УДК 633.162

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И УРОВЕНЬ ВЛАЖНОСТИ ЯЧМЕНЯ РАЗНОЙ СПЕЛОСТИ

Чепец Е.С., Чепец С.А.

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, e-mail: chepec-elena@rambler.ru

В статье изучены образование, налив и созревание зерна озимого ячменя, установлены этапы, периоды и фазы роста, которые характеризуются определённым строением зерна, биохимическими превращениями и уровнем его влажности. Влажность и консистенция объективно отражают как морфологические, так и биохимические изменения в зерновке. При рассмотрении процесса зернообразования изучены показатели, которые характеризуют ход изменения сухого вещества и влажности зерна (масса 1000 сырых и сухих зерен), выявлены три общих периода в зернообразовании. В статье также установлены особенности, которые выражаются в продолжении накопления пластических веществ и во второй половине восковой спелости при снижении содержания влаги до 30–34%. В связи с этим наблюдается большой разрыв (8–12 дней) в достижении максимального значения 1000 сырых и сухих зёрен. Наибольшая масса 1000 сухих зёрен наступает при влажности зерна 25–34% в зависимости от условий года.

Ключевые слова: озимый, яровой ячмень, фазы роста и развития, зерновка, зернообразование, вода, сухое вещество

MORPHOLOGICAL CHANGES AND HUMIDITY OF BARLEY DIFFERENT RIPENESS

Chepets E.S., Chepets S.A.

Don State Agrarian University, Persianovsky, e-mail: chepec-elena@rambler.ru

In this paper we study the formation, maturation and ripening grain of winter barley, set stages, periods and phases of growth, which are characterized by a certain structure of the grain, the biochemical transformation and its level of humidity. Humidity and consistency objectively reflect both morphological and biochemical changes in the caryopsis. When considering the process zernoobrazovaniya studied indicators that characterize the variation of the dry matter and grain moisture (wet weight of 1000 and dry beans), identified three broad periods in zernoobrazovanii. The article also installed features, which are expressed to continue the accumulation of plastic substances in the second half of wax ripeness while reducing the moisture content to 30–34%. In this regard, there is a large gap (8–12 days) to reach the maximum value in 1000 of raw and dry grain. Most dry weight of 1000 grains occurs when grain moisture 25–34% depending on the year

Keywords: winter, spring barley, growth and development stages, weevil, zernoobrazovanie, water, dry chemical

После цветения и оплодотворения в зерне протекают сложнейшие органообразовательные процессы, определяющие в конечном итоге величину и качество урожая:

– формирование, связанное с делением, ростом и дифференциацией клеток, в ходе которого возникают все части зерновки;

– налив (накопление сухих веществ, увеличение массы зерна);

– созревание (качественное превращение высокомолекулярных веществ) [1].

В процессе прохождения органообразовательных процессов, наряду с основными этапами и периодами, выделяют фазы роста и развития зерна, которые характеризуются определенным строением, биохимическими превращениями и уровнем влажности (рис. 1, 2).

Целью исследований послужили морфологические изменения, а также уровень влажности зерна озимого и ярового ячменя.

На X этапе органогенеза отличают период, который включает в себя фазу пяточки и студенисто-жидкое состояние. Он длится 10–12 дней и отличается бурным ростом зерновки и активным делением ядер эндосперма. В течение сравнительно короткого времени создается вместилище для поступления пластических веществ. Благодаря делению клеток сначала закладывается колеоптиль, затем первый листок, точка роста и щиток. Ко времени окончания фазы студенисто-жидкого состояния все части зародыша имеют нормально развитое строение [2].

На скорость развития зародыша большое влияние оказывает температура: чем она выше, тем быстрее идут формообразовательные процессы в зерновке. Одновременно с развитием зародыша растет эндосперм. Его длина и тем самым длина всей зерновки на 8–12-й день после цветения достигает своего максимального значения [7].

Наряду с интенсивным ростом отмечается существенное увеличение массы сырых зерен. Так, масса 1000 шестидневных зерен была в пределах 8,3–9,4 г, а девяти-одиннадцати-дневных возросла до 30,5–38,6 г, т.е. за 5–6 дней вегетации масса 1000 сырых зерен как озимого, так и ярового ячменя увеличилась в 3,2–4,6 раза. Во время интен-

сивного линейного роста эндосперма в нем накапливаются преимущественно водорастворимые вещества. Часть этих веществ используется в процессе дыхания, давая химическую энергию и промежуточные метаболиты, которые служат для синтеза целлюлозы, липидов, белков, витаминов, регуляторов обмена веществ, аминокислот и т.п. Другая часть служит для образования быстро растущих запасных соединений. Высокий метаболизм биохимических процессов развивающейся зерновки определяет и высокую влажность зерна, поэтому на первых порах содержание воды поддерживается на уровне 75–80 %. К концу этапа включаются более сложные биохимические процессы, приводящие к снижению влажности зерна до 60–65 %. В целом на ранних этапах зернообразования соотношение воды и сухих веществ определяется пропорцией 8:2 (пяточка) или 7:3 (студенисто-жидкое состояние), т.е. количество воды превышает количество сухого вещества в 3–4 раза (рис. 1). До тех пор, пока зерновка имеет жидкую или полужидкую консистенцию, а ткани плодовой оболочки сохраняют осмотические свойства, она остается в тургорном состоянии независимо от погодных условий.

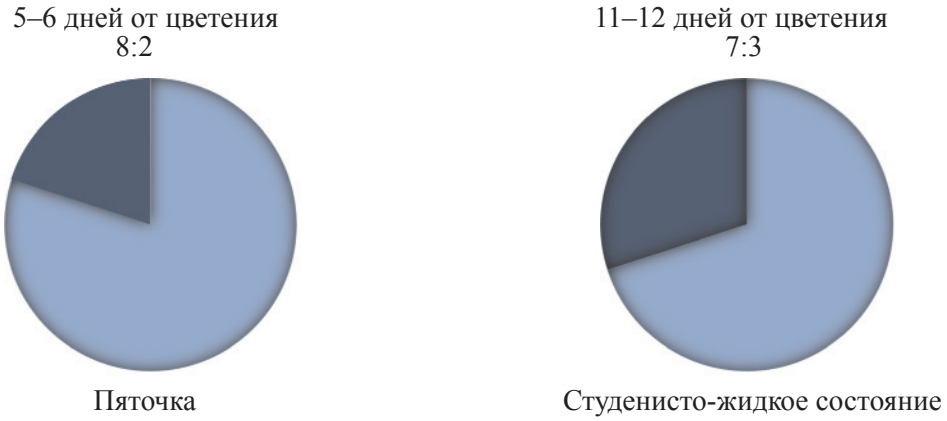


Рис. 1. Соотношение воды (●) и сухих веществ (●) в зерне озимого и ярового ячменя в фазе формирования

Формирующееся зерно меняет и внешний вид (рис. 2): если в фазе пяточки зерновка имеет минимальные размеры и, благодаря наличию нераскрывшихся хлорофилловых зерен, окрашена в зеленый цвет, то к студенисто-жидкому состоянию она достигает окончательной длины и приобретает светло-зеленую окраску с молочным оттенком на спинке, при этом консистенция зерна изменяется от мутноватой жидкости до студенисто-водянистой [8].

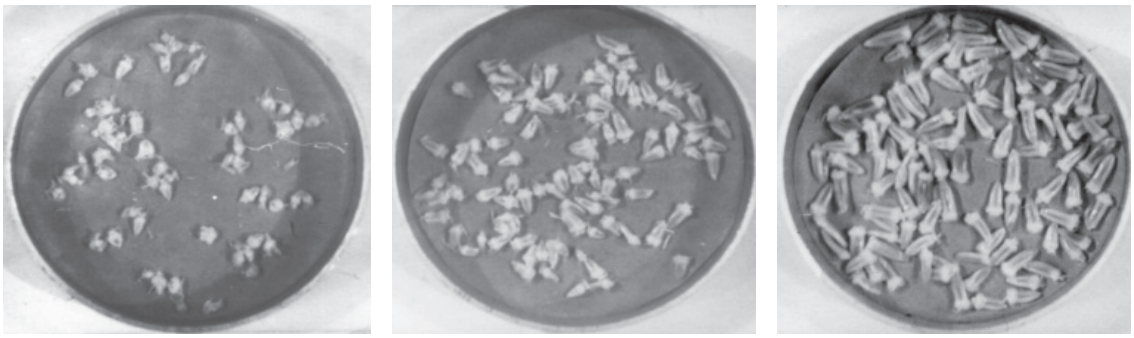


Рис. 2. Первый этап зернообразования ячменя – формирование

Период налива продолжается 16–18 дней и соответствуют ему 2 фазы: молочное и тестообразное состояние зерна. Молочное состояние длится 12–15 дней, а тестообразное длится 3–4 дня, хотя жаркая и сухая погода может несколько сократить, а умеренная дождливая – увеличить их продолжительность. На этом этапе увеличиваются размеры зерновки и завершается процесс морфологической дифференциации зародыша: закладывается ещё 1–2 зародышевых листа и вторая пара зародышевых

корешков, завершается формирование щитка. Налив зерна сопровождается высоким уровнем синтезирования: простые органические вещества превращаются в более сложные, которые заполняют клетки эндосперма, зародыша, алейронового слоя. Все эти полимеры биологического происхождения образуются с выделением свободной воды, которая затем или теряется в результате транспирации, или участвует в других реакциях как химический реагент [2, 6].

Наиболее резкое увеличение массы сухого вещества в зерне отмечено в период между 11 и 28 днями после окончания цветения: за 17 дней вегетации масса 1000 сухих зёрен возросла в среднем за годы исследований в 3 раза. Крахмал, формируясь в пластидах, затем оказывается свободнолежащим в цитоплазме. Это физиологический процесс, который в значительной степени определяется погодными условиями: жаркая, сухая погода сокращает продолжительность налива зерна, что приводит к снижению массы 1000 зёрен [3].

Изменение количества воды и сухих веществ на разных этапах налива, выраженное в абсолютных величинах, позволило сопоставить темпы поступления этих компонентов в зерновку. Соотношение воды и сухих веществ в начале налива (молочное состояние) определяется выражением 6:4, а к тестообразному, когда жидкое содержание клеток заменяется твёрдыми отложениями в виде крахмальных зёрен и белковых веществ, соотношение воды и сухих веществ выравнивается и определяется пропорцией 5:5 (рис. 3).

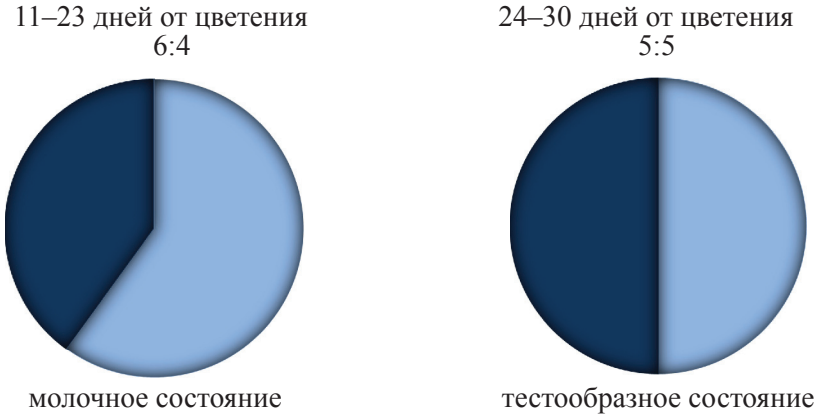


Рис. 3. Доля воды (●) и сухих веществ (●) в зерне ячменя в фазе налива

Во время налива морфологические изменения зерновки более существенные; в начале и середине фазы молочного состояния содержимое зерновки ещё легко отделяется от плёнок, имеет белую, слегка растягивающуюся массу. В связи с тем, что клетки эндосперма живые, они содержат много цитоплазмы, насыщенной водой, поэтому влажность зерна находится в пределах 61–68 %. Содержимое зерна имеет консистенцию густого клейкого молочка. В период налива в зерновке идут не только процессы аккумуляции питательных веществ, но и усиливается обезвоживание тканей и начинается переход от полужидкой консистенции запасных веществ к более плотной [4].

Тестообразное состояние является переходной фазой, при которой зерновка остается ещё довольно крупной, но приток пластических веществ существенно замедляется и влажность снижается до 42 %. Подсыхание семян активизирует процесс формирования алейроновых клеток, в которых идет накопление соответствующих специфических пластических и физиологических активных веществ (рис. 4).

Содержание зерна представлено тестообразной (творожной) массой, которая при нажиме выдавливается и легко скатывается в шарик, а при растягивании образует нити или тяжи. На изломе вода не выделяется, эндосперм в центре имеет мучнисто-телесную окраску. Зерновка блестящая, зелёный цвет сохраняется по бороздке и в зерне зародыша, спинка соломенно-жёлтая.

Период созревания включает фазы восковой и полной спелости. Восковая спелость ячменя продолжается 8–11 дней и имеет наибольшее производственное значение. Для правильного определения оптимальных сроков уборки раздельным способом следует различать начало, середину и конец восковой спелости.

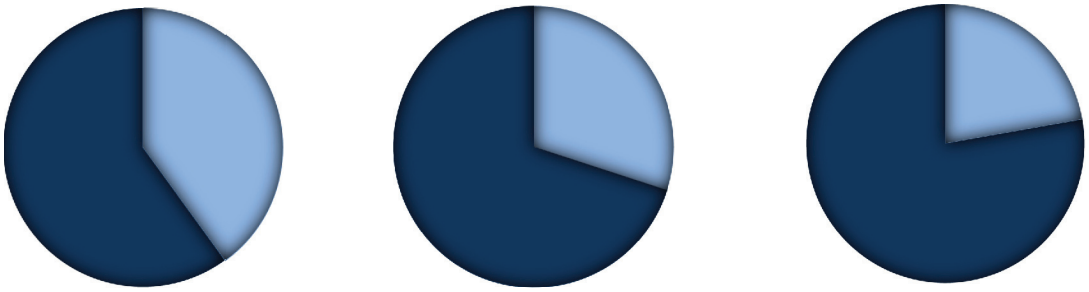
В начале восковой спелости зерновка крупная, поверхность её блестящая, полностью лишена зелёной окраски. При нажиме содержимое не выдавливается, мнётся, как воск, но к пальцам не пристаёт, легко режется ногтем и на изломе гнётся. Цветочные

плёнки плотно срастаются с зерновкой. Эндосперм мучнистый, с сероватым оттенком. Влажность зерна достигает физиологического порога (36–40 %), за которым происходит ослабление интенсивности биохимического обмена веществ. Быстрое падение влажности, а значит и снижение содержания воды в зерне происходит не за счёт прироста сухого вещества, а за счёт преобладания физических процессов высыхания над физиологическими. Так, в среднем, за годы исследований масса 1000 сырых зёрен ячменя уменьшилась в 1,5–1,6 раз, а содержание свободной воды в 3,1–3,6 раз. При этом соотношение воды и сухих веществ в зерне изменяется и определяется пропорцией 4:6 (т.е. на 6 частей сухого вещества приходится 4 части воды (рис. 5).

молочное состояние тестообразное состояние

Рис. 4. Второй этап зернообразования ячменя – налив

31–33 дней от цветения 4:6 | 33–35 дней от цветения 3:7 | 35–37 дней от цветения 2:7



начало восковой спелости | середина восковой спелости | конец восковой спелости

Рис. 5. Соотношение воды (●) и сухих веществ (●) в зерне ячменя, фаза созревания

В середине восковой спелости, благодаря обезвоживанию, размеры зерновки в сравнении с началом фазы несколько уменьшены. Поступление пластических веществ резко падает, но при нормальных погодных условиях сухая масса зерна может увеличиваться на 8–12 %. Содержимое зерна имеет воскообразную консистенцию, режется ногтем, но в шарик не скатывается. Эндосперм белый, мучнистый. Накопленные водорастворимые переходят в нерастворимые запасные формы. Содержание воды снижается до 21–35 %. Соотношение воды и сухих веществ в зерновке устанавливается на уровне 3:7 (рис. 5).

В конце восковой спелости зерно приобретает свойственную ему окраску, трудно размалывается, на изломе мучнистое, ногтем не режется, но след от него остаётся. Размер и форма зерновки характерные для сорта. Влажность снижается до 20–25 %, а поступление в зерно продуктов ассимиляции прекращается. Однако физиологическая связь зерновки с материнским растением ещё некоторое время сохраняется. Проводящие пути стебля и колоса способны перемещать влагу и пластические вещества в репродуктивные органы до твёрдой спелости. Соотношение воды и сухих веществ устанавливается на уровне 2:7.

С наступлением полной спелости зерно утрачивает связь с материнским растением.

Таким образом, процесс зернообразования ячменя делится на этапы, фазы и периоды созревания, которые характеризуются определённым строением, биохимическими превращениями, уровнем питательных веществ и влажности зерна.

Список литературы

1. Алабушев В.А. Биологические особенности образования и созревания зерна ярового ячменя в условиях недостаточного увлажнения / В.А. Алабушев, Т.А. Чепец // Сельскохозяйственная биология. – 1986. – № 9. – С. 3.

2. Коренев Г.В. Биологическое обоснование сроков и способов уборки зерновых культур. – М.-:Колос, 1971. – 139 с.

3. Кулешов Н.Н. Формирование, налив и созревание зерна яровой пшеницы в зависимости от условий произрастания // Записи Харьковского СХИ. – Харьков, 1951. – Т. VII. – С. 51–139.

4. Чепец С.А., Чепец Е.С. Сорта и удобрения – резервы повышения эффективности производства зерна озимого ячменя / С.А. Чепец, Е.С. Чепец //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета. – 2007. – № 26. – С. 301–308.

5. Чепец Т.А. Качество зерна в зависимости от сроков и способов уборки / Т.А. Чепец, Е.С. Чепец // Состояние и перспективы развития агрономической науки. – п. Персиановский: ДонГАУ, 2007. – С. 180–183.

6. Чепец Е.С. Обоснование сроков и способов уборки озимого ячменя в приазовской зоне Ростовской области: дис. ... канд сельскохоз наук / Донской государственный аграрный университет. – п. Персиановский, 2012. – С. 7.

7. Чепец Е.С. Образование, налив и созревание зерна озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 1 (19). – г. Зерноград. – С. 36–41.

8. Чепец Е.С. Особенности зернообразования озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 2 (20). – г. Зерноград. – С. 7–11.

References

1. Alabushev V.A. Biologicheskie osobennosti obrazovanija i sozrevanija zerna jarovogo jachmenja v uslovijah nedostatochnogo uvlazhnenija, Sel'skohozjajstvennaja biologija. 1986, no. 9, pp. 3.

2. Korenev G.V. Biologicheskoe obosnovanie srokov i sposobov uborki zernovyh kul'tur, M,: Kolos, 1971, 139 p.

3. Kuleshov N.N. Formirovanie, naliv i sozrevanie zerna jarovoj pshenicy v zavisimosti ot uslovij proizrastanija, Zapisi Har'kovskogo SHI, Har'kov, 1951, T. VII, pp. 51–139.

4. Chepec S.A., Chepec E.S. Sorta i udobrenija – rezervy povyshenija jeffektivnosti proizvodstva zerna ozimogo jachmenja., Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2007, no. 26, pp. 301–308.

5. Chepec T.A. Kachestvo zerna v zavisimosti ot srokov i sposobov uborki T.A. Sostojanie i perspektivy razvitija agronomicheskoj nauki, p. Persianovskij. Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2007, pp. 180–183.

6. Chepec E.S. Obosnovanie srokov i sposobov uborki ozimogo jachmenja v priazovskoj zone Rostovskoj oblasti, dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozjajstvennyh nauk, Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, p. Persianovskij, 2012, pp. 7.

7. Chepec E.S. Obrazovanie, naliv i sozrevanie zerna ozimogo jachmenja., Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2012, no. 1 (19), g. Zernograd, pp. 36–41.

8. Chepec E.S. Osobennosti zernoobrazovanija ozimogo jachmenja, Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2012, no. 2 (20), g. Zernograd, pp. 7–11.

Рецензенты:

Пимонов К.И., д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии и почвоведения, ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский;

Агафонов Е.В., д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии и почвоведения, ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский.

Работа поступила в редакцию 27.10.2014.