

УДК 633.112.9«321»:577.1

Н. П. ШИШЛОВА, Т. В. ЛУБОЧКИНА, Т. М. КРЫЛОВА, Ж. С. ПИЛИПЕНКО

**СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА
ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ (*TRITICOSECALE WITTMACK*)
И УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРЕДУБОРОЧНОМУ ПРОРАСТАНИЮ**

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила в редакцию 13.03.2008)

Тритикале как культура, испытывающая давление интенсивного рекомбинационного процесса, представляет собой интересный объект для научно-исследовательской работы, характеризующийся к тому же высоким потенциалом продуктивности. Анализ эффективности производства и потребления кормовых ресурсов зерновой группы Республики Беларусь (рожь, пшеница, ячмень, овес, тритикале, кукуруза) показал, что культура тритикале характеризуется хорошими параметрами для масштабного использования в животноводстве [1].

Яровая тритикале является менее успешной формой, чем озимая, в плане занимаемых площадей и валового сбора зерна, но при этом демонстрирует хорошую конкурентоспособность на рынке традиционных зернофуражных культур. Повышенное содержание белка и пищевых волокон (14–18%), а также пониженная энергетическая ценность привлекают внимание к яровой тритикале как к возможному продовольственному сырью для диетического и профилактического питания [2, 3]. Появление новых высокопродуктивных сортов и перспективных сортообразцов отечественной селекции (Лана, Узор, Лотас, Русло, Садко) свидетельствует о планомерной успешной реализации потенциала яровой тритикале на территории нашей республики.

Одним из негативных признаков культуры является склонность к предуборочному прорастанию. Прорастание зерна в материнском колосе обусловлено цитогенетическими, морфофизиологическими и биохимическими особенностями тритикале как синтетического аллополиплоида [4].

Цель настоящих исследований – изучение генотипической специфики накопления пластических веществ, а также устойчивости к предуборочному прорастанию яровой тритикале.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2005–2006 гг. на опытных полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. В качестве объекта исследований использовали семена сортов яровой гексаплоидной тритикале (*Triticale*, $2n = 42$) Лана (стандарт), Лотас и Узор. В течение 2 лет нарезали колосья и брали пробы зерна по фазам созревания: I – молочная спелость (2 августа); II – тестообразная спелость (9 августа); III – восковая спелость (16 августа); IV – полная спелость (30 августа).

Колосья в фазе полной спелости анализировали по следующим биометрическим параметрам: длина колоса, количество колосков и зерен, масса зерна с колоса. Содержание крахмала в семенах определяли поляриметрическим методом по Эверсу [5], белка – по Къельдалю [6], число падения – микромодификацией метода Хагберга–Пертена [7]. Устойчивость к предуборочному прорастанию оценивали путем подсчета наклюнувшихся и проросших семян после обмола та нарезанных колосьев.

Результаты и их обсуждение. Исследуемые сорта яровой тритикале различались по скорости накопления ассимилятов, динамике изменения показателя «число падения» и устойчивости к предуборочному прорастанию, что объясняется совокупным влиянием генотипических и абиотических факторов. Взаимодействие «генотип – среда» является важным фактором при формировании и реализации потенциала продуктивности сорта. Для культуры тритикале, с ее еще

недостаточной цитогенетической и экологической стабильностью, абиотические факторы играют значимую роль, воздействуя на продукционный процесс.

Для периода наблюдений было характерно незначительное повышение температурного фона относительно нормы. По количеству осадков наблюдались существенные отличия, особенно для II и III декад августа (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Гидрометеорологическая характеристика климатических условий (Минская обл., г. Борисов)

Период наблюдений, август	Температура воздуха, °С			Осадки	
	средняя	норма	максимум	сумма, мм	% от нормы
<i>2005 г.</i>					
I декада	18,3	17,6	27	95	378
II декада	16,5	16,7	24	4	14
III декада	17,5	15,3	26	5	19
<i>2006 г.</i>					
I декада	17,9	17,6	25	124	495
II декада	18,8	16,7	29	33	138
III декада	16,0	15,3	23	157	604

Значительное количество осадков, выпавших в августе 2006 г., и благоприятный температурный фон способствовали формированию более длинного колоса с меньшим количеством колосков и повышенной озерненностью (табл. 2). Проявление сортовой специфики отмечалось для сорта Лотас (сохранение длины колоса) и сорта Лана (увеличение количества колосков). Изменение значений массы зерна с колоса отразило эти особенности – для сорта Лана наблюдался максимальный прирост показателя. Однако 6-кратное превышение нормы осадков в III декаде августа 2006 г. привело к снижению показателя «масса 1000 семян» для всех сортов. Обусловлено это тем, что под воздействием абиотических факторов процесс накопления ассимилятов не только замедлился, но наблюдался даже незначительный их отток, что препятствовало максимальному заполнению объема зерновки запасными веществами.

Т а б л и ц а 2. Результаты биометрического анализа колосьев яровой тритикале в фазе полной спелости

Сорт	Год исследования	Параметры колоса				Масса 1000 семян, г
		длина, см	количество		Масса зерна, г	
			колосков, шт	зерен, шт		
Лана	2005	9,0	25,6	52,9	2,09	42,2
	2006	9,6	26,3	62,0	2,33	40,7
Лотас	2005	10,8	27,1	50,5	2,39	48,6
	2006	10,8	26,6	55,8	2,42	43,6
Узор	2005	9,0	25,1	52,9	1,88	35,6
	2006	9,4	24,7	56,3	1,87	33,9

К тому же в 2006 г. особенно явно проявилась склонность культуры тритикале к предуборочному прорастанию: количество семян, проросших в колосе к моменту уборочной спелости, для сорта Лана составляло 10,5%, для сортов Лотас и Узор – 52,4 и 18,1% соответственно. Степень прорастания повлияла на величину снижения показателя «масса 1000 семян»: для сорта Лана снижение составило 1,5 г, сорта Узор – 1,7 г и для сорта Лотас, как наиболее подверженного прорастанию в колосе, эта величина была максимальной – 5,0 г.

Изучение динамики накопления сухого вещества, крахмала и белка позволило выявить генотипические особенности продукционного процесса исследуемых сортов яровой тритикале. Сорт-стандарт Лана характеризовался минимальными значениями показателя «содержание сухого вещества» на всех этапах созревания зерновки, в особенности на I и III (табл. 3).

Однако к моменту уборочной спелости сорт Лана находился практически на том же уровне содержания сухого вещества, что сорта Лотас и Узор. Это обусловлено его более поздними (на 3–7 дней) сроками созревания и тем, что сорт характеризовался стабильным приростом сухого вещества на всех этапах созревания зерновки, включая завершающий.

Т а б л и ц а 3. Динамика накопления сухого вещества семенами яровой тритикале по фазам созревания (I–IV)

Сорт	Год исследования	Содержание сухого вещества, %			
		I	II	III	IV
Лана	2005	41,6	53,2	64,2	90,9
	2006	47,7	49,9	72,7	82,7
Лотас	2005	50,7	55,4	72,0	92,1
	2006	52,5	55,6	84,0	83,8
Узор	2005	46,7	56,8	74,0	91,4
	2006	54,4	54,0	84,9	85,3

Для сорта Узор, и особенно сорта Лотас, наблюдалось неравномерное накопление ассимилятов, вплоть до их оттока, что отмечалось в 2006 г. при переходе от I этапа ко II (сорт Узор) и от III к IV (сорт Лотас). Как указывалось ранее, это явилось одной из причин снижения значений показателя «масса 1000 семян». Незначительный спад в динамике накопления запасных веществ, отмечаемый для сорта Узор на ранней стадии созревания, объясняется, по-видимому, недостаточным количеством ассимилятов, а не слабой аттрагирующей способностью колоса. Сорт Лотас, обладая большой вегетативной массой и мощным колосом, в достаточной мере снабжается ассимилятами и эффективно их реутилизует. Однако повышенная склонность этого сорта к предуборочному прорастанию приводит к резкому снижению интенсивности накопления пластических веществ на завершающей стадии созревания или даже их оттоку. Этому же способствует наличие хорошо развитой проводящей системы в стебле и оси колосков: у яровой тритикале выявили наличие дополнительных сосудов ксилемы и появление слившихся пучков, не обнаруженных у пшеницы и ржи [8]. Функционирование такой проводящей системы, с одной стороны, благоприятствует интенсивному притоку ассимилятов в зерновку; с другой – эти же особенности способствуют оттоку пластических веществ к корневой системе при неблагоприятных погодных условиях.

В целом в 2005 г. наблюдался более равномерный процесс накопления сухого вещества по сравнению с 2006 г., чему способствовали благоприятный температурный фон и незначительное количество осадков во время II и III декад августа. Максимальный прирост показателя был зарегистрирован в 2005 г. на завершающем этапе созревания при переходе от восковой к полной спелости; в 2006 г. – при переходе от тестообразной к восковой спелости (II декада августа), когда отмечалось значительное снижение количества осадков относительно I декады.

Динамика накопления крахмала, основного запасного вещества, отражала в основном те же тенденции, что и в случае с накоплением сухого вещества (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Динамика накопления крахмала семенами яровой тритикале по фазам созревания, %

Сорт	Год исследования	Содержание крахмала			
		I	II	III	IV
Лана	2005	26,8	34,9	42,2	66,6
	2006	34,8	36,4	53,3	65,5
Лотас	2005	34,5	37,8	48,3	68,8
	2006	37,0	40,3	59,0	65,5
Узор	2005	31,1	39,7	52,5	70,1
	2006	39,7	39,7	63,1	67,3

Максимальный прирост показателя наблюдался в 2005 г. при переходе от восковой к полной спелости и составлял для сорта Лана 24,4, сорта Лотас – 20,5 и сорта Узор – 17,6%; в 2006 г. при переходе от тестообразной к восковой спелости – 16,9, 18,7 и 23,4% соответственно. Исходный уровень содержания крахмала в 2006 г. был существенно (сорта Узор и Лана) либо незначительно (сорт Лотас) выше, чем в 2005 г., однако погодные условия 2006 г. привели к снижению конечного уровня содержания крахмала относительно предыдущего года: минимальный сброс значений наблюдался для сорта Лана (1,1%), максимальный – для сорта Лотас (3,3%).

Основными лимитирующими периодами в этом снижении оказались I и III декады августа, когда количество осадков превышало норму в 5–6 раз. Переход от молочной к тестообразной спелости сопровождался минимальным приростом содержания крахмала для всех сортов яровой тритикале: Лана – 1,6, Лотас – 3,3, Узор – 0%. Незначительный прирост наблюдался и на завершающей

стадии созревания зерновки: Лана – 12,2, Лотас – 6,5, Узор – 4,2%, т. е. в 2–3 раза меньше, чем в 2005 г. Как и в случае с динамикой накопления сухого вещества, сорт Лана характеризовался наиболее равномерным ритмом накопления крахмала, несмотря на влияние абиотических факторов. Однако по исходному и конечному уровню содержания крахмала сорт-стандарт уступал сортам Лотас и Узор. Следует обратить внимание на стабильно высокое содержание крахмала в семенах сорта Узор, что подтвердилось при анализе урожая 2007 г.: Лана – 60,4, Лотас – 66,0, Узор – 68,3%.

Процесс накопления белка семенами яровой тритикале оказался менее восприимчивым к влиянию абиотических факторов: на всех этапах созревания наблюдалась положительная динамика накопления белка как в 2005 г., так и в 2006 г. (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Динамика накопления белка семенами яровой тритикале по фазам созревания, %

Сорт	Год исследования	Содержание белка			
		I	II	III	IV
Лана	2005	4,7	5,8	7,1	11,8
	2006	5,5	5,9	8,4	12,5
Лотас	2005	5,8	6,4	8,2	12,2
	2006	6,1	6,7	10,7	12,7
Узор	2005	4,9	6,1	8,1	11,5
	2006	6,3	6,6	10,2	12,0

Уровень содержания белка в 2006 г. был несколько выше, чем в предыдущем, объяснением чему служит обратная зависимость между белком и крахмалом. Снижение уровня содержания сухого вещества и, соответственно, крахмала, наблюдаемое в 2006 г., негативно сказалось на выполненности зерна и массе 1000 семян и имело следствием незначительное увеличение содержания белка.

Таким образом, изучение динамики накопления пластических веществ выявило наличие генотипической специфики продукционного процесса, на которую существенное влияние оказали абиотические факторы. Относительная стабильность процесса накопления ассимилятов и его повышенная интенсивность при переходе к фазе полной спелости позволили сорту Лана при низких исходных значениях и замедленных темпах созревания показать высокий уровень урожайности. Сорт Лотас в этом плане являлся более разбалансированным сортом: нестабильность накопления запасных веществ при высоких биометрических параметрах колоса приводила к недостаточной заполняемости единицы объема зерновки, что негативно сказывалось на плотности и выполненности семян. Сорт Узор в целом по динамике накопления запасных веществ занимал промежуточное положение, приближаясь к стандарту. Важным преимуществом этого нового сорта явилась способность к более полной по сравнению с изученными сортами реализации потенциала продуктивности на завершающих стадиях созревания при неблагоприятных климатических условиях.

Одной из проблем выращивания тритикале (яровой в большей степени, чем озимой) является склонность культуры к прорастанию – предуборочному и при перестое растений в поле. Процесс прорастания зерна в колосе можно условно разделить на две фазы: скрытую («биохимическое прорастание») и определяемую визуально («морфологическое прорастание»). Скрытая фаза диагностируется главным образом по повышенной активности амилолитических ферментов; «морфологическое прорастание» проявляется через разрыв оболочек и появление зародышевых корешков.

Показателем, косвенно характеризующим уровень активности амилаз, является число падения. Для культуры тритикале в целом характерны низкие по сравнению с пшеницей и рожью значения показателя, особенно в регионах с высокой влажностью и дефицитом тепла. Изучение динамики изменения числа падения показало, что она имела сходный характер для указанных сортов яровой тритикале. Максимальные значения показателя отмечались на ранних стадиях созревания зерновки: в 2005 г. – в фазу тестообразной спелости, в 2006 г. – молочной спелости (табл. 6), что согласуется с литературными данными [9].

По мере созревания зерновки наблюдалось снижение уровня значений показателя, обусловленное как сортовой спецификой, так и влиянием абиотических факторов. В 2005 г. после спада значений в фазу восковой спелости отмечался некоторый подъем (сорты Лана и Лотас), вызванный благоприятными для дозревания погодными условиями (рис.). В 2006 г. после раннего

достижения максимума при наличии обильных осадков произошел резкий спад значений показателя «число падения» для всех сортов. Сорт Лана характеризовался максимальными значениями показателя и минимальной их убылью по мере созревания для обоих лет наблюдений.

Т а б л и ц а 6. Динамика изменения показателя «число падения» по фазам созревания семян яровой тритикале

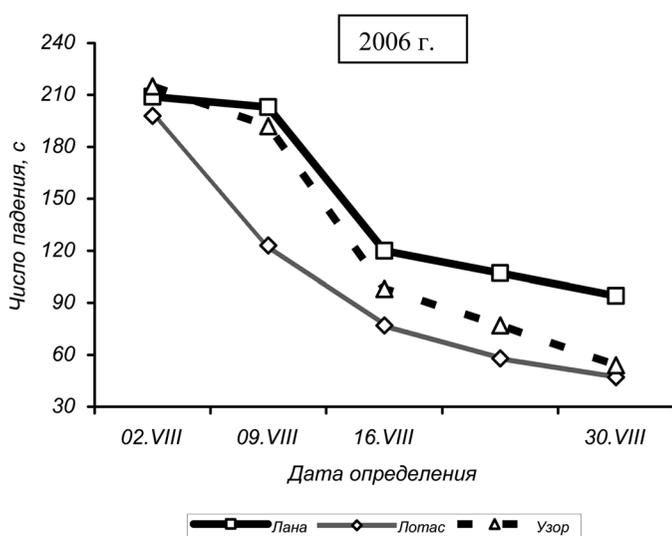
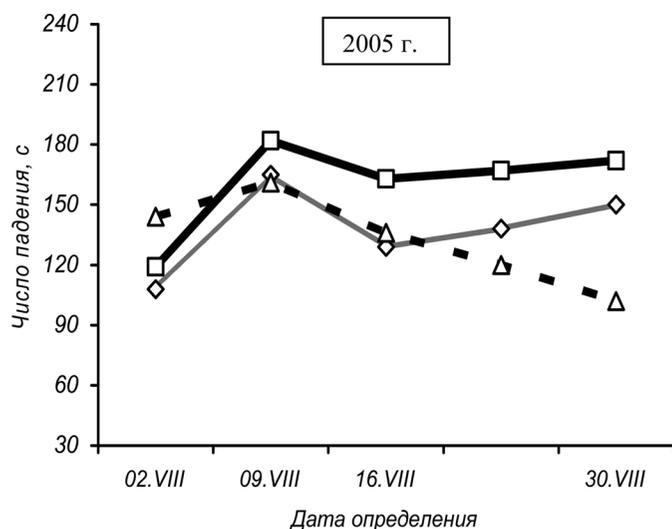
Сорт	Год исследования	Число падения, с			
		I	II	III	IV
Лана	2005	119	182	163	172
	2006	209	203	120	94
Лотас	2005	108	165	129	150
	2006	198	123	77	47
Узор	2005	144	161	136	102
	2006	215	192	98	54

Показателем, достоверно отражающим устойчивость генотипа к предуборочному прорастанию, является количество семян, проросших в материнском колосе. Степень «морфологического прорастания» определяли в зависимости от погодных условий: в 2005 г. при отсутствии прово-

кационного фона – в фазу полной спелости; в 2006 г. – в фазу восковой и полной спелости, а также при перестое растений в поле. В 2005 г. все сорта яровой тритикале находились примерно на одном уровне устойчивости к предуборочному прорастанию (табл. 7).

Генотипическая специфика ярко проявилась в 2006 г.: в фазу восковой спелости наметилась четкая дифференциация сортов по этому показателю. Сорт Лотас характеризовался максимальным количеством проросших семян на всех этапах определения и, соответственно, низкой устойчивостью к прорастанию в колосе. В фазу полной спелости максимальная устойчивость отмечалась для сорта-стандарта Лана, в фазу восковой спелости и при перестое в поле – для сорта Узор.

Наряду с биохимическими особенностями (свойства углеводно-амилазного комплекса) важными в формировании устойчивости к предуборочному прорастанию являются также морфофизиологические особенности генотипа. В рассматриваемом случае повышенная склонность сорта Лотас к прорастанию в колосе при неблагоприятных погодных условиях обусловлена рядом его фенотипических признаков. К ним в первую очередь относится низкая плотность колоса и семян, вызывающая повышенную гигроскопичность, а также наличие сильного опушения стебля под колосом. В отличие от сорта Лотас сорта Лана и Узор характеризуются более плотным колосом, слабым опушением стебля и более



Изменение показателя «число падения» по фазам созревания семян яровой тритикале

высокой плотностью семян, что препятствует быстрому достижению зерновкой порогового уровня оводненности для начала ростовых процессов.

Т а б л и ц а 7. Характеристика сортов яровой тритикале по устойчивости к предуборочному прорастанию

Сорт	Количество проросших семян, %			
	2005 г.		2006 г.	
	полная спелость	восковая спелость	полная спелость	перестой в поле
Лана	0,71	0,84	10,5	48,4
Лотас	1,39	4,25	52,4	76,8
Узор	1,98	0,42	18,1	30,6

Заключение. Изучение биохимических аспектов продукционного процесса яровой тритикале и влияния на него абиотических факторов выявило наличие специфических особенностей, обусловленных как сортовыми характеристиками, так и взаимодействием «генотип – среда». Высокая продуктивность сорта Лана определялась стабильностью процесса накопления ассимилятов и повышенной его интенсивностью на завершающем этапе созревания. Неравномерное протекание продукционного процесса и склонность к предуборочному прорастанию препятствовали полной реализации биологического потенциала сорта Лотас. Сорт Узор, напротив, реализовал свой потенциал с высокой степенью эффективности даже при неблагоприятных климатических условиях, что стало одной из причин смены стандарта: в 2008 г. вместо сорта Лана им стал новый сорт Узор.

Исследование динамики изменения показателя «число падения» выявило, что максимальные его значения отмечались на ранних стадиях созревания зерновки (молочная и тестообразная спелость). К моменту полной спелости наблюдалось снижение показателя, обусловленное присущей культуре тритикале высокой амилолитической активностью, особенно на завершающих этапах созревания.

Литература

1. Т е т е р к и н а А. М. Обоснование перспективных объемов производства фуражного зерна кукурузы в Республике Беларусь // Весті НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. 2007. № 2. С. 32–38.
2. S a l m o n D., T e m e l l i F., S p e n c e S. Chemical composition of western Canadian triticale varieties // Proc. 5th Int. Triticale Symp., June 30 – July 5, 2002, Radzikow, Poland. Vol. II. P. 445–450.
3. У р б а н ч и к Е. Н. Совершенствование технологии и использование муки из зерна тритикале, выращиваемого в Республике Беларусь: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. Могилев, 2002.
4. Ш и ш л о в а Н. П. Физиолого-биохимические особенности озимого тритикале в связи с устойчивостью к предуборочному прорастанию: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2002.
5. Е р м а к о в А. И., А р а с и м о в и ч В. В., С м и р н о в а – И к о н н и к о в а М. И. и др. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Колос, 1972.
6. К и з е л ь А. Р. Практическое руководство по биохимии растений. М.-Л.: Биомедгиз, 1934.
7. Б е р к у т о в а Н. С., П о г о р е л о в а Л. Г. Методические рекомендации по определению устойчивости зерновых культур к прорастанию зерна на корню в селекции на качество. М.: ВАСХНИЛ, 1986.
8. Р я б и н и н а М. И. Изучение строения стебля и проводящей системы растений ярового тритикале в связи со «стеканием» зерновок // Докл. ВАСХНИЛ. 1984. № 7. С. 9–11.
9. С е р г е е в А. В., Б е р к у т о в а Н. С., Ч и ч к и н С. Н. Прорастание зерна тритикале на корню и селекция на устойчивость к этому признаку // С.-х. биология. 1987. № 9. С. 12–17.

N. P. SHISHLOVA, T. V. LUBOCHKINA, T. M. KRYLOVA, J. S. PILIPENKO

VARIETAL SPECIFICITY OF THE PRODUCTIVE PROCESS OF SPRING TRITICALE (*TRITICOSECALE WITTMACK*) AND ITS RESISTANCE TO PRE-HARVEST GERMINATION

Summary

Biochemical aspects of the production process (dynamics of accumulation of dry matter, starch and protein) in the spring hexaploid triticale of Lana, Lotas and Uzor cultivars have been studied. The genotypic specificity of the accumulation process of assimilates by the stages of seed ripening with regard to the influence of abiotic factors have been found. The results on the dynamics of changing the “falling number” parameter are presented: maximum values were at the early stages of kernel ripening in all of the studied cultivars in different climatic conditions. By the moment of complete ripening the parameter values decreased significantly due to the high activity of amylolytic enzymes characteristic of triticale crop.

Spring triticale cultivars are presented from the viewpoint of realization of the production potential and resistance to pre-harvest germination.