УДК 633.16:631.526.32
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-49-1-26-32
Л.П. Кокина, Л.М. Щеклеина

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ УБОРКИ

***Ключевые слова:* ячмень; семена; сроки уборки; урожайность; травмирование; энергия прорастания; всхожесть; корневые гнили.**

Введение. Стабилизация и повышение урожайности и качества семян посредством точного применения усовершенствованных элементов технологии возделывания являются актуальными [1, 2]. Значительное влияние на величину урожая, биологические свойства семян и качество зерна оказывают сроки уборки. При их установлении следует учитывать особенности сорта и культуры, так как каждый сорт имеет свой оптимальный срок уборки (начало и продолжительность) [3, 4]. При выборе сроков уборки на семеноводческих посевах недостаточно установить их влияние на величину урожая, поскольку гораздо важнее знать, как они

повлияют на посевные качества семян. Несвоевременная и неорганизованная уборка может повлечь за собой их ухудшение вследствие преждевременной остановки притока сухих веществ в зерно, биохимических процессов распада органических веществ зерна, синтеза высокомолекулярных соединений, сопровождающегося выделением воды, что приводит к порче семян в результате жизнедеятельности бактерий и грибов, населяющих их поверхность [5].

Ранее нашими исследованиями [6] установлено, что одной из главных причин ухудшения посевных качеств семян (энергии прорастания и лабораторной всхожести) является травмирова-

ние зерна при уборке. Как правило, всходы, полученные от травмированных семян, появляются медленнее, имеют менее мощную корневую систему и слабую силу роста. Неравномерность всходов и слабый первоначальный рост растений отражается на дальнейшем их развитии и формировании урожая [7].

Семена ячменя являются также источником сохранения спор и мицелия многих возбудителей болезней: пыльной головки (*Ustilago nuda* Jens), каменной (*U. hordei* Pers.) и черной (*U. nigra* Tarke), корневых гнилей (виды *Bipolaris* spp. и *Fusarium* spp.), пятнистостей листьев (сетчатой – *Dreschlera teres* Shoem., полосатой – *D. graminea* Shoem., темно-бурой – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., ринхоспориоза – *Rhynchosporium secalis* Davis), плесневения семян (виды *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp.) [8]. Особенно опасны фузариозы, альтернариозы, аспергиллезы, приводящие к потере более 40 % урожая зерновых культур [9]. Потери от них тем выше, чем ниже культура земледелия. Заболевания может проявляться во все фазы вегетации и вызывать гибель всходов, отставание в росте, отмирание стеблей и щуплость зерна. У растений снижается количество нормально развитых корней, нарушается связь между подземными и надземными органами, ухудшается обеспечение питательными веществами и, как следствие, на 50–75 % падает продуктивность растений, а также ухудшается качество зерна [10].

В связи с этим для совершенствования технологий возделывания и получения высококачественных семян ячменя большое практическое значение имеют исследования по выявлению факторов, негативно влияющих на биологические свойства семян.

Цель исследования – провести анализ урожайности, травмирования и фитосанитарного состояния семян сорта ячменя Родник Прикамья, обусловленного разными сроками уборки.

Материал и методы исследования. Экспериментальная работа выполнена на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2015–2017 гг. Объектом исследований был новый сорт ярового ячменя селекции ФАНЦ Северо-Востока Родник Прикамья. Сорт двурядного типа (*Hordeum vulgare* L., *sensu lato*.), относится к разновидности *nutans*. Родник Прикамья высокоурожайный, характеризуется высокими продуктивной кустистостью и массой зерна с растения, а также крупным, хорошо выполненным зерном. Включен в список ценных по качеству

сортот Российской Федерации и Государственный реестр охраняемых селекционных достижений по 4 региону районирования; возделывается в Кировской области, Пермском крае, республиках Удмуртия и Марий Эл.

Закладку полевого опыта проводили в соответствии с Методикой государственного испытания [8]. Основную и предпосевную обработки почвы осуществляли в соответствии с зональными рекомендациями [9]. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки 7,5 м², повторность четырехкратная. Норма высева 5 млн всхожих зёрен на гектар. Уборку проводили комбайном «Сампо-130».

В опыте изучали 4 срока уборки с интервалом 5 дней: I срок – ранний, фаза восковой спелости; II срок – оптимальный, фаза начала полной спелости (контроль); III срок – через 5 дней от оптимального срока; IV срок – через 10 дней от оптимального срока.

Подработку зерна проводили на машине СМ-0,15. Посевные качества определяли после прохождения семенами периода послеуборочного дозревания (через 3 месяца после уборки). Травмирование семян оценивали по установленной методике [10].

Учет корневых гнилей проводили в лабораторных условиях по методике ВИЗР [11]. Оценивали поражение растений и развитие корневых гнилей, длину и массу корневой системы и зелёной массы проростков, лабораторную всхожесть семян.

Погодные условия 2015–2017 гг. в период вегетации были весьма контрастными по влаго- и теплообеспеченности (ГТК: 1,50 – 2015 г., 1,08 – 2016 г., 2,13 – 2017 г.). Обильные осадки и температура ниже климатической нормы в июле и августе 2015 г. увеличили продолжительность созревания и усложнили условия уборки. Аномально жаркая (до +34 °C), сухая погода во II декаде июля и августе 2016 г. привела к снижению потенциально возможной урожайности ячменя. Весь вегетационный период 2017 г. характеризовался избыточным увлажнением (на 2–89 %) и относительно холодной погодой в первой половине вегетации.

Результаты и обсуждение. В результате исследований выявлено ежегодное достоверное повышение урожайности при уборке ячменя в оптимальные сроки, т. е. при полной спелости зерна (таблица 1). В среднем за три года она составила 3,24 т/га, что выше других опытных вариантов на 0,15–0,41 т/га. Наименьшая урожайность сорта Родник Прикамья (в среднем

2,83 т/га) была при ранней уборке – в фазу восковой спелости зерна. Выявленная тенденция в динамике продукционного потенциала сорта сохранялась независимо от климатических условий вегетации растений.

При анализе степени травмирования семян в среднем за три года выявлено, что видимые повреждения (макротравмы) наиболее часто наблюдались у семян, убранных в фазу восковой спелости (I срок уборки; рисунок 1).

Таблица 1 Урожайность сорта ячменя Родник Прикамья в зависимости от сроков уборки

Срок уборки	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
I	4,52	2,55	1,43	2,83
II – контроль	4,99	2,93	1,80	3,24
III	4,84	2,66	1,77	3,09
IV	4,82	2,46	1,73	3,00
В среднем по году	4,79	2,65	1,68	–
НСР ₀₅	0,14	0,17	0,29	0,21

Рисунок 1

Влияние сроков уборки на травмирование семян ячменя:

1 – поврежден зародыш; 2 – повреждена оболочка зерна; 3 – поврежден эндосперм;
4 – общее количество семян с макротравмами

Совокупная доля таких семян составила в этом варианте 20,0 %. В дальнейшем происходило постепенное снижение травмирования, а наименьшим оно было в III срок уборки (10,0 %). При анализе характера явного травмирования выявлено, что сильнее всего повреждалась оболочка зерна. Количество семян с таким нарушением в зависимости от срока уборки составило от 67,5 до 74,4 % по отношению к общему числу семян с макротравмами. Повреждение эндосперма у семян увеличилось к III сроку уборки.

В наших исследованиях обнаружена достоверная ($r = 0,60^*$) корреляция между урожайностью и совокупным травмированием семян при уборке, что свидетельствует о необходимости постоянного контроля над регулировкой зерноуборочных комбайнов при уборке семенных посевов.

В отличие от явного травмирования относительно меньшее количество микротравм (82,0 %) обнаружено у семян, убранных в фазу восковой спелости. По мере созревания количество микротравм увеличивалось и достигло максимума (90,5 %) к III сроку уборки (рисунок 2).

Оценка посевных качеств показала, что наиболее высокие показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести были у семян III срока уборки, которые составили соответственно 94,0 и 96,0 %. Наихудшие значения этих признаков (91,0 и 92,5 %) получены у семян поздней уборки.

В ходе фитопатологического анализа выявлено значительное влияние сроков уборки ячменя на инфицированность 14-дневных проростков и их биометрические признаки (таблица 2). Наибольшее количество пораженных проростков (в среднем по срокам уборки 32,2 %) об-

наружено у семян, полученных в 2015 г. при достаточной влагообеспеченности в период вегетации (ГТК – 1,50). Однако развитие болезни в этих условиях было минимальным для опыта (в среднем 4,6 %), а наибольшим – у проростков, полученных из семян избыточно-увлажненного

2017 г. (в среднем 11,8 %), поскольку растения становятся более чувствительны к инфекции. В засушливых условиях 2016 г. поражение было достоверно ($P \geq 0,95$) меньше и составило в среднем 20,1 % при уровне развития болезни 6,0 %.

Рисунок 2
Влияние сроков уборки на посевные качества семян ячменя

Таблица 2 Влияние сроков уборки и условий вегетации года на проявление корневых гнилей у проростков ячменя

Срок уборки (А)	Год урожая (В)	Поражение, %	Развитие болезни, %
I	2015 г.	15,1	1,9
II – контроль		27,4	2,7
III		45,5	7,6
IV		40,6	6,2
среднее		32,2	4,6
I	2016 г.	20,1	5,0
II – контроль		11,3	2,8
III		25,8	9,3
IV		23,0	6,9
среднее		20,1	6,0
I	2017 г.	30,7	10,8
II – контроль		20,5	9,2
III		38,8	15,1
IV		30,0	12,0
среднее		30,0	11,8
НСР ₀₅ фактор А		3,9	1,9
НСР ₀₅ фактор В		3,6	1,5
НСР ₀₅ фактор АВ		6,4	2,4

Что касается ростовых процессов, то наибольшая биомасса зародышевых корней и листьев получена у растений, выращенных из семян урожая 2016 г., что может быть обуслов-

лено относительно благоприятными погодными условиями в период налива зерна и физиологическим дозреванием его в полевых условиях (таблица 3).

Таблица 3 Биометрических показатели проростков ячменя

Срок уборки (А)	Год урожая (В)	Корневая система		Листовая пластинка	
		длина, см	масса, г	длина, см	масса, г
I	2015 г.	17,3	3,2	14,2	2,8
II – контроль		15,9	4,3	14,3	3,0
III		13,6	3,7	11,8	2,3
IV		15,9	4,0	9,5	1,5
среднее		15,7	3,8	12,5	2,4
I	2016 г.	18,7	2,1	12,4	2,8
II – контроль		20,1	3,5	15,8	3,2
III		16,5	3,3	9,5	2,3
IV		19,6	2,2	15,9	3,5
среднее		18,7	2,8	13,4	2,9
I	2017 г.	18,8	3,2	13,5	2,2
II – контроль		16,9	2,9	11,0	1,9
III		17,0	3,5	15,4	2,8
IV		16,6	1,9	11,7	3,0
среднее		17,3	2,9	12,9	2,5
НСР ₀₅ фактор А		0,5	0,4	–	–
НСР ₀₅ фактор В		0,5	–	1,1	0,3
НСР ₀₅ фактор АВ		0,9	0,7	2,2	0,7

Специфичное действие инфицированности семян на биометрию проростков просматривается и в коэффициентах корреляции (таблица 4). В 2015 и 2016 гг. связь между иммунологическими и биометрическими показателями в основном отрицательная ($r = -0,68 \dots -0,95$), в 2017 г. – положительная ($r = 0,88 \dots 0,95$).

На инфицированность проростков влияли также сроки уборки растений. Общей для разных условий вегетации тенденцией является то, что задержка с уборкой влечет более интенсивное заражение зерна свежего урожая патогенными и сапрофитными грибами, в том числе и возбудителями корневых инфекций. Снижение поражения и развития, корневых гнилей выяв-

лено у семян при первых двух сроках уборки. Это особенно четко проявилось у семян, полученных в благоприятных условиях вегетации 2015 г. Поражение корневой системы составило 15,1 и 27,4 %, развитие болезни – 1,9 и 2,7 % при состоянии признаков у проростков поздней уборки 40,6 и 6,2 %. В экстремальных по влагообеспеченности условиях влияние сроков уборки на инфицированность зерна не так очевидно. Например, в 2016 г. выявленные изменения в поражении корневой системы проростков в основном незначимы, а в 2017 г. состояние иммунологических признаков в крайних опытных вариантах было примерно равнозначным.

Таблица 4 Зависимость между пораженностью корневой системы проростков ячменя и биометрическими признаками растений

Признак	Год урожая	Коэффициент корреляции (r) между			
		длиной корней	массой корней	длиной листьев	массой листьев
Поражение	2015	-0,87*	0,43	-0,77	-0,68
	2016	-0,95*	0,20	-0,85*	-0,77
	2017	0,39	0,88*	0,95*	0,08
Развитие болезни	2015	-0,85*	0,18	-0,80	-0,72
	2016	-0,94*	0,33	-0,83	-0,78
	2017	0,22	0,91*	0,89*	0,02

* значимо на 5 % уровне.

Выводы. Оптимальной для получения кондиционных семян ячменя Родник Прикамья является уборка в фазу полной спелости. Урожайность сорта в этом варианте получена в среднем за 3 года на 0,15–0,41 т/га больше других опытных вариантов. Запоздывание с уборкой гарантированно ведет к повышению инфицированности семян ячменя возбудителями корневых инфекций. Это особенно проявляется у семян,

сформированных в относительно благоприятных условиях вегетации, где инфицированность при уборке в III и IV срок увеличилась относительно второго (контрольного) срока на 12,8–18,1 %. Формирование зерна в условиях избыточного увлажнения существенно усиливает интенсивность поражения проростков, а недостаток влаги в период вегетации снижает развитие инфекции.

Библиографический список

1. Бельтюков, Л.П. Сорт, технология, урожай [Текст] / Л.П. Бельтюков. Ростов-на-Дону: Книга, 2002. 176 с.
2. Noworolnik K. Morphological characters, plant phenology and yield of spring barley (*Hordeum sativum* L.) depending on cultivar properties and sowing date. J. Acta Agrobotanica. 2012. V.65 (2). P. 171–176.
3. Филиппов, Е.Г. Урожайность и качество ярового ячменя в зависимости от сроков и способов уборки [Текст] / Е.Г. Филиппов, Н.И. Матвиевская, А.Н. Федченко, В.Б. Хронюк // Научное обеспечение производства зерна России. Зерноград. Ростов на Дону: Книга, 2004. С. 290–294.
4. Magan S., Avinash C., Rakesh K., Deepa J., Pooja G.S. and Meena V.K. Dual purpose barley as affected by date of sowing, varieties and stage of harvesting-A review. J. Agricultural Reviews. 2017. V. 38. I. 2. P. 159–164. (doi:10.18805/ag.v38i02.7948).
5. Баталова, Г.А. Овес в Волго-Вятском регионе [Текст] / Г.А. Баталова // Киров: Орма, 2013. 288 с.
6. Назарова, Н.Н. Влияние влажности зерна при уборке на урожайность и посевные качества семян ячменя [Текст] / Н.Н. Назарова, И.Н. Щенникова // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 46–47.
7. Еров, Ю.В. Система семеноводства зерновых культур [Текст] / Ю.В. Еров, Т.Г. Хадеев, М.Д. Исаев, Д.З. Салахияев. Казань, 2005. 328 с.
8. Долженко, В.И. Протравливание семян зерновых культур [Текст] / В.И. Долженко, Г.И. Сухорученко, Л.Д. Гришечкина, Л.А. Буркова, А.И. Силаев, З.Д. Здрожевская, Е.Б. Белых, А.С. Комарова // Защита и карантин растений. Приложение. 2014. № 2. 91 с.
9. Logrieco A., Rizzo A., Ferracane R., Ritieni A. Occurrence of beauvericin and enniatins in wheat affected by *Fusarium avenaceum* head blight. Appl. Environ. Microb. 2002. 68 (1). P. 82–85. (doi: 10.1128/AEM.68.1.82-85.2002).
10. Родина, Н.А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья [Текст] / Н.А. Родина. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 488 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [Текст]. М., 1985. Вып. 2. Ч. 2. 230 с.
12. Дёмшин, С.Л. Техника для обработки почвы и посева в условиях Евро-Северо-Востока России [Текст] / С.Л. Дёмшин // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 17–24.
13. Травмирование семян и его предупреждение [Текст] / Под общ. ред. доктора с.-х. наук проф. И.Г. Строны. М.: Колос, 1972. 160 с.
14. Бенкен, А.А. Лабораторная оценка болезнеустойчивых растений и паразитических свойств возбудителей обыкновенной корневой гнили злаков [Текст] / А.А. Бенкен, В.Н. Хрустовская // Труды ВИЗР. 1977. С. 9–13.

Сведения об авторах

1. **Кокина Лариса Павловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории ячменя, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, д. 166-а.

2. **Щеклеина Люция Муллахметовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, д. 166-а, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru.

Приведены результаты исследований 2015–2017 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока по совершенствованию технологии возделывания ярового ячменя сорта Родник Прикамья. Цель исследований заключалась в установлении оптимального срока уборки для получения высокого урожая кондиционных семян в условиях Волго-Вятского региона. Схема полевого опыта: 1 срок уборки – восковая спелость, три последующих – с интервалом в 5 дней; контроль – второй срок уборки. Наблюдения и учёт проводили в соответствии с рекомендуемыми методиками. В среднем за 3 года установлено неравнозначное влияние сроков уборки на урожайность семян ячменя сорта Родник Прикамья и их качество. Выявлено достоверное по отношению к контролю снижение урожайности как при раннем сроке уборки (0,41 т/га), так и с его задержкой на 10 дней

(0,24 т/га). При этом установлена достоверная ($r = 0,60^*$) зависимость между урожайностью и травмированием семян при уборке, что повышает требования к контролю регулировки зерноуборочных комбайнов при уборке семенных посевов. Установлено, что по мере созревания семян количество видимых повреждений семян снижается, а микротравм – увеличивается. Уборка в течение 10 дней после наступления восковой спелости гарантирует получение семян с наиболее высокими показателями энергии прорастания и лабораторной всхожести. Выявлено, что задержка с уборкой влечет более интенсивное заражение зерна патогенными и сапрофитными грибами, в т. ч. и возбудителями корневых инфекций. Семена первых двух сроков уборки характеризовались меньшим поражением растений и развитием корневых гнилей.

L. Kokina, L. Shchekleina

BIOLOGICAL FEATURES OF BARLEY SEEDS DEPENDING ON HARVEST TIME

Key words: *barley; seeds; harvest time; yield; damage; germination; root rots.*

Authors' personal details

1. **Kokina Larisa**, Candidate of agricultural sciences, senior researcher of the barley laboratory, North-East Federal Agricultural Research Center named after N.B. Rudnitsky, 610007, Russia, Kirov, Lenin street, 166-a.

2. **Shchekleina Lucia**, Candidate of agricultural sciences, senior researcher of the barley laboratory, North-East Federal Agricultural Research Center named after N.B. Rudnitsky, 610007, Russia, Kirov, Lenin street, 166-a, e-mail: pachem.andrey@mail.ru.

The paper describes the research on cultivation technology development for spring barley of Rodnik Prikamya variety conducted at the experimental field of the North-East Federal Agricultural Research Centre in 2015–2017. The aim of studies was to estimate better harvest time to get higher yield of standard seeds under conditions of the Volga-Vyatka region. The scheme of the field experiment was as follows: the first harvest time – wax maturity, three following terms – with 5-day intervals. The second harvest time was control. Observations and registrations were conducted according to recommended methods. For average three years there was uneven influence of harvest time on seed productivity of Rodnik Prikamya barley and its

quality. There was significant decrease in productivity both at the first harvest time (0,41 t/ha) and at 10-day delay (0,24 t/ha) compared to the control. There is strong correlation ($r = 0,60$) between productivity and the seed damage rate. It requires adjustment of combine harvesters at harvesting seed sowings. As seeds mature their visible damage reduces, but micro-damage increases. Seed harvesting within 10 days after wax maturity provides getting seeds with highest germination energy and laboratory germination. Delay in harvest time is found to result in higher rate of seed contamination with pathogen and saprophytic fungi including root infection agents. Seeds of the first two harvest times had lower level of plant disease and root rot.

© Кокина Л.П., Щеклеина Л.М.