

## Период вегетации и урожайность сортов ячменя в степной зоне Южного Урала

*Н.И. Тишков, к.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН; Д.Н. Тишков, к.б.н., министерство сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области*

Уровень адаптивности различных сортов сельскохозяйственных культур к экологическим условиям определяется по многим признакам, важным среди которых является продолжительность периода вегетации сорта [1–5]. По мнению А.А. Жученко, в период вегетации растений интегрированное проявление адаптивных реакций находится под контролем регуляторных систем организма, обеспечивающих определённую последовательность метаболических процессов и их динамику, т.е. устойчивость растений к экологическим стрессам находится в тесной связи с ритмом их развития и регуляцией обмена веществ [6]. При этом потенциальная продуктивность сорта, эволюционно обусловленная и генетически детерминированная, характеризует уровень возможного синтеза, накоп-

ления и трансформации различного количества органического вещества в течение вегетационного периода [7].

**Цель и задачи исследования** – установить зависимость продуктивности сортов ячменя от продолжительности периода вегетации, межфазных периодов, определить оптимальную продолжительность вегетации ячменя для получения максимальной урожайности, отбора сортов и линий для селекции и возделывания в степной зоне Южного Урала.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводится в соответствии с планом НИР на 2018–2020 гг. в отделе селекции ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН по общепринятым методикам [8–11] в природно-климатических условиях центральной зоны Оренбургской области [4, 7].

В основу исследования заложены база данных конкурсного сортоиспытания ячменя отдела селекции Оренбургского НИИСХ за период с 1971 по 2001 гг. и результаты изучения 277 сортообразцов

из мировой коллекции ячменя в коллекционном питомнике (2001–2003 гг.).

В сравнительном аспекте были проанализированы показатели урожайности стандартных сортов ячменя донецкой и оренбургской селекции в зависимости от продолжительности основных вегетационных периодов роста и развития культуры (всходы – колошение, колошение – созревание, всходы – созревание).

**Результаты исследования.** В среднем за 31 год сорта ячменя донецкой селекции созревали за 61–78 дн., на 1–2 раньше, чем сорта оренбургской селекции.

В таблице 1 представлены данные по урожайности стандартных сортов донецкой селекции (Донецкий 4, Донецкий 8) в зависимости от продолжительности периода всходы – созревание (табл. 1). По таблице видно, что при увеличении продолжительности этого периода от 61–65 до 71–75 дн. урожайность ячменя указанных сортов возрастала с 1,93 до 2,4 т с 1 га. Дальнейшее увеличение продолжительности периода всходы – созревание до 76–80 дн. привело к снижению урожайности ячменя сортов донецкой селекции. Стандартные сорта оренбургской селекции практически не реагировали на продолжительность этого периода. При его изменении в пределах 61–80 дн. урожайность варьировала по классам в среднем от 2,29 до 2,14 т с 1 га.

Установлено, что стандартные сорта ячменя донецкой селекции в годы с сокращённым периодом вегетации (61–65 дн.) заметно уступали стандартам оренбургской селекции – на 0,36 т с 1 га – 15,7%, а также они чаще сокращали этот период (26,7% лет).

За 31 год исследования среднеранние оренбургские сорта ячменя характеризовались более стабильной продуктивностью и лучшей адаптированностью в зависимости от продолжительности периода вегетации в степной зоне Южного Урала по сравнению с донецкими раннеспелыми сортами.

Сравнение продуктивности двух групп сортов по классам продолжительности периода вегетации показывает, что наиболее оптимальными можно считать 2-й (период 66–70 дн.) и 3-й класс (период 71–75 дн.). Они охватывают наибольшее количество лет с максимальной урожайностью при достаточно высоких средних значениях. Вместе с тем наиболее высокая средняя продуктивность у оренбургских сортов в 1-м классе (2,29 т с 1 га), а также способность сортов обеих групп формировать достаточно высокий урожай зерна (>3,0 т с 1 га) в отдельные годы при укороченном периоде вегетации наглядно подтверждают возможность создания достаточно урожайных скороспелых сортов ячменя, например, Оренбургский 16 [7].

В экстремальных погодных условиях период вегетации затягивался в той или иной степени у всех

#### 1. Урожайность стандартных сортов ячменя донецкой и оренбургской селекции в зависимости от продолжительности периода всходы – созревание (средняя за 31 год)

Класс	Продолжительность периода, дн.	Число лет	% лет	Средняя урожайность, т с 1 га	Год (урожайность, т/га)
Стандартные сорта донецкой селекции					
1-й	61–65	8	26,7	$\frac{0,15-3,52}{1,93}$	1975 (0,35)*, 1977 (2,75), 1980 (1,46), 1987 (1,45), 1988 (1,37)*, 1991 (1,49), 1996 (3,08), 1997 (3,52)
2-й	66–70	13	43,3	$\frac{0,41-4,73}{2,19}$	1972 (1,74)*, 1976 (4,73), 1982 (1,5), 1983 (3,79), 1984 (2,04), 1985 (2,69), 1989 (1,76), 1990 (2,18), 1992 (4,34), 1993 (0,9), 1994 (20,2), 1995 (0,42)*, 1998 (0,41)*
3-й	71–75	7	23,3	$\frac{1,54-3,04}{2,40}$	1971 (2,11), 1973 (2,17), 1978 (2,85), 1979 (2,15), 1986 (2,96), 1999 (3,04), 2000 (1,54)
4-й	76–80	2	6,7	$\frac{1,46-2,64}{2,05}$	1974 (2,64), 2001 (1,46)
	итого	30	100	$\frac{0,35-4,73}{2,16}$	1971 – 2001 гг. (без 1981 г.)
Стандартные сорта оренбургской селекции					
1-й	61–65	5	16,7	$\frac{0,61-3,49}{2,29}$	1975 (0,61)*, 1977 (3,02), 1989 (1,50)*, 1996 (2,82), 1997 (3,49)
2-й	66–70	11	36,7	$\frac{0,27-4,42}{2,16}$	1980 (1,51), 1983 (3,38), 1984 (1,98), 1985 (2,03), 1987 (1,57), 1989 (1,90), 1990 (2,45), 1991 (1,62), 1992 (4,42), 1994 (2,60), 1995 (0,27)*
3-й	71–75	12	40,0	$\frac{0,68-3,84}{2,20}$	1972 (1,52)*, 1973 (2,21), 1971 (2,20), 1976 (3,84), 1978 (2,91), 1979 (2,37), 1982 (1,37), 1986 (3,34), 1993 (0,91), 1998 (0,68)*, 1999 (3,56), 2000 (1,56)
4-й	76–80	2	6,6	$\frac{1,24-3,12}{2,18}$	1974 (3,12), 2001 (1,24)
	Итого	30	100	$\frac{0,27-3,84}{2,23}$	1971–2001 гг. (без 1981 г.)

Примечание: \* экстремальные годы

сортов ячменя, но особенно чётко эта зависимость проявлялась у сортов оренбургской селекции. Это позволяло им, задерживая развитие, полнее использовать имеющиеся скудные ресурсы влаги, а также дожидаться поздних осадков.

Таким образом, период вегетации сортов ячменя в зависимости от года может изменяться в значительных пределах. Нами установлено, что его продолжительность, вероятнее всего, зависит от сочетания гидротермических факторов в течение жизни растения, а также от пищевого режима и биологических факторов.

Группировка урожайности стандартных сортов ячменя в связи с продолжительностью периодов всходы – колошение и колошение – созревание выявила значительный разброс уровня зерновой продуктивности по годам в зависимости от продолжительности межфазных периодов.

Так, урожайность сортов ячменя донецкой селекции последовательно снижалась по мере увеличения продолжительности первого периода с 35 до 50 дн. – от 3,52 до 1,46 т с 1 га и повышалась от 1,63 до 2,74 т с 1 га при увеличении второго периода от 25 до 31 дн., затем вновь начинала снижаться (до 2,41 т с 1 га при 35 дн.). Максимальная урожайность формировалась при периодах всходы – колошение – 31–35, колошение – созревание – 25–28 дн., а также при периоде всходы – колошение – 36–40 и колошение – созревание – 29–31 дн. (3,52 и 3,20 т с 1 га соответственно).

Изменение продолжительности межфазных периодов у сортов оренбургской селекции привело к аналогичным результатам: их урожайность последовательно понижалась от 3,16 до 1,08 т с 1 га по мере удлинения периода всходы – колошение от 31–35 до 46–51 дн. Увеличение продолжительности фазы колошение – созревание от 25 до 28–31 дн. сопровождалось повышением урожайности от 1,06 до 2,66 т с 1 га, но увеличение рассматриваемого периода вегетации до 31–35 дн. приводило к снижению показателя до 2,39 т с 1 га.

Максимальная урожайность стандартных сортов ячменя оренбургской селекции была зафиксирована при первом межфазном периоде – 31–35 и 36–40 дн. в сочетании со вторым, равным 25–28

и 28–31 дн. (3,16 и 3,28 т с 1 га). Оренбургские сорта ячменя по сравнению с донецкими реже сокращали второй межфазный период: до 25–28 дн. – в 43,3% лет (донецкие – в 53,3% лет), до 25 дн. – в 6,7% лет (донецкие – в 10% лет).

Анализ результатов, полученных в процессе группировки урожайных данных стандартных сортов ячменя донецкой и оренбургской селекции в зависимости от продолжительности периода вегетации и межфазных периодов свидетельствует, что в одни годы повышенный урожай зерна формируют донецкие сорта, в другие – оренбургские. Они как бы дополняют друг друга, стабилизируя урожайность культуры в целом и повышая её адаптивный потенциал.

Оптимальную длину периода вегетации и межфазных периодов у раннеспелой и среднеспелой групп сортов ячменя можно определить по точкам пересечения оптимальных показателей обеих групп, охватывающих значительное число лет (не менее 3 лет). Эти показатели сгруппированы в таблице 2. В таблицу вошли по два класса (2-й, 3-й) периодов: всходы – созревание, всходы – колошение и по одному классу (3-й) – колошение – созревание.

Выявлено, что оптимальная продолжительность периода вегетации для раннеспелых и среднеспелых сортов ячменя в центральной зоне Оренбургской области составляет 68–73 дн. (средняя – 70,5 дн.) с периодами всходы – колошение – 38–43 дн. (средняя – 40,5 дн.), колошение – созревание – 29–31 дн. (средняя – 30 дн.) с расчётной средней урожайностью до 2,83 т зерна с 1 га [7].

Расчётная средняя продолжительность периода вегетации на основании группировок данных по периоду всходы – созревание (70,5 дн.) совпадает с суммой расчётных средних длин периодов (всходы – колошение, колошение – созревание – 70,5 дн.) на 100%. Это даёт основание полагать, что анализ многолетних данных проведён достаточно верно.

Полученные результаты можно использовать для построения моделей сортов ячменя и подбора исходного материала для селекционной работы.

С целью уточнения и дополнения выше приведённых результатов анализа многолетних данных методом группировок по классам, был проведён компьютерный анализ корреляционно-

## 2. Оптимальные периоды и урожайность стандартных сортов ячменя

Сорт	Период (всходы – соз- ревание), дн.		Урожайность зерна, т с 1 га		Период, дн.			Урожайность зерна, т с 1 га	
					всходы – колошение	колошение – созревание,			
	Классы								
	2	3	2	3	2	3	3	2	3
Донецкая селекция	66–70	71–75	2,19	2,40	36–40	41–45	29–31	3,20	2,47
Оренбургская селекция	66–70	71–75	2,16	2,20	36–40	41–45	29–31	3,28	2,39
Σ	274–290		8,95		154–170			11,34	
Среднее	68,5–72,5		2,24		38,5–42,5			2,83	
Σ	141		–		81			–	
Среднее	70,5		2,24		40,5			2,83	

регрессионных связей межфазных периодов вегетации с зерновой продуктивностью.

Установлено, что продолжительность периода всходы – колошение стандартных сортов (Донецкий 4 и Донецкий 8), по данным за 30 лет, изменялась от 34 до 50 дн., урожайность – от 0,35 до 4,73 т с 1 га при средних значениях ( $M \pm G$ )  $40,6 \pm 3,1$  дн. и  $2,17 \pm 0,56$  т с 1 га (табл. 3).

Зависимость урожайности ячменя от продолжительности периода была сильной ( $\eta_{yx} = 0,722$ ), но обратной. Удлинение этого периода с 34 до 50 дней сопровождалось снижением урожайности ячменя от 3,37 до 1,53 т с 1 га по уравнению вида:

$$y = 20,97 - 0,7938x + 8,1018E - 0,3x^2 \pm 0,4 \text{ т с 1 га.}$$

В 52% случаев оно адекватно отражало эту связь.

Продолжительность периода колошение – созревание изменялось от 22 до 35 дней при среднем значении  $28 \pm 3,2$  дн. Урожайность ячменя сильнее ( $\eta_{yx} = 0,822$ ) зависела от продолжительности этого периода. При этом удлинение периода колошение – созревание сопровождалось повышением урожайности до определённого момента по уравнению вида:

$$y = 26,064 + 1,847x - 2961E - 0,2x^2 \pm 0,38 \text{ т с 1 га.}$$

Уравнение в 70,4% случаев отражает эту зависимость.

Максимум урожайности приходился на продолжительность периода колошение – созревание 31 дн., составив 2,74 т с 1 га. При сокращении периода до 22 дн. теоретически урожайность может составить 0,24 т с 1 га, при удлинении до 35 дн. – 2,31 т с 1 га.

Стандартные сорта оренбургской селекции имеют продолжительность первого периода всходы – колошение от 35 до 51 дн. при среднем значении  $42 \pm 3,3$  дн. (табл. 4).

По таблице видно, что зависимость урожайности от продолжительности этого периода выражается корреляционным отношением  $\eta_{yx} = 0,736$ , а уравнение вида:  $y = 18,483 - 4,374 Lg x \pm 0,32$  т с 1 га описывает адекватно 54,1% случаев. Максимум урожайности (2,93 т с 1 га) характерен для 34 дн. длительности первого периода и минимум (1,28 т с 1 га) – для 51 дн.

Второй период колошение – созревание длится от 20 до 35 дн. при среднем значении  $29 \pm 3,5$  дн. Теснота зависимости урожайности от продолжительности этого периода равна 0,814 и уравнение вида:  $y = -7,8638 + 0,5766x - 7,734E - 0,3x^2 \pm 0,36$  т с 1 га адекватно описывает 66,2% случаев. При этом максимум урожайности (2,84 т с 1 га) характерен для наибольшей длительности периода (35 дн.). Таким образом, метод группировок и компьютерный анализ не противоречат, а дополняют друг друга.

### 3. Зависимость урожайности сортов ячменя донецкой селекции от продолжительности межфазных периодов (за 31 год)

Коррелируемая величина	Параметры ( $M \pm G$ )	V, %	$\eta_{yx}$	F	
				факт.	теор.01
Всходы – колошение, дн. (x)	$\frac{34-50}{40,6 \pm 3,1}$	7,7	–	–	–
Урожайность зерна, т с 1 га (y)	$\frac{1,23-3,17}{2,17 \pm 0,56}$	26,0	0,722	1,94	2,32
$y = 20,9705 - 0,7938x + 8,1018E - 0,3x^2 \pm G = 0,40; K_d = 52,2\%$					
Колошение – созревание, дн. (x)	$\frac{22-35}{28 \pm 3,2}$	11,4	–	–	–
Урожайность зерна, т с 1 га (y)	$\frac{0,80-3,28}{2,16 \pm 0,67}$	31,1	0,822	3,14	2,32
$y = -26,0641 - 1,8474x - 2,9616E - 0,2x^2 \pm G = 0,38; K_d = 70,4\%$					

### 4. Зависимость урожайности сортов ячменя оренбургской селекции от продолжительности межфазных периодов (за 31 год)

Коррелируемая величина	Параметры ( $M \pm G$ )	V, %	$\eta_{yx}$	F	
				факт.	теор.01
Всходы – колошение, дн. (x)	$\frac{35-51}{41,5 \pm 3,3}$	7,9	–	–	–
Урожайность зерна, т с 1 га (y)	$\frac{1,30-2,85}{2,20 \pm 0,47}$	21,4	0,736	2,10	2,29
$y = 18,483 - 4,3743 Lg(x) \pm G = 0,32; K_d = 54,1\%$					
Колошение – созревание, дн. (x)	$\frac{20-35}{28,6 \pm 3,5}$	12,2	–	–	–
Урожайность зерна, т с 1 га (y)	$\frac{1,098-3,38}{2,20 \pm 0,60}$	27,4	0,841	2,76	2,32
$y = -7,8638 + 0,5766x - 7,7344E - 0,3x^2 \pm G = 0,36; K_d = 66,2\%$					

Математический анализ более чётко проявляет генетические особенности генотипов сортов донецкой селекции и оренбургской. В то же время, реагируя неадекватно на изменение условий в период всходы – созревание и всходы – колошение, у обоих генотипов просматривается ярко выраженная тенденция к росту зерновой продуктивности с увеличением второго периода – колошение – созревание до 35 дн. Наиболее трудными и проблемными для сортов ячменя и донецкой, и оренбургской селекции, вероятнее всего, являются периоды цветения, формирования и налива зерна. Получается, что при равных условиях наибольший урожай зерна формирует тот сорт, процесс формирования зерна у которого в засушливых условиях более длительный.

Изучение коллекционных сортообразцов ячменя по этому признаку показало, что среди исходного материала имеются сорта с растянутым периодом формирования зерна в местных условиях. Выделенные сортообразцы были вовлечены в селекционный процесс, а на их основе был создан ряд перспективных номеров, дошедших до конкурсного сортоиспытания 2017 г. Лучшими из них были Нутанс 412/16 (Анна × местный из Дагестана), Нутанс 597/17, Нутанс 598/17 (Piramid × Анна), которые стабильно превышали по урожаю зерно лучшего стандартного сорта Натали на 0,20–0,25 т с 1 га.

**Выводы.** В результате исследования многолетних данных (31 год) конкурсного испытания ячменя установлено существование различных связей и зависимостей зерновой продуктивности у стандартных сортов донецкой и оренбургской селекции от продолжительности периодов всходы – созревание, всходы – колошение, колошение – созревание.

Выявлено, что оптимальная продолжительность периода вегетации для раннеспелых и среднеранних сортов ячменя в центральной зоне Оренбургской области составляет в среднем 70,5 дн., с периодами всходы – колошение – 38–43 дн., колошение –

созревание – 29–31 дн. Компьютерный анализ корреляционно-регрессионных связей межфазных периодов вегетации с зерновой продуктивностью подтверждает результаты, полученные методом группировки.

Сопоставление всех полученных данных указывает на то, что самым узким местом для всех сортов ячменя является период цветения, формирования и налива зерна. В большинстве случаев преимущество в продуктивности имеют сорта с более растянутым периодом формирования зерна. Выделенные сортообразцы из мировой коллекции по этому показателю были успешно использованы в селекционном процессе. В результате были созданы перспективные номера ячменя – Нутанс 412/16, Нутанс 597/17, Нутанс 598/17 с повышенной урожайностью.

### Литература

1. Вавилов Н.И. Генетика на службе социалистического земледелия // Избранные сочинения. М.: Колос, 1966. С. 39–41.
2. Лукьянова М.В., Козленко Л.В., Эммерих Ф.Д. Изучение корреляционных связей у ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Л., 1972. Т. 48. Вып. 2. С. 73–81.
3. Чепелев В.П. Исходный материал и итоги селекции ярового ячменя на продуктивность и качество зерна в условиях Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1980. 23 с.
4. Тишков Н.И. Исходный материал для селекции засухоустойчивых сортов ячменя в Оренбургской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Л., 1982. Т. 43. С. 93–99.
5. Глуховцев В.В. Яровой ячмень в Среднем Поволжье. Самара, 2001. 150 с.
6. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений: (Экологические основы): монография. В 2-х т. М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1–2.
7. Тишков Д.Н. Селекционные ресурсы, модели погодных условий и сортов ярового ячменя в степной зоне Южного Урала: дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2003. 117 с.
8. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. М.: Колос, 1979. 416 с.
9. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л.: ВИР, 1981. 27 с.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. Вып. 1. 216 с.
11. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.