

**Генетические основы селекции кормовых культур**

УДК 636.086.1:633.16:631.524

**СКОРОСПЕЛОСТЬ МЕСТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ  
(*Hordeum vulgare* L.) ИЗ СТРАН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ И  
БЛИЖНЕГО ВОСТОКА****И.А. ЗВЕЙНЕК**

Ячмень (зерно и зеленая масса) относится к ценнейшим концентрированным кормам для животных, так как содержит полноценный белок, богат крахмалом. Поиск адаптивных источников скороспелости для создания новых сортов остается важной задачей, в связи с чем актуален скрининг мировой коллекции ячменя ВИР (Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова) для выявления скороспелых форм. В полевых опытах мы изучали скорость колошения у 884 образцов ярового ячменя (из стран Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока). Нами выделены образцы из Китая (к-3307, к-15881, к-15882, к-18440), Индии (к-10578, к-25469), КНДР (к-27192, к-30583), Японии (к-5180, к-6995, к-10922, к-10931), которые могут стать источниками скороспелости. По частоте скороспелых форм страны, из которых происходят эти образцы, располагаются следующим образом: Япония > КНДР > Китай ≥ Индия > Пакистан ≥ Афганистан ≥ Монголия. Для унификации данных предложено использовать показатель «доля от стандарта» — частное от деления средней продолжительности периода всходы—колошение у стандартного сорта DL36а на значение этого признака для каждого изучаемого образца за один и тот же год изучения. На основе показателя «доля от стандарта» выборки образцов из всех изученных стран ранжированы по скорости развития. Проанализирована паратипическая изменчивость по длительности периода всходы—колошение у каждого образца и ее влияние на этот признак.

**Ключевые слова:** ячмень, скороспелость, паратипическая изменчивость.

**Keywords:** barley, earliness, paratypic variability.

Ячмень выращивается для продовольственных и технических целей, а также служит ценнейшим концентрированным кормом для животных, содержащим полноценный белок и богатым крахмалом. В России на кормовые цели используют до 70 % этой важной зерновой культуры. Основные успехи мировой селекции ячменя связаны с его экологической пластичностью и высокой адаптивностью к местным условиям. Н.И. Вавилов отмечал, что вегетационный период — важнейшее сортовое экологическое свойство, которое во многом зависит от влияния на сорт климатических факторов (1). М.В. Лукьянова выявила неодинаковую реакцию сортов ячменя по скороспелости в различных экологических группах, связав это с различной приспособленностью к природным факторам (2). В работах по изучению мировой коллекции ярового ячменя показано, что ультраскороспелые и скороспелые формы сосредоточены в центральных и северо-западных районах России, в Сибири, в странах Прибалтики, Скандинавии, Турции, Эфиопии, Индии (3-5).

Различная реакция сортов на изменяющиеся условия — следствие взаимодействия генов, контролирующих скороспелость, с факторами среды. Анализ взаимодействия генотипа и среды используют в основном для выяснения целесообразности размещения сортов в различных климатических зонах (6). В реализации пластичности и адаптивности важную роль играет скороспелость. Время колошения у ячменя в основном определяют гены, контролирующие тип развития, нечувствительность к фотопериоду и скороспелость. Тип развития детерминируется тремя парами генов: — *sh*, *Sh2* и *Sh3*. Любое их сочетание ответственно за яровой тип развития. Озимый тип развития определяет генотип *ShShsh2sh2sh3sh3*, поскольку гены *Sh2* и *Sh3* эпистатичны доминантному аллелю *Sh*, а аллель *sh* имеет аналогичное влияние на рецессивные аллели озимого типа *sh2* и *sh3*. Гены *Sh*, *Sh2* и *Sh3* локализованы соответственно в хромосомах 4, 7 и 5 (7). В на-

стоящее время описан ген, контролирующий нечувствительность к фото-периоду в рецессивном состоянии — *eam8* (*ea<sub>k</sub>*), который локализован в хромосоме 1 (8). Скороспелость контролируется четырьмя парами генов *Eam1* (*Ea*), *eam7* (*ea7*), *eam9* (*ea<sub>,c</sub>*) и *eam10* (*ea<sub>sp</sub>*), находящимися в хромосомах 2, 6, 4 и 3 (9).

Поиск адаптивных источников скороспелости для создания новых сортов остается важной задачей. В связи с этим актуален скрининг мировой коллекции ячменя для выявления скороспелых форм в тех регионах мира, где не проводилось достаточно подробного изучения на скороспелость. Кроме того, оценка частоты встречаемости скороспелых форм и скорости их развития в выборках образцов из разных стран позволяет определить векторы поиска исходного материала по оцениваемому признаку.

Целью нашей работы стало исследование скорости развития местных форм ячменя из стран Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока и оценка встречаемости среди них скороспелых образцов.

*Методика.* Опыты проводили на полях Пушкинского филиала Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург) в 2001–2005 годах. Скороспелость ячменя оценивали в соответствии с методическими указаниями ВИР (10). Суперскороспелыми формами считали те образцы, которые колосились на 8–10 сут раньше стандарта, скороспелыми — на 4–6 сут.

Была изучена продолжительность периода всходы—колошение у местных форм ячменя из Китая (166 образцов), Индии (168), КНДР (20), Японии (102), Монголии (202), Афганистана (198) и Пакистана (28 образцов). В 2001 и 2002 годах высевали образцы из Китая, Индии и КНДР, в 2003 году — из Японии, в 2004 году — из Японии и Монголии, в 2005 году — из Афганистана и Пакистана. В качестве стандартов использовали сорт Белогорский и сорт из Индии D136a.

Статистическую обработку проводили в программе Agros 209. Рассчитывали характеристики выборок (среднее, ошибку средней, стандартное отклонение, коэффициент вариации), достоверность их различий по *t*-критерию Стьюдента. Изучали коэффициенты корреляции (*r*) между встречаемостью скороспелых форм и средней продолжительностью периода всходы—колошение, а также колебанием последнего показателя у стандартов и исследуемых образцов по годам изучения.

*Результаты.* Условия вегетации в годы исследований были неодинаковыми. В 2002 году достаточно большие положительные значения температуры в мае и июне и невысокая влагообеспеченность спровоцировали раннее колошение. Прохладная погода и большее количество осадков за этот же период в 2003 и 2004 годах удлиннили период всходы—колошение у ячменя. Гидротермический режим в 2001 и 2005 годах был сходен со среднемноголетним.

В 2001 году продолжительность периода всходы—колошение у образцов из Китая составила 36–57 сут при среднем значении  $46,5 \pm 0,4$  сут, из Индии — 37–59 сут ( $44,9 \pm 0,3$ ), из КНДР — 36–55 сут ( $46,3 \pm 1,1$ ). В 2002 году из-за погодных условий значения этого показателя были несколько ниже: для образцов из Китая — 29–56 сут ( $40,6 \pm 0,3$ ), из Индии — 31–59 сут ( $41,4 \pm 0,4$ ), из КНДР — 32–48 сут ( $38,4 \pm 1,0$ ). В 2003 году у образцов из Японии размах изменчивости признака составил 40–64 сут, в среднем —  $48,6 \pm 0,6$  сут. В 2004 году у образцов из Японии и Монголии продолжительность периода всходы—колошение варьировала в пределах 41–61 и 41–62 сут при средних значениях  $49,4 \pm 0,4$  и  $50,3 \pm 0,2$  сут. Для образцов из Афганистана и Пакистана в 2005 году лимиты варьирования признака со-

ставляли 42-71 и 44-71 сут; среднее значение —  $53,4 \pm 0,5$  и  $55,0 \pm 1,7$  сут.

Среди образцов из Китая в 2001 и 2002 годах скороспелые формы ячменя встречались с частотой соответственно 8,4 и 5,4 %; из Индии (2001 и 2002 годы) — 8,3 и 2,9 %; из КНДР (2001 и 2002 годы) — 5 и 25 %; из Японии (2003 и 2004 годы) — 29,4 и 13,7 %; из Монголии (2004 год) — 1,0 %; из Афганистана (2005 год) — 2,0 %; из Пакистана (2005 год) — 3,6 %. По частоте таких форм страны, из которых происходили эти образцы, располагались следующим образом: Япония > КНДР > Китай  $\geq$  Индия > Пакистан  $\geq$  Афганистан  $\geq$  Монголия. Были выделены наиболее скороспелые образцы: из Китая — к-3307, к-15881, к-15882, к-18440; из Индии — к-10578, к-25469; КНДР — к-27192, к-30583; Японии — к-5180, к-6995, к-10922, к-10931, к-10984, к-11062, к-11204; Монголии — к-4018, к-21665; Афганистана — к-5935, к-6007, к-6008, к-6056; Пакистана — к-26667.

В первый год исследований образцы из Китая и Индии достоверно различались между собой по средней продолжительности периода всходы—колошение ( $t = 3,35$ ,  $P = 0,001$ ), а различия между образцами из Китая и КНДР, Индии и КНДР были недостоверны (соответственно  $t = 0,12$  и  $t = 1,18$ ). Следовательно, образцы-популяции из Индии характеризуются более высокой скоростью развития, а частота встречаемости скороспелых форм среди них выше по сравнению с двумя другими странами. В 2002 году различие средних значений исследованного показателя между образцами из Китая и Индии оказалось недостоверным ( $t = 1,43$ ), а между образцами из Китая и КНДР, Индии и КНДР — наоборот, значимым ( $t = 2,03$ ,  $P = 0,05$ ;  $t = 2,68$ ,  $P = 0,01$ ). Благодаря условиям вегетации в 2002 году более скороспелыми были образцы из КНДР, далее следовали растения из Китая и Индии. То есть сравнение по среднему значению продолжительности периода всходы—колошение достаточно спорно.

В 2003 году высевали только образцы из Японии, поэтому сопоставление изменчивости признака у них и образцов ячменя из других стран не корректно. В 2004 году скорость развития ячменя из Японии была несколько выше по сравнению с образцами из Монголии ( $t = 1,92$ ). Погодные условия не повлияли на изменчивость изучаемого признака у образцов из Японии: различие между средними значениями признака оказалось незначимым ( $t = 1,09$ ). В 2005 году скорость развития образцов из Афганистана и Пакистана была идентична ( $t = 0,89$ ).

При анализе корреляции между встречаемостью скороспелых форм и средней продолжительностью периода всходы—колошение у образцов ячменя из разных стран выявили несущественную отрицательную среднюю связь между этими признаками ( $r = -0,3$ ,  $t_r = 0,90$ ). При увеличении среднего значения показателя частота скороспелых форм из азиатских стран несколько снижалась. Следовательно, средняя продолжительность периода всходы—колошение отражала частоту скороспелых форм. Несущественность этой связи была детерминирована малой выборкой сравниваемых показателей (11 пар).

Мы попытались унифицировать данные, чтобы обеспечить возможность их объективной оценки. Наиболее рационально сравнивать изучаемые показатели у экспериментальных образцов и стандартного сорта, который высевается ежегодно. В условиях Пушкинского филиала ВИР это сорт Белогорский, выведенный для условий северо-запада России. Колебания средней продолжительности периода всходы—колошение за 5 лет изучения у сорта Белогорский и сортов из стран Юго-Восточной Азии не были сопряжены ( $r = 0,04$ ,  $t_r = 0,12$ ). Белогорский — пластичный сорт, у которого в отличие от азиатских сортов биологические признаки слабо

подвержены влиянию погодных условий Ленинградской области. В качестве стандарта рассматривали также суперскороспелый сорт из Индии DL36a. Средние значения для анализируемого признака по годам изучения у сорта DL36a и образцов из стран Юго-Восточной Азии тесно коррелировали ( $r = 0,7$ ,  $t_r = 3,00$ ). Паратипическая изменчивость скорости колошения у сорта DL36a была приблизительно такой же, как у большинства азиатских образцов. В связи с этим мы пришли к выводу, что в качестве стандарта лучше использовать сорт DL36a.

Для унификации данных ввели показатель «доля от стандарта» (частное от деления средней продолжительности периода всходы—колошение у DL36a на аналогичное значение для каждого образца за один и тот же год изучения). Чем выше доля от стандарта, тем больше продолжительность периода всходы—колошение. Была выявлена отрицательная несущественная средняя связь ( $r = -0,5$ ,  $t_r = 1,72$ ) между частотой скороспелых форм и средним значением доли от стандарта у азиатских сортов ячменя. Приведение средней продолжительности периода всходы—колошение к показателю доли от стандарта увеличивала значение коэффициента корреляции от  $-0,3$  (непреобразованные данные) до  $-0,5$  (относительные показатели), тем самым повышая достоверность результатов опыта.

Наибольшая средняя скорость колошения была характерна для коллекции местных форм ячменя из Японии, изученных в 2004 году (табл. 1). Обобщая полученные сведения, можно расположить страны, из которых происходят образцы, следующим образом: Япония (2004 год) < Монголия (2004 год) < Япония (2003 год) < Индия (2001 год) < Корея (2002 год) < Корея (2001 год)  $\leq$  Китай (2001 год) < Китай (2002 год) < Индия (2002 год) < Афганистан (2005 год) < Пакистан (2005 год) (табл. 1, 2).

**1. Продолжительность периода всходы—колошение (доля от стандарта) у образцов ячменя из стран Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока в разные годы изучения (Пушкинский филиал Всероссийского НИИ растениеводства, г. Санкт-Петербург)**

Происхождение образцов, год изучения	Число образцов, $n$	Предел варьирования показателя	Среднее, $\bar{X} \pm S_x$	Стандартное отклонение, $S$	Коэффициент вариации, $S_y$
Китай, 2001	166	1,04-1,66	1,35 $\pm$ 0,01	0,122	9,04
Китай, 2002	166	1,00-1,93	1,40 $\pm$ 0,01	0,156	11,17
Индия, 2001	168	1,07-1,72	1,31 $\pm$ 0,01	0,111	8,47
Индия, 2002	168	1,06-2,03	1,43 $\pm$ 0,01	0,167	11,69
КНДР, 2001	20	1,04-1,59	1,35 $\pm$ 0,03	0,149	11,05
КНДР, 2002	20	1,10-1,66	1,32 $\pm$ 0,04	0,160	12,15
Япония, 2003	102	1,02-1,63	1,24 $\pm$ 0,02	0,153	12,37
Япония, 2004	102	1,00-1,49	1,20 $\pm$ 0,01	0,103	8,61
Монголия, 2004	202	1,00-1,51	1,23 $\pm$ 0,01	0,079	6,49
Афганистан, 2005	198	1,21-2,04	1,53 $\pm$ 0,01	0,195	12,78
Пакистан, 2005	28	1,26-2,04	1,57 $\pm$ 0,05	0,257	16,31

Образцы ячменя из Китая, Индии и Японии, которые изучали в течение 2 лет, достоверно различались по скорости колошения (доля от стандарта). Исключение составляли образцы из КНДР. Вероятно, преобразование продолжительности периода всходы—колошение всех выборок в долю от стандарта обеспечивает выравнивание только за счет образцов, на которые условия среды влияют так же, как на стандарт. Чем больше в изучаемой выборке форм, реагирующих на погодные условия иначе, чем стандартный сорт, тем сложнее сравнивать образцы, выращенные в разные годы. Достоверность  $t$ -критерия Стьюдента для значения доли от стандарта показывает, что в выборке образцов ячменя содержится достаточно много форм, подверженных сильной паратипической изменчивости.

Мы попытались учесть влияние внешней среды на каждый образец в выборках, которые изучали в течение 2 лет (табл. 3). Достаточно высокая

доля (8,3 %) образцов из Индии, подверженных сильной паратипической изменчивости, а также большое число пластичных форм (22,6 %) обуславливали высокое значение *t*-критерия Стьюдента, что свидетельствовало о значительном различии в скорости развития у образцов из этой выборки. Отсутствие в выборке из КНДР образцов с высокой нормой реакции, а также небольшая доля пластичных форм приводили к тому, что *t*-критерий Стьюдента оказывался недостоверным. Следует отметить, что в изученных выборках всегда присутствовала значительная часть (43,3-47,0 %) форм, реагирующих на условия внешней среды сходно со стандартом, а также достаточно высока доля (18,5-26,5 %) образцов, слабо реагирующих на условия окружающей среды, что предоставляло возможность для сравнения всех изученных популяций по продолжительности периода всходы—колошение.

**2. Достоверность различий (*t*-критерий Стьюдента) по доле от стандарта у образцов ячменя из стран Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока в разные годы изучения (Пушкинский филиал Всероссийского НИИ растениеводства, г. Санкт-Петербург)**

Происхождение образцов, год изучения	Китай, 2002	Индия		КНДР		Япония		Монголия, 2004	Афганистан, 2005	Пакистан, 2005
		2001	2002	2001	2002	2003	2004			
Китай, 2001	3,33***	3,32***	5,06***	0,00	0,81	6,29***	11,1***	11,7***	10,8***	4,41***
Китай, 2002		6,24***	1,69	1,42	2,11*	8,33***	12,8***	13,1***	7,05***	3,37***
Индия, 2001			7,86***	1,17	0,27	4,12***	8,59***	8,48***	13,64***	5,24***
Индия, 2002				2,26*	2,87**	9,57***	14,0***	14,4***	5,23***	2,76**
КНДР, 2001					0,47	3,03**	4,35***	3,6***	5,02***	3,72**
КНДР, 2002						2,05*	3,21**	2,47*	5,44***	4,11***
Япония, 2003							2,21*	0,63	14,1***	6,44***
Япония, 2004								2,68**	19,2***	7,40***
Монголия, 2004									20,2***	6,90***
Афганистан, 2005										0,79

\*, \*\*, \*\*\* Соответственно P = 0,05; 0,01; 0,001.

**3. Влияние условий внешней среды на скорость колошения (по доле от стандарта) в выборках образцов ячменя из стран Юго-Восточной Азии (Пушкинский филиал Всероссийского НИИ растениеводства, г. Санкт-Петербург, 2001-2002 годы)**

Происхождение и число образцов	Доля, %				
	как у стандарта, 0±2 сут	пластичные	реакция		
			слабая	сильная положительная	сильная отрицательная
Китай (n = 166)	43,3	15,7	26,5	12,1	2,4
Индия (n = 168)	47,0	22,6	18,5	3,6	8,3
КНДР (n = 20)	45,0	5,0	20,0	30,0	0,0

Примечание. Стандарт — сорт D136а. Пластичные образцы характеризуются колебанием показателя относительно стандарта в сторону позднеспелости (от -7 до -3 сут), слабая реакция — колебания в сторону скороспелости (от +3 до +5 сут) или позднеспелости (от -8 до -10 сут), сильная положительная реакция — колебания в сторону скороспелости (от +6 сут), сильная отрицательная — в сторону позднеспелости (от -11 сут).

Таким образом, выделены скороспелые образцы ячменя из Китая (к-3307, к-15881, к-15882, к-18440), Индии (к-10578, к-25469), КНДР (к-27192, к-30583), Японии (к-5180, к-6995, к-10922, к-10931), которые могут стать источниками скороспелости. По частоте скороспелых форм ячменя страны, из которых они происходят, располагаются следующим образом: Япония > КНДР > Китай ≥ Индия > Пакистан ≥ Афганистан ≥ Монголия. На основании показателя «доля от стандарта» ранжированы по скорости развития выборки образцов из всех изученных стран: Япония (2004 год) < Монголия (2004 год) < Япония (2003 год) < Индия (2001 год) < Корея (2002 год) < Корея (2001 год) ≤ Китай (2001 год) < Китай (2002 год) < Индия (2002 год) < Афганистан (2005 год) < Пакистан (2005 год). Проанализирована паратипическая изменчивость продолжительности периода всходы—

колошение у каждого образца из Китая, Индии, КНДР и ее влияние на этот признак.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы зерновых культур и льна. Опыт агроэкологического обзора важнейших полевых культур. М.-Л., 1957.
2. Лукьянова М.В. Агробиологическое изучение коллекции овса и ячменя в целях использования на зеленый корм. Автореф. канд. дис. Л., 1958.
3. Козленко Л.В. Коллекция ячменя в Московском отделении ВИР. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции «Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса». СПб, 2009, 165: 137-141.
4. Заушинцева А.В. Генетические источники для реализации основных направлений селекции ячменя в Сибири. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции «Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса». СПб, 2009, 165: 101-105.
5. Батакова О.Б. Некоторые итоги по изучению длины вегетационного периода у ячменя в условиях Архангельской области. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции «Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса». СПб, 2009, 165: 169-173.
6. Анисков Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в Западной Сибири. Омск, 2010.
7. Takahashi R., Yasuda S. Genetic studies of spring and winter habit of growth in barley. Ber. Ohara Inst., 1956, 10: 245-308.
8. Yasuda S., Konishi T., Shimoyama H. Varietal difference in yellowing of barleys under a certain controlled condition of temperature and photoperiod, and its mode of inheritance. Nogaku Kenkyu 51: 53-65 (in Japanese).
9. Franckowiak J.D., Lundqvist U., Konishi T., Gallagher L.W. *Early maturity 8, eam8*. Barley Genetics Newsletter, 1997, 26: 213-215.
10. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л., 1981.

ГНУ Всероссийский НИИ растениеводства  
им. Н.И. Вавилова Россельхозакадемии,  
190000 г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42,  
e-mail: izv-spb1@mail.ru

Поступила в редакцию  
15 ноября 2011 года

### PRECOCITY IN LOCAL BARLEYS (*Hordeum vulgare* L.) FROM SOUTH-EAST ASIA AND THE MIDDLE EAST

I.A. Zveinek

#### Summary

Barley grain and green mass are the most valuable concentrated fodders, rich both with complete protein and starch. A search for adaptive sources of precocity in barley, which can be involved in plant breeding, remains a challenge. In field experiments, we studied the earing rate in 884 samples of spring barley from South-East Asia and the Middle East, deposited in the VIR World Collection (N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, Russia). The samples originated from China (k-3307, k-15881, k-15882, k-18440), India (k-10578, k-25469), North Korea (k-27192, k-30583), and Japan (k-5180, k-6995, k-10922, k-10931) were identified as the sources of precocity. According to prevalence of such forms in the area, the countries, from which the tested samples originated, ranged as follows: Japan > North Korea > China > India > Pakistan > Afghanistan > Mongolia. To unify the data, «the proportion of the standard» was used as a parameter, calculated as a ratio of an average shoots-to-earring period in standard variety DL36a to the corresponding period for each sample registered in the same year. On the basis of «proportion of the standard» all studied samples were ranked by the rapidity of development. In each sample, a paratypic variability of shoots-to-earring period was estimated and its effect to the trait analyzed.

#### Научные собрания



**КООРДИНАЦИОННОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ЗЕРНОФУРАЖНЫМ КУЛЬТУРАМ  
И МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ЧЕСТЬ 110-Й ГОДОВЩИНЫ  
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА А.Я. ТРОФИМОВСКОЙ  
«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ  
РЕСУРСОВ В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ И ОВСА»**

(г. Санкт-Петербург, Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1-5 июля 2013 года)

**Тематика:** Генетическое разнообразие, современные технологии его изучения и использование генетических ресурсов ячменя и овса в селекции, производство и промышленная переработка зерна ячменя и овса.

**Контакты и информация:** <http://www.vir.nw.ru/conf.htm>, [i.loskutov@vir.nw.ru](mailto:i.loskutov@vir.nw.ru)