

DOI: DOI: 10.5281/zenodo.3883992

УДК: 631.15:631.5

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ РАЗНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ УКРАИНЫ

*Ярослав ЦИЦЮРА**Винницкий национальный аграрный университет, Украина*

**Abstract.** The article presents the results of the assessment of 14 varieties of oilseed radish of different ecological and geographical origin. All experimental variants were established using wide-row sowing (30 cm between rows) with a seeding rate of 2.0 million pcs/ha of germinating seeds on the background of  $N_{30}P_{30}K_{30}$  fertilizers. In the course of research in the period 2013-2019 we studied the integrated basic and related indicators of varietal plasticity and stability based on a systematic technique. Additionally, the genotypes were evaluated for the indicators of drought tolerance index, genetic flexibility, stress tolerance, agronomic value, breeding value, and others. Based on this comprehensive assessment, the varieties were ranked in types according to their plasticity and stability and in classes according to the technological requirements regarding the possibility of obtaining certain levels of seed yield. The studied varieties are characterized by a rather wide spectrum of plasticity and a rather narrow spectrum of stability. The same is confirmed by the evaluation of the varieties according to ecological variation of yield: all varieties belong to the medium range (from 11,15% for Fakel variety to 17,71% for Iveya variety). Based on the complex rank criterion, the varieties of oilseed radish were identified that correspond to significantly higher adaptability and plasticity genotypes – ‘Sabina’, ‘Prigazhunya’, ‘Nika’, ‘Ivea’ with seed productivity of up to 2.0 t/ha with a high reserve of its growth due to their high genetic flexibility and breeding values.

**Key words:** Oilseed radish; Varieties; Plasticity; Stability; Crop yield.

**Реферат.** В статье изложены результаты оценки 14 сортов редьки масличной разного эколого-географического происхождения. Все варианты эксперимента закладывались с шириной междурядий 30 см, с нормой высева в 2,0 млн. шт./га всхожих семян на фоне удобрения  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . В ходе исследований в период 2013-2019 гг. изучались интегрированные основные и сопутствующие показатели сортовой пластичности и стабильности на основании системной методики. Дополнительно проведена оценка генотипов по показателям индекса засухоустойчивости, генетической гибкости, стрессоустойчивости, агрономической ценности генотипа, селекционной ценности и других. В результате этой комплексной оценки было проведено ранжирование сортов на типы по пластичности и стабильности и классы согласно технологическим требованиям относительно возможности получения определенных уровней урожая семян. Изученный сортовой состав характеризуется достаточно широким спектром пластичности и достаточно узким спектром стабильности. Это же подтверждается и оценкой сортов по показателю экологического варьирования урожайности: все сорта входят в среднюю градацию от 11,15% у сорта Факел до 17,71% у сорта Ивея. На основании комплексного рангового критерия выделены сорта масличной редьки, которые соответствуют существенно высшим показателям адаптивности и пластичности генотипов – Сабина, Пригажуня, Ника, Ивея с уровнем семенной продуктивности до 2,0 т/га с высоким запасом ее роста за счет высокой генетической гибкости и селекционной их ценности.

**Ключевые слова:** Редька масличная; Сорта; Пластичность; Стабильность; Урожайность.

### ВВЕДЕНИЕ

Редька масличная в англоязычной литературе более известная как Fodder radish *Raphanus sativum d. Var. Oleifera Pers.*, долгое время считалась редким и новым растением. Однако с середины 70-х годов прошлого столетия ее используют в весенних послеуборочных и пожнивных посевах в системе конвейерного производства зеленых кормов. Очень быстро эта культура завоевала новые площади для разно-целевых потребностей не только на территории бывшего Союза (Украина, Молдова, Белоруссия, Российская Федерация, Прибалтийские республики), но и в Польше, Германии, Голландии, Финляндии. Культура прочно утвердилась как чрезвычайно пластичный и высокоурожайный вид, способный вегетировать с ранней весны до поздней осени как в монокультуре, так и в смесях различного состава. Она формирует за 40-50 дней вегетации от 30 до 70 т/га листостебельной массы сбалансированной по содержанию переваримого протеина и до

2,5 т/га семян, содержащих более 40 % жира. Мы обобщили в своей монографии результаты исследований более двухсот ученых (Цицюра, Я и др. 2015) начиная с 1930 года и до сегодняшнего дня. Это позволило нам сформулировать основные положительные черты, которыми потенциально обладает культура. Здесь можно перечислить такие аспекты как: неприхотливость к условиям выращивания и предшественника в севообороте; высокая производительность и питательность; продуктивное послеукозное и послеуборочное использование; высокая интенсивность функционирования корневой системы; относительная толерантность к изменению сроков сева; быстрые темпы роста; высокая положительная реакция на минеральное удобрение; высокая конкурентоспособность по отношению к сорнякам. Далее отмечается возможность продуктивного многокомпонентного использования в составе кормовых смесей с широким набором сопутствующих культур; возможность многоцелевого использования (зеленая масса, силос, сенаж, сидераты, травяная мука); положительное влияние на фитосанитарный и питательный режим почвы, противонематодный компонент и эффективный компонент органических систем земледелия. Это хороший медонос, а также эффективное средство возрождения плодородия истощенных почв как заменитель органических удобрений при запахивании биомассы, как многовариантный сидерат. Считается перспективным и биотопливное использование этой культуры (Ratanapariyanuch, K. и др. 2013). Наряду с этим, проблемным аспектом эффективной технологии выращивания семян редьки масличной является адаптивность и пластичность ее сортов. Доминирующий уровень урожайности семян этой культуры в разных почвенно-климатических условиях составляет уровень 1,0-1,3 т/га при сортовом потенциале 2,5-3,0 т/га (Цицюра, Я и др. 2015). Причиной этого есть две взаимообусловленные причины. Первая связана с узким спектром селекционных центров редьки масличной. Вторая – с отсутствием эффективной оценки сортов, которые внедряются в селекционную практику. Эти причины характерны и для Украины. В связи с этим оценка пластичности и стабильности ее сортов с целью расширения генетического разнообразия культуры и обеспечения стабильности ее продуктивности является важной научной задачей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на опытном поле Винницкого национального аграрного университета, на темно-серых лесных почвах. Агротехнический потенциал поля по основным агрохимическим показателям соответствует общим особенностям данного типа почв: содержание гумуса 2,02-3,2 %, легко гидролизованного азота 67-92, подвижного фосфора 149-220, обменного калия 92-126 мг/кг при рНкел 5,5-6,0.

В изучении использовались сорта редьки масличной разного эколого-географического происхождения, полученные в рамках сотрудничества с Национальным центром генетических ресурсов растений Украины. В целом сорта, которые изучались, представлены в таблице 1.

Закладка и методическое сопровождение исследований проведено в соответствии с методикой опытного дела с крестоцветными культурами (Сайко, В. и др. 2011) при учетной площади деланки 25 м<sup>2</sup> в 4-х кратном повторении. Учет урожайности семян проводили в фазу бурого стручка (ВВСН 85-89) согласно с методологическими подходами в соответствии с международным протоколом детерминации редьки масличной, а сортовую однородность и стабильность – в соответствии с протоколом Ведомства ЕС по сортам растений (CPVO, 2017).

Технологически все варианты эксперимента закладывались с нормой высева в 2,0 млн. шт./га всхожих семян с междурядьями в 30 см на фоне удобрения N30P30K30 при припосевном внесении комплексных их форм.

Параметры экологической пластичности сортов рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel (1966) и G. C. Tai (1977), В. С. Пакудина и Л. Н. Лопатина (1984).

Определение гомео-статичности первого и второго типов ( $H_{om1}$ ,  $H_{om2}$ ), коэффициента агрономической стабильности ( $A_s$ ) и показателя селекционной ценности ( $S_c$ ) рассчитывали по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко (1981). Оценку варибельности показателей (V) и эффекта генотипа проводили по методике Ю. В. Гудзь (1997). Индекс (коэффициент) засухоустойчивости (Кз) определяли по методике Л. К. Мамонова (1986), показатель устойчивости к стрессу (Су) и генетическую гибкость (Гг) – по В.З. Пакудину (1976).

Таблица 1. Сорта редьки масличной включенные в оценку пластичности и стабильности

Название сорта	Оригинатор
<b>Ника</b>	РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», РУНП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»
<b>Прыгажуня</b>	РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси»
<b>Сабина</b>	РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси»
<b>Ивея</b>	РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
<b>Снежана</b>	ГНУ ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса (Российская Федерация)
<b>Тамбовчанка</b>	ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ФГБНУ `Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ФГБНУ `Всероссийский научно-исследовательский институт рапса` (Российская Федерация)
<b>Альфа</b>	ФГБНУ `Всероссийский научно-исследовательский институт рапса` (Российская Федерация) (изучался в дореестрационном порядке)
<b>Ольга</b>	ФГБОУ `Иркутский ГАУ им А.А. Ежевского` (Российская Федерация) (изучался в дореестрационном порядке)
<b>Линия ИРГСХИ</b>	ФГБОУ `Иркутский ГАУ им А.А. Ежевского` (Российская Федерация) (изучался в дореестрационном порядке)
<b>Журавка</b>	Ивано-Франковский институт агропромышленного производства НААН Украины (районирован в Украине с 2000 года)
<b>Радуга</b>	Отдел новых культур Центрального ботанического сада им. Н. Н. Гришко НАН Украины (районирован в Украине с 1984 года)
<b>Лыбидь</b>	Отдел новых культур Центрального ботанического сада им. Н. Н. Гришко НАН Украины (районирован в Украине с 1995 года)
<b>Факел</b>	Институт масличных культур НААН Украины (районирован в Украине с 2008 года)
<b>Рамонта</b>	KWS SAAT (Германия)

Реализация генетического потенциала сорта определялась как коэффициент продуктивности ( $K_p$ ) – процент соотношения средней урожайности сорта за период исследований к максимальной потенциальной урожайности, показанной сортом при его испытании в условиях страны-оригинатора в соответствии с отдельными рекомендациями (Жученко, А. 2001).

Комплексный ранг сортов определяли по показателям оценки стабильности и пластичности (КР) в соответствии с правилами комбинаторики ранговых оценок (Снедекор, 1961).

Оценку сортов по показателю экологического варьирования проводили в соответствии с коэффициентом вариации (V, %). Экологический коэффициент вариации характеризует степень изменчивости средней арифметической (до 10% – низкая, 11-20% – средняя и > 21% – высокая).

Периодизация фенологического развития сортов редьки масличной соответствует шкале ВВСН периодизации крестоцветных культур (Киенко, З и др. 2016).

Статистическая обработка результатов учетов проводилась с применением подходов экспериментальной статистики (Снедекор, 1961) в формате 4-х факторного дисперсионного анализа Multivariate Analysis of Variance (MANOVA), а также пакета статистических прикладных программ Statistica 1, Exel 2013.

Гидротермический режим периода исследований отличался (рис. 1). По значению гидротермического коэффициента (ГТК), в выражении увлажнения, наиболее оптимальным для обеспечения ростовых процессов растений редьки масличной был 2013 год – ГТК за период вегетации составил 1,527. Наиболее засушливыми были условия вегетации 2015 года по ГТК за период вегетации 0,430 со снижением показателя на период августа до 0,061.

Следует заметить, что распределение осадков в рамках представленных ГТК был также неравномерным как с позиции обеспечения ростовых процессов, так и с позиции темпов роста в 2013, 2014 и 2016 годы. Для условий 2018 отмечено сочетание дефицита как атмосферного, так и почвенного увлажнения весь период апреля-мая с изменением ситуации в третьей декаде июня за счет интенсивного атмосферного увлажнения, что отразилось в усредненном результате ГТК на уровне 3,124.

Условия вегетации сортов 2019 года отличались чрезмерным увлажнением весь период конца

апреля - третьей декады мая ГТК за период активной вегетации 1,806 – был наибольшим из-за воздуха, что в конечном варианте способствовало интенсивным ростовым процессам, которые опережали репродуктивное развитие растений. Это негативно отразилось на репродуктивной архитектонике сортов редьки масличной и урожайности семян.

С учетом характера требований растений редьки масличной к гидротермическим показателям вегетации годы оценки сортов можно разместить в такой последовательности по прогнозируемому влиянию на формирование показателей семенной продуктивности: 2014-2013-2016-2019-2017-2015-2018.

Рабочая гипотеза исследований опыта заключается в определении экологической стабильности и пластичности сортов редьки масличной на основании существенности, изменчивости гидротермических условий вегетации сортов за период изучения с использованием широкого спектра системных показателей взаимодействия генотип-среда. На основании этого определить перспективные для ареала определенных гидротермических ресурсов территории сорта редьки масличной наиболее перспективные в сравнении с ранее районированными сортами.

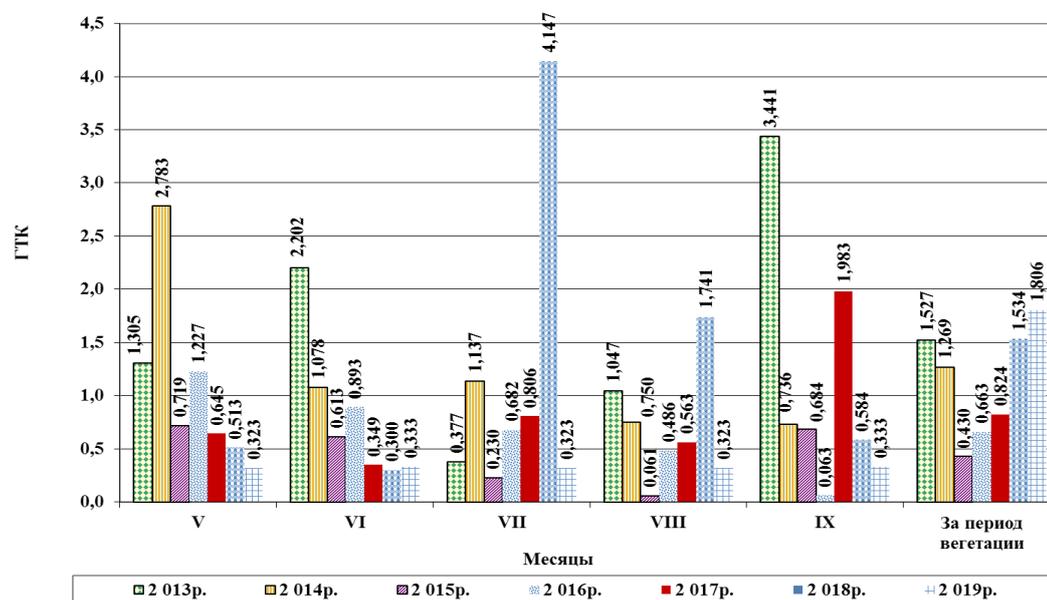


Рисунок 1. Гидротермические условия периода активной вегетации сортов редьки масличной, 2013-2019 гг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

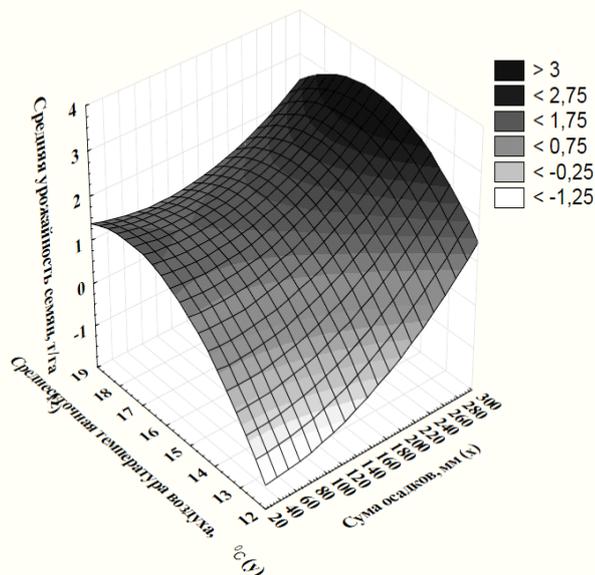
Указанные особенности погодных условий в годы исследований соответствуют модельным требованиям системы оценки пластичности и стабильности сортов в соответствии с базовыми требованиями (Eberhart, S. и др. 1966; Tai, G. 1977): существенность критерия Фишера (F) для взаимодействия факторов генотипа сортов и гидротермических условий года наблюдений в значении показателя урожайности.

Сама семенная продуктивность сортов редьки масличной определялась соотношением суммы осадков и среднесуточной температуры в соответствии со степенной квадратичной моделью (рис. 2).

При этом реакционная поверхность графика имеет сложный характер – урожайность семян сортов редьки масличной имеет выраженную тенденцию к возрастанию при улучшении влагообеспеченности периода активного роста при сопутствующей тенденции к возрастанию среднесуточной температуры. Зависимость от среднесуточной температуры максимально положительно влияет на выход семян с единицы площади до интервала 16-17 °С. Последующее возрастание не оказывает положительного эффекта роста, а наоборот способствует снижению показателя. Рост количества осадков, особенно в период стеблевания-начала цветения сортов редьки масличной (ВВСН 35-50) наиболее ощутимо способствует росту урожайности семян, начиная с интервала 180-240 мм. Таким образом, оптимум для формирования семенной продуктивности сортов редь-

ки масличной определяется именно этими параметрами гидротермического режима. Кроме того, установленная достоверная зависимость уровня урожайности сортов от условий года дает нам возможность обосновать параметры экологической реакции сортов редьки масличной.

$$\text{Средняя урожайность семян сортов редьки масличной} = -30,3125 + 0,0104 * x + 3,6619 * y + 3,4726E-5 * x * x - 0,0009 * x * y - 0,1046 * y * y$$



**Рисунок 2.** Графическая зависимость урожайности семян сортов редьки масличной от среднесуточной температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и суммы осадков (мм) (для системы усреднения 7 лет  $\times$  14 сортов, при скорректированном  $R^2=0,901$  и  $p<0.01$ ).

В результате расчета основных показателей модели экологической пластичности и стабильности (табл. 2) установлены существенные различия между сортами редьки масличной, как по критерию Фишера, так и по критерию НСР.

Оценка сортов редьки масличной в выражении коэффициента продуктивности подтвердила ассортимент тех сортов, которые наиболее адаптированы к ареалу зоны исследований и являются районированными для Лесостепи Правобережной – Радуга, Журавка, Лыбидь, Факел. На фоне этих сортов следует отметить и такие сорта как Снежана, Ольга, Рамонта потенциал которых ниже районированных, но выше остальных в группе сравнения. По показателю стрессоустойчивости ( $S_u$ ) следует отметить сорта с узким интервалом реакции на изменение условий года – сорта Альфа, Факел, Линия ИРГСХИ. Наиболее широкий интервал установлен для сортов Ивея, Журавка, Рамонта, Ника. При этих условиях показатель генетической гибкости максимальный за период оценки у сорта Сабина. Ивея, Ника – на 13,6-18,3 % выше, чем в среднем по группе сравнения. В системе этих двух показателей наиболее ценные генотипы с широкой нормой реакции в соответствии с показателями селекционной генетики (Жученко, А. 2001) сорта Сабина, Ника, Ивея, Журавка, Пригажуня. При этом не следует забывать, что высокие значения показателя генетической гибкости ( $G_g$ ) указывают на большую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды, что повышает эффективность детерминации генотипической продуктивности сортов в массиве испытываемых генотипов.

Показателем засухоустойчивости при экспресс-определении коэффициента засухоустойчивости являются сорта Факел, Альфа, Лыбидь. Сорт Факел закономерно занимает первую позицию, поскольку выведен в условиях сухого климата степной зоны Украины. Сорт Альфа за счет короткого вегетационного периода среди группы изучаемых сортов наименее восприимчив к засушливым условиям в период активного роста за счет диссонанса между многолетним периодом засушливых условий и критического периода реакции растений редьки масличной на засушливые условия.

Таблица 2. Параметры стабильности, пластичности, устойчивости и потенциала урожайности сортов редьки масличной, (среднее за 2013-2019 гг.)

Сорт	У <sub>ср</sub> , т/га	К <sub>с</sub> , %	V, %	C <sub>у</sub>	Г <sub>г</sub>	К <sub>у</sub>	A <sub>у</sub>	H <sub>ом1</sub>	H <sub>ом2</sub>	S <sub>с</sub>	
Ольга	1,44	94,7	13,18	-0,60	1,42	65,12	86,82	3,1	7,4	9,4	
Альфа	1,32	84,8	11,44	-0,45	1,30	70,39	88,56	3,6	10,6	9,3	
Рамонта	1,55	87,7	13,27	-0,66	1,57	65,26	86,73	3,1	7,3	10,1	
Ивея	1,86	86,6	17,71	-0,99	1,85	57,69	82,29	2,3	4,3	10,7	
Пригажуня	1,72	75,2	13,31	-0,61	1,66	68,88	86,69	3,1	8,7	11,9	
Радуга	1,58	96,1	13,27	-0,66	1,57	65,26	86,73	3,1	7,4	10,3	
Журавка	1,74	95,8	12,65	-0,67	1,69	66,83	87,35	3,2	8,4	11,6	
Лыбидь	1,42	92,9	13,43	-0,53	1,44	70,00	86,57	3,0	8,2	9,8	
Факел	1,43	92,3	11,15	-0,43	1,47	75,60	88,85	3,7	12,2	10,6	
Снежана	1,34	91,6	14,72	-0,52	1,31	66,88	85,28	3,1	7,9	8,9	
Ника	1,74	78,5	13,54	-0,66	1,72	69,15	86,46	3,0	8,0	11,8	
Линия ИРГСХИ	1,28	86,1	12,36	-0,50	1,27	67,11	87,64	3,3	8,5	8,6	
Тамбовчанка	1,53	67,6	12,68	-0,59	1,42	65,50	87,32	3,3	8,5	10,0	
Сабина	1,96	75,5	15,56	-0,83	1,98	65,27	84,44	2,6	6,2	12,8	
Параметры (критерий Фишера)		F <sub>ф</sub>	F <sub>г</sub>	HCP <sub>05</sub> (урожайность, т/га): Для фактора условия года – 0,024 Для фактора сорта – 0,036 Для взаимодействия сорта x условия года – 0,044							
Сорт		266,11	1,82								
Условия года		107,50	2,46								
Взаимодействие сорта от условий года		6,85	1,48								
Сорт	Коэффициенты связи урожая с индексами условий года		Вариации стабильности признака, S <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Компоненты				KP			
	r <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>		S <sup>+</sup>	S <sup>-</sup>	a <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>				
Ольга	0,972**	0,93	0,236	-0,28273	0,21726	-0,0110	0,0600	11			
Альфа	0,931**	0,71	0,368	-1,15267	0,64284	-0,0447	0,1657	12			
Рамонта	0,974**	1,01	0,264	0,03686	0,22045	0,0014	0,0618	8			
Ивея	0,958**	1,59	1,075	2,33257	2,27236	0,0906	0,5778	5			
Пригажуня	0,959**	1,11	0,501	0,41909	0,46171	0,0163	0,1275	2			
Радуга	0,963**	1,01	0,377	0,05336	0,31460	0,0021	0,0882	7			
Журавка	0,972**	1,08	0,324	0,30674	0,29403	0,0119	0,0814	4			
Лыбидь	0,940**	0,90	0,512	-0,38568	0,46457	-0,0150	0,1286	10			
Факел	0,919**	0,74	0,476	-1,03880	0,66940	-0,0403	0,1759	6			
Снежана	0,790*	0,78	1,744	-0,85983	1,64049	-0,0334	0,4518	13			
Ника	0,932**	1,11	0,877	0,42245	0,77593	0,0164	0,2156	3			
Линия ИРГСХИ	0,941**	0,75	0,348	-0,98564	0,53545	-0,0383	0,1395	14			
Тамбовчанка	0,897**	0,87	0,881	-0,49455	0,79566	-0,0192	0,2204	9			
Сабина	0,923**	1,41	1,651	1,62883	2,04698	0,0632	0,5450	1			

\*\* – достоверно на 1 % уровне значимости; \* – достоверно на 5 % уровне значимости.

По определению (Генкель, Г. 1975) для крестоцветных культур высокая засухоустойчивость имеет более высокую вероятность в формировании более низких уровней урожайности в сравнении с сортами с низкой засухоустойчивостью. Это подтверждается и в наших исследованиях для примера у сортов Ивея, Сабина, Ника. По своей сути, коэффициент засухоустойчивости (K<sub>с</sub>) сорта характеризует так называемую «мгновенную» фенотипическую реакцию сорта на резкое изменение гидротермического режима.

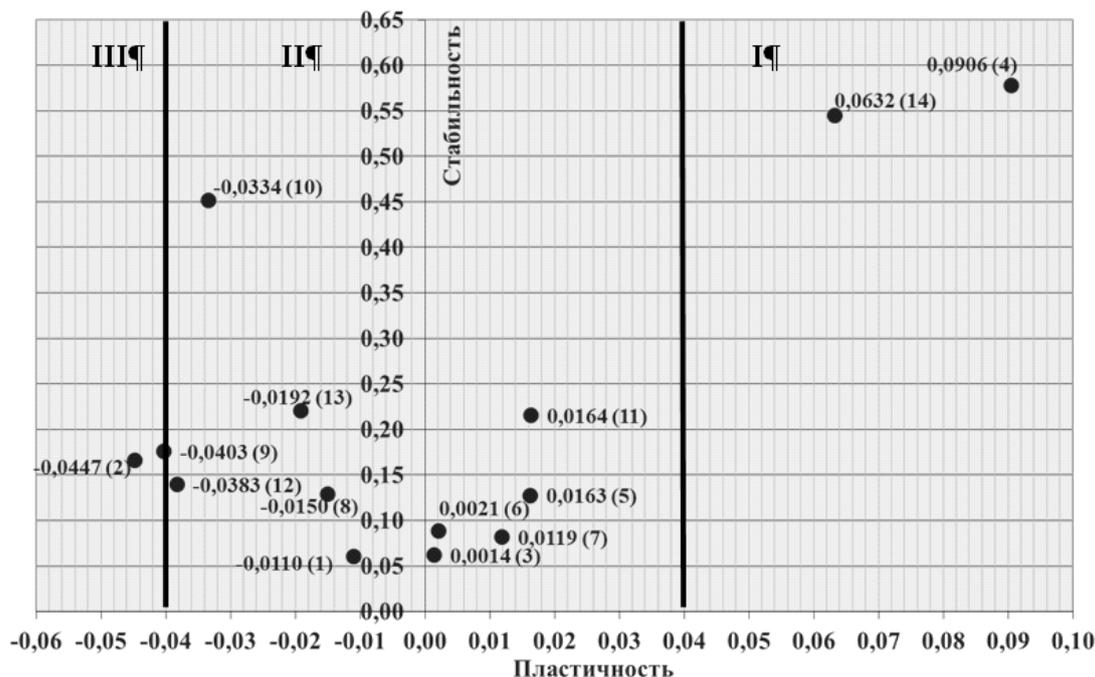
Коэффициент стабильности с агрономической точки зрения (As) характеризует хозяйственную ценность сорта: наиболее ценными для производства являются сорта, у которых коэффициент стабильности превышает 70% (Корзун, О. и др. 2011). Вся генеральная совокупность сортов по этому критерию тяготеет к стабильным, что подтверждается аналогичной последовательностью распределения сортов по гомео-статичности первого (Hom<sub>1</sub>) и второго (Hom<sub>2</sub>) типов и подтверждается сделанными ранее выводами относительно засухоустойчивости и генетической гибкости сортов. Следует заметить, что при использовании усредненного параметра показателя мы получаем значение гомеостаза сорта первого типа, а при использовании соотношения между оптимальным и лимитированным его средним значением – гомео-статичность сорта второго типа (Хангильдина,

В. 1981) и как производную этих расчетов – селекционную ценность сорта ( $S_s$ ). Именно поэтому распределение изученных сортов по агрономической ценности и двум типам гомео-статичности имеет аналогичный характер, а распределение по селекционной ценности генотипа имело другой характер. Селекционная ценность сорта является интегральным показателем адаптивных свойств сортов и нормы их реакции на изменяющиеся условия года (Зыкин, В. И др. 2011). В сравнении с показателем селекционной ценности сорта Журавка 11,6, что существенно выше этого показателя у других районированных сортов (Лыбидь, Радуга, Факел) – следует выделить сорта Сабина, Ника, Пригажуня, Ивея, как наиболее ценные генотипы для условий Правобережной Лесостепи. Следует заметить, что с позиции селекционно-адаптивной практики отбора сортов важным звеном есть их оценка на селекционную стабильность и пластичность. Важность такого анализа определяется как ранее отмеченными условиями оптимальности параметров, гидротермического режима обеспечения ростовых процессов сортов редьки масличной, так и результатами сопоставления корреляционной зависимости между урожайностью сортов и индексом условий года, который находится в интервале существенной тесной связи 0,790-0,972. Все сорта чувствительны к изменениям гидротермического режима вегетации, поскольку именно эти различия являются определяющими в формировании индексной разницы физиологических ростовых процессов сорта, учитывая однотипность их технологии в процессе изучения. Это же подтверждается сопряженной системой показателей – регрессионным коэффициентом  $b_i$  и вариацией стабильности признака  $S_i^2$ . Известно (Eberhart, S. и др. 1966; Tai, G. 1977), что за результатами расчетов параметров пластичности ( $b_i$ ) и стабильности ( $S_i^2$ ) для сортов выделяют следующие группирующие ранги: 1) показатели  $b_i < 1, S_i^2 > 0$  – имеют лучшие результаты в неблагоприятных условиях, нестабильный тип; 2) показатели  $b_i < 1, S_i^2 = 0$  – имеют лучшие результаты в неблагоприятных условиях, стабильный тип; 3) показатели  $b_i = 1, S_i^2 = 0$  – хорошо отзываются на улучшение условий, стабильный тип; 4) показатели  $b_i = 1, S_i^2 > 0$  – хорошо отзываются на улучшение условий, нестабильный тип; 5) показатели  $b_i > 1, S_i^2 = 0$  – имеют лучшие результаты в благоприятных условиях, стабильный тип; 6) показатели  $b_i > 1, S_i^2 > 0$  – имеют лучшие результаты в благоприятных условиях. Не следует забывать, что при этом генотипы с коэффициентом  $b_i > 1$  относят к высокопластичным (относительно средней группы), а при  $1 > b_i > 0$  – к относительно низкопластичным (Пакудина, В и др. 1984). По результатам группирования сортов редьки масличной в соответствии с этими градациями сорта (табл. 2) распределились следующим образом: к первому рангу – сорта Ольга, Альфа, Лыбидь, Факел, Снежана, Линия ИРГСХИ, Тамбовчанка. Соответственно к шестому рангу – сорта Рамонта, Ивея, Пригажуня, Радуга, Журавка, Ника, Сабина.

Таким образом, изученный сортовой состав характеризуется достаточно широким спектром пластичности и достаточно узким спектром стабильности. Это же подтверждается и оценкой сортов по показателю экологического варьирования ( $V, \%$ ) урожайности: все сорта входят в среднюю градацию от 11,15 % у сорта Факел до 17,71 % у сорта Ивея.

Первая группа сортов более стабильна в неблагоприятных условиях среды, вторая, наоборот, откликается положительно увеличением их продуктивности в благоприятных условиях среды. Последние сорта более высокоурожайные, но снижение их урожайности при стрессовых факторах окружающей среды более существенно, а учитывая показатель селекционной ценности ( $S_s$ ) этих сортов, в нашем случае, который остается существенно выше у сортов редьки масличной отнесенных к первому рангу. Это подтверждается общими выводами, сделанными в ряде исследований (Куркова, И. и др. 2008; Зыкин В. И др. 2011; Рыбась, И. и др. 2018). Полный анализ оценки экологической пластичности и стабильности сортов (В. С. Пакудин, В. и др. 1984), в графическом выражении (рис. 3) показал, что сорта первой (I) зоны относятся к генотипам с высоким отзывом на изменение условий выращивания. То есть, такие сорта следует рекомендовать для выращивания в условиях высокой культуры земледелия. Однако, на низком агрофоне их урожайность резко снижается. В отличие от сортов I зоны, сорта, координаты которых размещены во второй (II) зоне, более консервативны по реакции на изменение условий среды. Экологическая пластичность сортов, размещенных координатно в третьей (III) зоне, находится на уровне средней пластичности, характерной для этого набора сортов. В соответствии с этим, к сортам первой зоны относятся сорта Ивея и Сабина. К сортам третьей зоны – сорт Альфа. Позиция сортов Факел и Линия ИРГСХИ отвечает так называемой маргинальной зоне размещения, соответственно на стыке II и I зон, что является определенным выражением

внутреннего резерва пластичности и стабильности генотипа и необходимости для его дальнейшего изучения в селекционной практике. Это же подтверждается комплексным рангом (КР) сортов.



**Рисунок 3.** Распределение сортов редьки масличной на классы по пластичности (а) и стабильности (λ) на 5% уровне значимости, 2013-2019 гг. (индексация сортов: 1-Ольга; 2-Альфа; 3-Рамонта; 4-Ивея; 5-Пригажуня; 6-Радуга; 7-Журавка; 8-Лыбидь; 9-Факел; 10-Снежана; 11-Ника; 12-Линия ИРГСХИ; 13-Тамбовчанка; 14-Сабина).

## ВЫВОДЫ

На основании комплексного анализа сортов редьки масличной по экологической пластичности и стабильности, интегральным показателям адаптивного потенциала сортов и комплексному рангу их оценки (КР) для продуктивного внедрения в условиях Лесостепи Правобережной Украины, а также в ареалах тождественных ему по гидротермическому режиму, целесообразно использовать и другие сорта редьки масличной в комплексе с наиболее продуктивным районированным сортом Журавкой. Такие сорта как Сабина, Пригажуня, Ника, Ивея обеспечивают урожайность семян на уровне 1,7-2,2 т/га, имеют высокую селекционную ценность на уровне 10,7-12,8 единиц и комплексный ранг в интервале 1-5 и относятся к шестому рангу оценки по реакции на изменения условий года и ко I-II группе сортов по технологической емкости получения урожая.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГЕНКЕЛЬ, Г. А. (1975). Физиология растений. Москва: Просвещение. 335 с.
2. ГУДЗЬ, Ю. В., ЛАВРИНЕНКО, Ю.А. (1997). Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон: Борисфен-полиграфсервис. 68 с. ISSN 0582-5075.
3. ЖУЧЕНКО, А. А. (2001). Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Т. 1. Москва. 617 с. ISBN 5-209-01170-4.
4. ЗЫКИН, В.А., БЕЛАН, И.А., ЮСОВ, В.С., КИРАЕВ, Р.С., ЧАНЬШЕВ, И.О. (2011). Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Уфа. 97 с. ISBN 978-5-88156-761-3.
5. КИЕНКО, З., ПАВЛЮК, Н. и др. (2016). Методика проведения экспертизы сортов растений картофеля, и групп овощных, бахчевых, пряно-вкусовых на пригодность к распространению в Украине. Винница. 95 с. ISBN 978-966-924-576-2.
6. КОРЗУН, О.С., БРУЙЛО, А.С. (2011). Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. Гродно: ГГАУ. 140 с. ISBN 978-985-6784-96-8.
7. КУРКОВА, И.В., ТЕРЕХИН, М.В. (2008). Оценка экологической пластичности сортов яровой

- мягкой пшеницы, селекции Дальнего Востока. В: Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 7, с. 8-11.
8. МАМОНОВ, Л.К., КИМ, Г.Г. (1986). К вопросу об оценке устойчивости показателей продуктивности при засухе. В: Повышение продуктивности и устойчивости зерновых культур. Алма-Ата. с. 130-134.
  9. ПАКУДИН, В.З., ЛОПАТИНА, Л.М. (1984). Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. В: Сельскохозяйственная биология, № 4, с. 109-112.
  10. ПАКУДИН, В.З. (1976). Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука. 189 с.
  11. РЫБАСЬ, И. А., МАРЧЕНКО, Д. М., НЕКРАСОВ, Е. И., ИВАНИСОВ, М. М. и др. (2018). Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы. В: Зерновое хозяйство России, № 4(58), с. 51-54.
  12. САЙКО, В.Ф. и др. (2011). Особенности проведения исследований с крестоцветными масличными культурами. Москва: Институт земледелия НААН. 76 с. ISBN 978-5-85536-978-6.
  13. СНЕДЕКОР, Дж. (1961). Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. Москва: Сельхозгиз. 503 с.
  14. ХАНГИЛЬДИН, В. В., ЛИТВИНЕНКО, Н. А. (1981). Гомео-статичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. В: Научн-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, Вып. 39, с. 5-14.
  15. ХАНГИЛЬДИН, В. В. (1979). О принципах моделирования сортов интенсивного типа. В: Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. Москва.: Наука, С. 111-116.
  16. ЦИЦЮРА, Я., ЦИЦЮРА, Т. (2015). Редька масличная. Стратегия использования и выращивания: Монография. Винница: Нилан ЛТД. 624 с. ISBN 978-966-924-003-3.
  17. CPVO (2017). Protocol for tests on distinctness, uniformity and stability *Raphanus sativus L. var oleiformis Pers.* Fodder radish (CPVO-TP/178/1). Geneva. 2017. 21 p. Available: [https://cpvo.europa.eu/sites/default/files/documents/raphanus\\_oleiformis.pdf](https://cpvo.europa.eu/sites/default/files/documents/raphanus_oleiformis.pdf).
  18. EBERHART, S. A. RUSSEL, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. In: Crop Science, vol. 6, № 1, pp. 34-40.
  19. RATANAPARIYANUCH, K., CLANCY, J., EMAMI, S., CUTLER, J., REANEY, M.J.T. (2013). Physical, chemical, and lubricant properties of *Brassicaceae* oil. European. In: Journal Lipid Science Technology, vol. 115, pp.1005-1012.
  20. TAI, G.C. (1971). Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. In: Crop Science, vol. 11(2), pp. 184-190.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**ЦИЦЮРА Ярослав Григорьевич**  <https://orcid.org/0000-0002-9167-833X>  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кафедра земледелия, агрохимии и почвоведения, Винницкий национальный аграрный университет, Украина  
E-mail: [yaroslavtsytsyura@ukr.net](mailto:yaroslavtsytsyura@ukr.net)

Received: 27.03.2020

Accepted: 12.05.2020