

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА, УСТОЙЧИВЫХ К ГЕРБИЦИДАМ ГРУППЫ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИН

В. В. КИРИЧЕНКО, Е. Н. МАКЛЯК

Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины,
г. Харьков, Украина, 61060, e-mail: yuriev1908sunflower@gmail.com

Е. А. ЛЕБЕДЕНКО

ООО Тимак Агро Украина,
г. Киев, Украина, 61060, e-mail: magularus@gmail.com

(Поступила в редакцию 14.01.2020)

Передовым методом защиты посевов подсолнечника от широкого спектра двудольных сорняков является создание гибридов, устойчивых к послевсходовым гербицидам определенных химических групп. В статье представлены результаты полевых многолетних испытаний гибридов подсолнечника. Сравнивали урожайность, продолжительность вегетационного периода и экологическую пластичность гибридов, устойчивых к гербицидам группы сульфониломочевин, группы имидазолинонов и неустойчивых к гербицидам. Подтверждена устойчивость гибридов Феномен, Равелин и Годувальник к гербициду группы сульфониломочевин – Экспресс 75 % в. г. Устойчивые гибриды по урожайности не уступали гибридам-стандартам разных групп спелости как в благоприятных условиях среды, так и в неблагоприятных. Однако, максимальная урожайность и наибольшая прибавка урожайности в благоприятных условиях установлена для неустойчивого к гербицидам гибрида Гуслиар. Гибрид Феномен, по сравнению с Равелином, показал больший потенциал урожайности в благоприятных условиях среды. Сокращение продолжительности вегетационного периода вследствие повышенных температур воздуха в первой половине вегетации растений подсолнечника не привело к существенному снижению урожайности гибридов.

По уровню экологической пластичности, среди изученных выделены гибриды трех групп. Экологическая пластичность устойчивых к гербициду Экспресс 75 % в. г. гибридов в изменчивых условиях выращивания находилась на уровне средней экологической пластичности всех исследованных гибридов. Этим они отличались от неустойчивых гибридов и гибрида Фундатор, устойчивого к гербицидам группы имидазолинонов. Самый высокий уровень экологической пластичности установлен у неустойчивого гибрида Гуслиар, самый низкий – у гибрида Фундатор.

Ключевые слова: подсолнечник, гибрид, урожайность, устойчивость, экологическая пластичность, послевсходовый гербицид.

Development of hybrids that are resistant to post-emergence herbicides belonging to certain chemical groups is an advanced method of protecting sunflower crops against a wide assortment of dicotyledonous weeds. The article presents results of multi-year field experiments with sunflower hybrids. The yields, growing period lengths and environmental plasticity of hybrids that are resistant to sulfonyleurea- and imidazolinone-derived herbicides as well as of herbicide-susceptible hybrids were compared. The resistance of hybrids Fenomen, Ravelin and Goduvalnik to sulfonyleurea-derived herbicide Express 75 % in water soluble granules was confirmed. The resistant hybrids were not inferior to check hybrids of different ripeness groups in terms of yield, both in favorable environmental conditions and in unfavorable ones. However, the maximum yield and the greatest gain in the yield in favorable conditions were produced by herbicide-susceptible hybrid Gusliar. Hybrid Fenomen, in comparison with Ravelin, showed a higher yield potential in favorable environmental conditions. Reduction in the growing period length due to elevated air temperatures in the first half of the growing period of sunflower plants did not cause a significant decrease in the hybrids' yields.

As to environmental plasticity, the studied hybrids were categorized in three groups. The environmental plasticity of Express 75 % WG-resistant hybrids under variable growing conditions was at the level of average environmental plasticity of all the studied hybrids. In this way they differed from susceptible hybrids and imidazolinone-derived herbicide-resistant hybrid Fundator. The highest environmental plasticity was observed in susceptible hybrid Gusliar; the lowest – in hybrid Fundator.

Key words: sunflower, hybrid, yield, resistance, environmental plasticity, post-emergence herbicide.

Введение

Засоренность посевов – один из факторов, дестабилизирующих производство подсолнечника в Украине [1]. Проблему засоренности не во всех случаях можно успешно решить агротехническими методами. Создание гибридов подсолнечника, устойчивых к послевсходовым гербицидам определенных химических групп, является одним из передовых методов защиты посевов культуры от широкого спектра сорняков.

Селекционно-семеноводческие фирмы, представленные на рынке Украины, предлагают гибриды подсолнечника, устойчивые к гербицидам группы сульфониломочевин и группы имидазолинонов [2, 3]. В этом случае защита подсолнечника от двудольных и многолетних сорняков (*Sonchus* spp., *Cirsium* spp., *Chenopodium* spp., *Xanthium* spp., *Datura stramonium* L. и др. [4]) обеспечена селекционным, экологически безопасным путем. Стремительно развитие молодых растений сорняков совпадает с фазой 4–6 настоящих листьев подсолнечника. Эта фаза является одной из главных в формировании потенциальной продуктивности подсолнечника [5]. Уже через два часа после обработки современными

послевсходовыми гербицидами группы сульфонилмочевин, сорняки прекращают рост, поглощение воды и питательных веществ из почвы, соответственно, прекращают конкурировать с культурными растениями [6].

Украинская селекция в последние годы активно развивается в данном направлении. В Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН (далее – ИР), с целью поиска источников устойчивости, исследована коллекция самоопыленных линий подсолнечника, выделены устойчивые родительские компоненты гибридов [7]. Результатом работы стало создание устойчивых гибридов, сохраняющих высокий уровень урожайности семян на фоне обработки растений гербицидами указанных химических групп [8, 9].

Однако задача современной селекции состоит не только в достижении определенного уровня устойчивости, но и в сохранении способности генотипа реализовать высокий потенциал продуктивности в различных погодно-климатических условиях. Сравнение этой способности у гибридов подсолнечника разных групп устойчивости (устойчивые к гербицидам группы сульфонилмочевин, устойчивые к гербицидам группы имидазолинонов, неустойчивые) в литературе не освещено.

Для оценки изменчивости урожайности генотипов в изменяющихся условиях выращивания существует ряд статистических параметров. Одним из наиболее информативных и наиболее часто применяемых в научных исследованиях параметров является коэффициент экологической пластичности b_i [10]. Поэтому заданием наших исследований стала оценка экологической пластичности гибридов в изменяющихся условиях выращивания, с последующими рекомендациями по наиболее эффективному производственному использованию этих гибридов.

Основная часть

В статье представлены результаты полевых испытаний шести гибридов подсолнечника селекции ИР. Исследования проводили на полях научного севооборота ИР в 2014–2015 гг., 2017–2019 гг. Три гибрида из числа включенных в опыт (Равелин, Феномен, Годувальник) – устойчивые к гербицидам группы сульфонилмочевин; один гибрид (Фундатор) – устойчивый к гербицидам группы имидазолинонов. Два гибрида (Ясон, Гусяр) – стандарты урожайности для ранней и среднеранней групп спелости, неустойчивые к гербицидам указанных химических групп.

Территория землепользования ИР размещена в Харьковской области, на расстоянии 15 км на восток от г. Харьков, в Лесостепном агропочвенном районе. Почва опытного участка представлена мощным слабощелочным тяжелосуглинистым пылеватым черноземом на пылевато-суглинистом карбонатном лессе [11]. Предшественник – зерновые колосовые. Система обработки почвы общепринятая в зоне выращивания. Густота стояния растений 55–60 тыс. растений на 1 га. Учетная площадь делянки – 15,75 м². Рассчитывали урожайность гибридов в т/га, которую приводили к стандартной 10%-ной влажности с помощью коэффициента влажности. Повторность четырехкратная. Посев опытных делянок ежегодно проводили в первой декаде мая.

Климат зоны умеренно-континентальный. По норме 1960–1991 гг. месяцы активной вегетации подсолнечника характеризуются высокой температурой воздуха: май 15,6 °С, июнь 18,9 °С, июль 20,4 °С, август 19,5 °С. Количество осадков составляет: май 48,0 мм, июнь 58,0 мм, июль 61 мм, август 51 мм [12]. Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными по температурному режиму и сумме осадков как в целом за вегетационный период, так и по отдельным месяцам, и существенно отклонялись от средней многолетней нормы.

Средняя температура воздуха (данные метеостанции «Аэропорт», 49°55'N, 36°17'E) составляла в 2014 году: май 18,3 °С, июнь 18,5 °С, июль 22,5 °С, август 21,2 °С. В 2015 году: май 16,0 °С, июнь 21,4 °С, июль 21,3 °С, август 21,7 °С. В 2017 году: май 14,6 °С, июнь 19,6 °С, июль 21,5 °С, август 23,5 °С. В 2018 году: май 18,6 °С, июнь 20,5 °С, июль 22,7 °С, август 23,2 °С. В 2019 году: май 17,4 °С, июнь 23,6 °С, июль 20,7 °С, август 21,2 °С.

Сумма осадков составляла в 2014 году: май 28,6 мм, июнь 63,4 мм, июль 66,0 мм, август 59,7 мм. В 2015 году: май 46,9 мм, июнь 80,7 мм, июль 123,5 мм, август 2,6 мм. В 2017 году: май 60,5 мм, июнь 29,4 мм, июль 67,1 мм, август 14,1 мм. В 2018 году: май 28,0 мм, июнь 39,0 мм, июль 51,0 мм, август 0,0 мм. В 2019 году: май 93,7 мм, июнь 28,5 мм, июль 96,8 мм, август 11,0 мм.

Разнообразные погодные условия позволили оценить реакцию гибридов на изменение условий выращивания.

Полевые испытания гибридов и статистическую обработку опытных данных проводили по методике Б. А. Доспехова [13]. Коэффициент пластичности (b_i) рассчитывали по методике S. A. Eberchart, W. A. Russel [10]. Индекс условий среды рассчитывали как разницу между средним значением при-

знака по всем гибридам в данном году и средним значением признака по всем гибридам за весь период наблюдений [10].

В 2014–2015 гг. гибриды испытывали на устойчивость к гербицидам. В 2017–2019 гг. по методике конкурсного сортоиспытания проводили сравнение указанных гибридов по урожайности семян и продолжительности периода от всходов до наступления физиологической спелости. Экспериментальные данные 2017–2019 гг. использовали для вычисления коэффициентов пластичности.

Устойчивость гибридов к гербицидам группы сульфонилмочевин определяли следующим образом. Обработку проводили в полевых условиях препаратом Экспресс 75 % в. г. (д. в. – трибенурон-метил 750 г/кг), с использованием ручного опрыскивателя объемом 3 л. Норма внесения гербицида – 25 г/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га. Обработку проводили, когда растения подсолнечника достигли фазы 4–6 настоящих листьев. Через четверо суток после обработки на растениях гибридов Равелин, Феномен и Годувальник появились признаки слабого повреждения (бал фитотоксичности 0–1 в соответствии с разработанной нами шкалой оценки [14]), которые исчезли на восьмые сутки после обработки. В дальнейшем эти растения визуально не отличались от необработанных. Урожайность семян, определенная для обработанных и необработанных делянок устойчивых гибридов, не различалась более чем на величину НСР₀₅. Растения гибридов Ясон и Гусяр прекратили развитие и мумифицировались в среднем в течение 12-суток после обработки. С делянок этих гибридов урожай не был собран. Гибрид Фундатор подтвердил устойчивость к гербициду группы имидазолинонов Евро-Лайтнинг в соответствии с методикой, описанной в [15].

Двухфакторным дисперсионным анализом урожайности гибридов подсолнечника (фактор А – гибрид, фактор Б – год испытаний) на высоком уровне значимости ($p=0,01$) подтверждена достоверность различий между гибридами и между годами испытаний (табл. 1). Также достоверным было взаимодействие между факторами опыта (гибрид × год), т. е. гибриды по-разному реагировали на изменение условий выращивания. Такие выводы дали основания для дальнейших расчетов коэффициентов экологической пластичности гибридов.

Таблица 1. Двухфакторный дисперсионный анализ урожайности гибридов подсолнечника, 2017–2019 гг.

Источник дисперсии	MS	F _{факт.}
Фактор А (гибрид)	3,8233	59,6*
Фактор Б (год испытаний)	0,5772	9,0*
А × Б (взаимодействие факторов)	0,2026	3,2*

* – достоверно при уровне значимости 0,01.

В табл. 2 приведены данные по урожайности гибридов и продолжительности межфазного периода от всходов до наступления фазы физиологической спелости. Худшие условия среды наблюдали в 2017 году (индекс среды составил –0,51 т/га, средняя урожайность по гибридам 2,57 т/га). В условиях 2017 года не выявлено достоверной разницы между включенными в опыт гибридами по урожайности, которая варьировала от 2,42 до 2,73 т/га и не выходила за границы НСР₀₅.

Таблица 2. Результаты испытания гибридов подсолнечника, ИР, 2017–2019 гг.

Гибрид	2017 год		2018 год		2019 год		Среднее значение по гибриду		b_i по урожайности	Уровень b_i
	урожайность семян, т/га	ППВФС*, сут.	урожайность семян, т/га	ППВФС*, сут.	урожайность семян, т/га	ППВФС*, сут.	урожайность семян, т/га	ППВФС*, сут.		
Равелин	2,42	110	3,04	109	3,49	103	2,98	107	1,110	$b_i=1(\pm\sigma)$
Феномен	2,60	109	3,60	109	3,35	103	3,18	107	1,119	$b_i=1(\pm\sigma)$
Годувальник	2,55	110	3,52	110	3,44	105	3,17	108	1,196	$b_i>(1+\sigma)$
Гусяр	2,50	109	3,72	109	3,43	103	3,22	107	1,378	$b_i>(1+\sigma)$
Ясон	2,62	105	3,20	103	3,35	97	3,06	102	0,858	$b_i<(1-\sigma)$
Фундатор	2,73	109	2,87	109	3,10	102	2,90	107	0,340	$b_i<(1-\sigma)$
среднее значение по гибридам	2,57	109	3,32	108	3,36	102	3,08	106	($1\pm 0,133$)**	–
Индекс среды	–0,51	3	0,24	2	0,28	–4	–	–	–	–

Примечания: 1. НСР₀₅ попарного сравнения вариантов по урожайности семян 0,36 т/га; 2. * – ППВФС – продолжительность периода «всходы–физиологическая спелость»; 3. ** – ($1\pm\sigma$).

Более благоприятные условия для формирования урожайности подсолнечника сложились в 2018 и 2019 гг. В условиях 2018 года индекс среды равнялся 0,24 т/га, а среднее значение урожайности по

гибридам – 3,32 т/га. В условиях 2018 года урожайность гибрида Фундатор (3,10 т/га) была достоверно меньше урожайности гибридов Феномен (3,60 т/га), Годувальник (3,52 т/га) и Гусяр (3,72 т/га).

Продолжительность периода «всходы – физиологическая спелость» в 2017 и 2018 годах различалась несущественно средней урожайности гибридов по годам. Повышенная температура воздуха июня 2019 года привела к сокращению продолжительности межфазного периода от всходов до цветения. Соответственно общая продолжительность вегетационного периода подсолнечника сократилась на 5–7 суток. Однако это не отразилось на уровне урожайности изученных гибридов. В 2019 году индекс среды составил 0,28 т/га, а средняя урожайность по гибридам – 3,36 т/га. В условиях года урожайность гибрида Фундатор (3,10 т/га) была достоверно меньше урожайности гибрида Равелин (3,49 т/га).

По значениям коэффициента пластичности гибриды разделены следующим образом. 1). $b_i > (1 + \sigma)$ – чувствительность уровня урожайности гибридов на изменчивость условий среды вышла за пределы чувствительности всей совокупности гибридов, а значение урожайности в благоприятных условиях (т.е. в условиях с максимальным проявлением урожайности) возрастает. 2). $b_i = 1 (\pm \sigma)$ – степень чувствительности к условиям среды находится на уровне средней чувствительности всех исследованных гибридов. 3). $b_i < (1 - \sigma)$ – значение урожайности (относительно урожайности других исследованных гибридов) в более благоприятных условиях уменьшается.

Среди изученных по уровню экологической пластичности выделены гибриды трех групп. Максимальная урожайность (3,72 т/га) и наибольшая прибавка урожайности в благоприятных условиях (разница между урожайностью 2017 года и 2018 года составила 1,22 т/га) установлена у гибрида Гусяр ($b_i = 1,378$). Этот гибрид можно отнести к гибридам интенсивного типа, он наиболее полно раскрывает свой потенциал в благоприятных условиях.

Для гибридов Равелин и Феномен реакция на изменчивость условий среды находилась в пределах средней для данной выборки гибридов ($b_i = 1,110$ и $b_i = 1,119$). Феномен, по сравнению с Равелином, показал больший потенциал урожайности в благоприятных условиях 2018 года. Гибрид Годувальник по значению коэффициента пластичности ($b_i = 1,196$) занял промежуточное положение между высокопластичными гибридами и гибридами со средней реакцией на условия среды, однако в большей степени его можно отнести ко второй группе.

Относительно слабой отзывчивостью (среди изученных гибридов) на изменение условий среды характеризовались Ясон и Фундатор ($b_i = 0,858$ и $b_i = 0,340$).

Заключение

Установлено, что гибриды подсолнечника Равелин, Феномен и Годувальник устойчивы к гербициду группы сульфонилмочевин Экспресс 75 % в. г. (д. в. – трибенурон-метил 750 г/кг), при обработке в полевых условиях с нормой внесения гербицида 25 г/га. Включенные в опыт гибриды по-разному реагировали на изменение условий выращивания. Максимальная урожайность (3,72 т/га в благоприятном 2018 году) и наибольшая прибавка урожайности в благоприятных условиях (1,22 т/га) установлена у гибрида Гусяр ($b_i = 1,378$). Экологическая пластичность гибридов Равелин и Феномен отличалась от пластичности неустойчивых и находилась в пределах средней для данной выборки гибридов ($b_i = 1,110$ и $b_i = 1,119$). Гибрид Годувальник по значению коэффициента пластичности ($b_i = 1,196$) занял промежуточное положение между высокопластичными гибридами и гибридами со средней реакцией на условия среды, однако в большей степени его можно отнести к среднепластичным. Гибриды Равелин, Феномен и Годувальник занесены в Государственный реестр сортов растений, пригодных для распространения в Украине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Землеробство: підручник / В. П. Гудзь [та ін.] / За ред. В. П. Гудзя. – 2-ге вид., перероб. та доп. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – С. 37–39.
2. Imazethapyr resistance in common sunflower (*Helianthus annuus* L.) / K. Al-Khatib [et al.] // Weed Science. – 1998. – No 46. – P. 403–407.
3. Miller, J. F. Development of herbicide resistant germplasm in sunflower / J. F. Miller, K. Al-Khatib // Proc. of 15th Inter. Sunfl. Conf., France, Toulouse, 2000. – Vol. 2. – P. 419–423.
4. Осінній, М. Г. Довідник для вивчення бур'янів за сходами: навчальний посібник / М. Г. Осінній, О. М. Пічугин, О. В. Льїн / За ред. М. Г. Осіннього. – Сімферополь: «Аріал», 2008. – С. 10–57.
5. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков гибридов подсолнечника в условиях Лесостепи Украины / В. В. Кириченко [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 47–50.
6. Сучасна пропозиція ExpressSun™ // Каталог засобів захисту рослин DuPont. – 2014. – С. 58–64.
7. Лебедеенко, Э. О. Сстійкість форм соняшнику до гербіциду Експрес 75 в. г. / Э. О. Лебедеенко, В. В. Кириченко // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2015. – Вип. 18. – С. 138–143.

8. Сатаров, А.З. Изменчивость селекционных признаков у гибридов подсолнечника на фоне применения гербицида евро-лайтнинг / А. З. Сатаров, В. В. Кириченко // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2015. – № 1 (161). – С. 36–40.
9. Лебеденко, Э. О. Вплив гербіциду групи сульфонилсечовини Експрес 75 в.г. на мінливість господарсько цінних ознак у гібридів першого покоління / Э. О. Лебеденко, В. В. Кириченко, О. З. Сатаров // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2016. – Вип. 20. – С. 150–157.
10. Eberchart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberchart, W. A. Russel // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6, No 1. – P. 36–40.
11. Почвенно-климатические условия зон области / Н. И. Полупан [и др.] // Научно обоснованная система земледелия Харьковской области. – Харьков: Облполиграфиздат, 1988. – С. 7–13.
12. Кульбіда, М. І. Середня декадна та місячна сума опадів (за період 1961–1990 рр.). / М. І. Кульбіда, Т. І. Адаменко. – К., 2000. – 6 с.
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студентов высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. специальностям / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Лебеденко, Е. А. Устойчивость подсолнечника к гербицидам широкого спектра действия – новое направление селекции культуры / Е. А. Лебеденко, В. В. Кириченко // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2014. – Вип. 16 – С. 112–120.
15. Сатаров, О. З. Мінливість селекційних ознак та добір гібридів соняшнику на фоні внесення гербіциду Євро-Лайтнінг / О. З. Сатаров, В. В. Кириченко // Вісник СНАУ: наук. журнал. – 2015. – Вип. 9 (30). – С. 8–11.