

УДК 581.143.6

О.В. Бычкова

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОРФОГЕНЕЗА И РЕГЕНЕРАЦИИ  
ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO****Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия**E-mail:olga4ka\_asu@mail.ru*

Проведена оценка морфогенетического и регенерационного потенциала 6 сортов яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения в культуре незрелых зародышей *in vitro*. Оценена эффективность дедифференциации клеточных линий генотипов в условиях стресса и на контроле. Частота морфогенеза оказалась выше в 2015 г. и составила 91,5%, в условиях стресса (2014 г.) данный показатель составил 87,2%. Установлена неоднозначная реакция изучаемых генотипов яровой твердой пшеницы на частоту регенерации. В результате дисперсионного анализа определена доля значимых факторов, влияющих на изменчивость каллусогенеза, морфогенеза и регенерации.

*Ключевые слова: твердая пшеница, незрелые зародыши, генотип, каллусогенез, морфогенез, регенерация, многофакторный дисперсионный анализ.*

O.V. Bychkova

**EVALUATION OF MORPHOGENESIS AND REGENERATION  
OF HARD SPRING WHEAT IN VITRO***Altai state University, Barnaul, Russia**E-mail:olga4ka\_asu@mail.ru*

We estimated the morphogenetic and regenerative capacity of six varieties of hard spring wheat of different ecological and geographical origin in the culture of immature embryos *in vitro*. The efficiency of re-differentiation of cell line genotypes under the stress and in control. The morphogenesis rate was higher in 2015 (91.5%), in conditions of stress (2014) it was 87.2%. We revealed mixed reaction of studied genotypes of summer durum wheat on regeneration rate. We determined the input of principal factors influencing the variability of callusogenesis, morphogenesis, and regeneration.

*Key words: durum wheat, immature embryos, genotype, callusogenesis, morphogenesis, regeneration, multivariate analysis of variance.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Традиционными методами для создания новых форм растений, в том числе устойчивых к неблагоприятным факторам среды, остаются методы классической селекции, к которым относится скрещивание (гибридизация), мутагенез и искусственный отбор. Однако эти методы требуют значительных временных и материальных затрат. Ускоренное создание продуктивных форм стало возможным при использовании новых биотехнологических методов улучшения растений (генной, хромосомной, клеточной инженерии) в сочетании с методами классической селекции (Ковалев, 2000; Dokuyucu et al., 2005; Зобова, Конышева, 2007; Тырышкин, 2007).

Для ускоренного создания новых сортов сельскохозяйственных растений, важным является отбор исходного селекционного материала, сочетающего в себе ценные хозяйственные признаки, по которым ведется селекция. Отбор устойчивых форм на селективных средах в культуре *in vitro* предполагает первоначальное получение каллусных линий и как следствие высокую эффективность регенерации растений. У злаков частота каллусогенеза, морфогенеза и регенерации зависит от ряда факторов, в том числе от типа экспланта, исходного генотипа (Bregitzer, 1992; Авксентьева, Петренко, 2009), а также от условий выращивания донорных растений (Зобова и др., 2011; Никитина, Хлебцова, 2015).

Целью данного исследования была оценка морфогенетического и регенерационного потенциала линий и сортов яровой твердой пшеницы и определение факторов, влияющих на морфогенез и регенерацию растений.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектами исследования служили 6 генотипов яровой твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения, используемые в селекционных целях в Алтайском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (АНИИСХ): сорта Оазис, памяти Янченко и линии Г-752, 1480-Д4, 12S1-14, 12S2-24.

В качестве эксплантов использовали незрелые зародыши, изолированные на 15-17-й день после опыления. Выделенные зародыши помещали щитком вверх на питательную среду по прописи Линсмайера-Скуга, содержащую 0,8 % агара, 3 % сахарозы, 2 мг/л 2,4-Д в условиях стерильности. Клеточные культуры выращивали в темноте при температуре 26±1°C. Для имитации дефицита влаги был использован хлорид натрия с концентрацией 1,3 % (Ерещенко и др., 2014; Никитина и др., 2014). Контролем служила среда без селективного агента.

Через 1,5 месяца каллусы были пересажены на среду для регенерации с уменьшенной до 0,5 мг/л 2,4-Д и 0,5 мг/л кинетина, далее культивирование осуществлялось на свету при 16-ти часовом фотопериоде и температуре 20-22°C.

Эксперимент выполнен в 4 повторениях, пассировано около 60 зародышей на генотип. Отбор материала проводили в течение двух полевых сезонов (2014-2015 гг.). Для статистического анализа использовали пакет прикладных программ Microsoft Excel 2010.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

У всех генотипов, используемых в работе, наблюдали формирование каллуса из незрелых зародышей, помещенных в культуру *in vitro*. Интенсивная редиференциация эксплантов и начало образования каллусов на средах без добавления стресс-фактора наблюдались уже на 5-7 сутки, что соответствует литературным данным (Танасиенко, Емец, Блюм, 2009; Заушинцева, Березин, 2015). В присутствии хлорида натрия (осмотика) скорость образования клеточных линий снизилась, и образование каллусов началось позже (на 9-10 сутки).

Однако стоит отметить, что данные 2015 года отличаются от результатов, полученных нами в 2014 году. Так в 2014 г. частота каллусогенеза на 5-7 сутки варьировала в пределах 90-100%, минимальное количество образовавшихся каллусов – 30 % наблюдали у линии Г-752 (Ерещенко, Хлебова, 2015). В 2015 году уровень образования клеточных линий был существенно ниже и в среднем составлял всего 3,5 %, при этом, максимальное количество – 10 % характерно для линий 1480-Д4 и Г-752.

Возможно, это связано с тем, что для 2015 года было характерно интенсивное прямое прорастание незрелого зародыша. Из ряда исследований (Никитина, Хлебова, 2014; Пурис и др., 2014), ясно, что процесс прямого прорастания зародышей существенно снижает частоту образования каллусных культур, а также их морфогенный потенциал. В связи с этим, после прямого прорастания зародышей (3-4 сутки) проростки удаляли и продолжали культивирование эксплантов на этой же среде. В результате чего массовое каллусообразование в 2015 г. началось позже и наблюдалось на 9-11 сутки инкубирования.

Результаты проведенного трехфакторного дисперсионного анализа позволили определить долю факторов, влияющих на процесс прорастания незрелых зародышей твердой яровой пшеницы. Так, анализ показал, что массовое образование каллусов статистически значимо определяется условиями произрастания растений-доноров (88 %) и их взаимодействием с условиями стресса (0,04 %).

В табл. 1 представлена частота каллусогенеза образцов яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro*.

**Таблица 1. Частота каллусогенеза образцов яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro*, % (2014-2015)**

Сорт/линия	2014 год		2015 год	
	Контроль	NaCl	Контроль	NaCl
Оазис	97,7±3,4	97,0±2,3	97,7±1,8	92,7±2,8
Г-752	92,0±5,2	89,3±5,8	90,0±2,1	88,7±4,8
Памяти Янченко	100,0±4,0	97,0±2,5	96,6±1,8	92,3±2,4
1480-Д4	100,0±2,9	84,0±4,9*	92,3±3,3	89,0±1,7
12S1-14	98,0±5,8	96,7±1,7	93,3±3,3	95,0±3,2
12S2-24	90,3±7,0	75,0±3,8*	94,0±3,2	86,7±3,4

Здесь и далее \* - различия с контролем достоверны при  $P < 0,05$

Результаты исследования показали, что частота образовавшихся каллусов на контрольных средах была выше в 2014 г. и составляла 96,3 %. Варьирование данного признака происходило в пределах 90-100%. Минимальное количество образовавшихся каллусов наблюдали у генотипов 12S2-24 (90,3%) и Г-752 (92,0%). Максимальное количество (100%) сформировавшихся каллусов характерно для сорта Памяти Янченко и линии 1480-Д4. В 2015 г. средняя

частота индукции клеточных линий была ниже на 2,4% и составляла 93,9%. Пределы изменчивости составили от 90 (Г-752) до 97,7 % (Оазис).

На средах с добавлением хлорида натрия (1,3%) средний уровень образования клеточных линий был несколько ниже контроля и составлял 89,8% (2014 г.) и 90,7% (2015 г.), соответственно. При этом лишь два генотипа отличались от контроля в 2014 г., и ни один - в 2015 г.

Каллус, сформированный изучаемыми генотипами яровой твердой пшеницы, разделили на 2 типа, которые по внешнему виду отличаются друг от друга. Первый тип каллуса – морфогенный – компактный, структурированный, кремового цвета; второй – неморфогенный – водянистый, темного цвета.

Несмотря на то, что в литературе имеются данные о том, что сначала на эксплантах идет формирование неморфогенного каллуса, который в процессе культивирования либо так и остается первичным каллусом, либо преобразуется в морфогенный тип (Танасиенко и др., 2009), в наших исследованиях неморфогенные каллусы, на всем протяжении культивирования эксплантов, не формировали меристематических очагов, и на них не наблюдалось ни органогенеза, ни соматического эмбриогенеза.

В связи с этим, наиболее интересным для дальнейших исследований является морфогенный каллус, так как именно он дает возможность получать растения-регенеранты.

Морфогенетический потенциал изучаемых генотипов твердой пшеницы достаточно высок (табл. 2). В среднем, по всем вариантам на средах без добавления осмотика, морфогенез был эффективнее в 2015 г. (91,5%), в условиях стресса для 2015 года были получены более низкие результаты, чем для 2014 на 6,4 %, что составило 80,8%.

**Таблица 2. Частота морфогенеза образцов яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro*, % (2014-2015)**

Сорт/линия	2014 год		2015 год	
	Контроль	NaCl	Контроль	NaCl
Оазис	97,5±0,6	89,8±2,0*	95,2±2,4	95,5±2,2
Г-752	93,0±1,0	100,0±0*	93,2±3,8	88,9±4,4
Памяти Янченко	100,0±0	86,2±1,3*	97,6±2,4	92,3±3,9
1480-Д4	55,1±15,4	69,1±3,2	83,1±1,8	57,8±2,2*
12S1-14	100,0±0	89,9±2,3*	91,4±5,4	75,5±2,2*
12S2-24	92,4±0,3	87,5±1,6*	88,7±2,0	74,5±1,2*

Согласно статистическому анализу, достоверность различия с контролем наблюдалась у 83 и 50 % образцов в 2014-2015 гг., соответственно.

Как уже отмечалось выше, интенсивное образование меристематических очагов наблюдалось в каллусах морфогенного типа, поэтому частоту регенерантов, полученных от каждого образца пшеницы, уместно представить как частоту регенерации от числа морфогенных каллусов (табл. 3).

Уровень регенерации клеточных культур, в среднем по генотипам, выше в 2014 г. Средняя частота регенерации составила 149,3 % на средах без добавления селективного агента и 34,7 % с добавлением соли. Количество регенерантов, полученных на каждый морфогенный каллус, в 2015 г. было ниже и составляло 1,3 и 0,3 шт., соответственно.

**Таблица 3. Частота регенерации сортов яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro*, % (2014-2015)**

Сорт/линия	2014 год		2015 год	
	Контроль	NaCl	Контроль	NaCl
Оазис	79,0±12,5	53,7±12,2	120,7±5,9	26,7±0,7*
Г-752	246,0±20,1	70,7±16,2*	193,7±5,4	73,3±4,3*
Памяти Янченко	162,0±10,0	24,0±2,6*	141,0±6,1	31,3±3,7*
1480-Д	75,7±14,5	17,7±5,8*	74,0±5,5	9,6±0,7*
12S1-14	95,7±12,7	28,3±3,7*	103,3±5,6	32,2±2,0*
12S2-24	237,7±8,3	13,7±1,5*	172,3±6,9	10,9±2,1*

Однако реакция изучаемых сортов и линий была неоднозначна и зависела от ряда факторов. Так образцы сорта Оазис и линия 12S1-14 в 2014 году на контрольных средах показали низкую эффективность регенерации по сравнению в 2015 г., тогда как у остальных вариантов в 2014 г. показатель частоты регенерации оказался выше. В условиях стресса частота образования регенерантов была более стабильной, и разница по годам составила 4 %. Но стоит отметить сорт Оазис количество образовавшихся регенерантов, у которого, в 2015 году снизилась в 2 раза. Возможно, это объясняется тем, что большое количество морфогенных каллусов развивалось по пути ризогенеза, что исключает возможность получения полноценных растений. Так, условия выращивания материнских растений у плодовых культур играют ведущую роль в проявлении способности к ризогенезу (Юсуфов, 1982; Асадулаев, 2003), у злаков условия произрастания растений-доноров существенно влияют на количество регенерантов, за счет индукции эмбриогенеза и гемморизогенеза (Зобова и др., 2011; Никитина, Хлебцова, 2015).

Результаты многофакторного дисперсионного анализа позволили выделить значимые факторы, влияющие на изменчивость каллусо-, морфогенеза и регенерации (рис. 1).

Частота индукции клеточных линий (каллусогенез), как правило, зависит от ряда случайных факторов (46%). Также значимым фактором, для данного показателя, является генотип исходных растений (22%) и его взаимодействие с условиями стресса, доля которого составляет 12 %. Сравнивая доли вклада различных факторов и их взаимодействие между собой, следует отметить, что генотип играет существенную роль не только на процесс каллусогенеза, но и влияет на частоту морфогенеза (56%) и регенерации (23%). При достаточно высокой доле влияния генотипа как фактора, значимым для морфогенеза и

регенерации является его взаимодействие с такими факторами как условия стресса и условия произрастания растений-доноров, а также взаимодействие трех этих факторов между собой.

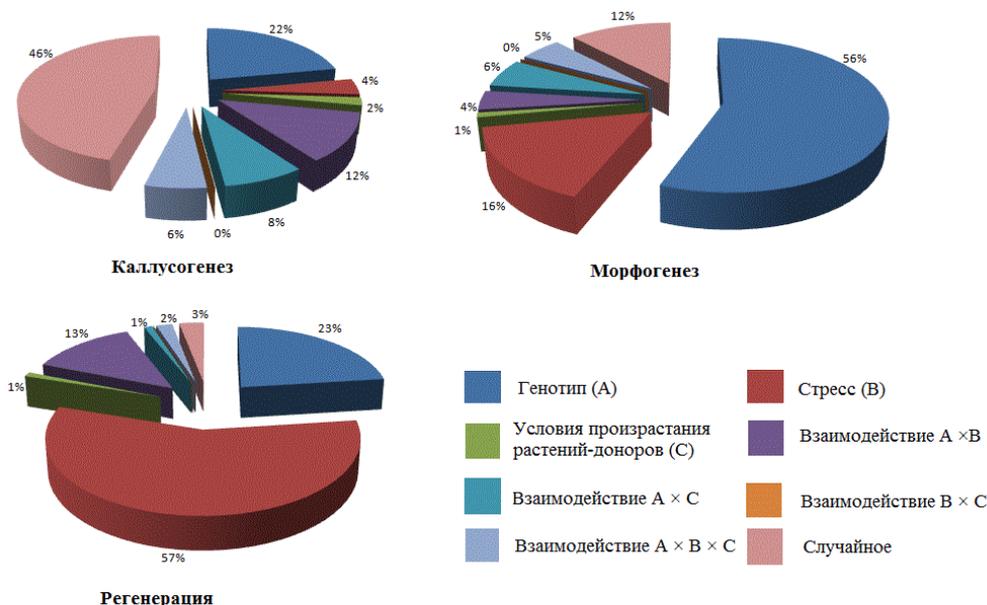


Рис.1. Доля влияния факторов на общую изменчивость образовательных процессов в культуре незрелых зародышей яровой твердой пшеницы

Условия стресса имеют значимое влияние на уровень образования морфогенных каллусов и количество регенерантов, составляя при этом 16 и 57 %, соответственно. Это позволяет производить отбор генотипов с ценными хозяйственными признаками и высокой устойчивостью к осмотическому или солевому стрессу.

Такой фактор как условия произрастания растений-доноров, а именно погодные условия произрастания материнских растений, достоверно влияет только на процесс регенерации, однако его доля составляет менее 1 %.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, оценен морфогенетический и регенерационный потенциал 6 образцов яровой твердой пшеницы в контроле и в стрессовых условиях. Выявлен комплекс факторов, влияющих на различные образовательные процессы в культуре незрелых зародышей яровой твердой пшеницы. Основными факторами являются генотипическое разнообразие исходного материала и условия стресса, которые позволяют отбирать устойчивые к стрессу генотипы, обладающие ценными сельскохозяйственными признаками.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авксентьева О.А., Петренко В.А. Роль генотипа, состава среды и типа экспланта в формировании первичного каллуса изогенных линий пшеницы // Вестник Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина, 2009. – Вып. 9. – №856. – С. 56-62.
2. Асадулаев З.М. Экологические и экономические основы интенсивной технологии выращивания клоновых подвоев и саженцев яблони, груши и айвы в условиях Дагестана: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Махачкала, 2003. – 42 с.
3. Ерещенко О.В., Никитина Е.Д., Хлебова Л.П. Оценка эффективности различных схем клеточной селекции яровой пшеницы на устойчивость к осмотическим стрессам // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (21-23 мая 2014 г., г. Бийск) / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 220-224.
4. Ерещенко О.В., Хлебова Л.П. Клеточная селекция яровой твердой пшеницы на устойчивость к дефициту влаги // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – С. 232-236.
5. Заушинцена А. В., Березин В. Ю. Оценка эффективности образования каллуса у тимофеевки луговой на селективных средах // Вестник Кемеровского государственного университета, 2015. – № 1 (61). – Т. 4. – С. 7-10.
6. Зобова Н.В., Коньшева Е.Н. Использование биотехнологических методов в повышении соле- и кислотоустойчивости ярового ячменя. – Новосибирск: СО Россельхозакадемии, 2007. – 124 с.
7. Зобова Н.В., Луговцова С.Ю., Ступко В.Ю. Условия обеспечения эффективных процессов регенерации в культуре изолированных зародышей ячменя, пшеницы и овса // Вестник Крас ГАУ, 2011. – №12. – С. 109-115.
8. Ковалев В.М. Технологии будущего в растениеводстве // Сельскохозяйственная биотехнология, 2000. – Т. 1. – С. 228-240.
9. Никитина Е.Д., Хлебова Л.П. Влияние температуры и освещения на прямое прорастание незрелых зародышей *Triticum aestivum* L. в культуре *in vitro* // Известия Алтайского государственного университета, 2014. – №3-1 (83). – С. 46-50.
10. Никитина Е.Д., Хлебова Л.П. Особенности морфогенеза яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro* в зависимости от условий произрастания // Ульяновский медико-биологический журнал, 2015. – № 2. – С. 125-130.

11. Никитина Е.Д., Хлебова Л.П., Ерещенко О.В. Разработка отдельных элементов технологии клеточной селекции яровой пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессам // Известия Алтайского государственного университета, 2014. – Т. 2. – №3. – С. 50-54.
12. Пурис С.И., Никитина Е.Д., Хлебова Л.П. Влияние абиотических факторов на прямое прорастание эксплантов в культуре незрелых зародышей яровой мягкой пшеницы *in vitro* // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (21-23 мая 2014 г., г. Бийск) / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 227-231.
13. Танасиенко И.В., Емец А.И., Блюм Я.Б. Оценка эффективности каллусообразования и регенерации яровых сортов ячменя, районированных на территории // Цитология и генетика, 2009. – № 4. – С. 12-19.
14. Тырышкин Л.Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2007. – 40 с.
15. Юсуфов А.Г. Механизмы регенерации растений. – Ростов Н/Д: Изд-во РГУ, 1982. – 173с.
16. Bregitzer P. Plant regeneration and callus type in barley: Effects of genotype and culture medium // Crop Sci., 1992. – 32. – P. 1108–1112.
17. Dokuyucu T., Akke-ceci S., Akkaya A., et al. Investigation of the response of bread wheat cultivars to salinity by using callus culture // J. Environ. Biol., 2005. – Vol. 26. – N 2. – P. 251-255.

## REFERENCES

- Asadulaev, Z.M. (2003). Ekologicheskie i ekonomicheskie osnovy intensivnoi tehnologii vyrashivaniya klonovykh podvoev i sazhencev yabloni, grushi i айvy v usloviyah Dagestana: avtoreferat dissertatsii doktora biologicheskikh nauk. Mahachkala. 42. (in Russian)
- Avksent'eva, O.A., Petrenko, V.A. (2009). Rol' genotipa, sostava sredy i tipa eksplanta v formirovanii pervichnogo kallusa izogennykh linii pshenicy. Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo universiteta imeni V.N. Karazina. 9 (856), 56- 62. (in Russian)

- Bregitzer, P. (1992). Plant regeneration and callus type in barley: Effects of genotype and culture medium. *Crop Sci.* 32, 1108-1112.
- Dokuyucu, T., Akke-ceci, S., Akkaya, A., et al. (2005). Investigation of the response of bread wheat cultivars to salinity by using callus culture. *J. Environ. Biol.* 26 (2), 251-255.
- Ereshenko, O.V., Hlebova, L.P. (2015). Kletchnaya selekciya yarovoi tvrdoj pshenicy na ustoichivost' k deficitu vlagi. *Proceed. VIII All-Russian Conf. Tehnologii i oborudovanie himicheskoi, biotehnologicheskoi i pishevoi promyshlennosti (in Russian)*
- Ereshenko, O.V., Nikitina, E.D., Hlebova, L.P. (2014). Ocenka effektivnosti razlichnyh shem kletchnoi selekcii yarovoi pshenicy na ustoichivost' k osmoticheskim stressam. *Proceed. VII All-Russian Conf. Tehnologii i oborudovanie himicheskoi, biotehnologicheskoi i pishevoi promyshlennosti. (in Russian)*
- Kovalev, V.M. (2000). Tehnologii budushego v rastenievodstve. *Sel'skohozyaistvennaya biotekhnologiya.* 1, 228-240. (in Russian)
- Nikitina, E.D., Hlebova, L.P. (2015). Osobennosti morfogeneza yarovoi tvrdoj pshenicy v kul'ture invitrov zavisimosti ot uslovij proizrastaniya. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal.* 2, 125-130. (in Russian)
- Nikitina, E.D., Hlebova, L.P. (2014). Vliyanie temperatury i osvesheniya na pryamoe prorastanie nezrelyh zarodyshei *Triticum aestivum* L. v kul'ture *in*

- in vitro*. Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. 3-1(83), 46-50. (in Russian)
- Nikitina, E.D., Hlebova, L.P., Ereshenko, O.V. (2014). Razrabotka ot del'nykh elementov tehnologii kletochnoi selekcii yarovoi pshenicy na ustoichivost' k abioticheskim stressam. Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. 2 (3), 50-54. (in Russian)
- Puris, S.I., Nikitina, E.D., Hlebova, L.P. (2014). Vliyanie abioticheskikh faktorov na pryamoe prorastanie eksplantov v kul'ture nezrelykh zarodyshei yarovoi myagkoi pshenicy *in vitro*. Proceed. VII All-Russian Conf. Tehnologii i oborudovanie himicheskoi, biotehnologicheskoi i pishevoi promyshlennosti. (in Russian)
- Tanasienko, I.V., Emec, A.I., Blyum, Ya.B. (2009). Ocenka effektivnosti kallusoobrazovaniya i regeneracii yarovykh sortov yachmenya, raionirovannykh na territorii. Citologiya i genetika. 4, 12-19. (in Russian)
- Tyryshkin, L.G. (2007). Geneticheskoe raznoobrazie pshenicy i yachmenya po effektivnoi ustoichivosti k bolezniam i vozmozhnosti ego rasshireniya. Thesis of Doctoral Dissertation. Saint-Petersburg. (in Russian)
- Yusufov, A.G. (1982). Mehanizmy regeneracii rastenii. Rostov na Donu. Izdatelstvo Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta. (in Russian)
- Zaushincena, A. V., Berezin, V. Yu. (2015). Ocenka effektivnosti obrazovaniya kallusa u timofeevki lugovoi na selektivnykh sredakh. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 1(61), 7-10. (in Russian)

Zobova, N.V., Konysheva, E.N. (2007). Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh metodov v povyshenii sole- i kislotoustoichivosti yarovogo yachmenya. Novosibirsk: SO Rossel'hozakademii. (in Russian)

Zobova, N.V., Lugovcova, S.Yu., Stupko, V.Yu. (2011). Usloviya obespecheniya effektivnykh processov regeneracii v kul'ture izolirovannykh zarodyshei yachmenya, pshenicy i ovs. Vestnik Krasnoiarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 12, 109-115. (in Russian)

**Поступила в редакцию 28.12.2015**

**Как цитировать:**

Бычкова, О.В. (2016). Оценка эффективности морфогенеза и регенерации яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro*. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (1), 139-149. **crossref** <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v2i1-4.923>

© Бычкова, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)