

СЫЧЕВА Е.А.^{1✉}, ДРОБОТ Н.И.¹, БОНДАРЕВИЧ Е.Б.¹, СОЛОВЕЙ Л.А.¹, ХАЛЕЦКИЙ С.П.², ДУБОВЕЦ Н.И.¹

¹ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси,

Республика Беларусь, 220027, г. Минск, ул. Академическая, 27, e-mail: E.Sycheva@igc.by

² Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,

Республика Беларусь, 222160, г. Жодино, ул. Тимирязева, 1

✉ E.Sycheva@igc.by, (+37517) 284-18-48

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА И ЦИТОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ОБРАЗЦОВ *AVENA SATIVA* L., *AVENA STERILIS* L. И ИХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ

Цель. Изучение цитологической стабильности и генетического полиморфизма SSR-локусов у образцов *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L. и их межвидовых гибридов. **Методы.** Межвидовая гибридизация в сочетании с цитологическим и молекулярно-генетическим анализом. **Результаты.** Изучен генетический полиморфизм по 6 SSR-локусам у 15 сортов *Avena sativa* L., 12 образцов *Avena sterilis* L. и полученных на их основе межвидовых гибридов. Выявлены высокоинформативные (PIC от 0,57 до 0,89) SSR-маркеры, которые могут быть использованы для дифференциации генетически близких генотипов овса. Результаты цитологического анализа показали высокий уровень бивалентного спаривания хромосом в метафазе I мейоза (97,0 до 99,86%) у гибридов *A. sativa* × *A. sterilis*, а также наличие у них значительного количества клеток с мостами на стадии анафазы I мейоза. **Выводы.** Высокий уровень бивалентного спаривания хромосом и выявление форм с высоким мейотическим индексом свидетельствует о возможности создания цитологически стабильных гибридов *A. sativa* × *A. sterilis*. Наличие у гибридов на стадии анафазы I значительного количества клеток с мостами может служить косвенным подтверждением обмена хроматином между родительскими видами, что создает предпосылки для включения в геном овса посевного чужеродного генетического материала в виде транслокаций.

Ключевые слова: *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L., межвидовая гибридизация, цитологическая стабильность, SSR-маркеры.

Дикорастущие виды овса обладают широкой изменчивостью и являются потенциальным источником расширения генетической основы

для дальнейшего улучшения культивируемого овса *Avena sativa* L. [1]. Особый интерес представляет включение в селекционную работу диких гексаплоидных видов, имеющих аналогичную *A. sativa* геномную структуру (AACCCDD), что гарантирует получение в скрещиваниях фертильных гибридных форм. По имеющимся данным, использование в качестве компонента гибридизации образцов *Avena sterilis* L. ($2n = 6x = 42$) позволяет привнести устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе, вирусу желтой карликовости ячменя, септориозу, а также приводит к увеличению продуктивности и улучшает показатели качества зерна овса посевного [1–4].

В статье представлены результаты изучения цитологической стабильности и генетического полиморфизма SSR-локусов у сортов *Avena sativa* L., образцов *Avena sterilis* L. и их гибридных форм, которые предполагается использовать в дальнейшей работе по селекции овса посевного методом отдаленной гибридизации.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 8 сортов овса посевного (*Avena sativa* L.) белорусской селекции (Факс, Мирт, Дебют, Фристайл, Лидия, Запавет, Страмец, Золак) и 7 сортов иностранной селекции (Айвори, Бинго, Stoper, Sprinter, Gagubatori k.h., AC Goslin, AC Fracis), а также 12 образцов *Avena sterilis* L. из мировой коллекции ВИР (табл. 1), и полученные на их основе межвидовые гибриды.

Выделение геномной ДНК проводили из зеленых листьях с использованием набора «Plant DNA Preparation Kit» PP-207s производства «Jena Bioscience». Перед гомогенизацией

© СЫЧЕВА Е.А., ДРОБОТ Н.И., БОНДАРЕВИЧ Е.Б., СОЛОВЕЙ Л.А., ХАЛЕЦКИЙ С.П., ДУБОВЕЦ Н.И.

растительный материал первично измельчали. В дальнейшем при проведении ПЦР использовали стократное разведение полученного раствора ДНК. Определение генетического полиморфизма коллекции проводили с помощью комплекта SSR-маркеров (табл. 2). Оптимальные температуры отжига праймеров для каждого маркера были подобраны эмпирическим путем с помощью постановки реакции ПЦР с градиентом.

Общий уровень качества прохождения реакции оценивали разделением продуктов реакции электрофорезом в 1,5% агарозном геле в 1×TAE буфере в течение 60 минут при напряжении 80В. Определение генетического полиморфизма коллекции осуществляли с помощью стандартного фрагментного анализа при помощи генетического анализатора ABI 3500. Анализ данных по аллельному составу SSR-локусов проводили с помощью бинарных матриц, анализа частот и индекса информационного содержания (PIC).

Исследование особенностей поведения хромосом овса на различных стадиях микроспрогеноза проводили на временных давленных препаратах, изготовленных по общепринятой методике [6] и окрашенных 4%-ным орсеином. Метелки срезали на стадии выхода на 1/3 из

листового влагалища и фиксировали в этанол-уксусной смеси (3:1). Через сутки материал переносили в 70% этиловый спирт, в котором и хранили до момента анализа при $t = +2-4^{\circ}\text{C}$. Статистическую обработку данных выполняли при помощи пакета анализа данных программы MICROSOFT EXCEL.

Результаты и обсуждение

В результате ДНК-типирования рабочей коллекции выявлено 42 аллеля в 6 SSR-локусах, при этом количество аллелей варьировало от 2 до 10 и составило в среднем 6,8 на один локус (табл. 3). Фактический размер фрагментов соотносился с теоретически ожидаемым, за исключением локуса AM5. Частота встречаемости аллелей в анализируемой выборке варьировала от 0,06 до 0,8. При этом индекс информативности (PIC) ранжировался от 0,2 (AM5) до 0,89 (AM3), маркерный индекс (MI) – от 0,02 до 2,11. Необходимо отметить, что для локусов с числом аллелей больше 5 – AM1 AM3, AM4 и AM7 – индекс информативности был достаточно высоким ($> 0,5$), что позволяет рекомендовать данные SSR-маркеры для дифференциации генетически близких генотипов овса.

Таблица 1. Перечень генотипов *Avena sterilis* L., включенных в рабочую коллекцию

№ образца по каталогу ВИР	Название	Страна происхождения
1846	CW 491	Алжир
1870	CW 486	Тунис
1876	C.I. 8081	Португалия
1877	C.I. 8387	Израиль
1888	PI 287211	Израиль
1969	ME 1508	Израиль
1970	ME 1951	Турция
1975	EN 2126	Алжир
1977	EN 2145	Алжир
1978	F 033	Израиль
1981	F 169	Израиль
1982	F 290	Израиль

Таблица 2. Нуклеотидные последовательности праймеров [5]

SSR маркер	Tm $^{\circ}\text{C}$	Прямой	Обратный
AM1	55	GGATCCTCCACGCTGTTGA	CTCATCCGTATGGGCTTTA
AM3	53	CTGGTCATCCTCGCCGTTCA	CATTTAGCCAGGTTGCCAGGTC
AM4	55	GGTAAGGTTTCGAAGAGCAAAG	GGGCTATATCCATCCCTCAC
AM5	46	TTGTCAGCGAAATAAGCAGAGA	GAATTCGTGACCAGCAACAG
AM7	48	GTGAGCGCCGAATACATA	TTGGCTAGCTGCTTGAAACT
AM15	47	GTGACCGTAAACGATAACAAC	AAGCAAGACGCGAGAGTAGG

Таблица 3. Характеристика исследуемых SSR-маркеров

SSR-маркер	Кол-во аллелей	Факт. размер, п. о.	Теор. ожид. размер, п. о.	Частота встречаемости	PIС*	MI**
AM1	9	152-213	157-225	0,07-0,25	0,88	1,69
AM3	9	257-316	243-325	0,06-0,1	0,89	2,11
AM4	8	129-150	133-227	0,08-0,21	0,83	0,96
AM5	2	131-134	172	0,1-0,8	0,2	0,02
AM7	10	149-191	155-198	0,06-0,23	0,87	2,067
AM15	4	223-229	229	0,1-0,6	0,57	0,219

Примечания: *PIС (polymorphism information content) – индекс информационного полиморфизма; **MI (marker index) – маркерный индекс.

Наиболее высокий уровень полиморфизма был отмечен для локусов *AM7*, *AM3* и *AM1* (PIС равен 0,87; 0,89 и 0,88 соответственно). Локусы *AM5* и *AM15* характеризовались невысоким полиморфизмом (PIС равен 0,2 и 0,57 соответственно) и минимальным числом аллелей, что делает их использование для изучения генетического разнообразия малоинформативным.

Данные о генетическом полиморфизме исследованных SSR-локусов у сортов *A. sativa* L., образцов *A. sterilis* L. и их гибридных форм представлены в таблице 4.

Поскольку *A. sativa* и *A. sterilis* имеют различные по продолжительности вегетационные периоды, межвидовые гибриды были получены преимущественно на основе скороспелых сортов овса посевного. Анализ цитологической стабильности полученных межвидовых гибридов проводили в сравнении с исходными родительскими формами. Как видно из данных таблицы 5, на стадии метафазы I все включенные в скрещивания родительские формы характеризовались высоким уровнем спаривания хромосом. У сортов *A. sativa*, использованных в качестве материнского компонента гибридизации, среднее количество хромосом, включенных в биваленты, варьировало от 98,24 (Sprinter) до 100% (Айвори). У использованных в качестве опылителя образцов *A. sterilis* этот показатель составил 99,52% (CAV1414 и AC Francis) – 100% (CAV1975).

В то же время образцы *A. sterilis* характеризовались более низким уровнем синапсиса гомологичных хромосом: если у сортов преобладали материнские клетки пыльцы (МКП) с 1–2-мя открытыми бивалентами, а клетки с максимальным их количеством (4) встречались крайне редко, то у *A. sterilis*, как правило, МКП с 2, 3 и 4-мя открытыми бивалентами встреча-

лись с примерно одинаковой частотой, а максимальное их количество было равно 5. Соответственно, количество МКП без нарушений среди сортов овса колебалось от 85,71% (Sprinter) до 100% (Айвори), а у образцов *A. sterilis* от 90,0% (CAV1414 и AC Francis) до 100% (CAV1975).

У полученных гибридов *A. sativa* × *A. sterilis* среднее количество хромосом, включенных в биваленты, находилось в пределах от 97,0 до 99,86%. Наименьший уровень цитологической стабильности на этой стадии мейоза отмечен для комбинации скрещивания AC Francis × CAV1414, у которой МКП с 2-мя унивалентами составили 73,3% от числа клеток с нарушениями, а клетки с 4-мя унивалентами – 26,7%. Среди остальных гибридов единичные МКП с 4-мя унивалентами были отмечены в комбинациях скрещивания Sprinter × CAV1360, Gagybatori × CAV1360 и AC Goslin × CAV1975. В пределах других гибридных комбинаций количество унивалентных не превышало 2. Наименьшая средняя частота встречаемости унивалентных (0,07) была характерна для гибридов из комбинации скрещивания AC Francis × CAV1975. Примечательно то, что и наиболее, и наименее стабильная комбинация были получены на основе одного и того же сорта AC Francis. Исходя из этого, можно сделать вывод, что цитологическая стабильность гибридных форм на стадии MI в большей степени определяется генотипом включенного в гибридизацию дикорастущего вида овса.

На стадии анафазы I сорта овса сохранили достаточно высокий уровень цитологической стабильности: количество МКП без нарушений у них находилось в пределах 81,11–94,0%. У образцов *A. sterilis* этот показатель варьировал от 68,33 до 94,23%, тогда как у гибридов размах изменчивости был значительно шире – от 31,11 до 85,0% (табл. 5).

Таблица 4. Количество аллелей SSR-локусов у межвидовых гибридов *A. sativa* × *A. sterilis* и их родительских форм

Образцы	Количество аллелей SSR- локусов					
	AM1	AM3	AM4	AM5	AM7	AM15
Сорта <i>A. sativa</i> белорусской селекции	1	5	3	2	6	4
Сорта <i>A. sativa</i> иностранной селекции	6	5	4	1	7	3
Образцы <i>A. sterilis</i>	6	8	8	1	6	4
Гибриды <i>A. sativa</i> × <i>A. sterilis</i>	7	3	5	1	4	2

Таблица 5. Характеристика микроспорогенеза у межвидовых гибридов *A. sativa* × *A. sterilis* и их родительских форм

Генотипы	Кол-во бивалентов в MI		Кол-во МКП без нарушений, %			
	всего, %	закрытых**, %	AI	MI	AI	Тетрады
Айвори	100	97,76	90,00	92,22	91,43	98,00
CAV1975	100	95,71	77,14	73,33	85,00	99,00
Айвори × CAV1975	99,38	95,35	79,41	70,00	32,43	68,34
Sprinter	98,24	98,26	94,00	*	*	95,06
CAV1360	99,86	89,51	76,67	65,56	78,75	94,45
Sprinter × CAV1360	98,43	90,32	70,00	66,67	70,00	92,00
CAV1414	99,52	91,05	94,23	*	*	90,00
Sprinter × CAV1414	99,52	91,35	68,89	73,34	74,28	85,45
ME1083	99,81	93,66	68,33	50,00	60,34	83,63
Sprinter × ME1083	99,67	96,18	66,25	66,25	73,33	94,44
CI 8081	*	*	-	64,92	32,43	60,00
Sprinter × CI 8081	99,38	94,87	85,00	63,75	85,00	94,00
Sporter	99,52	98,42	93,00	85,00	94,29	97,00
CAV1414	99,52	91,05	94,23	*	*	90,00
Sporter × CAV1414	98,57	88,07	67,15	58,34	58,57	76,25
Gagybatori K.H.	99,38	93,44	83,75	83,75	84,29	95,45
CAV1360	99,86	89,51	76,67	65,56	78,75	94,45
Gagybatori × CAV1360	98,90	94,22	31,11	46,67	37,50	81,81
CI 8081	*	*	-	64,92	32,43	60,00
Gagybatori × CI 8081	99,52	92,49	72,86	52,86	52,86	86,36
AC Goslin	99,86	94,28	81,11	74,51	86,89	94,00
CAV1975	100	95,71	77,14	73,33	85,00	99,00
AC Goslin × CAV1975	98,71	91,03	73,75	66,25	82,50	91,82
AC Francis	99,52	92,35	82,86	63,34	83,95	93,00
CAV1414	99,52	91,05	94,23	*	*	90,00
Francis × CAV1414	97,00	92,78	*	57,50	41,13	61,00
CAV1975	100	95,71	77,14	73,33	85,00	99,00
Francis × CAV1975	99,86	92,04	76,25	63,34	71,25	91,82
CI 8081	*	*	*	64,92	32,43	60,00
Francis × CI 8081	99,19	88,64	83,75	65,56	71,25	83,64

Примечания: * в зафиксированном материале отсутствовала анализируемая стадия мейоза; ** % от общего числа бивалентов.

При этом наименьшим уровнем цитологической стабильности по-прежнему характеризовалась комбинация скрещивания AC Francis × CAV1414. Основным типом нарушений на этой стадии мейоза были отстающие хромосомы. Особый интерес представляет комбинация скрещивания Айвори × CAV1975, где МКП с отстающими хромосомами не были обнаружены ни у родительских компонентов гибридизации, ни у полученной гибридной формы. В то же время все они характеризовались довольно высокой частотой образования «мостов» (10%, 22,86% и 20,59%, соответственно). У остальных гибридов количество МКП с мостами варьировало от 5,71 до 27,5 %. Поскольку существует мнение, что к формированию мостов приводят обменные аберрации, возникающие в процессе неправильного соединения двух двунитевых разрывов ДНК, находящихся на хроматидах разных хромосом, на основании полученных данных можно предположить, что у гибридов наблюдается активный обмен хроматином между *A. sativa* и *A. sterilis*. Не противоречит этому выводу и объяснение наличия мостов запоздалой терминализации хиазм и кроссинговера между хромосомами, включенными в бивалент.

При переходе ко второму мейотическому делению у большинства гибридных форм произошло уменьшение количества МКП без нарушений (табл. 5). Исключение составили комбинации скрещивания Sprinter × CAV1360 и Sprinter × ME1083, у которых этот показатель остался на прежнем уровне (66,67% и 66,25% соответственно), а также Sprinter × CAV1414 и Gagybatorí × CAV1360, у которых наблюдалось улучшение показателя (77,34% и 46,67% соответственно). На стадии анафазы II количество МКП без нарушений у сортов овса осталось на уровне показателя предыдущей стадии либо несколько возросло; у образцов *A. sterilis* также возросло, за исключением CI 8081, у которого, напротив, произошло резкое (в 2 раза) увеличение МКП с аномалиями. У гибридов изменения

показателя были разнонаправленными: наблюдалось как его увеличение (от 3,5 до 22%), так и уменьшение (от 9 до 37,5%).

На заключительной стадии мейоза – стадии тетрад – у всех без исключения генотипов произошло увеличение количества МКП без нарушений (табл. 5). Особенно существенной нормализация мейоза была у гибридов Айвори × CAV1975, Gagybatorí × CAV1360 и Francis × CAV1414 – количество МКП без нарушений у них возросло на 35,9, 44,3 и 19,9% соответственно. Это говорит о том, что большинство отстающих от основной группы на стадии АII хромосом успели достичь полюсов клетки и включиться в ядра. Наиболее высокие мейотические индексы имели сорт Айвори и образец CAV1975 (98,0 и 99,0 % соответственно). Среди гибридов показатель находился в пределах от 61,0 до 94,44 %.

Выводы

Высокий уровень бивалентного спаривания хромосом в метафазе I мейоза у гибридов *A. sativa* × *A. sterilis* и выявление гибридных форм с незначительным снижением (на 1–3 %) мейотического индекса по сравнению с исходными сортами свидетельствует о возможности создания цитологически стабильного материала в отдаленных скрещиваниях. Наличие у гибридов *A. sativa* × *A. sterilis* в анафазе I мейоза значительного количества клеток с мостами может служить косвенным подтверждением активного обмена хроматином между родительскими видами, что создает предпосылки для включения в геном овса посевного чужеродного генетического материала в виде транслокаций. В результате ДНК-типирования образцов *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L. и их межвидовых гибридов выявлены высокоинформативные (PIC от 0,57 до 0,89) SSR-маркеры (*AM1 AM3, AM4 и AM7*), которые могут быть использованы для дифференциации генетически близких генотипов овса.

Литература

1. Лоскутов И. Г. Дикорастущие виды овса – источник ценных для селекции генов. СПб: ВИР, 2005. С. 823–830.
2. Frey K.J. Genetic resources of oats. Use of plant introductions in cultivar development. CSSA Special publ. Part 1. 1991. № 17. P. 15–24.
3. Harder D.E., Chong J., Brown P.D., Martens J.W. Inheritance of resistance to *Puccinia coronata avenae* and *P. graminis avenae* in an accession of *Avena sterilis* from Spain. *Genome*. 1990. Vol. 33, № 2. P. 198–202.
4. Wilson W.A., McMullen M.S. Recombination between a crown rust resistance locus and an interchange breakpoint in hexaploid oat. *Crop Sci*. 1997. Vol. 37. P. 1694–1698.
5. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1970. 254 с.

References

1. Loskutov I.G. Wild species of oats – a source of valuable for selection of genes. SPB: VIR. 2005. P. 823–830.
2. Frey K.J. Genetic resources of oats. Use of plant introductions in cultivar development. CSSA Special publ. Part 1. 1991. № 17. P. 15–24.
3. Harder D.E., Chong J., Brown P.D., Martens J.W. Inheritance of resistance to *Puccinia coronata avenae* and *P. graminis avenae* in an accession of *Avena sterilis* from Spain. *Genome*. 1990. Vol. 33, № 2. P. 198–202.
4. Wilson W.A., McMullen M.S. Recombination between a crown rust resistance locus and an interchange breakpoint in hexaploid oat. *Crop Sci*. 1997. Vol. 37. P. 1694–1698.
5. Pausheva Z.P. Workshop on plant cytology. M.: Kolos, 1970. 254 p.

SYCHEVA Y.A.¹, DROBOT N.I.¹, BONDAREVICH Y.B.¹, SOLOVEY L.A.¹, KHALETSKY S.P.², DUBOVETS N.I.¹

¹ Institute of Genetics and Cytology of Natl. Acad. Sci. of Belarus

Belarus, 220072, Minsk, Akademicheskaya str., 27, e-mail: E.Sycheva@igc.by

² Scientific & Practical Center of Natl. Acad. Sci. of Belarus for Arable Farming

Belarus, 222160, Zhodino, Timiryazeva str., 1

DESCRIPTION OF GENETIC POLYMORPHISM AND CYTOLOGICAL STABILITY OF AVENA SATIVA L., AVENA STERILIS L. AND THEIR INTERSPECIES HYBRIDS

Aim. A study of cytological stability and genetic polymorphism of SSR loci in *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L. and their interspecies hybrids. **Methods.** Interspecific hybridization in combination with cytological and molecular-genetic analysis. **Results.** The genetic polymorphism of six SSR loci of 15 *Avena sativa* L. varieties, 12 *Avena sterilis* L. lines and their interspecies hybrids was studied. Highly informative (PIC from 0.57 to 0.89) SSR markers that can be used to differentiate genetically related genotypes of oats are revealed. The results of cytological analysis showed a high level of bivalent pairing at meiotic metaphase I (97.0 to 99.86 %) in *A. sativa* × *A. sterilis* hybrids, as well as the presence of a significant number of cells with bridges at the anaphase I stage of meiosis. **Conclusions.** The high level of bivalent chromosome pairing and the identification of forms with a high meiotic index indicate the possibility of creating cytologically stable hybrids of *A. sativa* × *A. sterilis*. The presence of a significant number of cells with bridges at the anaphase I stage may serve as an indirect confirmation of chromatin exchange between the parental species, which creates the prerequisites for the inclusion in the genome of oats alien genetic material in the form of translocations.

Keywords: *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L., cross-species hybridization, cytological stability, SSR-markers.

СИЧЕВА Е.А.¹, ДРОБОТ Н.І.¹, БОНДАРЕВІЧ Є.Б.¹, СОЛОВЕЙ Л.А.¹, ХАЛЕЦЬКИЙ С.П.², ДУБОВЕЦЬ Н.І.¹

¹ Інститут генетики і цитології НАН Білорусі,

Республіка Білорусь, 220027, м. Мінськ, вул. Академічна, 27, e-mail: E.Sycheva@igc.by

² Науково-практичний центр НАН Білорусі з землеробства,

Республіка Білорусь, 222160, м. Жодіно, вул. Тімірязєва, 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ТА ЦИТОЛОГІЧНЕ СТАБІЛЬНОСТІ ЗРАЗКІВ AVENA SATIVA L. І AVENA STERILIS L. ТА ЇХ МІЖВИДОВИХ ГІБРИДІВ

Мета. Вивчення цитологічної стабільності і генетичного поліморфізму SSR-локусів у зразків *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L. і їх міжвидових гібридів. **Методи.** Міжвидова гібридизація в поєднанні з цитологічним і молекулярно-генетичним аналізом. **Результати.** Вивчено генетичний поліморфізм за 6 SSR-локусами у 15 сортів *Avena sativa* L., 12 зразків *Avena sterilis* L. і отриманих на їх основі міжвидових гібридів. Виявлено високоінформативні (PIC від 0,57 до 0,89) SSR-маркери, які можуть бути використані для диференціації генетично близьких генотипів вівса. Результати цитологічного аналізу показали високий рівень бівалентного спарювання хромосом в метафазі I мейозу (97,0 до 99,86 %) у гібридів *A. sativa* × *A. sterilis*, а також наявність у них значної кількості клітин з мостами на стадії анафази I мейозу. **Висновки.** Високий рівень бівалентного спарювання хромосом і виявлення форм з високим мейотичним індексом свідчить про можливість створення цитологічно стабільних гібридів *A. sativa* × *A. sterilis*. Наявність у гібридів на стадії анафази I значної кількості клітин з мостами може бути непрямим підтвердженням обміну хроматином між батьківськими видами, що створює передумови для включення в геном *A. sativa* чужорідного генетичного матеріалу у вигляді транслокацій.

Ключові слова: *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L., міжвидова гібридизація, цитологічна стабільність, SSR-маркери.