

## ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА ГЕТЕРОГЕННОСТЬ СОРТОВОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНИ

Л. В. Осипова, И. А. Быковская

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия,  
e-mail: legos4@yandex.ru

**Актуальность.** Глобальное изменение климата повышает необходимость физиологических исследований по изучению адаптивного потенциала сортов культурных растений. Внутрисортовые различия, как правило, не учитываются, что снижает объективность оценки устойчивости сортов и показателей его жизнеспособности в онтогенезе. В связи с этим изучали действие нарастающей почвенной засухи на реакцию сортовых популяций, разделенных на биотипы по скорости роста на первых этапах органогенеза. **Объект.** Сорта ярового ячменя (*Hordeum vulgare L.*) ‘Нур’ и ‘Зазерский 85’ и яровой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) сорта ‘Родина’ выращивали в лабораторных и вегетационных опытах. **Материалы и методы.** На первых этапах прорастания семян формировали биотипы с высокой – «А» – и замедленной – «Б» – скоростью роста. Выделенные биотипы в сортах ярового ячменя прорачивали на растворе сахарозы с осмотическим давлением 7 атм. Проростки пшеницы выращивали в почвенной культуре до созревания на двух фонах азотного питания. На VI этапе органогенеза в опытных вариантах полив прекращали до наступления влажности устойчивого завядания (ВУЗ) растений – *засуха I*. Для усиления стрессовой нагрузки продолжительность засухи увеличивали на 5 суток – *засуха II*. До и перед окончанием стресса определяли сырую и сухую массу второго сверху листа, его оводненность, проницаемость мембран для электролитов и жизнеспособность конуса нарастания. **Результаты и выводы.** В оптимальных условиях выращивания различия между биотипами сохранялись до конца ювенильного периода, затем нивелировались и проявлялись при закладке зачаточного колоса. При действии водного стресса проявлялась гетерогенность сортовой популяции, обусловленная наличием у сортов биотипов, неравноценных по реакциям на неблагоприятный фактор. Растения в биотипах различались по содержанию воды в листе, проницаемости мембран для электролитов и жизнеспособности конуса нарастания. Жизнеспособность растений в биотипах зависела от продолжительности стресса и уровня питания азотом. После окончания слабой *засухи I* у всех растений в биотипе «А» физиологические показатели были хуже, чем в биотипе «Б». В дальнейшем процессе роста и развития растений у части растений в биотипе «А» конус нарастания потерял жизнеспособность и растения погибли, у остальных конус

нарастания также погиб, но из спящей почки второго узла сформировался побег замещения, давший полноценный колос. В биотипе «Б» после засухи I все растения сохранили жизнеспособность и образовали полноценные зерновки. Засуха, продолжавшаяся после наступления влажности устойчивого завядания растений, резко снизила жизнеспособность растений в биотипе «А», что привело к практически полной потере продуктивности. У растений в биотипе «Б» уменьшилась реализация заложившихся на VI этапе цветковых зачатков в зерновки, что наряду с потерей жизнеспособности отдельных растений снизило урожай зерна. Увеличение обеспеченности растений азотным питанием снижало жизнеспособность и продуктивность растений при обеих изучаемых засухах. Почвенная засуха, действующая в критический период онтогенеза при закладке элементов генеративной сферы на апексе главного побега, в большей степени повреждает интенсивно растущие в ювенильный период растения – биотип «А». Продуктивность сорта формируется за счет растений второго биотипа – «Б». Наблюдаемые различия являются проявлением адаптивной стратегии сорта, направленной на сохранение вида при стрессовых воздействиях.

**Ключевые слова:** пшеница, ячмень, сортовые популяции, засуха.

## THE EFFECT OF SOIL DROUGHT ON HETEROGENEITY OF THE VARIETAL POPULATION OF WHEAT AND BARLEY

**L. V. Osipova, I. A. Bykovskaya**

D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry,  
Moscow, Russian Federation, e-mail: legos4@yandex.ru

**Background.** The global climate change and increasing aridity raise the need for physiological studies on the adaptive potential of varieties of cultivated plants. Intravarietal differences are usually not taken into account, which reduces the objectivity of the assessment of sustainability of a variety and its viability in ontogeny. With this in view, we studied the effect of soil drought on the response of individual plants divided into biotypes according to their growth rate at the early stages of organogenesis. **Objective:** Varieties of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) were grown in the laboratory and pot experiments. **Materials and methods.** At the early stages of seed germination biotypes with high –“A” and slow –“B” growth rate were formed. Selected biotypes in spring barley varieties were germinated on the sucrose solution. The wheat seedlings were grown in soil culture until maturity on two nitrogen nutrition backgrounds. At the VI stage of organogenesis during the laying of flowers on the cone of growth of the main shoot watering was stopped before the onset of the humidity of sustainable wilting (*drought I*). To enhance stress drought duration was increased to 5 days (*drought II*). Before and after the end of stress was determined by wet and dry weight

of leaf, its water content, membrane permeability to electrolytes and viability of the growth cone. **Results and conclusions.** Under optimum growing conditions the differences between biotypes remained until the end of the juvenile period, then they were leveled and manifested during the laying of the embryonic ear on the main shoot. Under the action of water stress, varietal heterogeneity of the population was manifested, associated with the presence of biotypes with unequal reactions to adverse factors. The plants in the biotypes differed in water content in the leaf, membrane permeability to electrolytes and viability on the growth cone. The vitality of the plants in biotypes depended on the duration of stress and the level of nitrogen nutrition after mild *drought I*. For all plants in the biotype "A", physiological indicators were worse than in the biotype "B". In the further process of growth and development of plants from plant parts in the biotype "A" apex of increasing plants died, the other part of the apex was killed, but at the second internode dormant buds formed the replacement shoot that gave grain yield. In biotype "B" after *drought I* all plants maintained their viability and formed full grains. During prolonged *drought II*, viability decreased, which led to a complete loss of productivity. The plants at the VI stage of floral primordia in grains, along with the destruction of individual plants, have reduced the productivity of wheat. Increasing the supply of plant nitrogen nutrition reduced viability and productivity in all variants. Soil drought in the current critical period of ontogenesis, when the generative elements of the sphere are formed at the apex of the main shoot, to a greater extent damages the plants which are actively growing in the juvenile period (biotype "A"). The productivity of varieties is formed by the plants of the second biotype. The observed differences are a manifestation of an adaptive strategy of varieties aimed at preserving the species under stress conditions.

**Key words:** wheat, barley, high-quality populations, drought.

## Введение

Одним из направлений в изучении адаптационной стратегии растений при действии абиотических стрессовых воздействий является изучение физиологической структуры сортовых популяций.

Многообразие реализации морфогенеза у растений одного сорта приводит к формированию в нем морфологических типов, различающихся по габитусу и темпам роста (Morozova, 2002). В исследованиях Н. Б. Прохоренко (Prokhorenko, 2008), выявлена гетерогенность яровой пшеницы по высоте, площади ассимиляционной поверхности, числу колосков и зерен. По мнению автора, наличие растений, отличающихся по морфологическим параметрам, позволяет популяции полнее использовать природные ресурсы и быть более продуктивными в изменяющихся природных условиях.

Видимая неоднородность сортовой популяции в оптимальных условиях произрастания зависит от биологических особенностей каждой зерновки и конкретных микроусловий произрастания. Внутрисортовая изменчивость может быть причиной колебания урожая по годам из-за сдвига биотипического состава под влиянием погодных условий, так как сорта состоят из биотипов, неравноценных по продуктивности (Akulinichev, 1992); Suvorov, Mal'ceva, 1996).

На морфологические различия биотипов пшеницы, составляющих сорт, указывается также в ряде работ (Absattarova, 1999; Eremenko, 2002; Bajmagambetovo, 2007; Ajtymbetovo, 2008).

Наряду с видимой неоднородностью сорта, обеспечивающей более высокую пластичность, наблюдается скрытая гетерогенность, которая проявляется при экстремальных воздействиях в критические периоды онтогенеза. По мнению Т. Н. Шманаевой (Shmanaeva, 1987) и И. М. Молчана (Molchan, 1987), сортовая популяция является саморегулирующейся полиморфной системой, неоднородность которой проявляется в неблагоприятных условиях выращивания.

Разложение сортовых популяций на экоэлементы обнаруживали в неоптимальных фотoperiodических условиях, при действии  $\gamma$ -излучения, высоких и низких температур, изменении величины эдафического пространства (Sinskaya, 1963; Barashkova, 1987; Guzhov, 1981; Udovenko, 1995; Nikolaenko, 1999).

Цель настоящей работы заключалась в изучении внутрисортовой изменчивости при действии нарастающей почвенной засухи.

## Материалы и методы

Для оценки внутрисортовой реакции индивидуальных растений на водный стресс были проведены лабораторные и вегетационные опыты с яровой пшеницей сорта ‘Родина’ и двумя сортами ярового ячменя – ‘Нур’, ‘Зазерский 85’.

При оценке физиологической структуры сортовой популяции основывались на морфологических показателях роста, разделяя сорта на группы по скорости линейного роста проростков, маркируя при этом главный побег каждого растения.

Вегетационные опыты проводили в почвенной культуре на дерново-подзолистой почве. Питательные соли вносили при закладке опыта (Zhurbickij, 1968). В опытах с яровой пшеницей дозы азота варьировали от 125 (N1) до 600 (N2) мг/кг почвы. Уровень фосфорно-калийного

питания обеспечивал бездефицитное поглощение этих элементов. Почвенную засуху моделировали путем прекращения полива на VI этапе органогенеза, критическом по отношению к водообеспеченности. Окончание засухи определяли по наступлению влажности устойчивого завядания (ВУЗ) растений, что наблюдалось при достижении почвой 14% ПВ (полная влагоемкость) – **засуха I**. В опытах с пшеницей для усиления стрессовой нагрузки продолжительность засухи увеличивали еще на 5 суток – **засуха II**.

В экспериментах оценивали морфофизиологические показатели, длину апексов измеряли под бинокулярным микроскопом МБС-2, жизнеспособность апексов – окрашиванием с тетразолом (Pershin, 1972). Экзоосмос электролитов определяли по Мелихову и Аневу (Melikhov, Anev, 1985).

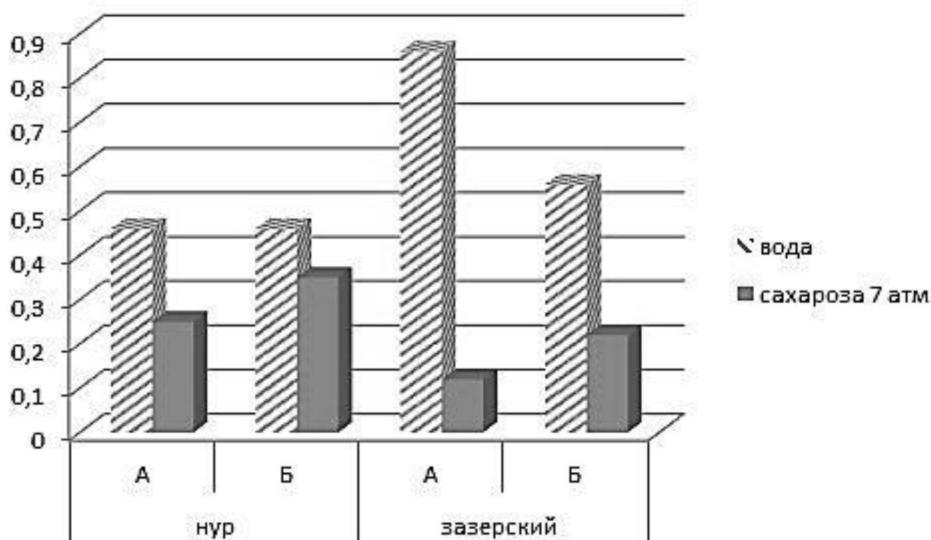
## Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было установлено, что на первых этапах органогенеза отдельные растения в сорте отличались по скорости роста главного побега: биотипы с высокой – «А» – и замедленной – «Б» – скоростью роста. В дальнейшем эти различия нивелировались, а на VI этапе органогенеза проявлялись на генеративном уровне, на конусе нарастания этого побега.

В опытах с яровым ячменем были установлены различия между биотипами на стадии прорастания. Растения выделенных биотипов различались по реакции на осмотический стресс (рис. 1). Относительная скорость роста у сорта ‘Нур’ в биотипе «А» на растворе сахарозы с осмотическим давлением 7 атм. была на 40% ниже контроля ( $H_2O$ ), в биотипе «Б» снижение составляло 28%. У сорта ‘Зазерский 85’ – соответственно 86 и 41%.

Оценивая индивидуальные характеристики каждого растения, можно отметить, что до начала действия стрессора и в первые сутки оводненность листьев, их тurgесцентность и экзоосмос электролитов из листьев характеризовались близкими величинами.

При нарастании водного дефицита, обезвоживании листа и торможении роста происходило увеличение проницаемости мембран для электролитов из-за нарушения их структуры.



**Рис. 1. Относительная скорость роста проростков сортов ячменя различных биотипов**

**Fig. 1. Relative growth rate of seedlings of different varieties of barley biotypes**

Динамика экзоосмоса электролитов из листьев отражала этапы стрессового воздействия. Первый этап – реакция растений на стресс, уменьшение проницаемости; на втором этапе включались защитные механизмы и экзоосмос возрастал, что совпадает со снижением интенсивности ростовых процессов. На третьем этапе при возобновлении полива наблюдалось обратимое снижение проницаемости. Однако если стрессовое воздействие продолжалось, то на третьем этапе отмечалось необратимое возрастание экзоосмоса и повреждение растительного организма.

В проведенных экспериментах индивидуальные растения в сортопопуляциях отличались по величине выхода электролитов из листьев (рис. 2).

При одинаковой напряженности стрессового фактора у одних растений экзоосмос носил обратимый характер, у других – возрастал даже после окончания стресса в репарационный период. Было установлено, что величина выхода электролитов из ближайшего листа коррелировала с жизнеспособностью апекса.

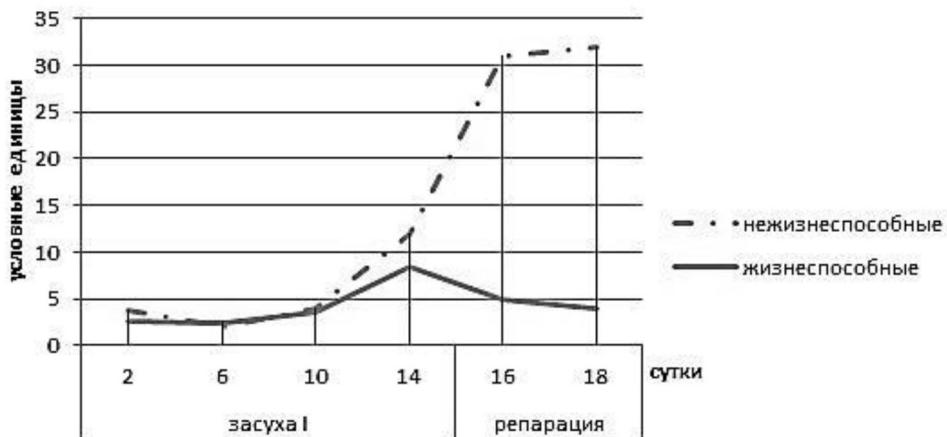


Рис. 2. Экзоосмос электролитов из листьев яровой пшеницы при действии засухи и в период репарации

Fig. 2. Exosmosis of electrolytes from the leaves of spring wheat under the influence of drought and during repair

До наступления стресса индивидуальные растения яровой пшеницы отличались по длине конуса нарастания, массе и площади ближайшего к конусу наростания листа (второго сверху) (табл. 1).

В биотипе «А», с высокой интенсивностью роста при прорастании зерновки, были больше линейные размеры конуса наростания, а сырая и сухая масса листа, площадь хлорофиллоностной части – меньше.

При нарастании водного дефицита масса листьев снижалась в обоих выделенных биотипах из-за уменьшения оводненности и активации дыхания на поддержание водного статуса. Количество биомассы, теряемой листом в расчете на единицу массы листа ( $R$ ), было больше у растений биотипа «А». К моменту наступления влажности устойчивого завядания, растения биотипа «Б» находились в лучшем физиологическом состоянии. Они превосходили растения биотипа «А» по массе листьев, их оводненности.

В опытах с яровой пшеницей через 10 суток после окончания засухи в репарационный период в биотипе «А» были обнаружены три группы растений. У первой группы конусы наростания были жизнеспособны и активно росли (табл. 2). У второй группы темпы роста были ниже, но растения были жизнеспособны. Третья группа растений потеряла

жизнеспособность конусов нарастания, они прекратили рост и развиваться, однако уже сформированные листья активно функционировали. В биотипе «Б» были выделены две группы растений – жизнеспособные и активно растущие, и со снижением активности роста. В ходе дальнейшего роста и развития растений в сортовой популяции продолжалось снижение жизнеспособности отдельных растений. К концу вегетации в биотипе «А» 12% растений элиминировали из посева, у 24% – верхушка главного побега потеряла жизнеспособность, однако из спящей почки междуузлия сформировался побег замещения. Развитие побегов замещения шло быстрыми темпами за счет утилизации легкогидролизуемых продуктов метаболизма погибшего побега. Эти побеги сформировались после окончания стрессового воздействия, не испытывая его негативного влияния

**Таблица 1. Характеристика биотипов пшеницы**  
**Table 1. Wheat biotypes characteristics**

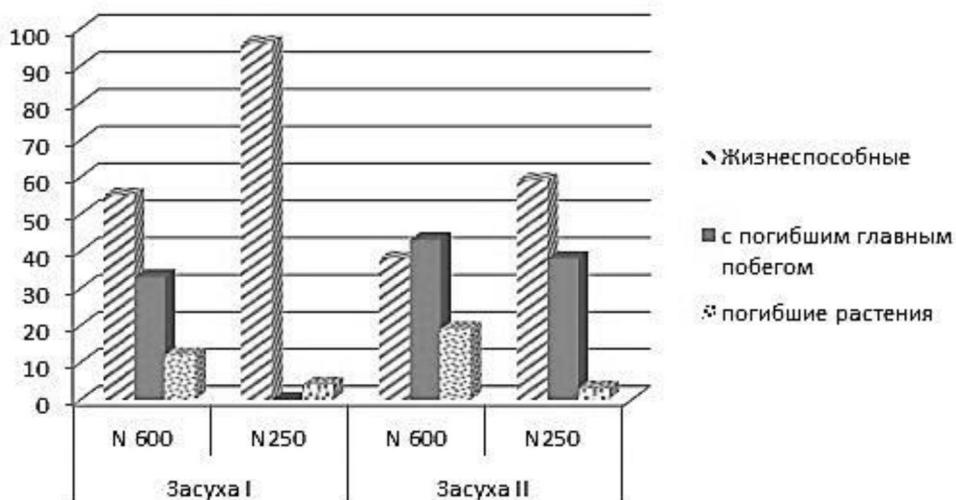
Биотип	Сырая масса листа, мг	Скорость роста (R), мг/мг сутки	Сухая масса листа, мг	Оводненность листа, %	Площадь зеленой части листа, см <sup>2</sup>	Длина апекса, мм
До засухи						
А	214,2	–	41,3	79,7	13,2	9,1
Б	281,0	–	53,1	81,1	16,8	7,3
При ВУЗ* (засуха I)						
А	80,6	-0,113	28,6	64,3	9,4	11,0
Б	134,7	-0,088	40,5	71,1	13,6	7,1
При ВУЗ*+5 (засуха II)						
А	90,0	–	48,6	54,0	3,7	7,6
Б	101,0	–	–	58,8	5,7	5,9

\*ВУЗ – влажность устойчивого завядания

Аналогичные факторы образования побегов второго порядка, отличающихся ускоренным образованием вегетативных и генеративных органов, отмечали С. А. Мокридова (Mocridova, 1979), А. М. Волкова и Г. В. Удовенко (Volkova, Udovenko, 1985).

Сформировавшиеся вторичные побеги по числу массы зерен с колоса уступали растениям с поливных вариантов, однако превосходили растения, пережившие стресс. В биотипе «Б» 97% растений пережили стресс и остались жизнеспособными.

При продолжении стрессового воздействия после наступления влажности устойчивого завядания, когда почвенная влага стала недоступной растениям, отмечалось резкое падение оводненности листьев, их биомассы и ассимиляционной поверхности. При близкой оводненности листьев в биотипах «А» и «Б» число растений с жизнеспособными конусами нарастания в биотипе «Б» было в четыре раза больше, что свидетельствует о большей устойчивости растений этого биотипа.



**Рис. 3. Влияние обеспеченности азотом и жесткости засухи на биотический состав яровой пшеницы сорта Родина, %**

**Fig. 3. Influence of nitrogen availability and rigidity of the drought on the biotic composition of spring wheat variety Rodina, %**

В репарационный период, через 10 суток после окончания засухи *II* (жесткой), различия между биотипами по числу жизнеспособных особей усугубились. В биотипе «А» их количество составило 20%, а в биотипе «Б» – 40%. У жизнеспособных растений биотипа «Б» были выше сырая и сухая биомасса листьев, их оводненность, способность к насыщению, в

1,5 раза больше длина колоса, что свидетельствует об активном восстановлении их жизненных функций.

**Таблица 2. Характеристика биотипов пшеницы в период reparации**  
**Table 2. Characteristics of wheat biotypes during repair**

Биотип	Характеристика	Конус нарастания			Лист (флаговый)				Площадь зеленой части, см <sup>2</sup>
		% от общего числа	Длина, см	R, отн. скорость роста, мг <sup>2</sup> <sup>-1</sup> сут <sup>-1</sup>	Сырая масса, мг	R, отн. скорость роста, мг <sup>2</sup> <sup>-1</sup> сут <sup>-1</sup>	Сухая масса, мг	Овощенность, %	
А	Жизнеспособные	62,5	7,36	0,148	149,0	0,054	38,7	73,5	10,1
	Замедление роста	18,7	3,07	0,109	94,0	0,013	18,1	74,0	4,4
	Нежизнеспособные	18,8	1,03	0,027	159,9	0,059	40,2	75,0	12,3
Б	Жизнеспособные	65,0	7,53	0,155	308,1	0,071	75,0	75,4	18,6
	Замедление роста	35,0	4,34	0,127	128,8	0,004	32,6	74,6	11,6

После жесткого стрессового воздействия все растения в биотипе «А» погибли, а в биотипе «Б» у 18% растений сохранилась жизнеспособность, и они дали зерновую продуктивность.

Проявление гетерогенности сорта в условиях нарастающей почвенной засухи зависело от обеспеченности азотным питанием. На пониженном азотном фоне реакция отдельных растений, составляющих сортопопуляцию, была близкой. Продуктивность главного побега снижалась за счет уменьшения озерненности колоса. На высоком азотном фоне проявлялась криптогенная неоднородность сорта: у части растений увеличивалась редукция цветочных зачатков, что также приводило к уменьшению озерненности колоса, у другой части главный побег погибал, и продуктивность формировалась за счет побегов замещения, третья часть растений полностью теряла жизнеспособность и погибала.

Число растений в каждом биотипе зависело как от условий азотного питания, так и от продолжительности засухи (рис. 3). С увеличением жесткости засухи на высоком азотном фоне возрастило число растений с погибшим главным побегом, сформировавшим озерненные побеги замещения после возобновления полива в период репарации. Увеличивалось также количество элиминировавших растений. На пониженном азотном фоне засуха, продолжавшаяся после наступления влажности устойчивого завядания растений, привела к нарушению однородности сорта и разложению сортовой популяции на биотипы. Число растений с жизнеспособной верхушкой побега уменьшилось с 96 до 59%. У 38% растений верхушка главного побега потеряла жизнеспособность, но растения сохранили способность к восстановлению после окончания стрессового воздействия. Аналогичное изменение биотического состава сорта отмечали при изменении условий выращивания в своих исследованиях Б. А. Комаров и Н. В. Зобова (Komarov, 1994; Zobova, 2001).

Таким образом, при действии нарастающей почвенной засухи наблюдается неодинаковая реакция растений, составляющих сортовую популяцию. Часть растений быстрее обезвоживается, у них раньше отказывают защитные механизмы, и они погибают. Другие замедляют темпы роста во время стресса, но восстанавливают активность роста после прекращения стресса и дают зерновую продуктивность. Степень проявления неоднородности зависит от жесткости стресса и условий минерального питания.

## References/Литература

- Absattarov I. V. Morphological parameters biotypes wheat grade components / Selekcya i genetika pshenicy'. 1999. P. 104–114 [in Russian] (Абсаттаров И. В. Морфологические показатели биотипов пшеницы, составляющих сорт / Селекция и генетика пшеницы. 1999. С. 104–114).
- Ajtymbetova I. V. Morphological features of biotypes polymorphic varieties of wheat / Resursosberezenie i diversifikacia kak novyj etap razvitiya idei A. I. Baraeva. 2008. P. 304–306 [in Russian] (Айтymbетова И. В. Морфологические особенности биотипов полиморфного сорта пшеницы / Ресурсосбережение и диверсификация, как новый этап развития идеи А. И. Бараева. 2008. с. 304–306).
- Akulinichev V. F. The study of environmental instability phenotype substituted lines of spring wheat // Dokl. RASKhN. 1992. N 11–12. P. 7–10 [in Russian] (Акулиничев В. Ф. Изучение экологической нестабильности фенотипа

- замещенных линий яровой мягкой пшеницы // Докл. РАСХН 1992 № 11–12 С. 7–10).
- Bajmagametova K. K.* Phased evaluation of varieties and lines of spring wheat for drought resistance // Sibirskij vestnik s.-kh. nauki. 2007. N 12. P. 89–54 [in Russian] (*Баймагамбетова К. К.* Поэтапная оценка сортов и линий яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость // Сибирский вестник с.-х. науки. 2007. № 12. С. 89–54).
- Barashkova E. A.* Strategy of developing methods for assessing the varieties of winter wheat for resistance to cold. Usloviya sredy i produktivnost. Conditions of the environment and efficiency. Irkutsk, 1985. P. 20–23 [in Russian] (*Барашкова Э. А.* Стратегия разработки методов оценки сортов озимой пшеницы на зимостойкость. Условия среды и продуктивность. Иркутск, 1985. С. 20–23).
- Guzhov Yu. L.* The value of analysis of the modified variability in breeding // Vestnik s.-kh. nauki. 1981. N 3. P. 49–52 [in Russian] (*Гужов Ю. Л.* Значение анализа модифицированной изменчивости в селекции растений // Вестник с.-х. науки 1981. № 3. С. 49–52).
- Eremenko L. V.* Productivity and quality of grain somaclonal lines and biotypes of spring soft wheat // Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Saratov, 2002. 24 p. [in Russian] (*Еременко Л. В.* Продуктивность и качество зерна самоклональных линий и биотипов яровой мягкой пшеницы // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2002 24 с.).
- Komarov B. A.* The improved varieties of cereals // Genetika. 1994. N 30. P. 32–34 [in Russian] (*Комаров Б. А.* О совершенствовании сортов хлебных злаков // Генетика. 1994. № 30. С. 32–34).
- Melikhov E. N., Anev V. N.* Reversible release of potassium from cells as a protective reaction to adverse effects // Zhurnal obshcej biologii. 1991. Vol. 52. N. 1. P. 14–26. [in Russian] (*Мелихов Е. Н., Анев В. Н.* Обратимый выход K<sup>+</sup> из клетки, как защитная реакция на неблагоприятные воздействия // Журнал общей биологии. 1991. Т. 2. № 1. С. 14–26).
- Mokridova S. A.* The phenomenon autumn shoot formation in spring wheat. // Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Leningrad, 1977. 23 p. [in Russian] (*Мокридова С. А.* Явление осеннего побегообразования у яровой пшеницы // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Л., 1977. 23 с.).
- Molchan I. M.* Biocenotic principles of creation of plastic varieties of wheat in the processes of selection and seed production // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 1987. N 2. P. 87–93. [in Russian] (*Молчан И. М.* Биоценотические принципы создания пластичного сорта пшеницы в процессах селекции и семеноводства // Сельскохозяйственная биология. 1987. № 2. С. 87–93).
- Morozova Z. A.* The principles and possibilities of a method of the morphological analysis of cultural plants // Materiays mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Problemy sovremennoogo rastenievodstva». Stavropol', 2002. P. 128–130 [in

- Russian] (Морозова З. А. Принципы и возможности метода морфологического анализа культурных растений // Материалы международной научной конференции «Проблемы современного растениеводства». Ставрополь, 2002. С. 128–130).
- Nikolenko V. F. Fluorescent method for the assessment of heat tolerance of plants ontogenetic, and varietal laws of its variability // Avtoref. diss. ... dok. biol. nauk. St. Petersburg, 2000. 48 p. [in Russian] (Николенко В. Ф. Флуоресцентный метод оценки жароустойчивости растений онтогенетически, и сортовые закономерности ее изменчивости // Автореф. дисс. ... док. биол. наук. СПб., 2000. 48 с.).
- Pershin P. A. The determination of the viability of plants with the use of a tetrozol. Moscow: Kolos, 1972. 18 p. [in Russian] (Першин П. А. Определение жизнеспособности растений с применением тетрозола, М.: Колос, 1972. 18 с.).
- Prokhorenko N. B. The variability of morphological parameters of the vegetative sphere in populations of spring wheat / Funkcional'nye i prikladnye problem botaniki v nachale XXI veka. 2008. N 6. P. 93–96 [in Russian] (Прохоренко Н. Б. Изменчивость морфологических параметров вегетативной сферы в популяциях яровой пшеницы / Функциональные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. 2008. Ч. 6. С. 93–96).
- Sinskaya E. N. The problem of population in higher plants. Leningrad, 1963. 124 p. [in Russian] (Синская Е. Н. Проблема популяции у высших растений. Л., 1963. 124 с.).
- Shmanaeva T. N. The relationship genetically determined, physiological and biochemical characteristics of plants in the population of varietal with their evolutionary adaptation type ransplant and late // Vestnik s.-kh. nauki, 1987. N 1. P. 50–56. [in Russian] (Шманаева Т. Н. Взаимосвязь генетически обусловленных физиологико-биохимических особенностей растений в сортопопуляции с их эволюционной адаптацией по типу раннеспелости и позднеспелости // Вестник с.-х. науки. 1987. № 1. С. 50–56).
- Surov V. Ju., Mal'ceva L. P. The study of composition in soft wheat varieting in Kurgan. / Adaptivnyj podhod v zemledelii, selekcii i semenovodstve sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Sibiri. 1996. P. 99–102 [in Russian] (Суров В. Ю., Мальцева Л. П. Изучение биотипического состава сорта мягкой пшеницы Курганская / Адаптивный подход в земледелии, селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур в Сибири. 1996. С. 99–102).
- Udovenko G. V. Resistance of plants to abiotic stresses // In book: Theoret. osnovy selekcii. 1995. Vol. 2. Ch. 2. P. 293–352 [in Russian] (Удовенко Г. В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам // В кн.: Теоретические основы селекции, 1995. Т. 2. Ч. 2. С. 293–352).
- Volkova A. M., Udovenko G. V. The reaction of different types of wheat to a drought during the critical period of ontogenesis. Sel'skokhozyajstvennaya biologiya.

1985. N 11. P. 86–92 [in Russian] (Волкова А. М., Удовенко Г. В. Реакция разных видов пшеницы на засуху в критический период онтогенеза. Сельскохозяйственная биология, 1985, №11, с. 86–92).
- Zhurbickij Z. I. Theory and practice of a vegetative method. Moscow: Nauka, 1968. 266 p. [in Russian] (Журбичкий З. О. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968, 266 с.).
- Zobova N. V. Genetic structure of spring barley varieties with their reproduction // Selekcija i semenovodstvo. 2001. N 3. P. 31–34 [in Russian] (Зобова Н. В. Генетическая структура сортов ярового ячменя при их воспроизведении // Селекция и семеноводство. 2001. № 3. С. 31–34).