

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ К СЕПТОРИОЗУ И ЕЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДАМИ F₁

К.М. Левицкая¹, В.А. Лях^{1,2}

¹ *Институт масличных культур НААН*

² *Запорожский национальный университет*

В статье приведены результаты оценки устойчивости к септориозу линий подсолнечника запорожской селекции ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А и HAR7 в полевых условиях в карантинном питомнике Института масличных культур НААН. По разработанной нами шкале оценки устойчивости на основе интенсивности поражения листьев подсолнечника определенного яруса обнаружено, что линия HAR7 устойчива к септориозу, ЗЛ70А и ЗЛ78А - характеризуются относительной устойчивостью, а линия ЗЛ58А является восприимчивой к данной болезни. Установлено, что гибриды от скрещивания линий запорожской селекции с линией HAR7 имели различную степень устойчивости к септориозу. Гибрид комбинации скрещивания ЗЛ58А x HAR7 оказался восприимчивым к болезни, а гибриды ЗЛ70А x HAR7 и ЗЛ78А x HAR7 проявляли относительную устойчивость к септориозу.

Ключевые слова: подсолнечник, линия, гибрид F₁, септориоз, устойчивость, восприимчивость, наследование.

Введение. Возбудитель септориоза подсолнечника, которым является токсинообразующий гриб *Septoria helianthi*, относится к отряду *Basidiomycota*, порядка *Sphaeropsidales*, класса *Deuteromycetes*. Болезнь известна во многих странах мира, в том числе в Украине (Babayants and Babayants 2014).

Наиболее активно патоген развивается при температуре воздуха от +22 до +29 °С, при повышенной влажности и значительных осадках. Септориоз проявляется на листьях, корзинках и стеблях. Первыми поражаются листья нижнего яруса. На них появляются желтые, позднее темно-коричневые округлые или неправильной формы пятна, которые постепенно переходят на листовые пластинки верхних ярусов. На верхней стороне листа в местах пятен образуются черные точки – пикниды, диаметром до 150 мкм. В пикнидах формируются бесцветные, прямые, заостренные споры. Они имеют 1-5 перегородок. Гриб проникает в ткань листа и достигает мезофилла, разветвляется, заполняя мицелием межклеточное пространство. Ткань листа при сухой погоде засыхает, разрушается, а листья покрываются дырками.

Патоген зимует в виде пикнид на остатках растений. Весной из них разлетаются пикноспоры, они и заражают здоровые растения. Также возбудитель может поражать падалицу, а тем самым и новые посевы (Acimovic 1998; Nikitchin 2002; Xie-Jing and Bao-Nan 1982; Xuejing et al. 1990).

Septoria helianthi вызывает дегенерацию клеток, снижение фотосинтетической активности, некроз тканей. Вредоносность болезни проявляется в преждевременном отмирании листа, в свою очередь это приводит к снижению продуктивности растения, снижается масса 1000 семян и содержание масла (Vipritskaya et al. 2012). Отдельные исследователи считают

возбудителя узкоспециализированным патогеном, но другие отмечают его широкую специализацию (Babayants and Babayants 2014).

Сведения о генетике возбудителя болезни, который поражает подсолнечник, почти отсутствуют. Объясняют это тем, что болезнь мало изучена и не создает тяжелую эпидемиологическую ситуацию в посевах. Однако по некоторым источникам известно, что ряд диких однолетних видов подсолнечника (*Helianthus praecox*, *Helianthus debilis* ssp. *cucumerifolius* и *Helianthus debilis* ssp. *silvestris*) имеют высокую устойчивость к заболеванию. В настоящее время отсутствует информация об изучении и идентификации генов устойчивости у этих видов (Anisimova and Gavrilova 2012; Scoric et al. 2012).

Гораздо больше информации о генетике возбудителя септориоза (*Septoria tritici*) пшеницы. Известно 17 генов устойчивости к этому возбудителю. Относительно локализации и происхождения генов известно, что *Stb1* локализован в хромосоме 5 *BL*, *Stb5* происходит от *Aegilops tauschii*, *Stb6* имеет локализацию в хромосоме 3 *AS*, *Stb7* локализован в хромосоме 4*AL*, *Stb10* происходит от *Secale cereale* и локализован в хромосоме 1*D*, *StbAc1* и *StbAc2* происходят от *Aegilops cylindrica*. В нашей стране эти гены считаются высокоэффективными (Babayants and Babayants 2014).

Целью наших исследований было установить наличие устойчивости к септориозу у некоторых линий и гибридов подсолнечника и определить особенности наследования этого признака гибридами первого поколения.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в посевной сезон 2019 года. Материалом служили самоопыляющиеся линии подсолнечника ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А (все – запорожской селекции), НАР7 (происхождением из США) и гибриды первого поколения, полученные от скрещивания линий ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А с линией НАР7. Гибриды в четырехкратной повторности, а линии в двукратной высевали в карантинном питомнике Института масличных культур НААН. Погодные условия вегетационного периода 2019 были вполне благоприятны для развития возбудителя септориоза.

Пораженность септориозом определяли в фазе начала цветения. Оценку степени поражения растения проводили визуальным осмотром всех листьев согласно модифицированной нами шкале: отсутствует – повреждения отсутствуют на всех листьях; незначительное – поражены только нижние листья; среднее – поражены листья нижней и средней части растения; сильное – поражения имеются на всех листьях. Пораженность линий и гибридов определяли по проценту растений с определенной степенью поражения: высоко устойчивые – все растения образца не поражены; устойчивые – большинство растений образца не поражено, на некоторых из них поражены листья нижнего яруса; относительно устойчивые – большинство растений образца не поражено, на некоторых из них поражены листья среднего яруса или всего растения; относительно восприимчивые – у большинства растений поражены листья нижнего яруса; восприимчивые – у большинства растений поражены листья среднего яруса; высоко восприимчивые – у большинства растений образца поражены листья всего растения (Babayants and Babayants 2014; Kirichenko 2005; Suhomud 2013; Yarulina et al. 2013).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ *Microsoft Excel 2007* (Volkova and Shipunov 2008).

Ошибку процента определяли по формуле:

$$S_p = \sqrt{\frac{P * (100 - P)}{n}}$$

где S_p – ошибка процента; P – процент растений с определенной степенью пораженности; n – общее количество проанализированных растений (Rokitsky 1973).

Результаты исследований и их обсуждение. В карантинном питомнике в начале цветения определяли устойчивость к септориозу (возбудитель – *Septoria helianthi*) трех гибридов подсолнечника, полученных от скрещивания трех линий запорожской селекции с линией HAR7 американского происхождения. В то же время такую оценку давали и всем родительским компонентам (линиям) указанных гибридов.

В результате проведенных исследований были выявлены образцы с разной степенью устойчивости к септориозу (рис.). Как видно из рисунка, 83,3% растений линии HAR7 вовсе не поражались болезнью. У остальных из них (16,7%) отмечали только поражение нижних листьев растения. По этим данным можно утверждать, что линия HAR7 показала достаточно высокий уровень устойчивости к септориозу, то есть является устойчивой к данной болезни.

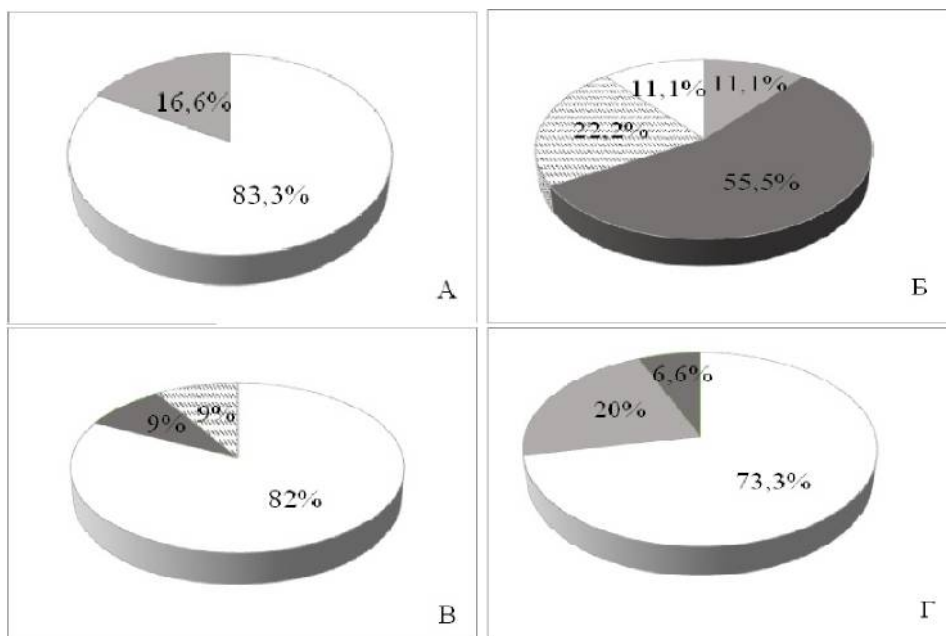


Рис. Пораженность септориозом линий подсолнечника:

А – HAR 7, Б – ЗЛ58А, В – ЗЛ70А, Г – ЗЛ78А,

□ поражение отсутствует, ■ поражение незначительное, ■ поражение среднее, ▨ поражение сильное.

Линия ЗЛ58А имела существенные отличия по признаку устойчивости к септориозу от предыдущей линии. Около 80% растений этой линии имели пораженные листья. У части этих растений поражались не только листья нижнего и среднего яруса, а и всего растения. И только у 11,0% растений поражение отсутствовало. Эти данные свидетельствуют о том, что линия ЗЛ58А является восприимчивой к септориозу.

Линии ЗЛ70А и ЗЛ78А имели близкие к линии HAR7 показатели устойчивости. Около трех четвертей растений этих линий вовсе не поражались болезнью. У оставшихся растений поражались листья как нижнего и среднего ярусов, так и всего растения. Это позволяет данные линии отнести к относительно устойчивым к данной болезни.

Сопоставляя все четыре линии между собой, можно утверждать, что линия НАR7 по сравнению с другими имела наибольший уровень устойчивости к септориозу. Близкими к ней по этому показателю являются линии ЗЛ70А и ЗЛ78А, тогда как линию ЗЛ58А можно считать восприимчивой к септориозу.

Итак, по результатам тестирования на искусственном инфекционном полигоне в полевых условиях испытанные линии показали разную устойчивость к септориозу. Для выявления особенностей наследования устойчивости к данной болезни гибридами первого поколения подбирали пары генотипов контрастные по устойчивости. С этой целью линии запорожской селекции ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А скрещивали с линией НАR7. Результаты пораженности септориозом гибридов F₁ представлены в таблице.

Таблица

Пораженность септориозом гибридов F₁ от скрещивания линий запорожской селекции с линией НАR7 в карантинном питомнике, % (2019 г.)

| Комбинация скрещивания | Кол-во растений, шт. | Поражение | | Степень поражения растений | | |
|------------------------|----------------------|-------------|--------------|----------------------------|----------|----------|
| | | отсутствует | присутствует | незначительное | среднее | сильное |
| ЗЛ58А х НАR7 | 93 | 9,6±3,1 | 90,4±3,05 | 17,3±4,0 | 54,8±5,1 | 18,3±4,0 |
| ЗЛ78А х НАR7 | 87 | 76,0±4,5* | 24,0±4,58* | 17,1±4,0 | 2,3±1,7 | 4,6±2,2 |
| ЗЛ70А х НАR7 | 76 | 79,0±4,6* | 21,0±4,67* | 6,6±2,8 | 13,1±3,8 | 1,3±1,4 |

Примечание. * – отличия от гибрида ЗЛ58А х НАR7 существенны при $p \leq 0,001$.

Из таблицы видно, что гибриды отличаются между собой по показателю устойчивости. Гибрид F₁, материнским компонентом которого выступала линия ЗЛ58А, оказался восприимчивым к септориозу, как и сама линия ЗЛ58А. Лишь около 10% растений этого гибрида не поражались болезнью, тогда как другие в своем большинстве (54,8%) характеризовались поражением листьев как нижнего, так и среднего яруса, а у 18,3% растений поражения присутствовали на всех листьях. Гибриды ЗЛ78А х НАR7 и ЗЛ70А х НАR7 характеризуются относительно высокой устойчивостью. Около 80% растений этих гибридов вовсе не поражались болезнью, а остальные были с разной степенью поражения.

По результатам наших исследований можно утверждать, что линия НАR7 имеет ген или гены высокой устойчивости к септориозу. С одной стороны, если эти гены являются ядерными, то, очевидно, они являются рецессивными и у гибридов первого поколения подавляются доминантными генами восприимчивости (ЗЛ58А х НАR7) или относительно высокой устойчивости (ЗЛ70А х НАR7 и ЗЛ78А х НАR7). С другой стороны, уровень устойчивости, которым обладали гибриды, мог быть следствием цитоплазматической локализации генов. В этом случае, учитывая, что именно яйцеклетка передавала цитоплазму зиготе, гибриды получали устойчивость в тех пределах, которые были присущи материнским компонентам гибридов.

Считают, что подсолнечник является одной из наиболее подверженных септориозу культур. Чаще всего данное заболевание появляется во второй половине лета, поражая как нижние, так и верхние ярусы листьев. Септориоз быстро разрушает ткань листьев, тем самым значительно снижая

фотосинтетическую активность, что отражается на качестве масла и показателях урожайности (Acimovic 1998; Vipritskaya et al. 2012). Поэтому, чтобы избежать появления септориоза, очень важно использовать устойчивые сорта и гибриды подсолнечника, которые, как видно из наших исследований, могут существенно отличаться по этому свойству.

Предлагаются и другие методы профилактики данного заболевания. Среди них главное место отводят соблюдению севооборота. Еще одним из надежных способов является применение фунгицидов, которые эффективны не только против септориоза, а и других грибных болезней (Babayants and Babayants 2014).

Выводы

Исследованиями установлено, что линия ЗЛ58А является восприимчивой к септориозу, тогда как у линий ЗЛ70А, ЗЛ78А и НАР7 около трех четвертей растений вовсе не поражаются болезнью.

Гибриды первого поколения отличаются между собой по показателю устойчивости. Гибрид F₁, материнским компонентом которого является линия ЗЛ58А, оказался восприимчивым к септориозу, как и сама линия ЗЛ58А. Гибриды комбинаций скрещивания ЗЛ78А х НАР7 и ЗЛ70А х НАР7 характеризуются относительно высокой устойчивостью, как и их материнские компоненты.

Авторы выражают благодарность зам. директора по научной работе Института масличных культур НААН, к.б.н. Е.В. Ведмедевой за предоставленный семенной материал и ценные советы в ходе эксперимента.

References

- Acimovic M (1998) Bolesti Suncokreta. Felton, Novi Sad.
- Anisimova I N, Gavrilova VA (2012) Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty otdalennoy gibrizatsii u podsolnechnika (Theoretical and applied aspects of distant hybridization in sunflower). (In Russian). Agricultural biology 5:88-99.
- Babayants OV and Babayants LT (2014) Osnovy seleksii i metodologiya otsenok ustoychivosti pshenitsy k vozbuditelyam bolezney (Fundamentals of breeding and methodology for assessing wheat resistance to pathogens). (In Russian). VMV, Odessa.
- Kirichenko VV (2005) Seleksiya i vzdelyvaniye podsolnechnika (*Helianthus annuus*) (Sunflower breeding and cultivation). (In Russian). Magda LTD, Kharkov.
- Nikitchin DI (2002) Podsolnechnik, biokhimiya, seleksiya i vzdelyvani (Sunflower, biochemistry, selection and cultivation). (In Russian). Pologivska drukarnya, Poltava.
- Rokitsky PF (1973) Biologicheskaya statistika (Biological statistics). (In Russian). Vysheyshaya shkola, Minsk.
- Scoric D, Seiler JG, Li, Z, Jan C-C, Miller JF, Charlet LD (2012) Genetics and breeding of sunflower. Graphics, Novi Sad.
- Suhomud OG (2013) Stiykist' pshenytsi ozymoyi do urazhennya septoriozom zalezho vid sortu (Winter wheat resistance to septoria disease depending on the variety). (In Ukrainian). Novitny Agrotechnology 1(1):11-16.
- Vipritskaya AA, Puchnin AM, Kuznezhov AA (2012) Vozbuditeli potentsial'no opasnykh bolezney podsolnechnika (Pathogens of potentially dangerous sunflower diseases). (In Russian). Vestnik TGU 2:764-767.
- Volkova PA, Shipunov AB (2008) Statisticheskaya obrabotka dannykh v uchebno-issledovatel'skikh rabotakh (Statistical data processing in educational research). (In Russian). Ecopress, Moscow.

Xie-Jing L, Bao-Nan L (1988) The biological traits of pathogenic fungi of brown spot (*Septoria helianthi*) in sunflower. Proc. of the 12th Intern. Sunf. Conf., July 25-29, Novi Sad, Yugoslavia 2:132-136.

Xuejing L, Baichun D, Honglin S, Haiyan Y, Yuqian C, Chaoing X (1996) The epidemic regularity of septoria spot of sunflower. Proc. of the 14th Intern. Sunf. Conf. Beijing/Shenyang, China 2: 806-809.

Yarulina LG, Kasimova IA, Shpirnaya IA, Ahatova AR, Ibragimov RI (2013) Sravnitel'noye izucheniye ustoychivosti k septoriozu i fiziologicheskikh pokazateley u raznykh sortov pshenitsy (A comparative study of resistance to Septoria and physiological parameters in different varieties of wheat). (In Russian). Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences 3(5):1536-1540.

СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ ДО СЕПТОРІОЗУ ТА ЇЇ УСПАДКУВАННЯ ГІБРИДАМИ F₁

Х.М. Левицька¹, В.О. Лях^{1,2}

¹ Інститут олійних культур НААН

² Запорізький національний університет

В статті наведені результати оцінки стійкості до септоріозу ліній та гібридів соняшнику. Дослідження проводили у посівний сезон 2019 року. Матеріалом слугували самозапильні лінії ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А (усі - запорізької селекції), НА7 (походженням з США) та гібриди першого покоління, отримані від схрещування ліній ЗЛ58А, ЗЛ70А, ЗЛ78А з лінією НА7. Гібриди у чотирикратній повторності, а лінії у двократній висівали у карантинному розсаднику Інституту олійних культур НААН. Погодні умови вегетаційного періоду 2019 року були цілком сприятливі для розвитку збудника септоріозу. Ступінь ураженості рослини (ступінь прояву хвороби) визначали у фазі початку квітнення. Оцінку ступеня ураженості рослини проводили візуальним оглядом усіх листків за модифікованою нами шкалою: відсутнє - ураження відсутнє на усіх листка; незначне - уражене лише нижнє листя; середнє - уражене листя нижньої та середньої частини рослини; сильне - ураження наявне на усіх листках. Ураженість ліній та гібридів визначали за відсотком рослин з певним ступенем ураженості: високо стійкі – всі рослини зразка не уражені; стійкі – більшість рослин зразка не уражені, на окремих з них уражене листя нижнього ярусу; відносно стійкі – більшість рослин зразка не уражені, на окремих з них уражене листя середнього ярусу або всієї рослини; відносно сприйнятливі – у більшості рослин уражені листки нижнього ярусу; сприйнятливі – у більшості рослин уражені листки середнього ярусу; високо сприйнятливі – у більшості рослин зразка уражені листки всієї рослини. За розробленою нами шкалою оцінки стійкості на основі інтенсивності ураження листків соняшника певного ярусу виявлено, що лінія НА7 є стійкою до септоріозу, ЗЛ70А і ЗЛ78А – характеризуються відносною стійкістю, а лінія ЗЛ58А є сприйнятною до даної хвороби. Встановлено, що гібриди від схрещування ліній запорізької селекції з лінією НА7 мали різну ступінь стійкості до септоріозу. Гібрид комбінації схрещування ЗЛ58А x НА7 виявився сприйнятливим до хвороби, а гібриди ЗЛ70А x НА7 та ЗЛ78А x НА7 проявляли відносну стійкість до септоріозу.

Ключові слова: соняшник, лінія, гібрид F₁, септоріоз, стійкість, сприйнятливість, успадкування.

RESISTANCE OF SUNFLOWER LINES OF DIFFERENT ORIGIN TO SEPTORIOSIS AND ITS INHERITANCE BY THE F₁ HYBRIDS

K.M. Levitskaya¹, V.A. Lyakh^{1,2}

¹ *Institute of Oilseed Crops of NAAS*

² *Zaporizhzhia National University*

The aim of our research was to establish the presence of septoria in some sunflower lines and hybrids and to determine the inheritance characteristics of this trait by first generation hybrids.

The studies were conducted in the quarantine nursery of the Institute of Oilseed Crops of the NAAS in the 2019 sowing season. The material was self-pollinated lines ZL58A, ZL70A, ZL78A (all - Zaporozhye breeding), HAR7 (originating in the USA) and hybrids of the first generation, obtained from crossing lines ZL58A, ZL70A, ZL78A with the HAR7 line. The weather conditions of the 2019 vegetation period were quite favorable for the development of the causative agent of septoria.

The degree of affection of the plant (the degree of manifestation of the disease) was determined in the phase of early flowering. The assessment of the degree of plant damage was performed by visual inspection of all leaves on a scale we modified.

According to the results obtained, samples with different degree of resistance to septoriosis were revealed. 83.3% of HAR7 plants were not affected by the disease at all. The rest of them, ie 16.7%, noted only lesions of the lower leaves of the plant. According to these data, it can be argued that the HAR7 line showed a sufficiently high level of resistance to septoria, that is, it is resistant to the disease. Line ZL58A had significant differences on the basis of resistance to septoria from the previous line. About 80% of the plants in this line had affected leaves. Part of these plants affected not only the leaves of the lower and middle tier, but also the entire plant. These data indicate that the ZL58A line is sufficiently affected by the disease and is susceptible to septoria. In lines ZL70A and ZL78A, about three quarters of the plants were completely unaffected by the disease. Leaves of both the lower and middle tiers and the whole plant were affected in the rest of the plants. This allows these lines to be attributed to relatively resistant to the disease. Comparing all four lines to each other, it can be argued that the HAR7 line, compared to other lines, had the highest level of resistance to septoria. The lines ZL70A and ZL78A are close to it in terms of resistance, whereas the ZL58A line can be considered susceptible to septoriosis.

Hybrids also differed in their stability. The F₁ hybrid, whose parent component was the ZL58A line, appeared to be susceptible to septoriosis, as was the ZL58A line itself. Only about 10% of plants in this hybrid were unaffected by the disease, while others (54.8%) were characterized by lesions of both the lower and middle leaves. The hybrids ZL78A x HAR7 and ZL70A x HAR7 are characterized by a resistance close to the parental components, that is, relatively high stability. About 80% of the plants of these hybrids were completely unaffected by the disease, and among others there were plants with both minor and moderate, and severe damage.

The results of our studies suggest that the HAR7 line has a gene or genes for high resistance to septoria. If these genes are nuclear, then obviously they are recessive and in the first-generation hybrids are inhibited by dominant susceptibility genes (ZL58A x HAR7) or relatively high resistance (ZL70A x HAR7 and ZL78A x HAR7).

Key words: sunflower, line, F₁ hybrid, septoriosis, resistance, susceptibility, inheritance.