

УДК 633.16: 576.354.4: 632.954

**О. Л. Січняк**, к.б.н., доцент,

**Т. Є. Копитчук**, аспірант

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра генетики та молекулярної біології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,  
e-mail: sechnyak@ukr.net, tatyana\_kopytchuk@i.ua

### ВПЛИВ ГЕРБИЦИДІВ НА МЕЙОЗ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

Досліджували вплив гербицидів «Селефіт», «Напалм», «Раундап» і «Містраль» на регулярність мейозу у ярого ячменю. Виявлені відмінності за цитогенетичною активністю препаратів і за реакцією сортів на обробку препаратами. Спектр порушень мейозу свідчить про переважну дію гербицидів на веретено поділу, в той же час спостерігається їх значна активність у відношенні хромосом.

**Ключові слова:** регулярність мейозу, гербициди, ячмінь

Відомо, що у формуванні адаптаційного синдрому рослин беруть участь компоненти цитоскелету [10]. Разом з тим, діючі речовини багатьох гербицидів проявляють активність, спрямовану проти мікротрубочок і мають високий рівень впливу на рослинний тубулін [11]. Дослідженнями дії динітроанілінового гербициду трефлан на клітини коренців паростків різних сортів ячменю було доведено, що гербицид індукує збільшення активності ферментів пероксидазного комплексу і цей процес корелює з порушенням полімеризації мікротрубочок цитоскелету [1]. Негативну активність відносно апарату поділу проявляють й інші гербициди [3]. Однак усі ці дослідження стосуються мітотичного апарату рослин. Метою представленої роботи є дослідження регулярності мейозу ярого ячменю за обробки гербицидами з різними діючими речовинами.

#### Матеріали і методи досліджень

Матеріалом досліджень слугували сорти ярого ячменю Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства і сортовивчення Галактик, Еней, Водограй, Сталкер і Геліос.

Для обробки рослин використовували препарати суцільної дії, призначені для передпосівної або досходової дії: «Селефіт» (д.р. – прометрін, 500 г/л), «Напалм» (д.р. – ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л), «Раундап» (д.р. – ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л) і «Містраль» (д.р. – метрибузин (700 г/кг)). Рослини обприскували на початку стадії виходу у трубку зазначеними препаратами у робочих концентраціях.

Для оцінки впливу препарату на регулярність мейозу молоді колосся фіксували в оцтовому алкоголі, провадили передобробку 4 % розчином залізоамонійного галуноу та забарвлювали 1 % ацетокарміном [4]. Враховували частоту нормальних та дефектних тетрад мікроспор. Для кожного варіанту досліду фіксували 8–10 рослин і враховували 40–50 тетрад (в т.ч. і поліад) мікроспор в кожній рослині. Всередині кожного варіанту дослідження між рослинами не виявлено істотних відмінностей, тому дані по рослинам об'єднали. У кожному варіанті аналізували близько 400 тетрад. Статистичне опрацювання виконували за допомогою критерію Стьюдента [7].

**Результати і обговорення**

За обробки гербіцидами ріст рослин пригнічувався помірно, однак у всіх досліджених сортів ячменю мейотичний індекс був суттєво знижений ( $P \leq 0,001$ ) у порівнянні з контролем (табл. 1). Разом з тим, були виявлені відмінності за цитогенетичною активністю препаратів і за реакцією сортів на обробку препаратами.

Таблиця 1

**Частка нормальних і дефектних продуктів мейозу у ячменю за обробки гербіцидами та в контролі (%)**

Сорт	Варіант досліді	Нормальні тетради	Тетради з мікроядрами	Нетипові тетради	Поліади
Галактик	Контроль	88,0 ± 1,6	5,8 ± 1,2	4,5 ± 1,0	1,8 ± 0,7
	Селефіт	51,3 ± 2,5	24,8 ± 2,2	14,5 ± 1,8	9,5 ± 1,5
	Напалм	40,0 ± 2,4	36,3 ± 2,4	18,3 ± 1,9	5,5 ± 1,1
	Раундап	56,5 ± 2,5	20,7 ± 2,0	19,8 ± 2,0	4,5 ± 1,0
	Містраль	66,0 ± 2,4	8,5 ± 1,4	14,0 ± 1,7	11,5 ± 1,6
Еней	Контроль	84,0 ± 1,8	7,3 ± 1,3	6,5 ± 1,2	2,3 ± 0,7
	Селефіт	60,0 ± 2,4	18,8 ± 2,0	15,3 ± 1,8	6,0 ± 1,2
	Напалм	47,0 ± 2,5	18,3 ± 1,9	24,3 ± 2,1	10,5 ± 1,5
	Раундап	54,3 ± 2,5	22,3 ± 2,1	14,3 ± 1,8	9,3 ± 1,5
	Містраль	59,5 ± 2,5	19,3 ± 2,0	12,3 ± 1,6	9,5 ± 1,5
Водограй	Контроль	92,8 ± 1,3	4,3 ± 1,0	2,5 ± 0,8	0,5 ± 0,4
	Селефіт	68,5 ± 2,3	13,3 ± 1,7	9,8 ± 1,5	8,5 ± 1,4
	Напалм	58,5 ± 2,5	17,8 ± 1,9	16,3 ± 1,8	7,3 ± 1,3
	Раундап	65,3 ± 2,4	17,3 ± 1,9	13,5 ± 1,7	4,0 ± 1,0
	Містраль	61,3 ± 2,4	16,8 ± 1,9	11,5 ± 1,6	10,5 ± 1,5
Сталкер	Контроль	92,5 ± 1,3	4,3 ± 1,0	3,3 ± 0,9	0
	Селефіт	71,3 ± 2,3	12,3 ± 1,6	9,3 ± 1,5	6,8 ± 1,3
	Напалм	60,0 ± 2,4	11,8 ± 1,6	19,5 ± 2,0	8,8 ± 1,4
	Раундап	62,3 ± 2,4	18,8 ± 2,0	11,5 ± 1,6	10,5 ± 1,5
	Містраль	59,3 ± 2,5	21,0 ± 2,0	10,3 ± 1,5	9,5 ± 1,5
Геліос	Контроль	95,5 ± 1,0	2,3 ± 0,7	2,0 ± 0,7	0,3 ± 0,3
	Селефіт	61,3 ± 2,4	18,5 ± 1,9	11,5 ± 1,6	8,8 ± 1,4
	Напалм	52,3 ± 2,5	20,5 ± 2,0	18,5 ± 1,9	8,8 ± 1,4
	Раундап	55,0 ± 2,5	22,3 ± 2,1	15,5 ± 1,8	7,3 ± 1,3
	Містраль	68,3 ± 2,3	11,3 ± 1,6	12,0 ± 1,6	8,5 ± 1,4

Найбільш жорстку дію мав препарат «Напалм». Мейотичний індекс за умов обробки препаратом складав у середньому  $51,6 \pm 1,1$  % (інтервал, в залежності від сорту, складав 40,0–60,0 %). Відносно м'яку дію продемонстрували препарати «Містраль» (середнє значення мейотичного індексу  $62,9 \pm 1,0$  %, інтервал – 59,3–68,3 %) і «Селефіт» (середнє значення –  $62,6 \pm 1,1$  %, інтервал – 51,3–71,3 %). Проміжним за цитогенетичною активністю виявився препарат «Раундап» (середнє значення –  $58,7 \pm 1,1$  %, інтервал – 54,3–65,3 %).

Реакція сортів також суттєво відрізнялася і залежала від застосованого препарату. Найбільш чутливими до дії гербіцидів виявилися сорти Галактик і Еней. Середнє значення мейотичного індексу за обробки гербіцидами складало  $53,5 \pm 1,2$  % і  $55,2 \pm 1,2$  %, відповідно. Найменш чутливими виявилися сорти Сталкер (середнє значення мейотичного індексу складало  $63,2 \pm 1,2$  %, інтервал – 59,3–71,3 %) і Водограй (середнє значення мейотичного індексу  $64,3 \pm 1,2$  %, інтервал – 58,5–68,5 %). Чутливість сорту Геліос до дії гербіцидів була проміжною відносно зазначених груп сортів. Середнє значення мейотичного індексу складало  $59,2 \pm 1,2$  %, а інтервал – 52,3–68,3 %.

Серед дефектних продуктів мейозу спостерігали тетради з мікроядрами, нетипові тетради і поліади (рис. 1). Утворення тетрад з мікроядрами є наслідком виникнення хромосомних перебудов і функціонування циклу «розрив – злиття – міст – розрив», в той час як утворення поліад і нетипових тетрад пов'язано з порушенням функціонування веретена поділу [2].

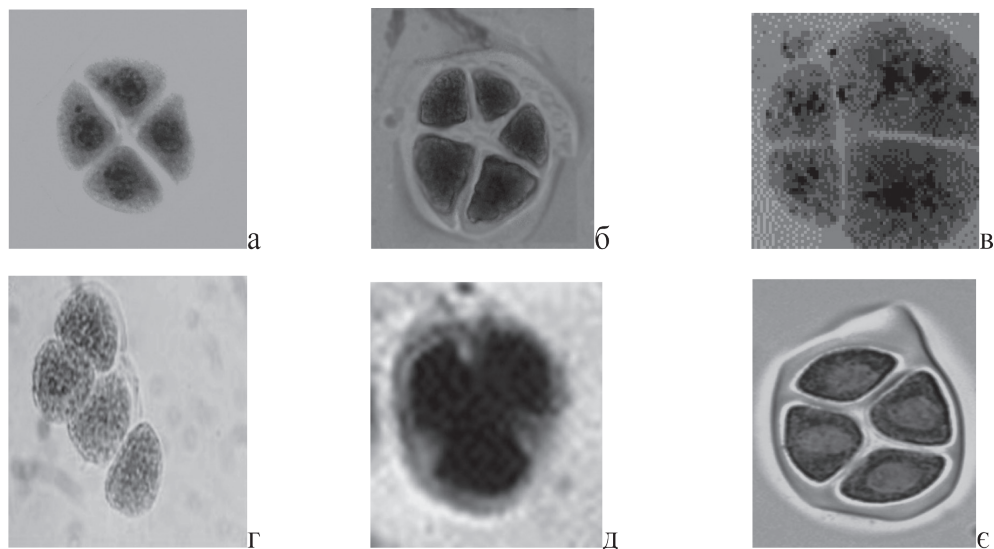


Рис. 1. Дефектні продукти мейозу за дії гербіцидів.  
Об'єктив  $\times 40$ , окуляр  $\times 10$ , камера Nikon L23: а – тетрада з мікроядрами;  
б – пентада; нетипові тетради: в – нерівновелика, г – Т-подібна,  
д – тетрадрична, е – ромбічна.

Серед нетипових тетрад спостерігали нерівновеликі (рис. 1в), лінійні і Т-подібні тетради (рис. 1г). Спостерігалися також тетрадричні (рис. 1д) та ромбічні (рис. 1е) тетради. Якщо нерівновеликі тетради є результатом аномального формування характерних для злаків ізобілатеральних тетрад, то інші типи тетрад не характерні

для злаків [5]. Частка нетипових тетрад за умов обробки гербіцидами варіювала від 11,5 до 24,3 %. Утворення нетипових тетрад визначається орієнтацією мейотичних полюсів поділу.

Частка поліад, переважно тетрад, складала 4,0–11,5 %. Вважають, що частота поліад визначається відставанням та дезорієнтацією хромосом на стадії анафази I [9]. Іноді поліади виникають і при відносно «правильному» плинні мейозу, наприклад, шляхом фрагментації молодих ядер у телофазі II. Поділ ядер відбувається способом, що нагадує амітоз. Можливо, це викликане порушеннями формування фрагмопласта та клітинних стінок між чотирма знов утворюваними ядрами [6]. Утворення нетипових тетрад може бути зумовлене порушенням орієнтації веретена, а також різко нерівномірним розходженням хромосом в анафазі I [9]. Відомо багато речовин, здатних як зворотно, так і незворотно впливати на полімеризацію-деполімеризацію білків веретена і, отже, в цілому на функціонування веретена поділу [8]. Аналіз спектру порушень мейозу залежно від застосованого препарату показав, що частка поліад і нетипових тетрад складала в середньому  $22,9 \pm 0,5$  %, в той час як частка тетрад з мікроядрами була достовірно ( $P \leq 0,001$ ) меншою –  $18,4 \pm 0,4$  %. Отже, випробувані препарати діяли переважно на веретено поділу, хоча і мали значну активність у відношенні хромосом.

### Висновки

1. Усі досліджувані гербіциди порушували нормальний плин мейозу ярого ячменю. Найбільш жорстко діяв препарат «Напалм». Відносно м'яко діяли «Селефіт» і «Містраль».

2. Реакція сортів ячменю на гербіциди суттєво відрізнялася і залежала від застосованого препарату.

3. Гербіциди діяли переважно на веретено поділу, хоча і мали значну активність у відношенні хромосом.

### Список використаної літератури

1. Кожуро Ю. И. Сортвые различия стресс-реакции растений ячменя (*Hordeum vulgare*) на воздействие гербицида трефлана / Ю. И. Кожуро, Е. А. Семенчик, Н. П. Максимова // Весці нацыянальн. акад. нав. Беларусі. Сер. біял. нав. – 2010. – № 4. – С. 101–106.
2. Константинов А. В. Мейоз / А. В. Константинов. – Минск: Изд-во БГУ, 1971. – 180 с.
3. Копытчук Т. Е. Влияние остаточных доз гербицидов на цитогенетическую стабильность проростков ячменя / Т. Е. Копытчук, А. Л. Сечняк // Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр. – 2012. – Т. 4. – С. 237–241.
4. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Агропромиздат 1988. – 271 с.
5. Поддубная-Арнольди В. А. Цитозембриология покрытосеменных растений. Основы и перспективы / В. А. Поддубная-Арнольди. – М.: Наука, 1976. – 507 с.
6. Попова И. С. К вопросу об использовании цитологических признаков при мониторинге окружающей среды / И. С. Попова // Вісник Українського товариства генетиків та селекціонерів. – 2009. – № 2. – С. 74–82.
7. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 319 с.
8. Фултон А. Цитоскелет. Архитектура и хореография клетки / А. Фултон. – М.: Мир, 1987. – 120 с.

9. *Шамина Н. В.* Диагностикум аномалий растительного мейоза по его продуктам / Н. В. Шамина // Цитология. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 486–494.
10. *Papakonstanti E. A.* Actin cytoskeleton: a signaling sensor in cell volume regulation / E. A. Papakonstanti, E. A. Vardaki, C. Stournaras // Cell Physiol. Biochem. – 2000. – V. 10, № 5/6. – P. 257–264.
11. *Vaughn K. C.* Mitotic Disrupter Herbicides / K. C. Vaughn, L. P. Lehnen // Weed Science. – 1991. – V. 39, № 3. – P. 450–457.

**А. Л. Сечняк, Т. Е. Копытчук**

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра генетики и молекулярной биологии,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина,  
e-mail: sechnyak@ukr.net, tatyana\_kopytchuk@i.ua

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА МЕЙОЗ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

**Резюме**

Изучали влияние гербицидов «Селефит», «Напалм», «Раундап» и «Мистраль» на регулярность мейоза ярового ячменя. Выявлены отличия в цитогенетической активности препаратов и в реакции сортов на обработку гербицидами. Спектр нарушений мейоза свидетельствует о преимущественном действии препаратов на веретено деления, в то же время наблюдается их значительная активность в отношении хромосом.

**Ключевые слова:** регулярность мейоза, гербициды, ячмень

**A. L. Sechnyak, T. E. Kopytchuk**

Odesa National Mechnykov I. I. University, Department of Genetics and Molecular Biology,  
2, Dvoryanska Str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: sechnyak@ukr.net, tatyana\_kopytchuk@i.ua

**HERBICIDES INFLUENCE ON SPRING BARLEY MEIOSIS**

**Summary**

The effect of the herbicides “Selefit”, “Napalm”, “Roundup” and “Mistral” to regularity of spring barley meiosis was studied. The difference in cytogenetic activity and individual varieties response to the preparations was found. Spectrum of the meiotic aberrations shows an advantageous effect of the preparations to the division spindle, while there were observed sufficient herbicide activity towards the chromosomes.

**Key words:** meiosis regularity, herbicides, barley

Стаття надійшла до редакції 10.02.2013