



ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И ВЫЖИВАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ КАК ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ К МЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Н. А. БОМЕ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Тюменский государственный университет
(625044, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6),

А. Я. БОМЕ,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова
(190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42-44),

Н. В. ТЕТЯННИКОВ,

аспирант, Тюменский государственный университет

(625044, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6)

Ключевые слова: ячмень, образец, сорт, всхожесть семян, выживаемость растений, признак, изменчивость.

Представлены результаты исследований по изменчивости полевой всхожести семян и выживаемости растений ячменя в течение вегетационного периода в агроэкологических условиях сельскохозяйственной зоны Тюменской области. В 2007–2014 гг. на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета (Тюменская область, Нижнетавдинский район) было изучено 622 образца ячменя из мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова. Почва экспериментального участка дерново-подзолистая окультуренная, супесчаная по гранулометрическому составу, реакция почвенного раствора близкая к нейтральной ($pH = 6,6$), содержание гумуса 3,67 %. Выявлено, что полевая всхожесть существенно изменялась по годам и по образцам коллекции, что указывает на зависимость этого показателя от тепло- и влагообеспеченности в период прорастания семян. У стандартных сортов Ача и Кедр в среднем за годы исследований доля полноценных всходов по отношению к высеванным семенам составила 72,9 и 74,6 % соответственно (среднее значение по коллекции — 65,8 %). Относительно высокие адаптивные свойства культуры по отношению к факторам окружающей среды подтверждаются средним показателем выживаемости растений в различные по метеорологическим условиям годы, составившим 81,3 %. На примере двух образцов ячменя установлена специфика реакции на разнонаправленный отбор по крупности семян, проявившаяся в показателях всхожести семян и выживаемости растений. Выявлены различия между образцами в формировании хозяйственно-важного количественного признака — массы 1000 зерен, а также степень генетической обусловленности изменчивости этого признака. Выделены образцы ячменя, сочетающие высокую полевую всхожесть семян и способность растений противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды в период роста и развития, представляющие интерес для адаптивной селекции.

SEED GERMINATION AND SURVIVAL OF BARLEY PLANTS IN THE FIELD AS AN INDICATOR OF ADAPTATION TO CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

N. A. BOME,

doctor of agricultural sciences, professor, Tyumen State University

(6 Volodarskogo Str., 625044, Tyumen),

A. Y. BOME,

candidate of agricultural sciences, senior research fellow,

All-Russian Research Institute of Plant of N. I. Vavilov

(42-44 Bolshaya Morskaya Str., 190000, St. Petersburg),

N. V. TETYANNIKOV,

graduate student, Tyumen State University

(6 Volodarskogo Str., 625044, Tyumen)

Keywords: barley, pattern, variety, seed germination, plant survival, feature, variability.

Presented results of studies on the variability of field germination and survival of barley's varieties during the vegetable season in the agro-ecological conditions of the agricultural zone of the Tyumen region. In 2007–2014 years on the experimental biological station "Lake Kuchak" of the Tyumen State University (Tyumen region, Nizhnetavdinsky district) was studied 622 samples of barley from the world collection the N. I. Vavilov Institute of Plant Industry. The type of soil of the experimental plot is sodium-podzolic cultivated, sandy loam granulometric composition. The reaction of the soil solution is close to neutral ($pH = 6.6$), the humus content of 3.67 %. Revealed germination varied considerably over the years and for the collection of samples, indicating that the dependence of this parameter from heat and moisture during seed germination. The varieties Acha and Kedr on the average for the proportion of full years of research germination in relation to sow seeds was 72.9 and 74.6 %, respectively (average of all collection — 65.8 %). Relatively high adaptive properties of culture to environmental factors confirmed the average survival rate of plants in various weather conditions for years, amounted to 81.3 %. On the example of two varieties of barley installed specificity reaction to multidirectional selection on seed size, manifested for germination and survival of plants. Differences identified among varieties for formation quantitative trait — the weight of 1000 grains, as well as economically important degree of genetic variability conditionality of this feature. We determined varieties of barley that have combined high germination of seeds and ability of plants to withstand adverse environmental factors during growth and development.

Положительная рецензия представлена Р. И. Белкиной, доктором сельскохозяйственных наук, профессором Государственного аграрного университета Северного Зауралья.



Резкая контрастность климатических условий, характерная для сельскохозяйственной зоны Тюменской области, как во времени, так и в пространстве, выдвигает особые требования к адаптивным свойствам посевного материала и, следовательно, повышает значимость показателей, отражающих эти свойства у видов и сортов культурных растений.

На полевую всхожесть семян влияют многочисленные экологические факторы: условия формирования семян [1], плотность почвы [2], крупность семян [3], температура воздуха и почвы при прорастании семян [4] и др., которые не всегда находятся в оптимуме для формирования всходов. Важной задачей для земледельца является сведение к минимуму отрицательного влияния этих факторов, и создание наиболее благоприятных условий для появления всходов, дальнейшего развития растений и их продуктивности [5]. Выживаемость растений ячменя, как важное биологическое свойство и оптимальный показатель определения адаптивных возможностей генотипа рассматривается в работе Д. Н. Тишкова с соавторами [6].

Формирование линий и сортов сельскохозяйственных культур, пригодных для широкого использования в крайне неустойчивых условиях внешней среды, требует специфического подхода к оценке различных фенотипических признаков при определении общих преимуществ или недостатков испытываемых образцов растений.

Цель и методика исследований.

Цель настоящего исследования — изучение адаптивных свойств ячменя по показателям полевой всхожести семян и выживаемости растений в период вегетации в сложных почвенно-климатических условиях Тюменской области.

Исследования проводились в 2007–2014 гг. на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Тюменского государственного университета и в Тюменском опорном пункте ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР). Изучено 622 образца из мировой коллекции ВИР, относящиеся к двум подвидам: ячмень двурядный (*Hordeum distichon* L.) и ячмень многорядный (*Hordeum vulgare* L.).

Экспериментальный участок биостанции «Озеро Кучак» расположен в Нижнетавдинском районе Тюменской области на границе агроклиматических зон: подтайги и северной лесостепи (57°20'56.36''С, 66°03'23.87''В). Высота над уровнем моря 61 м. Климат резко-континентальный, характеризуется су-

ровой зимой и коротким летним периодом. Среднегодовая температура воздуха 0,3 °С, среднегодовое количество осадков 457 мм. Сумма активных температур выше 10–1875,0 °С. Количество осадков за вегетационный период составляет 220–240 мм [7].

Почва участка окультуренная, дерново-подзолистая супесчаная. Анализ почвенных проб проведен в лаборатории «Экотоксикологии» Тобольской комплексной научной станции Уральского отделения РАН. Кислотность в солевой вытяжке почвы экспериментального участка составила 6,6 — близкая к нейтральной. Содержание гумуса — 3,67 %. Содержание биогенных веществ (мг/кг): NH_4^+ — 19,5 ± 0,12; NO_2^- — 9,15 ± 0,73; NO_3^- — 18,8 ± 0,32; H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} — 433,3 ± 34,51. Валовое содержание макро- и микроэлементов (мг/кг): Ca — 3362,33; Cu — 55,41; Fe — 3553,51; Mg — 1125,37; Zn — 402,52. Содержание химических элементов в почве было в соответствии с гигиеническими нормативами (ГН 2.1.7.2014-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве») Российской Федерации.

Полевое испытание коллекционных образцов ячменя проводилось согласно Методическим указаниям ВНИИР им. Н. И. Вавилова по изучению мировой коллекции ячменя [8, 9]. Дополнительные исследования проводились по соответствующим методикам и ГОСТам.

Результаты исследований.

Полевая всхожесть семян ячменя в среднем за 2007–2014 гг. составила 65,8 % при варьировании признака от 42,0 % (2009 г.) до 84,2 % (2014 г.) (табл. 1). Пониженная всхожесть в 2009 г. связана с недостаточным увлажнением в период прорастания семян и формирования всходов. Отсутствие осадков отмечалось в течение 22 суток (1–14 и 18–30 мая). Условия 2014 г. в период посева и всходов были влажными (ГТК = 1,37) с превышением среднесуточной температуры воздуха в мае на 1,6° С и существенным количеством атмосферных осадков — 135,3 % по отношению к среднегодовым значениям.

Реакция образцов на факторы окружающей среды была неоднозначной, минимальное значение признака составило 0,5 %, максимальное — 100,0 %. Семена стандартных сортов характеризовались более высокой способностью к прорастанию по сравнению с другими образцами. В среднем за 2007–2014 гг. полевая всхожесть семян у сорта Ача равна 72,9 %, у сорта Кедр — 74,6 %.

Таблица 1
Изменчивость полевой всхожести семян образцов ячменя, %

Год	Min	Max	Хср.	Ача (St1)	Кедр (St2)
2007	4,0	100,0	79,0	91,0	91,1
2008	6,0	100,0	78,5	80,8	72,3
2009	1,3	96,8	42,0	49,0	41,0
2010	6,0	100,0	47,6	64,6	58,3
2011	44,0	100,0	70,6	61,1	97,5
2012	23,0	94,0	69,7	82,8	85,9
2013	0,5	92,5	54,9	79,5	75,0
2014	24,5	99,5	84,1	74,7	75,6
Среднее	13,6	97,8	65,8	72,9	74,6
Sx	5,4	1,1	5,5	4,8	6,4
CV, %			23,8	18,8	24,4

Изменчивость признака в различные по метеорологическим условиям годы была относительно высокой ($CV = 23,8\%$). Полевая всхожесть семян в течение 5 лет (2007, 2008, 2011, 2012, 2014) была выше среднего значения по коллекции за весь период, в течение 3 лет (2009, 2010, 2013) — ниже. К факторам, лимитирующим рост и развитие проростков, в 2009 и 2010 гг. следует отнести недостаток влаги, в 2013 г. — пониженные температуры воздуха и почвы. Так, в 2010 г. сумма осадков в мае составила 42 мм (108 % по отношению к норме), но основная их часть (39,4 мм) выпало только в конце месяца. В 2013 г. на фоне достаточной влагообеспеченности среднесуточная температура воздуха была на $1,5^\circ\text{C}$ ниже среднего многолетнего значения, в течение четырех суток после посева отмечены отрицательные температуры от $-0,2^\circ\text{C}$ до $-1,9^\circ\text{C}$. Температура почвы на глубине 10–20 см составила $11-9^\circ\text{C}$ (12.05.2013) — $14-11^\circ\text{C}$ (28.05.2013), прогревание протекало медленно.

Условное распределение образцов ячменя по данному показателю на группы показало, что за период 2007–2014 гг. около половины (48,2 %) изученных образцов характеризовались средней всхожестью семян (51–80 %) (рис. 1, а). В группы с высокой (81–90 %) и очень высокой (91–100 %) всхожестью отнесено в сумме 27,5 % образцов. Доля образцов с низкой способностью семян к прорастанию составила 24,3 %.

В течение вегетационного периода растения находятся под воздействием ряда биотических и абиотических факторов окружающей среды. Количество растений, сохранившихся к уборке, позволяет судить об адаптивных свойствах изучаемых генотипов и культуры ячменя в целом. Показатель выживаемости растений ячменя в среднем за 2007–2014 гг. составил 81,3 %, при варьировании по годам от 70,4 % (2007) до 89,7 % (2013).

В отличие от показателей полевой всхожести семян, по выживаемости растений при сравнении по годам значительных различий не обнаружено ($CV = 6,8\%$). Сохранность растений у стандартных сортов незначительно отличалась от среднего значения по коллекции и составила 84,3 % (Ача), 84,7 % (Кедр).

Распределение образцов на группы по данному признаку подтверждает высокие адаптивные свой-

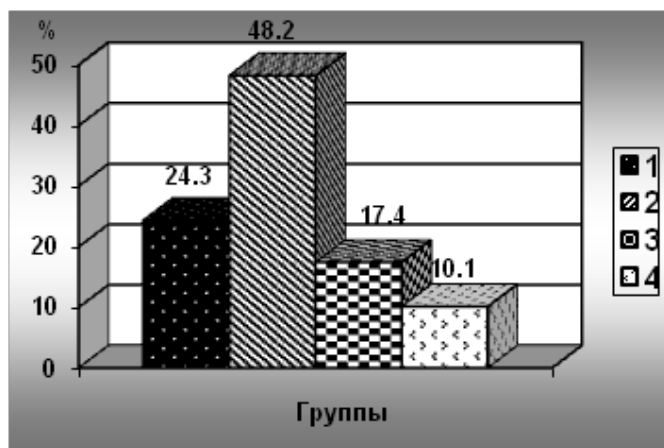
ства ячменя в меняющихся условиях среды. Более половины (53,0 %) коллекционных образцов показали высокую (81–90 %) и очень высокую (91–100 %) выживаемость растений. Выживаемостью в пределах 51–80 % характеризовались 42,8 % образцов, и только небольшая часть коллекции (4,2 %) оказалась неустойчивой к неблагоприятным факторам (рис. 1, б).

Для селекции в качестве исходного материала могут быть предложены образцы ячменя, сочетающие высокие показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений в период вегетации. Выделились образцы из Казахстана (Карабалыкский 150, к-30149; Целинный, к-003; Арна, к-738; к-15519), Канады (Etienne, к-30875; Codac, к-30874), Беларуси (Криничный, к-30439), Германии (Orthege, к-30468; HVS 81583/72, к-25160; Bido Portugal, к-23337), Украины (Зоряний, к-30469; Харьковский, к-23460), Таджикистана (Местные формы, к-14933, к-14967, к-14944), Перу (C.I.11118, к-30682; C.I. 11056, к-30650), Эфиопии (Dz02-19, к-22903; Dz02-45, к-22912; I-36, к-23031; DZO 2-130, к-25020; 25034, к-25034; II-57м, к-2552).

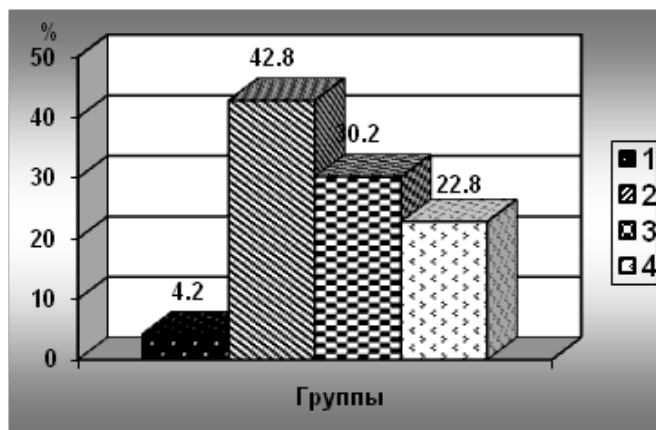
Одним из обсуждаемых в научной литературе вопросов является зависимость всхожести семян и дальнейшего роста и развития растений от крупности семян. В наших исследованиях на сортах мягкой яровой пшеницы было показано, что дружные полноценные всходы обеспечивали семена с массой 1000 шт. более 40 г. Преимущество крупных зерновок в большей степени проявилось в засушливых условиях (1998 г.), зависимость между крупностью и полевой всхожестью семян была значительной ($r = 0,70$). По усредненным данным полевая всхожесть у сортов с массой 1000 зерен выше 40 г составила 59,0 %, у сортов с мелкими зерновками только 48,8 % [10].

На двух образцах шведской селекции (линия W7931 и сорт Nancy) нами был поставлен опыт по изучению влияния разнонаправленного отбора семян на признаки, характеризующие рост и развитие растений ячменя. Направление отбора по массе 1000 семян было положительным (крупная фракция), модальным (средняя фракция), отрицательным (мелкая фракция), контроль — исходные семена без отбора.

Различия между отобранными партиями семян были статистически достоверны, но отбор внутри



а



б

Рисунок 1
Распределение образцов ячменя по показателям полевой всхожести семян (а) и выживаемости растений в период вегетации (б), среднее за 2007–2014 гг. Группы: 1 — низкая 0–50 %; 2 — средняя 51–80 %; 3 — высокая 81–90 %; 4 — очень высокая 91–100 %
www.avu.usaca.ru



сорта Nancy оказался более жестким по сравнению с отбором, проведенным среди семян линии W7931. Так, различия по массе 1000 зерен между мелкой и крупной фракциями составили у линии W7931 22,8 %, тогда как у сорта Nancy — 39,3 %.

Выявлены различия в реакции образцов ячменя на разнонаправленный отбор семян. Так полевая всхожесть семян линии W7931 оказалась в прямой зависимости от их средней массы, в варианте с крупными семенами превышение над контролем составило 10,6 %. У сорта Nancy подобной зависимости не наблюдалось, и лучшую всхожесть показали семена, не подвергавшиеся отбору. Наилучшую выживаемость обоих образцов обеспечили самые крупные семена (на 1,0–5,1 % выше варианта с семенами без отбора), но в других вариантах размеры семян положительного влияния на жизнеспособность растений не оказали.

Также ставилась задача определить характер наследования двумя образцами количественного признака, по второму проводили отбор (масса 1000 зерен). Следует отметить, что в исходном состоянии (до отбора) семена линии W7931 были крупнее (m 1000 зерен = 50,3 г), чем сорта Nancy (m 1000 зерен = 49,0 г). Преимущество линии W7931 перед сортом

Nancy по массе зерен сохранилось у растений, полученных из семян, не подвергавшихся отбору. Совершенно иная картина наблюдалась в вариантах с направленным отбором. Линия W7931 практически не отреагировала на отбор во всех направлениях, что может свидетельствовать об очень низкой наследуемости признака. У сорта Nancy положительный отбор оказался достаточно эффективным, что говорит о неплохих селекционных возможностях сорта.

Выводы.

Выявлено влияние генотипа и метеорологических факторов 2007–2014 гг. на показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений в период вегетации. Разнообразие изученного материала, различная реакция образцов на меняющиеся условия среды обеспечивают общую биологическую устойчивость ячменя в сельскохозяйственной зоне Тюменской области.

Установлена сортовая специфика реакции ячменя на разнонаправленный отбор по массе 1000 семян. Эффективность положительного отбора (крупная фракция) была достаточно высокой у сорта Nancy и практически отсутствовала у линии W7931, что указывает на высокий селекционный потенциал первого образца и низкую наследуемость массы семян у второго.

Литература

1. Лыкова Н. А. Влияние лимитирующих факторов среды на следующее поколение растений и принцип ускоренного испытания генотипов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2008. 45 с.
2. Бешкильцева Т. А. Оценка качества семян, формирование проростков и урожайности зерновых культур при различной плотности почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курган, 2009. 20 с.
3. Боме А. Я. Особенности развития яровой пшеницы в различных экологических условиях : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тюмень, 2003. 16 с.
4. Боме А. Я., Боме Н. А. Исследование генофонда *Triticum aestivum* L. по реакции растений на пониженные температуры // Естественные и технические науки. 2012. № 1 (57). С. 117–121.
5. Ижик Н. К. Полевая всхожесть семян. М. : Урожай, 1976. 200 с.
6. Тишков Д. Н., Крючков А. Г., Тишков Н. И. Роль выживаемости растений в формировании зерновой продуктивности и оценке растительных ресурсов ячменя в центре Оренбургского Приуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 3–1. Т. 3. С. 25–28.
7. Иваненко А. С., Кулясова О. А. Агроклиматические условия Тюменской области : учебное пособие. Тюмень : Издательство Тюменской государственной сельскохозяйственной академии, 2008. 206 с.
8. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л. : ВИР, 1981. 30 с.
9. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса (издание четвертое, дополненное и переработанное) / под ред. И. Г. Лоскутова. М. : ГНУ ВИР Россельхозакадемии, 2012. 63 с.
10. Боме А. Я., Кислицина Е. С., Боме Н. А., Логинов Ю. П. Оценка образцов яровой мягкой пшеницы по способности семян к прорастанию // Вестник Тюменского государственного университета. 2001. № 3. С. 51–56.

References

1. Lykova N. A. Effect of limiting environmental factors on the next generation of plants and the principle of accelerated test genotypes : author. dis. ... dr. of biol. sc. St. Petersburg, 2008. 45 p.
2. Beshkiltseva T. A. Assessment of the quality of seeds, seedlings and the formation of grain yields under different soil density : author. dis. ... cand. of agricult. sc. Kurgan, 2009. 20 p.
3. Bome A. Y. Features of spring wheat under different environmental conditions : author. dis. ... cand. of agricult. sc. Tyumen, 2003. 16 p.
4. Bome A. Y., Bome N. A. Investigation of the gene pool of *Triticum aestivum* L. on response to low temperatures // Natural and Technical Sciences. 2012. № 1 (57). P. 117–121.
5. Izhih N. K. Germination of seeds. M. : Yield, 1976. 200 p.
6. Tishkov D. N., Kryuchkov A. G., Tishkov N. I. The role of the survival of plants in the formation of grain productivity and evaluation of plant resources of barley in the center of Orenburg Ural // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2004. № 3–1. Vol. 3. P. 25–28.
7. Ivanenko A. S., Kulyasova O. A. Agro-climatic conditions of the Tyumen region : a tutorial. Tyumen : Publishing Tyumen State Agricultural Academy, 2008. 206 p.
8. Guidelines for study of world collection of barley and oats. M. : VIR, 1981. 30 p.
9. Guidelines for study and conservation of the world collection of barley and oats (fourth edition, revised and supplemented) / ed. by Loskutov I. G. M. : VIR RAAS, 2012. 63 p.
10. Bome A. Y., Kislitsina E. S., Bome N. A., Loginov Y. P. Evaluation samples of spring wheat in the ability of seeds to germinate // Bulletin of the Tyumen State University. 2001. № 3. P. 51–56.