PhD of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Chemistry and Soil Science  
Uman National University of Horticulture

**E. V. Prokopenko**

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Applied Engineering and Labor  
Uman National University of Horticulture

**CAPACITY OF SPRING BARLEY IN LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS IN FIELD CROP ROTATION**

**Abstract.** The impact of long-term application of different rates of fertilizers and fertilizer systems in field crop rotation as well as other factors on capacity of spring barley is analyzed. A strong effect of the change of characteristics of soil fertility under the influence of fertilization and crop rotation on the level and dynamics of capacity of spring barley is grounded. Main linear models of fertilizer effects during different testing periods on capacity of spring barley are developed on grounds of researches. Mathematical data analysis of capacity of spring barley in different variants of fertilization showed that low rates of fertilizers (N45P45K45) didn't keep capacity on the fixed level though it was higher than in the non-fertilized plots. High rates of fertilizers in time showed decrease in the annual average crop capacity that is primarily accounted for concentration of able soil nutrients in soil and optimal nutrition of crops. That is the nutritive regime of soil is no more the limitative factor of crop capacity of spring barley. Further increase in capacity is possible due to such factor as a cultivar. **Keywords:** rates of fertilizers, fertilizer systems, fertility of soil, impact factors, barley.

**Постановка проблеми.** Для отримання високих і сталих урожаїв ячменю ярого і особливо пивоварного потрібно використовувати повне мінеральне удобрення, при цьому дуже важливо визначити оптимальне співвідношення азоту, фосфору і калію, враховуючи забезпеченість ґрунту цими елементами. Багаторічні дослідження показали, що ячмінь ярий також добре використовує післядію мінеральних добрив, внесених під попередник (буряк цукровий, кукурудза), підвищуючи врожайність на 22–26% і забезпечуючи при цьому добру якість зерна [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В дослідженнях, які проводили на Верхняцькій ДСС, продуктивність ячменю без застосування добрив становила 24,8 ц/га, на фоні добрив – 30,8 ц/га. На Білоцерківській ДСС у варіанті без добрив урожайність ячменю досягав 25,4 ц/га, за органо-мінеральної системи удобрення – 41,2 і мінеральної – 46,4 ц/га. Така різниця за врожайністю між системами удобрення обумовлена тим, що поживні речовини, які рослини використовують з орного шару, знаходяться в більш іммобілізованій формі, що зменшує їх доступність рослинам [2].

**Методика досліджень.** Дослідження проводили на дослідному полі в тривалому (з 1964 р.) стаціонарному досліді кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського НУС (атестат №88) [3]. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з вмістом гумусу в орному шарі ґрунту, залежно від варіанту удобрення, становив 2,81–3,65%, рН<sub>сол</sub> – 4,7–5,3, гідролітична кислотність – 2,7–5,7 смоль/кг, ступінь насичення ґрунту основами 70–80%, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 119–140 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) відповідно 95–281 і 89–174 мг/кг.

У польовій сівозміні зерно-бурякового типу органічні та мінеральні добрива вносили з розрахунку на 1 га сівозмінної площі за такою схемою: 1) без добрив (контроль); 2) N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>; 3) N<sub>135</sub>P<sub>135</sub>K<sub>135</sub>; 4) гній 4,5 т + N<sub>22,5</sub>P<sub>34</sub>K<sub>18</sub>; 5) гній 13,5 т + N<sub>67</sub>P<sub>101</sub>K<sub>54</sub>. Ячмінь ярий висівали після буряку цукрового. Безпосередньо під нього у варіантах 3 і 5 вносили відповідно N<sub>75</sub>P<sub>75</sub>K<sub>75</sub> і N<sub>47,5</sub>P<sub>75</sub>K<sub>50</sub>. Агротехнологія у досліді відповідала прийнятим у регіоні вимогам. Дослід закладали методом розщеплення ділянок у триразовій повторності. Загальна площа

ділянки 180 м<sup>2</sup>, облікової – 128 м<sup>2</sup>.

**Основні результати дослідження.** Зміна параметрів показників родючості ґрунту під впливом удобрення і культур польової сівозміни в тривалому (50 років) стаціонарному досліді істотно впливала на рівень і динаміку врожайності зерна ячменю ярого (табл. 1). У варіанті досліду без застосування добрив урожайність ячменю ярого впродовж перших двох ротацій була на рівні 28,4 ц/га, що вказує на високу природну родючість чорнозему опідзоленого. Дотримання сівозміни та заміна сортів продуктивнішими сприяло деякому підвищенню врожайності ячменю в III ротації сівозміни.

Проте, вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні впродовж трьох ротацій без застосування добрив призвело до зменшення вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті у відношенні до вихідного рівня. Це спричинило зниження врожайності ячменю ярого в IV ротації сівозміни. Схожа тенденція спостерігається і у варіантах досліду з внесенням добрив, але тут причиною є в першу чергу полягання посівів на високих фонах живлення.

Накладання післядії добрив сприяло накопиченню рухомих поживних речовин у ґрунті, що мало позитивний вплив на формування додаткового врожаю ячменю ярого. Проте, після проходження III ротації сівозміни відбулось зниження врожаю ячменю ярого. При цьому інтенсивність його зниження в варіанті без внесення добрив та з низькими дозами внесення добрив була більшою, ніж у варіантах з високими дозами добрив.

Оцінюючи рівень врожайності ячменю ярого в динаміці за ротаціями сівозміни, важко встановити чітку залежність. Це пов'язано з погодними умовами, сортозміною, рівнем агротехнології вирощування культури.

Проблема встановлення ефективності природної родючості ґрунтів і внесення добрив є досить складною, комплексною і постійною. Причиною цього є досить складна залежність зазначених показників від різного співвідношення умов і чинників [4]. Зрозуміло, що актуальність даної проблеми і пояснює наявність значної кількості науково-дослідних робіт, присвячених цим питанням, та далеко неоднозначних математичних залежностей такого впливу. Аналіз деяких з них дозволив О.В. Харченку [4] визначити такі основні моделі впливу добрив на врожайність сільськогосподарських культур:

**Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на врожайність зерна ячменю ярого (1965–2014 рр.), ц/га**

Таблиця 1

Варіант досліду	Ротація сівозміни											
	I	II	III	IV	V	I-II	I-III	II-III	II-IV	III-IV	I-IV	I-V
Без добрив (контроль)	29,0	27,9	32,1	26,2	29,1	28,4	29,6	30,0	28,7	29,1	28,8	28,8
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	33,7	35,2	36,8	30,5	36,8	34,5	35,2	36,0	34,2	33,7	34,1	34,6
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	32,7	34,7	38,8	37,2	45,2	33,7	35,4	36,7	36,9	38,0	35,8	37,7
Гній 4,5 т + N <sub>22,5</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	32,5	34,9	37,1	34,0	38,7	33,7	34,8	36,0	35,4	35,6	34,6	35,4
Гній 13,5 т + N <sub>67</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	33,9	34,5	41,0	40,6	48,0	34,2	36,5	37,7	38,7	40,8	37,5	39,6

- лінійну:  $y = a + bx$ ;
- поліномну:  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$ ;
- ступеневу:  $y = a_0x^b$  або  $y = a_0x^1bx^2c$ .

Одержані в досліді дані врожайності ячменю ярого нами описано лінійними моделями за різні періоди проведення досліді (табл. 2).

Як видно з даних табл. 2, врожайності ячменю ярого за 50 років на ділянках без добрив можна описати прямою лінією – середньорічне зниження врожайності становить лише 0,02 ц/га. В інших варіантах досліді середньорічний приріст урожайності становив 0,19–0,35 ц/га і був найвищим у варіанті досліді з високими дозами добрив за органо-мінеральної системи удобрення. Проте аналіз даних за останні 40 років (1975–2014 рр.) показує, що лише за високих доз добрив у польовій сівозміні зберігається тенденція щорічного приросту врожаю ячменю ярого – 0,10–0,30 ц/га залежно від системи удобрення. При цьому у варіанті без добрив середньорічне зниження врожайності складало вже 0,07 ц/га.

Математичною обробкою даних урожайності ячменю ярого за останні 30 років досліді (1985–2014 рр.) встановлено, що лише у варіанті досліді з високими дозами добрив за органо-мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні одержано середньорічний його приріст – 0,19 ц/га, тоді як за мінеральної системи удобрення врожайність практично не змінювалась – приріст становив лише 0,01 ц/га. При цьому необхідно відзначити значне (0,34–0,42 ц/га) середньорічне зниження врожайності у варіантах досліді без добрив і з низькою дозою добрив за мінеральної системи удобрення.

Відомо, що рівень врожайності культур залежить

не лише від рівня родючості ґрунту й удобрення, але і таких чинників як погодні умови, сорти, технологія їх вирощування. Не дивлячись на це, можна описати такі закономірності динаміки врожайності ярого ячменю у тривалому досліді. Так, у варіанті без добрив урожай ячменю ярого в перші 20 років практично не змінюється і навіть частково підвищувався, що можна пояснити сортозміною, правильним чергуванням культур у сівозміні, дотриманням технології вирощування. Така ж закономірність спостерігалось і за низьких доз добрив за різних систем удобрення у польовій сівозміні. В подальшому у цих варіантах досліді спостерігалось поступове зниження врожайності зерна.

Проте, що погода впливає на врожайність сільсько-господарських культур, загальновідомо. Відхилення від середнього-багаторічного значення за зміни погоди бувають дуже значними. Частка чинника "погода" у формуванні врожаю може досягати 70 % [5]. Зневілювати вплив погоди на врожай не можна, але його можна вивчити, через проведення досліджень в стаціонарному досліді впродовж багатьох років за різних погодних умов [6]. Використовувати який-небудь чинник як окремий показник, який характеризує погоду, можна, але на практиці, за звичай, на врожай культур і якість продукції впливає цілий комплекс умов, серед яких виділити лімітуючий чинник буває досить важко [7–9].

Статистична обробка експериментальних даних показала, що врожайність ячменю ярого в досліді за першу ротацію на 85,4% залежала від погодних умов, і лише на 5,5% від удобрення (рис. 1).

За період перших двох ротацій частка впливу погодних умов (чинник А) зменшилася на 8%, а вплив

Таблиця 2

**Рівняння регресії впливу тривалого застосування різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні на динаміку врожайності зерна ячменю ярого**

Варіант досліді	Роки проведення досліджень		
	1965–2014	1975–2014	1985–2014
Без добрив (контроль)	$y = 29,19 - 0,02x$	$y = 29,19 - 0,07x$	$y = 32,63 - 0,34x$
$N_{45}P_{45}K_{45}$	$y = 29,19 + 0,21x$	$y = 37,82 - 0,24x$	$y = 38,07 - 0,42x$
$N_{135}P_{135}K_{135}$	$y = 29,19 + 0,23x$	$y = 35,26 + 0,10x$	$y = 37,88 + 0,01x$
Гній 4,5 т + $N_{22,5}P_{34}K_{18}$	$y = 29,19 + 0,19x$	$y = 35,60 - 0,02x$	$y = 36,06 - 0,04x$
Гній 13,5 т + $N_{67}P_{101}K_{54}$	$y = 29,19 + 0,35x$	$y = 34,00 + 0,30x$	$y = 38,86 + 0,19x$

Примітка.  $x$  – кількість років проведення досліді.

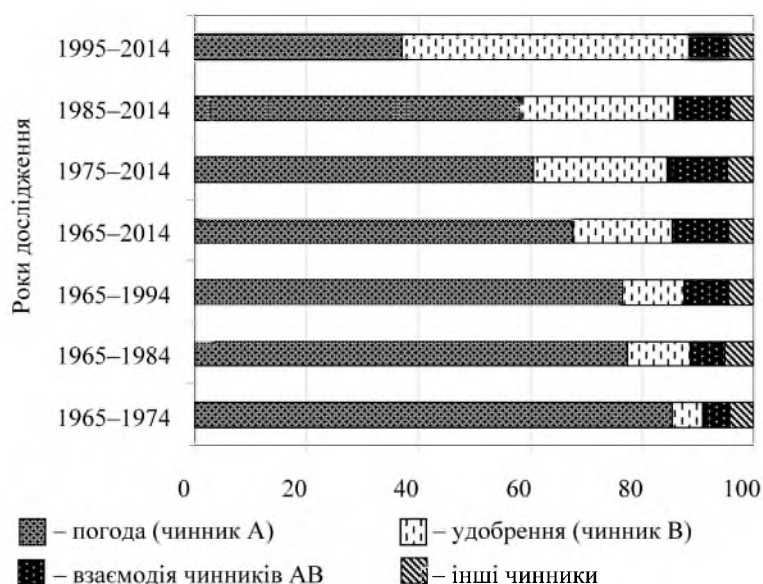


Рис. 1. Частка впливу чинників на врожайність ячменю ярого у тривалому (50 р.) досліді, %

Примітка. Варіанти удобрення в сівозміні: без добрив (контроль); гній 4,5 т +  $N_{22}P_{34}K_{18}$ ; гній 13,5 т +  $N_{67}P_{101}K_{54}$ .

Прогнозований на 2024 рік рівень врожайності ячменю ярого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні, ц/га

Варіант досліджу	Рік		
	1965–2014	1975–2014	1985–2014
Без добрив (контроль)	28,4	27,1	25,8
$N_{45}P_{45}K_{45}$	37,6	30,6	29,7
$N_{135}P_{135}K_{135}$	38,4	38,3	38,1
Гній 4,5 т + $N_{22,5}P_{34}K_{18}$	36,8	35,0	35,3
Гній 13,5 т + $N_{67}P_{101}K_{54}$	43,2	43,0	42,7

чинника В (удобрення) зріс на 5,7%, також зросла частка впливу взаємодії цих чинників. Аналізуючи вплив чинників на врожайність ячменю ярого в досліді впродовж чотирьох ротацій, можна зазначити той факт, що тривале систематичне накладання дії добрив сприяло зменшенню впливу чинника А і його частка становила 58,4%, та зростанню впливу чинника В до 27,4%. Найменший вплив погоди на формування врожаю ячменю ярого спостерігався в IV ротації сівозміни і склав лише 37,0%, а вплив удобрення зріс до 51,4%. Частка впливу інших чинників за весь період досліджень була не суттєвою і знаходилася в межах 4–5%. У варіантах досліді з високими дозами добрив величина середньорічного приросту врожаю зерна ячменю ярого з часом затухає, особливо за мінеральної системи удобрення. Це можна пояснити як досягненням оптимального вмісту в ґрунті рухомих речовин, так і погіршенням деяких з них, наприклад кислотності ґрунту.

Лінійні моделі динаміки врожайності ячменю ярого дозволяють спрогнозувати його рівень у майбутньому. Проте розрахунки показують, що залежно від періоду – 50, 40 чи 30 років, прогнозована врожайність на 60 рік буде різною (табл. 3).

Найбільша різниця у варіанті без добрив – за моделлю на основі 50-річних даних – 28,4 ц/га, 40-річних – 27,1, 30-річних – 25,8 ц/га. Останній показник свідчить про значне зниження природної родючості ґрунту за тривалого (50 років) вирощування культур без внесення добрив. Таку ж тенденцію відмічено і у варіантах досліді з низькими дозами добрив.

За високих доз добрив період створення моделі такого істотного значення не має – прогнозована врожайність за органо-мінеральної системи була 42,7–43,2 ц/га, а за мінеральної – 38,1–38,4 ц/га, тобто різниця становила лише 1,0–1,2%. У варіанті без добрив вона збільшувалась до 10%.

**Висновки.** 1. Математичний аналіз даних урожайності ячменю ярого в досліді з різними варіантами удобрення показує, що за низьких доз добрив ( $N_{45}P_{45}K_{45}$ ) не вдається її підтримувати на постійному рівні, хоч він був вищим порівняно з ділянками без добрив. У варіантах досліді з високими дозами добрив з часом проходить зниження середньорічних приростів урожайності, що в першу чергу можна пояснити підвищенням вмісту в ґрунті рухомих форм елементів живлення і оптимальним забезпеченням ними рослин. Тобто поживний режим ґрунту вже не є лімітуючим чинником формування врожаю ячменю ярого. Подальше його підвищення можливе за рахунок такого чинника як сорт.

2. Недостатня адаптивна пластичність сортів, що вирощувалися на практиці, негативно позначається на зерновій продуктивності культури за різних умов навколишнього природного середовища. Сучасні сорти часто відзначаються порівняно високою чутливістю до зміни умов живлення як на ранніх, так і наступних етапах росту і розвитку, що впливає на їх здатність

формувати повноцінний врожай у несприятливих за ґрунтово-кліматичним чинником умовах. До того ж сучасні сорти істотно знижують зернову продуктивність на бідному агрофоні. За одноразового внесення добрив, або підживлення також не завжди вдається реалізувати потенціал зернової продуктивності. Крім того, реальний збір зерна, як і його якість, нерідко знижуються за причини ураження посівів хворобами. Все це викликає різкі зміни врожайності ячменю ярого по роках та залежно від місця вирощування і є однією з основних причин того, що впродовж вже тривалого періоду в нашій державі не відбулося істотного збільшення частки цієї цінної культури в структурі посівних площ.

### Література

1. Аидиев А.Ю. Актуальные проблемы возделывания пивоваренного ячменя в Курской области / А.Ю. Аидиев, В.И. Лазарев // Зерновое хозяйство. – 2004. – №7. – С. 20–22.
2. Барштейн Л.А. Сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення в зонах бурякосяння / Л.А. Барштейн, І.С. Скарєдний, В.М. Якименко. – К.: Тенар, 2002. – 486 с.
3. Стационарні польові досліді України. Реєстр атестатів. – К.: Аграр. наука, 2014. – 146 с.
4. Харченко О.В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у Лісостепу України / О.В. Харченко. – Суми: Універсальна книга, 2005. – 342 с.
5. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т.И. Иванова. – М.: Агрпромиздат, 1989. – 235 с.
6. Цыгуткин А.С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта / А.С. Цыгуткин // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 77–85.
7. Каленська С.М. Ячмінь ярий, озимий технологія вирощування / С.М. Каленська, О.В. Бачинський, О.Я. Шевчук та ін. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 31 с.
8. Каленська С.М., Бачинський О.В., Качура Є.В. Продуктивність сортів ярого пивоварного ячменю залежно від норм висіву насіння та добрив / С.М. Каленська, О.В. Бачинський, Є.В. Качура // 36. наук. пр. Інституту землеробства УААН. – К., 2005. – Вип. 4. – С. 55–58.
9. Паников В.Д. Агротехника и погода / В.Д. Паников. – М.: Знание, 1986. – 64 с.

### References

1. Aidiev A.Yu. Actual problems of cultivation of malting barley in the Kursk region / A. Yu. Aidiev, V. I. Lazarev // Seed farming. – 2004. – №7. – P. 20–22.
2. Barshtein L.A. Crop rotations in sugar the areas of sowing of beets / L. A. Barshtein, I. S. Skarednyy, V. M. Yakimenko. – K.: Tenar, 2002. – 486 p.
3. Stationary field resources of Ukraine. – K.: Agrar. science, 2014. – 146 p.
4. Kharchenko V. A. Resource assurance and the ways of growing conditions of agricultural crops in a Forest Steppe Zone of Ukraine / V. A. Kharchenko. – Sumy: Universal book, 2005. – 342 p.
5. Ivanova T. I. Forecasting of efficiency of fertilizers using the mathematical models / T. I. Ivanova. – M.: Agropromizdat, 1989. – 235 p.
6. Tsyhutkin A. S. On the possibility of the transformation of replication into the additional factor of the pattern of experience / A. S. Tsyhutkin // Agrochemistry. – 2002. – No. 2. – P. 77–85.
7. Kalenska S.M. Spring and winter barley, technology of growing / H.M. Kalenska, O.V. Bachinskyi, J. Ya. Shevchuk and others. – K.: Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2007. – 31 p.
8. Kalenska S. M., Bachinskyi O.V., KachuraYe.V. Productivity of sorts of spring malting barley depending on the rate of sowing of seeds and fertilizer / S.M. Kalenska, O.V. Bachinskyi, Ye.V. Kachura // Proceeding of the Institute of Grable Farming of UAAS. – K., 2005. – Issue 4. – P. 55–58.
9. Pannykov V.D. Agrotecnics and weather / U. D. Pannykov. – M.: Knowledge, 1986. – 64 p.