

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-38-44

УДК 635.656:631.671.3

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ ГОРОХА МОРФОТИПА ХАМЕЛЕОН ПО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

Г.В. СОБОЛЕВА, А.А. ЗЕЛЕНОВ, кандидаты сельскохозяйственных наук
А.Н. СОБОЛЕВ*, кандидат биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
*ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.С.ТУРГЕНЕВА»

E-mail: alniksobolev@rambler.ru

В статье представлены результаты скрининга образцов гороха морфотипа хамелеон: Спартак, Ягуар, Орел, Сибирский-1, ТМ-06-457, Яг-06-643, Х₂-12-90, Амikh-99-1132, к-8835 Wisconsin-9406 по ряду показателей устойчивости растений к засухе. Контроль – сорт Софья. Оценку устойчивости на ранних этапах онтогенеза осуществляли на питательных средах, содержащих в качестве стресс-фактора 15% ПЭГ. Показателями устойчивости служили: относительный уровень устойчивости (всхожесть семян в условиях смоделированной физиологической засухи в % к контролю), длина зародышевого корешка. Для оценки устойчивости к обезвоживанию целых растений анализировали показатели водного режима: водоудерживающая способность в процессе завядания и общее содержание воды в тканях. Уровень относительной устойчивости варьировал от 49,12% (к-8835 Wisconsin-9406) до 91,56% (ТМ-06-457). Наиболее устойчивыми к осмотическому стрессу были образцы: ТМ-06-457 (91,56%) и Х₂-12-90 (84,51%). В группу среднеустойчивых вошли два сорта: Спартак (65,00%) и Орел (66,12%). Установлена тесная положительная корреляция ($r=0,82$) между всхожестью семян и длиной зародышевого корешка на средах с высокой осмотической нагрузкой. Выявлено преимущество образцов гороха морфотипа хамелеон в сравнении с контролем по водоудерживающей способности целых растений.

Ключевые слова: горох, морфотип, образец, осмоустойчивость, засухоустойчивость, водоудерживающая способность.

CHARACTERISTICS OF PEA SPECIMENS OF THE CHAMELEON MORPHOTYPE IN TERMS OF RELATIVE DROUGHT TOLERANCE

G.V. Soboleva, A.A. Zelenov, A.N. Sobolev*

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

* FSBEI HE «I.S. TURGENEV STATE UNIVERSITY, OREL»

E-mail: alniksobolev@rambler.ru

Abstract: *The article presents results of screening of pea samples of chameleon morphotype: Spartak, Jaguar, Orel, Sibirskii-1, TM-06-457, Yag -06-643, X₂-12-90, Amikh-99-1132, k-8835 Wisconsin-9406 for a number of indicators of plant resistance to drought. Control is the Sophia variety. The assessment of resistance at the early stages of ontogenesis was carried out on nutrient media containing 15% PEG as a stress factor. Resistance indicators were: relative level of resistance (seed germination under conditions of simulated physiological drought in% to control), length of the embryonic root. To assess the resistance to dehydration of whole plants, the indicators of the water regime were analyzed: water retention capacity during wilting and the total water content in tissues. The level of relative stability varied from 49,12% (k-8835 Wisconsin-9406) to 91,56% (TM-06-457). The most resistant to osmotic stress were samples: TM-06-457 (91,56%) and*

X₂-12-90 (84,51%). The group of medium-resistant varieties included two varieties: Spartak (65,00%) and Orel (66,12%). A close positive correlation ($r = 0.82$) was established between seed germination and the length of the embryonic root on media with a high osmotic load. Advantage of pea samples of chameleon morphotype in comparison with the control in terms of water-holding capacity of whole plants was revealed.

Keywords: peas, morphotype, sample, osmotolerance, drought tolerance, water retention capacity.

Горох посевной (*Pisum sativum* L.) занимает ведущее положение в структуре зернобобовых культур Российской Федерации, являясь ценным источником растительного белка в котором присутствуют все незаменимые аминокислоты. Благодаря симбиозу с полезными почвенными микроорганизмами – клубеньковыми бактериями посева гороха служат важным фактором, улучшающим плодородие и структуру почвы за счет обогащения азотом и необходимыми элементами минерального питания (труднодоступным фосфором). В результате селекционно-генетической проработки достигнуты значительные успехи в повышении урожайности и качества зерна гороха [1-5]. В последние годы основное направление селекции, позволяющее повысить продуктивность и технологичность сортов гороха, ориентировано на совершенствование морфотипа растений. В частности, внимание селекционеров в настоящее время акцентировано на оригинальной форме гороха с измененным листовым аппаратом – хамелеон (с ярусной гетерофиллией). У этой формы два-три нижних развитых листа обычно имеют два-три листочка и неветвящийся усик. На следующих четырех-пяти узлах лист представлен многократно разветвленными усиками с расположенными на них листочками неправильной формы (усато-листочковые листья). Выше по стеблю на трех-четыре узлах формируются листья с многократно ветвящимися усиками без листочков (усатые листья). В зоне плодоношения располагаются усато-листочковые листья. Интерес к морфотипу хамелеон обусловлен тем, что данная форма гороха обладает высоким биоэнергетическим потенциалом, позволяющим преодолеть достигнутый для традиционных форм предел урожайности в 5-6 т/га [6].

Системная селекционная работа с данным морфотипом предполагает и оценку устойчивости к засухе, что является крайне важным в условиях наблюдающегося глобального потепления. Среди большого разнообразия существующих методов диагностики устойчивости к засухе наиболее распространенным является определение всхожести семян в условиях осмотического стресса. Способность семян прорасти в растворах осмотиков, имитирующих водный дефицит, отражает с одной стороны, наследственное свойство прорасти при относительном недостатке воды, с другой – наличие высокой сосущей силы, обеспечивающей использование труднодоступной влаги на начальных этапах вегетации, позволяющей формировать мощное развитие корневой системы и в целом всего растения. Но, устойчивость к засухе определяется целым комплексом приспособительных механизмов функционирующих как на разных уровнях организации растений, так и на разных этапах их онтогенеза. Поэтому, только по способности прорастания семян нельзя сделать заключение об устойчивости к засухе вегетирующего растения. В связи с этим, для надежной и объективной характеристики засухоустойчивости образцов гороха важное значение имеет оценка устойчивости вегетирующих растений по комплексу параметров водного режима, таких как: водоудерживающая способность тканей и общая оводненность, определяемых методом завядания срезанных растений в критический период развития гороха к недостатку влаги (фаза бутонизация - начало цветения) [7-9].

Цель исследований – охарактеризовать образцы гороха морфотипа хамелеон по относительной засухоустойчивости.

Материал и методы исследований

Материалом для проведения исследований служили 9 генотипов гороха морфотипа хамелеон: Спартак, Ягуар, Орел, Сибирский-1, ТМ-06-457, Яг-06-643, X₂-12-90, Амх-99-1132, к-8835 Wisconsin-9406. Контроль – сорт Софья. Оценка устойчивости генотипов гороха

к осмотическому стрессу осуществляли на жидких питательных средах, содержащих для имитации водного дефицита не ионный, не проникающий осмотик – 15% полиэтиленгликоль (ПЭГ) с молекулярной массой 6000. Контроль – питательные среды без селективного фактора. Основу питательных сред составляли минеральные соли согласно протоколу MS [10], витамины согласно протоколу B5 [11], мезо-инозитол – 100 мг/л, глицин – 2 мг/л, сахароза – 30000 мг/л. Семена стерилизовали поэтапно: 70% спиртом – 5 мин., 0,5% водным раствором хлоргексидиндиглюконатанатрия – 5 мин., промывая 3 раза стерильной водой после каждого агента. Семена проращивали в чашках Петри по 20 шт. Опыты повторяли 3 раза. Подсчет проросших семян проводили на 7 сутки. Анализировали всхожесть семян и длину зародышевого корешка. Ранжирование генотипов по осмоустойчивости проводили согласно методическому руководству ВИР [12].

Для анализа показателей водного режима целых растений данные генотипы высевали в полевом опыте в ручном посеве. Площадь питания растений – 100 см². Вододерживающую способность растений определяли в фазу бутонизация – начало цветения методом завядания срезанных растений в 10 кратной повторности по Н.Н. Третьякову [13]. Основные количественные показатели подвергали вариационно-статистической обработке [14].

Результаты и обсуждение

Установлено, что в контрольном варианте (питательная среда без ПЭГ) всхожесть семян у изученных образцов варьировала от 76,7% до 100% (табл. 1). В условиях осмотического стресса минимальная всхожесть отмечена у образцов Амих-99-1132 и Wisconsin-9406, составившая 37,5% и 47,5% соответственно. У остальной группы образцов данный показатель находился в пределах от 57,5% (Ягуар, Сибирский-1, Яг-07-643) до 90,0% (Софья, ТМ-06-457).

Таблица 1

Уровень осмоустойчивости и показатели начального роста корня у 7-ми суточных проростков гороха *in vitro* в условиях осмотического стресса (15% ПЭГ)

№ п/п	Генотип	Всхожесть семян, %			Длина зародышевого корешка, см.	
		Контроль (MS ₁₂)	MS ₁₂ +15% ПЭГ	Уровень устойчивости *	Контроль (MS ₁₂)	MS ₁₂ +15% ПЭГ
1	Софья-St	96,7	90,0	93,07	3,05	1,60
2	Спартак	100	65,0	65,00	1,93	1,28
3	Ягуар	93,3	57,5	61,63	1,41	0,89
4	Орел	98,3	65,0	66,12	1,26	0,84
5	Сибирский-1	98,3	57,5	58,49	2,29	1,28
6	ТМ-06-457	98,3	90,0	91,56	2,79	1,73
7	Яг-07-643	96,7	57,5	59,46	1,17	0,77
8	X ₂ -12-90	91,7	77,5	84,51	2,01	1,35
9	Амих-99-1132	76,7	37,5	48,89	1,30	0,69
10	к-8835 Wisconsin-9406	96,7	47,5	49,12	2,63	1,15

*Уровень устойчивости – всхожесть семян в условиях осмотического стресса в % к контролю

Полученные данные позволили провести ранжирование образцов гороха морфотипа хамелеон по уровню относительной устойчивости к осмотическому стрессу. По уровню относительной устойчивости изученные генотипы значительно различались как между собой, так и в сравнении с контролем. Наибольшую способность противостоять осмотическому стрессу проявили образцы X₂-12-90 и ТМ-06-457 у которых уровень

устойчивости составил 84,51% и 91,56% соответственно. В группу среднеустойчивых вошли два сорта Спартак (65,00 %) и Орел (66,12%). Остальные образцы продемонстрировали слабую устойчивость (табл. 2). Причем все образцы морфотипа хамелеон уступили контролю – сорт Софья (93,07%).

Таблица 2

Ранжирование образцов гороха морфотипа хамелеон по устойчивости к осмотическому стрессу

Группа	Интервал устойчивости, %	Образцы
I-Слабоустойчивые	46,89-63,62	Ягуар, Сибирский-1, Яг-07-643, Амих-99-1132, к-8835 Wisconsin-9406,
II-Среднеустойчивые	63,63-78,35	Спартак, Орел
III –Высокоустойчивые	78,36-93,07	Софья-St, ТМ-06-457, Х ₂ -12-90

Общеизвестно, что горох может избегать губительного действия засухи благодаря корневой системе, проникающей глубоко в почву. Поэтому, важным диагностическим показателем устойчивости является рост зародышевого корешка в условиях осмотической нагрузки. В связи с этим проведен сравнительный анализ роста зародышевого корешка (рис.).



Рис. Сравнительная оценка длины зародышевого корешка сорта Спартак (А – контроль, Б – селективная среда с 15% ПЭГ)

Анализ данных показал, что в условиях осмотического стресса, рост зародышевого корешка на 7 сутки проращивания у сорта Софья составил 1,60 см. У сортов и селекционных линий морфотипа хамелеон данный показатель варьировал от 0,69 см (Амих-99-1132) до 1,73 см (ТМ-06-457). Установлена тесная положительная корреляция ($r=0,82$) между всхожестью семян и длиной зародышевого корешка на средах с высокой осмотической нагрузкой (15% ПЭГ). Для оценки общей реакции растений на устойчивость к водному стрессу использование только таких показателей как всхожесть семян и длина зародышевого корешка недостаточно, так как засухоустойчивость является сложной системой структур и функций, действующих на разных уровнях организации растений. Значимыми показателями, свидетельствующими о способности целых растений противостоять засухе в процессе вегетации, служат водоудерживающая способность тканей растений и общая оводненность.

Согласно результатам наших исследований, образцы гороха морфотипа хамелеон характеризовались наибольшей водоудерживающей способностью в сравнении с контролем, за исключением образца Амих-99-1132 (табл. 3).

Таблица 3

Потери воды в % от ее первоначальной массы образцами гороха морфотипа хамелеон через 6 часов завядания, (фаза бутонизация – начало цветения).

№п/п	Генотип	Потери воды в процессе завядания, %			
		2018	2019	2020	среднее
1	Софья-st	31,29	29,64	37,50	32,81
2	Спартак	28,66	29,32	34,01	30,66
3	Ягуар	29,47	24,24	27,16	26,96
4	Орел	30,81	23,11	28,12	27,35
5	Сибирский-1	28,76	27,18	33,36	29,77
6	ТМ-06-457	28,80	26,63	28,58	28,00
7	Яг-07-643	31,63	25,75	28,79	28,72
8	X ₂ -12-90	30,24	23,51	27,31	27,02
9	Амих-99-1132	38,00	25,65	35,55	33,07
10	к-8835 Wisconsin-9406	34,64	25,67	26,30	28,87
<i>HCP₀₅</i>		<i>2,48</i>	<i>2,32</i>	<i>2,12</i>	

В среднем за годы исследований растения гороха за время завядания (6 часов) утрачивали от 26,96% (Ягуар) до 33,07% (Амих-99-1132) воды от ее первоначальной массы. У сорта Софья данный показатель составил 32,81%. Следует отметить образцы ТМ-06-457 и Сибирский-1, у которых потери воды в процессе завядания, характеризующие водоудерживающую способность, в течение всех лет исследования были статистически достоверно ниже в сравнении с контролем.

Общее содержание воды в тканях растений – интегральный показатель, отражающий не только способность растений удерживать воду, но и работу корневой системы. По данному показателю достаточно четких различий как между образцами гороха, так и в сравнении их с контролем не установлено (табл. 4). Общее содержание воды в тканях растений сорта Софья составило 83,02% от сырого веса растений. У образцов гороха морфотипа хамелеон содержание воды в тканях колебалось от 82,61% (Сибирский-1) до 84,22% (Орел). По данному показателю выделился сорт Орел, который за все годы исследований имел большее содержание воды в сравнении с контролем.

Таблица 4

Общее содержание воды в тканях растений образцов гороха морфотипа хамелеон, 2018-2020 гг. (Фаза бутонизация – начало цветения)

№п/п	Генотип	Общее содержание воды, %			
		2018 г	2019 г	2020 г	среднее
1	Софья-st	84,29	81,23	83,53	83,02
2	Спартак	83,38	81,43	83,22	82,68
3	Ягуар	84,07	80,13	84,67	82,96
4	Орел	85,47	82,95	84,24	84,22
5	Сибирский-1	83,66	80,56	83,60	82,61
6	ТМ-06-457	82,85	82,08	83,24	82,72
7	Яг-07-643	84,13	81,72	83,86	83,24
8	X ₂ -12-90	83,53	81,65	83,83	83,00
9	Амих-99-1132	83,72	82,11	84,16	83,33
10	к-8835 Wisconsin-9406	84,29	82,02	83,97	83,43
<i>HCP₀₅</i>		<i>0,68</i>	<i>0,82</i>	<i>0,78</i>	

Заключение

В результате исследований получены экспериментальные данные об эффективности использования селективных систем с 15% ПЭГ для сравнительной оценки образцов гороха

морфотипа хамелеон по относительной устойчивости к водному дефициту. Установлено, что по реакции на осмотический стресс изученные образцы гороха различались как между собой, так и в сравнении с контролем. В целом по группе показатель – относительный уровень устойчивости, изменялся от 48,89% до 91,56%. Наиболее высокую способность противостоять моделируемой засухе проявили образцы Х₂-12-90 (84,51%) и ТМ-06-457 (91,56%). Показано, что между уровнем устойчивости и длиной зародышевого корешка существует тесная положительная корреляция ($r=0,82$). Установлено, что по уровню относительной устойчивости (всхожесть семян в условиях осмотического стресса в процентах к контролю) и длине зародышевого корешка наибольшую устойчивость к водному дефициту продемонстрировали генотипы: Спартак, ТМ-06-457 и Х₂-12-90.

Установлено, что растения образцов гороха морфотипа хамелеон в сравнении с контролем обладают более высокой способностью удерживать воду в процессе завядания. По содержанию воды в тканях растений выделился сорт Орел, который за все годы исследований имел большее содержание воды в сравнении с контролем.

Литература

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198.
2. Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M. & Irgalina R.S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisumsativum* L.) // *Legume Research-An International Journal*, – 2019. – 42(5). – P. 615-619. DOI: 10.18805/LR-474.
3. Kuznetsov I., Davletov F., Anokhina N., Akhmadullina I., Safin F. Influence of weather condition on the field peas (*Pisumsativum* L.ssp. *sativum*) vegetation period and yield // *Agronomy Research*, – 2020. – 18(2). – P. 472-482. doi.org/ 10.15159/AR.20.154.
4. Lakic Z., Stankovic S., Pavlovic S., Krnjajic S., Popovic V. Genetic variability in quantitative traits of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. // *Czech J. Genet.Plant Breed.*, – 2019. – № 55. – P. 1-7. doi.org/10.17221/89/2017-CJGPB.
5. Milosevic B., Mihailovic V., Karagic D., Vasiljevic S., Milic D., Petrovic G., Katanski S., Zivanov D., Mikic A., Dalovic I., Dolapcevic A., Uhlarik A. Grain yield potential of spring dry pea varieties // *Acta agriculturae Serbica*, - 2020. - 25(50). - P. 153-157. doi: 10.5937/AASer2050153M.
6. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2018. – № 2 (26). – С. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10009.
7. Соболева Г.В., Уваров В.Н. Использование физиологических методов в селекции гороха на засухоустойчивость // *Земледелие*, – 2015. – №4. – С. 37-39.
8. Филатова И.А., Браилова И.С. Оценка перспективных селекционных образцов и коллекции гороха на относительную засухоустойчивость // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*, – 2018. – № 3. – С. 61-66.
9. Соболева Г.В., Беляева Р.В. Оценка образцов гороха из коллекции ВИР имени Н.И.Вавилова на относительную засухоустойчивость // *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2020. - №3(35). - С. 26-31. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11181.
10. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.*, 1962. – V.15. – No.13. – P. 473-497.
11. Gamborg O.L., Consteel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L. // *Physiologia Plantarum*, – 1974. – V.30. – P. 125-128.
12. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) // под ред. Удовенко Г.В. – Ленинград: ВИР, 1988. – 228 с.
13. Практикум по физиологии растений (под ред. Третьякова Н.Н.) // –М.: Агропромиздат, 1–1990. – 271 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Колос, – 1985. – 351 с.

References

1. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Razvitie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selektsionnykh dostizhenii [Development of production of leguminous and groat crops in Russia based on the use of selection achievements]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4(36), pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198. (In Russian)
2. Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M. & Irgalina R.S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisumsativum* L.) . *Legume Research-An International Journal*, - 2019, 42(5), pp. 615-619. DOI: 10.18805/LR-474.
3. Kuznetsov I., Davletov F., Anokhina N., Akhmadullina I., Safin F. Influence of weather condition on the field peas (*Pisumsativum* L.ssp. *sativum*) vegetation period and yield . *Agronomy Research*, – 2020, 18(2), pp. 472-482. doi.org/ 10.15159/AR.20.154.

4. Lakić Z., Stanković S., Pavlović S., Krnjajić S., Popović V. Genetic variability in quantitative traits of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, – 2019, no. 55, pp. 1-7. doi.org/10.17221/89/2017-CJGPB.
5. Milosević B., Mihailović V., Karagić D., Vasiljević S., Milić D., Petrović G., Katanski S., Zivanov D., Mikić A., Dalović I., Dolapčević A., Uhlarić A. Grain yield potential of spring dry pea varieties. *Acta agriculturae Serbica*, 2020, 25(50), pp. 153-157. doi: 10.5937/AASer2050153M.
6. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A. Pervye rezul'taty sozdaniya sortov gorokha morfotipa khameleon [the first results of creating pea varieties of the chameleon morphotype]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no. 2(26), pp. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2018-10009. (In Russian)
7. Soboleva G.V., Uvarov V.N. Ispol'zovanie fiziologicheskikh metodov v selektsii gorokha na zasukhoustoichivost' [The use of physiological methods in the selection of peas for drought tolerance]. *Zemledelie*, 2015, no. 4, pp. 37-39. (In Russian)
8. Filatova I.A., Brailova I.S. Otsenka perspektivnykh selektsionnykh obraztsov i kollektzii gorokha na odnositel'nyuyu zasukhoustoichivost' [Assessment of promising selection samples and collection of peas for relative drought resistance]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 3, pp. 61-66. (In Russian)
9. Soboleva G.V., Belyaeva R.V. Otsenka obraztsov gorokha iz kollektzii VIR imeni N.I.Vavilova na odnositel'nyuyu zasukhoustoichivost' [Evaluation of pea samples from the collection of the VIR named after N.I. Vavilov on relative drought resistance]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 3(35), pp. 26-31. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2020-11181. (In Russian)
10. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 1962, V.15, No.13, pp. 473-497.
11. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L. *Physiologia Plantarum*, - 1974, V.30, pp. 125-128.
12. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozdeistviyam (metodicheskoe rukovodstvo) pod red. Udovenko G.V, Leningrad [Diagnostics of plant resistance to stress (methodological guide), ed. G. Udovenko, Leningrad]: VIR, 1988, 228 p. (In Russian)
13. Praktikum po fiziologii rastenii (pod red. Tret'yakova N.N.) [Workshop on plant physiology (edited by Tretyakov N.N.)] Moscow, *Agropromizdat*, 1990, 271 p. (In Russian)
14. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow, *Kolos*, 1985, 351 p. (In Russian)