

УДК 633.16:632.954

**СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ І ФУНКЦІОНАЛЬНА  
АКТИВНІСТЬ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ  
ГЕРБІЦИДУ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ**

*В.П. Карпенко, кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва*

**Постановка проблеми.** Гербіциди є невід'ємним елементом сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, однак, як речовини високої фізіологічної активності, вони здатні викликати значні зміни в структурній організації листкового апарату культурних рослин, що в подальшому визначає їх функціональну активність та продуктивність культури в цілому. Водночас, зменшити негативний вплив гербіцидів на посіви сільськогосподарських культур можливо за рахунок поєднання їх використання із біологічними препаратами, але сумісна дія таких сумішей на формування листкового апарату та його функціонування є вивченою недостатньо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальновідомо, що анатомічні та морфологічні зміни в структурі окремих клітин, тканин і вегетативних органів є проявом ознак фенотипової пластичності рослин до дії певних несприятливих чинників [1], однак, цим змінам, як правило, передують глибокі внутрішні перебудови в рослинному організмі.

На сьогодні доведено, що гербіциди здатні активно пересуватися в рослинах до зон із найвищою меристематичною активністю [2], де вони прямо або побічно (через порушення балансу ендогенних фітогормонів та перебігу фізіолого-біохімічних процесів) впливають на стадії розвитку клітини. Найбільш активно клітини сприймають хімічні стимули під час проходження ембріональної стадії. Це доведено на прикладі використання

різних хімічних сполук, у тому числі карбонових кислот, тіокарбаматів, хлорацетамідів, динітроанілінів та ін. [3]. За використання гербіцидів, мітотична активність клітин, що перебувають в стадії поділу, може порушуватись [4, 5]. Це, в свою чергу, призводить до змін у проходженні клітиною стадій розтягування і диференціювання, що в подальшому обумовлює формування відповідної анатомічної і морфологічної будови окремих зародкових тканин [6]. Особливо чітко ці зміни прослідковуються після ініціації в конусі наростання листків, колосків й ін. огранів. Так, за використання 2,4-ДА (0,52кг/га) в умовах вегетаційного дослідження, в рослин ячменю ярого Кліппер були відмічені морфологічні зміни в апікальній меристемі точки росту головного стебла: в зародковому колосі формувалися ділянки без колосків, а в колосків, що сформувались – порушувалась будова [7]. Будь-які зміни в анатомічній і морфологічній структурі зародкових органів зумовлюють формування відповідної будови листового апарату і стебла рослин, що може свідчити про ступінь і глибину впливу гербіцидного агента на рослинний організм та – про його стійкість до дії відповідних препаратів [8].

Значний вплив на формування анатомічної і морфологічної будови рослин мають екзогенні регулятори росту рослин (PPR). Як свідчать дослідження, у більшості випадків вони сприяють підвищенню мітотичної активності в меристемах рослин [9]. Так, за обробки соняшника Трептолемом було відмічено збільшення об'єму клітин стовпчастої паренхіми та потовщення листових пластинок (за рахунок розростання основної фотосинтезуючої тканини листка – хлоренхіми). При цьому площа продихів, їх кількість та кількість клітин епідермісу на одиниці абаксіальної поверхні листка були близькими до контролю [10]. Стимулювання мітотичної активності вчені спостерігали й за використання на різних

сільськогосподарських культурах мікробіологічних препаратів, зокрема, Агату-25К, Діазофіту, Ризоетерину, Флавобактерину [11, 12]. У той же час менш вивченими на сьогоднішній день залишаються анатомо-морфологічні зміни в рослинах за дії бакових сумішей гербіцидів і біологічних препаратів, але узагальнення досліджень, виконаних на пшениці озимій з використанням гербіцидів Гроділу 15–25г/га і Трезору 1,0–1,4кг/га сумісно з Емістимом С, кукурудзі – Базис 15–30г/га сумісно із Зеастимуліном, ярому ячмені – Гранстару 10–25 г/га сумісно з Емістимом С, Лінтуру 70WG 90–140г/га сумісно з Агат-25К [13] дає підставу стверджувати, що оптимальні норми гербіцидів, внесені сумісно з РРР та мікробіологічними препаратами, зумовлюють збільшення розмірів клітин епідермісу на поверхні листка та довжини продихових щілин, що відповідає формуванню найбільш оптимального за площею і продуктивністю листкового апарату рослин.

**Постановка завдання.** Завданням наших досліджень було встановити, як змінюється анатомічна будова епідермісу листкової поверхні ячменю ярого, площа листків та їх фотосинтетична продуктивність, за використання у посівах різних норм гербіциду Калібр 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із біологічними препаратами (Агат-25К і Агростимулін), та в якій мірі ці зміни відображають адаптацію рослин до дії даних сполук.

**Методика досліджень.** Досліди виконували в польових умовах сівозміни кафедри біології Уманського НУС. Об'єктами досліджень слугували рослини ячменю ярого (*Hordeum distichum*) сорту Соборний, гербіцид Калібр 75, в.г. (д.р. – тифенсульфурон-метил, 500 г/кг + трибенурон-метил, 250 г/кг), біопрепарат Агат-25К (д.р. – інактивовані бактерії *Pseudomonas aureofaciens* Н16 – 2 % і біологічно активні речовини культуральної рідини – 38%), РРР Агростимулін (д.р. – N-оксид-2,6-

диметилпіридин + Емістим С (композиція біологічно активних речовин, одержана шляхом культивування грибів-ендофітів [14].

Закладання польових дослідів виконували в триразовому повторенні згідно загальноприйнятих рекомендацій [15] за схемою, що наведена в таблицях. Внесення препаратів проводили у фазу повного кушіння ячменю ярого з розрахунковою витратою робочого розчину 300 л/га.

Анатомічну будову епідермісу листкової поверхні, площу листків та фотосинтетичну продуктивність ячменю ярого досліджували в лабораторних умовах у зразках рослин, відібраних у польових дослідах, за методиками, викладеними З.М. Грицаєнко та ін.[16].

**Виклад основного матеріалу.** У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що формування показників анатомічної структури епідермісу листового апарату, площі листків і фотосинтетичної продуктивності ячменю ярого залежало від норм використання у посівах гербіциду Калібр 75, поєднання їх у бакових сумішах із Агат-25К і Агростимуліном та погодних умов, що складались під час вегетації культури (табл. 1, 2). Так, аналізуючи кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка у 2007 р. можна відмітити, що із наростанням норм внесення Калібру 75 до 60 г/га, їх кількість у порівнянні з контролем зменшувалась, однак, більш значне зменшення числа клітин прослідковувалось у варіантах дослідів, де Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га вносили разом із біологічними препаратами Агат-25К і Агростимулін, зокрема, зниження числа клітин у цих варіантах дослідів у порівнянні до контролю I складало відповідно 46; 70; 76; 37 і 16 шт./мм<sup>2</sup> при НІР<sub>05</sub> 9,0.

Зменшення числа клітин епідермісу на одному мм<sup>2</sup> поверхні листка супроводжувалось зростанням їх площі. Особливо відчутним збільшення

Таблиця 1

Анатомічна структура епідермісу, площа листкового апарату та фотосинтетична продуктивність ячменю ярого за дії гербіциду Калібр 75 і його сумішей з Агат–25К і Агростимуліном (фаза виколошування, 2007 р.)

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> поверхні листка, шт.	Площа однієї клітини в полі зору мікроскопа, мкм <sup>2</sup>	Площа листків, см <sup>2</sup> /рослину	Фотосинтетична продуктивність посівів, г/м <sup>2</sup> за добу
Без застосування препаратів (контроль I)	310	910,0	38,1	1,8
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	211	2595,6	65,2	4,3
Агат-25К 20 мл/га	261	1330,6	53,3	2,3
Агростимулін 10 мл/га	250	1315,1	55,4	2,4
Калібр 75 30 г/га	281	1301,3	48,3	2,1
Калібр 75 40 г/га	263	1840,6	53,1	2,8
Калібр 75 50 г/га	238	2463,5	61,3	3,1
Калібр 75 60 г/га	284	1294,3	50,2	2,3
Калібр 75 70 г/га	315	884,9	38,3	2,0
Калібр 75 30 г/га + Агростимулін + Агат–25К	264	1577,6	56,6	3,3
Калібр 75 40 г/га + Агростимулін + Агат–25К	240	2571,3	62,3	4,2
Калібр 75 50 г/га + Агростимулін + Агат–25К	234	2503,8	62,0	4,0
Калібр 75 60 г/га + Агростимулін + Агат–25К	273	1830,5	55,4	3,1
Калібр 75 70 г/га + Агростимулін + Агат–25К	294	922,0	40,1	2,5
НІР <sub>05</sub>	9,0	98,3	4,8	0,3

Таблиця 2

Анатомічна структура епідермісу, площа листового апарату та фотосинтетична продуктивність ячменю ярого за дії гербіциду Калібр 75 і його сумішей з Агат–25К і Агростимуліном (фаза виколошування, 2008 р.)

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> поверхні листка, шт.	Площа однієї клітини в полі зору мікроскопа, мкм <sup>2</sup>	Площа листків, см <sup>2</sup> /рослину	Фотосинтетична продуктивність посівів, г/м <sup>2</sup> за добу
Без застосування препаратів (контроль I)	190	1597,3	100,4	4,3
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	121	3304,0	151,1	6,1
Агат-25К 20 мл/га	173	1769,6	123,4	4,7
Агростимулін 10 мл/га	166	1841,8	131,2	4,5
Калібр 75 30 г/га	178	1879,5	120,3	4,4
Калібр 75 40 г/га	161	2243,5	131,2	5,0
Калібр 75 50 г/га	142	2647,9	147,7	5,6
Калібр 75 60 г/га	173	1838,2	138,5	4,8
Калібр 75 70 г/га	188	1661,8	115,5	4,5
Калібр 75 30 г/га + Агростимулін + Агат–25К	153	2126,8	132,2	4,8
Калібр 75 40 г/га + Агростимулін + Агат–25К	141	2896,9	150,3	5,8
Калібр 75 50 г/га + Агростимулін + Агат–25К	138	2760,7	148,4	5,7
Калібр 75 60 г/га + Агростимулін + Агат–25К	164	2049,6	143,8	5,0
Калібр 75 70 г/га + Агростимулін + Агат–25К	175	1846,5	121,1	4,8
НІР <sub>05</sub>	11,0	112,3	4,5	0,5

площі клітин було в варіантах досліду із сумісним внесенням Калібру 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га з Агат–25К і Агростимуліном, що відповідно на 276,3; 730,7; 40,3; 536,2 і 37,1 мкм<sup>2</sup> перевищувало площу однієї клітини проти відповідних варіантів досліду, де біологічні препарати в сумішах із гербіцидами не вносились.

Оскільки зміни в анатомічній структурі листка можуть свідчити про ступінь реагування рослини на дію певного чинника [17], то збільшення площі клітин епідермісу ячменю ярого, яке прослідковувалось за зменшення кількості клітин на одиниці поверхні листка при сумісному внесенні Калібру 75 із Агат–25 і Агростимуліном узгоджується з формуванням анатомічної структури мезоморфного типу.

З метою підтвердження одержаних даних нами було проведено визначення площі листової поверхні рослин. Так, якщо у варіантах досліду Калібр 75 30; 40; 50; 60 і 70 г/га площа листків однієї рослини ячменю ярого складала відповідно 48,3; 53,1; 61,3; 50,2 і 38,3 см<sup>2</sup>, то в цих же варіантах досліду, але із внесенням у сумішах біологічно активних препаратів – 56,6; 62,3; 62,0; 55,4 і 40,1 см<sup>2</sup> відповідно при 38,1 см<sup>2</sup> в контролі I і НР<sub>05</sub> 4,8. Очевидно, що формування більших розмірів площі листового апарату в варіантах досліду із використанням Калібру 75 у бакових сумішах з Агат–25К і Агростимуліном, перш за все, обумовлено послабленням негативної дії гербіцидного агента на рослини, завдяки антиоксидантним та протекторним властивостям біопрепаратів [18], по-друге, формування мезоморфного листового апарату є наслідком зняття негативних конкурентних відносин з боку бур'янів за світло, вологу і поживні речовини [19]. На користь останнього твердження свідчать дані, одержані у варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетаційного періоду, де площа однієї клітини

епідермісу та площа листків ячменю ярого були найбільшими в досліді та складала відповідно 2595,6 мкм<sup>2</sup> і 65,2 см<sup>2</sup>.

Формування оптимального за структурою і розмірами фотосинтетичного апарату забезпечило зростання фотосинтетичної продуктивності ячменю ярого, яка в варіантах Калібр 75 30; 40; 50; 60 і 70 г/га складала відповідно 2,1; 2,8; 3,1; 2,3 і 2,0 г/м<sup>2</sup> за добу, у той час, як за сумісного внесення тих же норм гербіциду із біологічними препаратами – 3,3; 4,2; 4,0; 3,1 і 2,5 г/м<sup>2</sup> за добу при 1,8 г/м<sup>2</sup> за добу в контролі I.

Аналогічну закономірність із формуванням анатомічної структури епідермісу листкового апарату, площі листків і фотосинтетичної продуктивності ячменю ярого нами було відмічено і в 2008 р. досліджень. Однак, слід зауважити, що експериментальні дані 2008 р. значно відрізнялись від даних, одержаних у 2007 р., що свідчить про залежність формування досліджуваних показників від погодних умов. Так, якщо у 2008 р. в контролі I кількість клітин епідермісу на одному мм<sup>2</sup> поверхні листка складала 190 шт., а площа однієї клітини 1597,3 мкм<sup>2</sup>, то у 2007 р. – відповідно 310 шт. і 910,0 мкм<sup>2</sup>. Ці дані узгоджуються з висновками інших вчених [20], які зазначають, що за посушливих умов (таким був 2007 р., під час вегетаційного періоду якого спостерігалась нестача вологи) рослини формують дрібноклітинний листковий апарат, чим захищають себе як від нестачі вологи, так і від надмірних її витрат.

Детальний аналіз анатомічної структури епідермісу ячменю ярого у 2008 р. показав, що як і в 2007 р. за дії гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га кількість клітин на одиниці поверхні листка зменшувалась і складала відповідно 178; 161; 142; 173 і 188 шт./мм<sup>2</sup>, а за використання цих же норм гербіциду сумісно з біопрепаратами – 153; 141; 138; 161 і 175 шт./мм<sup>2</sup> при 190 шт./мм<sup>2</sup> в контролі I і НІР<sub>05</sub> 11,0. З цих даних видно що,

найбільше зменшення числа клітин за одночасного зростання їх площі відбувалось у варіантах досліду із сумісним внесенням Калібру 75 і біопрепаратів, зокрема, за дії Калібру 75 у нормах 40 і 50 г/га кількість клітин на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка була найменшою і складала відповідно 141 і 138 шт., а їх площа – 2896,9 і 2760,7 мкм<sup>2</sup>. Дані анатомічної структури епідермісу листка в цих варіантах досліду узгоджуються з формуванням найбільшої площі листкового апарату (150,3 і 148,4 см<sup>2</sup>), який забезпечував найвищу фотосинтетичну продуктивність посівів – відповідно 5,8 і 5,7 при 4,3 г/м<sup>2</sup> за добу в контролі I.

**Висновки.** Гербіцид Калібр 75, внесений як роздільно, так і в сумішах із біопрепаратами Агат–25К і Агростимулін, накладає істотний відбиток на формування анатомічної структури листкового апарату ячменю ярого, площі листків та проходження в них фотосинтетичних процесів. За використання гербіциду Калібр 75 в сумішах із біологічними препаратами прослідковується зменшення числа клітин епідермісу на одиниці поверхні листка, однак, при цьому значно зростає їх площа, що в цілому призводить до збільшення розмірів листкової поверхні рослин ячменю ярого та підвищення їх фотосинтетичної продуктивності. Найбільш оптимальний за анатомічною структурою та продуктивністю листковий апарат формується за використання в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75 у нормах 40 і 50 г/га разом із Агат-25К і Агростимуліном, що може свідчити про позитивний вплив даних композицій на фізіоло-біохімічний статус рослин і фітосанітарний стан посівів, від яких напряду залежить формування комплексу мезоморфних ознак, характерних для найбільш високопродуктивних рослин – мезофітів.

#### **Бібліографічний список**

1. Кордюм Є.Л. Цитофізіологія рослин в Україні / Є.Л. Кордюм //

- Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – К.: Логос, 2009. – Т. 2. – С. 488 – 515.
2. Мордерер Е.Ю. Избирательная фитотоксичность гербицидов / Е.Ю. Мордерер. – К.: Логос, 2001. – 240 с.
  3. Химические средства борьбы с сорняками / [пер. с венг. И.Ф.Куренного; под. ред. Н.М.Жирмунской]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 413 с.
  4. Nakahira K. Histological changes in root and shoot apical meristematic tissues of corn treated with quiralofop / K.Nakahira, M.Uchiyama // J.Pesticide Sc. – 1989. – P. 481 – 488.
  5. Beyer E.M. Sulfonilureas / E.M.Beyer // Herbicides, Chemistry, Degradation and Mode of Action. – New York, 1987. – V. 3. – P. 117 – 189.
  6. Два механизма ингибирования роста растяжением супероптимальными концентрациями 2,4 – Д / Е.И.Мелехов, Л.Х.Рамазанова, Н.А.Авсиевич [и др.] // Физиология растений. – 1982. – Т. 29. – № 1. – С. 62 – 69.
  7. Loubser J.W. Abnormalities of the growth point and ear of barley caused by 2,4 – dihalorophenoxy acetic acid / J.W. Loubser, A.L.Cairns // J.Plant Soil. – 1989. – V. 6. – № 2. – P. 103 – 107.
  8. Петунова А.А. Реакция видов и сортов пшеницы и ячменя на гербициды: автореферат дис. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук: спец. 06.01.09, 06.01.01 «Растениеводство; Общее земледелие» / А.А.Петунова. – Омск, 1988. – 31 с.
  9. Мусіяка В.К. Антимуутагенна дія регулятора росту Емістиму в корневих меристемах гороху та пшениці / В.К.Мусіяка // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. – № 1. – С. 45 – 51.
  10. Рогач Т.І. Особливості морфогенезу і продуктивність соняшнику за дії Трептолему / Т.І.Рогач // Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку. – К.: Логос, 2009. – С. 680 – 686.

11. Луценко Э.К. Индуцированные Агатом-25К цитофизиологические изменения у проростков ржи в условиях засоления / Э.К. Луценко, Е.А. Марушко // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: мат. докл. Межд. конф., 18 – 24 июня 2007 г. – Сыктывкар, 2007. – Ч. 2. – С. 243 – 244.
12. Патика В.П. Морфофізіологічні дослідження впливу біопрепаратів азотфіксувальних бактерій на формування елементів продуктивності озимої пшениці / В.П. Патика, В.В. Гармашов, А.В. Калініченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 3. – С. 239 – 249.
13. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П. та ін.]; під ред. З.М. Грицаєнко. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. – 352 с.
14. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні / В.У. Ящук, Д.В. Іванов, О.Л. Капліна [та ін.] // Спеціальний випуск журналу «Пропозиція». – К. : Юнівест-Медіа, 2010. – 536 с.
15. Методики випробування і застосування пестицидів / [Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін.]; за ред. О.О. Іващенко. – К.: Світ. – 2001. – 448с.
16. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / [Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П.]; під ред. З.М. Грицаєнко. – К.: Нічлава, 2003. – 320с.
17. Александров В.Г. Анатомия растений / Александров В.Г. – М.: Государственное издательство „Советская наука”, 1954.– 491с.
18. Грицаєнко З.М. Вплив гербіциду Калібру 75 і біологічно активних речовин на активність антиоксидантних ферментних систем ячменю ярого / З.М.Грицаєнко, В.П.Карпенко // Екологія – шляхи гармонізації

відносин природи та суспільства : зб. тез Міжн. наук. конф., 23 – 24 квітня 2009р. – Умань, 2009. – С. 12 – 14.

19. Грицаєнко З.М. Анатомічні зміни в будові фотосинтетичного апарату рослин ярого ячменю під впливом сумісного застосування гербіциду Гранстару й біостимулятора росту Емістима С / З.М. Грицаєнко, В.П. Карпенко // Збірник наукових праць Уманського ДАУ. – Умань, 2006. Вип.62. – Ч.1. – С. 9–15.
20. Гулидов А.М. Погодные условия и эффективность послесходовых гербицидов / А.М.Гулидов // Защита и карантин растений. – 2000. – №5. – С. 21–24.

***Карпенко Віктор Петрович***

*Структурна організація і функціональна активність листкового апарату ярого ячменю за дії гербіциду і біологічних препаратів*

***Ключові слова:*** гербіцид, біологічні препарати, анатомічна структура листка, площа листя, фотосинтетична продуктивність.

*В статті наведено результати досліджень з вивчення дії в посівах ячменю ярого різних норм гербіциду Калібр 75, внесених роздільно та в бакових сумішах із біологічними препаратами Агат-25К і Агростимулін, на анатомічну структуру епідермісу листкового апарату, формування площі листків та їх фотосинтетичну продуктивність.*

***Карпенко Віктор Петрович***

*Структурная организация и функциональная активность листового аппарата ярого ячменя при действии гербицида и биологических препаратов*

***Ключевые слова:*** гербицид, биологические препараты, анатомическая структура листа, площадь листьев, фотосинтетическая продуктивность.

*В статье приведены результаты исследований по изучению действия в посевах ярого ячменя разных норм гербицида Калибр 75, внесенных отдельно и в баковых смесях с биологическими препаратами Агат-25К и Агростимулин, на анатомическую структуру эпидермиса листового аппарата, формирование площади листьев и их фотосинтетическую продуктивность.*

***Karpenko Viktor Petrovych***

*Structural organization and functional activity of the leaf apparatus of spring barley under the influence of herbicide and biological preparations*

***Key words:*** *herbicide, biological preparations, leaf anatomy, leaf surface, photosynthetic productivity.*

*The article presents the results of the research into the influence of different rates of herbicide Caliber 75 applied separately or in the tank mixtures with biopreparations AGAT-25K and Agrostimulin on the anatomical structure of epidermis of the leaf apparatus, on the formation of the leaf surface and photosynthetic productivity of spring barley plantings.*