УДК 633.853.494«321»:631[526.32+524.85]

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННО СМОДЕЛИРОВАННОЙ ЗАСУХИ В ФАЗУ ЛИСТООБРАЗОВАНИЯ

Я. Э. Пилюк, *доктор с.-х. наук,* ***А. В. Бакановская, О. А. Пикун,*** *научные сотрудники,* ***А. Н. Батюкова,*** *кандидат с.-х. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 24.03.2026)

Рецензент: Власов А.Г., доктор с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты оценки засухоустойчивости сортов и образцов рапса ярового селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в фитотронно-тепличном комплексе на ранних этапах органогенеза (в фазу листообразования). Изучена реакция различных генотипов на водный стресс в условиях модельной засухи по следующим параметрам: развитие корневой системы, изменение площади листьев и сохранность листового аппарата, водоудерживающая способность листьев. В результате анализа комплексных исследований отобраны образцы с повышенной устойчивостью к засухе.*

Введение. В последнее десятилетие периодически повторяющиеся засухи приводят к значительному снижению урожайности рапса, особенно яровой формы. В связи с этим возникает необходимость иметь сорта и гибриды, устойчивые или выносливые к дефициту влаги. Прямая оценка засухоустойчивости в поле при всей ее объективности требует многолетних наблюдений. Засуха бывает не каждый год и приходится на разные этапы органогенеза. Для ускорения селекционного процесса прибегают как к косвенной оценке засухоустойчивости с помощью лабораторных физиологических методов (определение прорастания семян и роста проростков в растворах осмотиков, имитирующих недостаток влаги), так и к прямому методу – выращивание растений в условиях модельной засухи «засушник» [1].

Устойчивость к засухе – это полигенный признак, который с физиологической точки зрения связан с целым рядом отличий. Важнейшим признаком среди них является способность переносить недостаток воды без резкого снижения ростовых процессов и урожайности. В этой связи растения обладают повышенной способностью удерживать в клетках воду в условиях обезвоживания. Величина урожая определяется двумя основными факторами – размерами площади листьев и продуктивностью их работы [2]. При недостаточной влагообеспеченности подавляется рост растений, сокращается площадь и число листьев, в результате чего потери воды уменьшаются. Одновременно снижается накопление сухих веществ растениями, так как этот показатель коррелирует с размерами листовой поверхности [3]. Уменьшение листовой поверхности ведет к снижению величины продуктивности фото-

синтеза и урожайности [4]. Недостаток влаги приводит также к ускоренному прохождению этапов органогенеза, растения раньше переходят к цветению и плодоношению, отличаются меньшей продолжительностью жизни.

Цель наших исследований – оценка сортов и образцов рапа ярового в условиях модельной засухи, отбор селекционного материала с повышенной устойчивостью к засухе.

Методика проведения исследований. Исследования проводились в 2024–2025 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Изучение засухоустойчивости сортов и образцов рапса ярового проводили на провокационном фоне методом искусственного завядания в условиях ФТК. Развитие растений рапса ярового до фазы 4–6 настоящих листьев проходило в опыте и в контрольном варианте в идентичных условиях, далее растения выращивались в условиях недостаточной водообеспеченности, а в контроле – при оптимальном увлажнении [5, 6, 7].

Площадь листового аппарата определяли способом высечек. С 10–15 изучаемых растений отбирали и взвешивали пробу листьев, складывали листья стопками и при помощи металлической трубки определенного диаметра с заостренными краями делали высечки по 5–10 штук с одного листа. Высечки берут так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки [8]. После взвешивания высечек среднюю площадь одного листа в пробе ($см^2$) рассчитывают по формуле $П=(МхП_1хК)/М_1х\ N$, где: М – масса листьев в пробе, г; $П_1$ – площадь одной высечки, $см^2$; К – число высечек; $М_1$ – масса высечек, г; N – количество листьев в пробе.

Определение водного дефицита (ВД) проводилось по формуле: ВД = (В-Б)/(Г-А) х 100 %, где А – масса сухой навески; Б – масса воды перед насыщением; В – масса воды после полного насыщения; Г – масса листьев после полного насыщения водой [9], водоудерживающую и водопоглощающую способность листьев – по методике, основанной на способности к насыщению листьев влагой после предварительного высушивания [10, 11].

Результаты и их обсуждение. Селекционный материал рапса ярового оценивался по засухоустойчивости на фоне искусственной засухи в условиях ФТК. Перед началом засушивания в фазу 4–6 листьев проводился учет параметров растений: вес надземной части, корней и площадь листьев (таблица 1). Образцы №10/13, №62/07, №56/13, №48/13, №49/13 и №4/17 отличались хорошо развитыми надземной частью и корневой системой, в то время как у №9/07, №59/13, Титан-17 и №35/09-1 эти параметры были наименьшими. По наиболее развитому листовому аппарату выделились образцы Топаз, №48/13, №62/07-1, №10/13, №56/13, С 10/05, №4/17, №70/13-1, №25/17, №49/13, площадь листьев у которых составила 3018–2459 $см^2$.

Влажность почвы до начала засушивания и на 4, 7 и 10 день без полива составила 34,6; 16,1; 9,0 и 7,6 % соответственно (рисунок 1).

Таблица 1. Параметры растений сортов и образцов ярового рапса в ФТК перед началом засушивания (среднее за 2024-2025 гг.)

Образец	Вес 10 растений, г		Площадь листьев 10 растений, $см^2$
	надземная часть	корни	
Топаз	58,8	1,4	3018
Вихрь	71,3	1,2	2011
№5/15-6	42,8	0,8	1530
№1/07	61,3	1,9	2064
№48/13	78,0	1,7	2790
№49/13	81,6	1,6	2459
№30/13	61,1	2,1	1992
№59/13	37,3	0,6	1380
№20/13-1	68,9	1,4	1815
№53/13	56,3	1,4	1751
№10/13	95,6	2,4	2517
№59/15	56,8	1,0	1565
№31/13	73,2	1,4	2004
№56/13	89,6	1,9	2492
Вод х №40-2	51,6	0,7	1775
Вод х №40-1	39,1	1,2	1954
№418_2д	40,4	0,9	1471
№7/16	65,1	1,0	1889
№62/07	84,6	1,8	2400
№62/13	63,9	1,0	1590
№76/13	63,1	1,3	2015
№52/52	47,7	0,7	1538
№9/07	24,6	0,5	981
С 62/67	47,2	0,8	1261
Титан-17	33,6	0,4	1096
№37/15-1	40,9	0,7	1360
№35/09-1	33,8	0,6	1175
№51/13	60,5	0,8	1911
№110	53,6	1,5	2163
С 10/05	57,8	1,5	2489
№47/05	57,4	1,2	2245
№4/17	76,0	1,7	2480
№3/17	50,1	1,4	1634
№51/15	60,9	1,0	2161
№55/14	35,9	0,7	1594
№62/07-1	73,2	1,3	2637
№53/11	40,9	1,5	1737
№30/16-1	55,9	1,1	2320
№2/10-1	43,2	1,0	1931
№25/17	44,4	0,8	2462
№70/13-1	40,2	0,8	2465
№30/15	54,4	1,6	1855

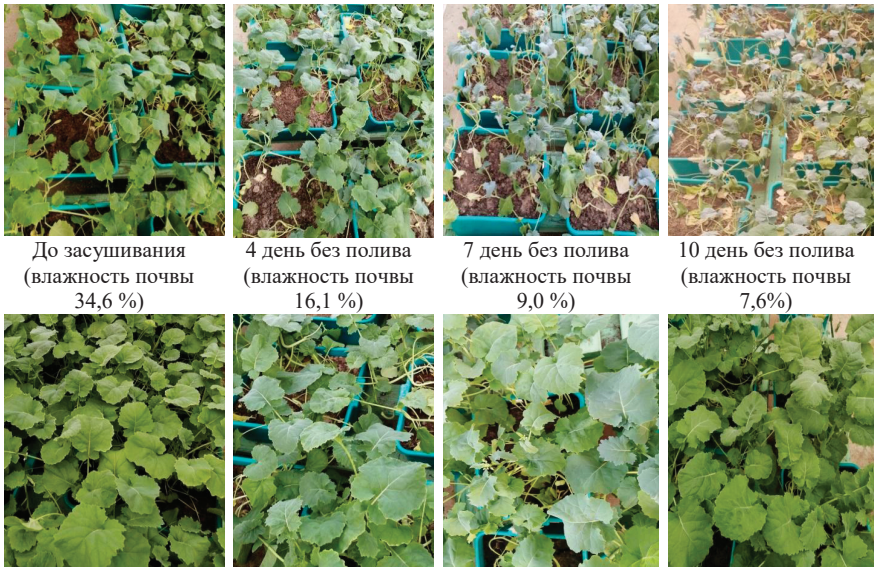
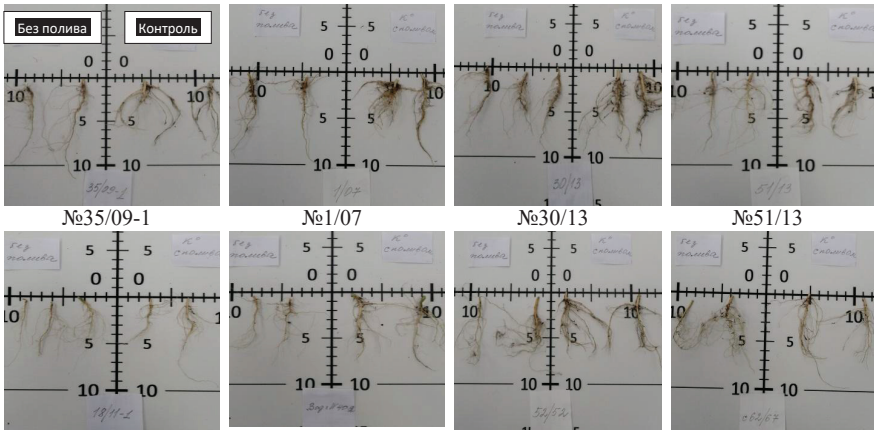


Рисунок 1. Состояние растение сортов и образцов ярового рапса на фоне искусственной засухи в условиях ФТК

Через 10 дней проводились учеты параметров развития растений в вариантах без полива и в контроле. Масса надземной части и корней с 10 растений у всех изученных образцов была значительно ниже контрольного варианта с поливом, наибольшими значениями по этим признакам выделились образцы №62/07-1, №30/16-1, №70/13-1 (56,6–59,3 г) и №4/17, №62/07-1 (2,6–2,5 г) соответственно. В наименьшей степени по высоте надземной части растений от контроля (на 15,5–23,6 %) отличались образцы рапса ярового №53/13, №70/13-1, №30/16-1, №31/13, №62/07-1. Длина корня практически у всех изучаемых образцов без полива была больше, чем с поливом. Корневая система растений в «засушниках» развивалась в основном за счет образования большего количества боковых корешков. По этому показателю выделились образцы №62/07-1, С 62/67, №59/13, №30/16-1, №52/52 и №56/13 (таблица 2). Засухоустойчивые образцы в целом отличаются более развитой корневой системой и ее суммарной массой, поэтому в наших исследованиях оценивались генотипы рапса ярового по способности формировать мощную корневую систему в неблагоприятных условиях среды (рисунки 2, 3).

Таблица 2. Параметры растений лучших образцов ярового рапса в ФТК через 10 дней после прекращения полива при средней влажности почвы 7,6 %

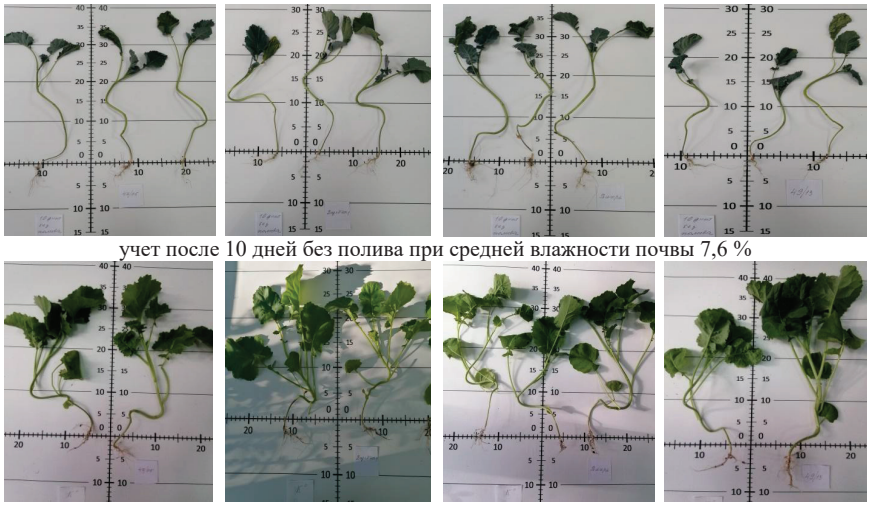
Образец	Вес 10 растений, г				Высота надземной части растений, см		Длина корня, см		Ширина корня, см		Число листьев на 1 растении, шт. (живые/погибш.)		Площадь листьев 10 растений, $см^2$	
	надземная часть		корни											
	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль
№48/13	37,6	228,0	2,0	3,6	38,5	62,8	8,2	8,5	6,6	5,9	4/2,2	7,5/1,5	1716	8737
№59/13	28,8	96,0	1,5	4,8	32,2	42,7	8,0	6,5	7,7	4,7	3,6/2,8	6,3/0	1778	2859
№20/13-1	43,4	97,0	1,2	6,4	33,0	45,0	6,9	8,1	7,0	5,6	4,2/2,2	5,8/0,2	1907	2591
№53/13	43,1	125,5	1,8	3,7	36,5	43,2	8,6	8,9	6,6	5,4	5/3	7,2/1	1796	4583
№10/13	28,5	218,4	1,6	5,3	34,3	54,0	7,6	8,8	5,6	8,0	4,3/2,8	8,0/0,7	1544	6818
№31/13	31,7	157,0	1,2	5,9	34,0	43,7	7,1	8,7	6,6	9,3	4/2,5	7,0/0,7	2096	4086
№56/13	21,2	138,9	1,3	4,4	32,5	44,0	8,8	7,8	7,4	4,8	3/3	6,2/1,2	966	3882
№7/16	30,4	208,4	2,0	3,3	35,0	59,0	7,8	7,8	8,0	8,0	3,3/4	8,5/1	1600	6923
№52/52	37,7	119,4	2,1	3,0	31,3	45,5	9,6	8,6	7,6	4,8	3,8/2,5	6,2/1	2231	3848
С 62/67	35,9	105,4	2,0	2,4	29,3	43,0	7,8	7,8	8,0	4,6	3,7/2,7	7,8/1	1850	4161
№4/17	39,3	204,4	2,5	3,2	33,7	47,8	8,7	7,4	5,3	7,1	3,3/3,3	7,4/1	1099	7415
№62/07-1	57,0	183,6	2,6	3,0	43,8	57,3	9,3	9,2	12,0	7,0	4,5/2,8	8,7/1	1912	6952
№30/16-1	59,3	142,4	2,0	2,8	42,3	54,2	8,5	8,5	7,7	4,0	4,7/2,7	7,2/0,2	1673	5132
№70/13-1	56,6	151,3	1,8	1,7	45,8	58,3	9,6	8,8	5,8	5,8	4,2/3,2	7/0,7	2927	5293
среднее	29,34	146,08	1,37	2,91	33,13	48,50	7,81	8,03	6,34	5,54	3,5/2,7	6,9/0,8	1311,1	4944,1
Мин-макс	13,5-59,3	78,4-244,7	0,5-2,6	1,0-6,4	24,0-45,8	38,2-64,2	4,8-10,7	5,2-10,0	2,0-12,0	2,5-9,3	2,3-5/1,3-4	5,6-9/0-1,7	438-2927	2257-8737



№35/09-1 №1/07 №30/13 №51/13

№18/11-1 Вод х №40-2 №52/52 С62/67

Рисунок 2. Развитие корневой системы образцов рапса ярового на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)



учет после 10 дней без полива при средней влажности почвы 7,6 %

Контроль (с поливом)

№47/05 Вод х №40-1 Вихрь №49/13

Рисунок 3. Развитие растение ярового рапса на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)

При нарастающей засухе происходит постепенное отмирание листьев, в результате чего уменьшается ассимиляционная и фотосинтетическая поверхность посевов. Сохранность листового аппарата свидетельствует об устойчивости к стрессовым факторам. Число живых листьев у растений рапса

ярового в условиях засухи находилось в пределах от 2,3 до 5,0 шт., в оптимальных условиях (при поливе) – от 5,6 до 9,0 шт., опавших – 1,3–4,0 и 0–1,7 шт. соответственно.

Оценка площади листьев образцов при различных условиях выращивания позволила установить существенное изменение показателей под влиянием неблагоприятных факторов внешней среды (водный стресс). В условиях недостаточной влагообеспеченности в фазу 4–6 листьев общая их площадь с 10 растений изменялась от 438 см^2 до 2927 см^2 (№70/13-1) или в 6,7 раза в зависимости от генотипа. Среди них по наименьшей степени угнетения листового аппарата искусственной засухой выделились образцы №59/13, №20/13-1, №52/52 и №70/13-1, у которых этот показатель по отношению к оптимальным условиям выращивания был ниже на 26,4–44,7 %.

Положительная корреляционная связь средней степени установлена у образцов рапса ярового с повышенной устойчивостью к засухе между числом живых листьев на растении, сохранившихся после засушивания, и весом растения (r=0,59), а также числом листьев и их площадью (r=0,52) (рисунок 4).

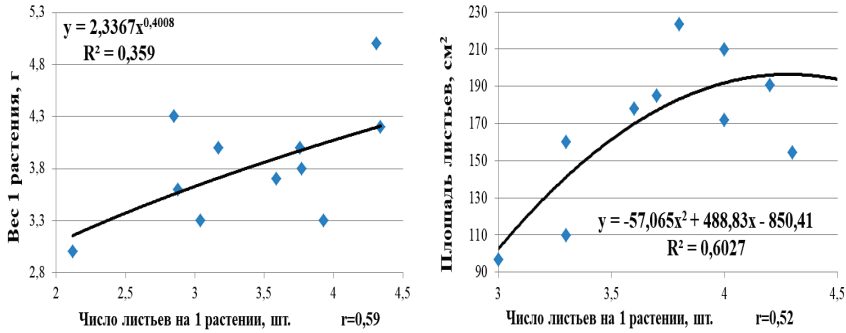


Рисунок 4. Корреляционная связь числа живых листьев на растении с весом растения и площадью листьев рапса ярового на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)

Водный дефицит листьев растений ярового рапса через 10 дней после прекращения полива (таблица 3) составлял в зависимости от образца 36,8–56,9 %. По наибольшей водоудерживающей способности выделились образцы №55/14, №30/16-1 и №25/17. Восстановление тургисцентного состояния листьев при насыщении их водой после засушивания наблюдалось у изученных образцов на 86,2–90,7 %, что только на 3,3–6,3 % ниже контрольного варианта (с поливом). Наибольшая водопоглощающая способность установлена у образцов №55/14, №2/10-1, Г11 и №70/13-1, которые отличались высокой устойчивостью к дефициту влаги. Содержание сухого вещества в зеленой массе у изучаемых образцов после засушивания составило 9,3–13,8 %.

Таблица 3. Показатели влагообеспеченности листьев ярового рапса при дефиците влаги в почве в ФТК

Образец	Водный дефицит листьев, %	Водопоглощающая способность, %		Содержание сухого вещества, %	
		без полива	контроль (с поливом)	без полива	контроль (с поливом)
Топаз	41,1	87,4	92,0	12,6	8,0
№55/14	36,8	90,7	93,2	9,3	6,8
№62/07-1	46,2	89,2	92,7	10,8	7,3
№53/11	56,9	89,0	93,5	11,0	6,5
№30/16-1	38,4	89,3	92,5	10,7	7,5
№2/10-1	48,4	90,0	93,4	10,0	6,6
№25/17	40,4	87,6	92,9	12,4	7,1
№70/13-1	44,4	89,7	93,0	10,3	7,0
№30/15	55,2	89,1	93,0	10,9	7,0
Вод х №40-1	49,9	86,2	92,2	13,8	7,8
Г9	49,3	89,4	93,8	10,6	6,2
Г11	54,6	89,9	92,8	11,1	7,2

Выводы

В результате проведенных исследований в условиях искусственной почвенной засухи в фазу листообразования выделены образцы рапса ярового №62/07-1, №30/16-1, №59/13, №70/13-1, №20/13-1, №52/52, С 10/05, №56/13, №4/17, №55/14, обладающие повышенной устойчивостью к засухе, высокой водоудерживающей способностью листьев, развитой корневой системой и сохранностью листового аппарата. Положительная корреляционная связь средней степени установлена между числом живых листьев на растении и весом растения (r=0,59), а также числом листьев и их площадью (r=0,52). Выделенные генотипы рапса ярового отличаются комплексом морфобиологических признаков и являются перспективными источниками для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях и создания нового селекционного материала с повышенной устойчивостью к засухе.

Литература

1. Газе, В. Л. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенными методами / В. А. Лиховидова, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2. – С. 25-28.

2. Терлецкая, Н. В. Изучение устойчивости фотосинтетического аппарата мягкой пшеницы и ее диких сородичей к абиотическим стрессам in vitro и in vivo / Н. В. Терлецкая, Н. В. Зобова, В. Ю. Ступко : монография. – Алматы, 2017. – 172 с.

3. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений. Источник: https://www.activestudy.info/zasuxoustojchivost-selskoxozyajstvennyx-rastenij/ © Зооинженерный факультет МСХА.

4. Ерошенко, Ф. В. Ассимиляционная поверхность, хлорофилл и первичные процессы фотосинтеза высокорослых и короткостебельных сортов озимой пшеницы / Ф. В. Ерошенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – С. 12.

5. Ионова, Е. В. Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к водному и температурному стрессам / Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №3(15). – С. 19-26.

6. Кравченко, Н.С. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») / Н. С. Кравченко, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №5(41). – С. 7-10.

7. Ионова, Е. В. Изменение посевных качеств озимой пшеницы при различных условиях выращивания (засушник) / Е. В. Ионова, Ю. Г. Скворцова // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №4(28). – С. 27-29.

8. Дорофеева, М. М. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности / М. М. Дорофеева, С. А. Бонецкая // Растительные ресурсы. – 2020. – №2. – С.182-192.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 80–85.

10. Практикум по росту и устойчивости растений : [учебное пособие] / С.-Петерб. гос. ун-т; [В.В. Полевой и др.] под ред. д.б.н., проф. В.В. Полевого, д.б.н., проф. Т.В. Чирковой. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2001. – 208 с.

11. Ахматов, К. А. Определение устойчивости растений к обезвоживанию / К. А. Ахматов // Биология деревьев, кустарников и плодовых растений Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1987. С. 17-18.

EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE OF SPRING RAPE VARIETIES AND SAMPLES UNDER CONDITIONS OF ARTIFICIALLY SIMULATED DROUGHT AT THE LEAF FORMATION STAGE

Y. E. Piliuk, O. A. Pikun, A. V. Bakanovskaya, A. N. Batiukova

The article presents the results of the assessment of drought resistance of spring rape varieties and samples bred by the Research and Practical Center for Arable Farming of the NAS of Belarus in a phytotron-greenhouse facility at the early stages of organogenesis (leaf formation). The reaction of various genotypes to water stress under simulated drought conditions was studied in terms of the following parameters: root system development, changes of the leaf area and leaf apparatus integrity and leaf water-holding capacity. Based on the analysis of the comprehensive studies the accessions with increased drought resistance were selected.

УДК 633.853.494«324»:631.527:631.524.85

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТОВ, ОБРАЗЦОВ И ГИБРИДОВ РАПСА ОЗИМОГО ПО ПРИЗНАКУ «ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ»

***Я. Э. Пилюк**, доктор с.-х. наук, **Е. С. Бык**, **С. Ю. Храмченко**, **О. Н. Авхимович**, **А. А. Новичек,** научные сотрудники*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 30.04.2026)

Рецензент: Власов А.Г., доктор с.-х. наук

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по оценке селекционного материала рапса озимого (Brassica napus oleiferae bienis L.) по признаку «засухоустойчивость» в фитотронно-тепличном комплексе и лабораторных условиях. Проведена оценка устойчивости растений*