

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ ПРИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

В.Н. Буштевич, кандидат с.-х. наук, С.И. Гриб, доктор с.-х. наук,
Н.П. Шишлова, кандидат биологических наук, Ю.А. Кацер, научный сотрудник,
В.Н. Безлюдный, кандидат биологических наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 30.03.2015 г.)

В статье представлены результаты анализа образцов озимого тритикале конкурсного сортоиспытания, выращенных в 2011–2013 гг. по обычной и интенсивной технологиям возделывания. Оценили влияние дополнительных агротехнических приемов на эффективность реализации потенциала продуктивности, изменчивость количественных признаков и устойчивость к болезням и абиотическим факторам. При помощи корреляционного анализа выявили достоверные зависимости между урожайностью и степенью пораженности болезнями. Установили, что приемы интенсификации технологии возделывания способствовали повышению урожайности озимого тритикале, содержания сырого протеина и клейковины в зерне, устойчивости к фитопатогенам и стрессовым факторам окружающей среды.

Введение

Урожайность тритикале является одним из основных факторов конкурентоспособности культуры на рынке зернофуражных культур как на территории Республики Беларусь, так и в зарубежных странах. Реализация потенциала продуктивности определяется совокупностью генетических, биогенных и абиотических факторов. Заметную роль среди них играет уровень интенсивности технологии возделывания. Применение дополнительных агротехнических приемов способствует увеличению валового сбора зерна и повышению качества семенного материала за счет усиления генотипической нормы реакции, снижения развития болезней и ослабления действия абиотических факторов окружающей среды.

Целью исследований явился сравнительный анализ влияния интенсивности технологии возделывания на продуктивность сортообразцов озимого тритикале, изменчивость количественных признаков, устойчивость к болезням и абиотическим факторам.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служили 25 сортов и сортообразцов озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittmack, $2n = 42$) отечественной и зарубежной селекции питомника конкурсного сортоиспытания, выращенные на опытных полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию в 2011–2013 гг. Обработку почвы проводили согласно отраслевому регламенту [1]. Норма высева составила 4,5 млн. всхожих семян на гектар. Фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ вносили осенью под основную обработку почвы, азотные (карбамид) в дозе N_{120} — весной в несколько приемов: N_{60} — при возобновлении вегетации, N_{30} — в начале выхода в трубку (стадия 31 по Цадоксу) и N_{30} — при появлении флагового листа (стадия 37). При интенсивном уровне возделывания применяли дополнительную дозу азотных удобрений — N_{30} в фазе начала колошения (стадии 50,51), а также микроэлементы Cu и Mn (50 г/га) в виде некорневых подкормок в стадии 31, регуляторы роста и фунгициды — в стадиях 31 и 37 по Цадоксу. Уборка зерна проходила в период с 28 по 30 июля в зависимости от погодных условий года.

The results of an analysis of winter triticale samples grown in 2011–2013 in competitive variety testing according with conventional and intensive cultivation technologies are presented in the article. The effect of additional agrotechnical methods on the efficiency of the productivity potential realization, variability of quantitative characters and resistance to diseases and abiotic stresses were evaluated. Using the correlation analysis, significant dependencies between yield and disease prevalence level were revealed. It was established that the methods of cultivation technology intensification contributed to higher yields of winter triticale, increase of crude protein and gluten content, resistance to phytopathogens and environmental stress factors.

Провели биометрический анализ растений, определили массу 1000 зерен [2], содержание в них сырого протеина и клейковины [3]. Оценили устойчивость к болезням — снежной плесени (*Fusarium nivale* Ces.), мучнистой росе (*Blumeria graminis* (DC) Speer.), бурой ржавчине (*Puccinia recondita* Rob. et Desm.) и септориозу (*Septoria nodorum* Berk.) [4]. Между изученными признаками рассчитали коэффициенты парной (r) и множественной (R) корреляции.

Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее благоприятным для реализации потенциала продуктивности зерновых и зернобобовых культур на территории Республики Беларусь был 2012 г. В 2013 г. наблюдалось заметное снижение урожайности, о чем свидетельствуют данные национального статистического комитета [5]. Сравнительный анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что культура тритикале успешно конкурировала с традиционными зерновыми и зернофуражными культурами, незначительно уступая пшенице и ячменю, а в 2012 г. характеризовалась максимальной урожайностью — 41,1 ц/га.

Урожайность образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания также достигла максимального значения в 2012 г. — 68,2 ц/га. В 2011 и 2013 гг. среднее значение показателя составило 59,7 и 50,9 ц/га, соответственно. Важную роль в реализации потенциала продуктивности играли погодные условия на всех этапах онтогенеза. Так, уровень перезимовки образцов озимого тритикале в 2011 г. составил в среднем по питомнику 5,6 баллов, в то время как в 2012 г. — 8,2 балла. В 2013 г. перезимовка растений была несколько лучше, чем в 2011 г. — 6,4 балла, однако низкие отрицательные температуры второй и третьей декад марта привели к ослаблению растений и задержке вегетации. К тому же, недостаток влаги во время первой (0 % от нормы) и второй (46 %) декад июля 2013 г. негативно сказался на транспорте и накоплении ассимилятов, что привело к недобору сухого вещества и существенному снижению урожайности по сравнению с 2011 и 2012 гг.

В среднем за три года урожайность образцов озимого тритикале при традиционном способе возделывания составила 59,6 ц/га при диапазоне изменчивости от 44,2 до

77,1 ц/га и коэффициенте вариации 9,12 % (таблица 2). Применение интенсивной технологии возделывания способствовало усилению нормы реакции генотипов и повышению урожайности на 15,3 % или 9,1 ц/га. Максимальная прибавка отмечалась для 2013 г. — 10,6 ц/га или 20,8 %. Сравнительный анализ биометрических параметров показал, что основными элементами, обеспечившими прирост урожайности озимого тритикале при интенсивной технологии, являлись показатели «количество продуктивных стеблей», «продуктивная кустистость» и «масса зерна с растения». По результатам трехлетних наблюдений они оказались наиболее отзывчивыми на изменение технологии возделывания.

Напротив, длина главного колоса и масса его зерна не испытывали существенных колебаний при разных технологиях. Для показателей «высота растений» и «масса 1000 зерен» отмечалось незначительное снижение средних значений. Генотипическая специфика заметно проявилась для показателей «сырая клейковина», «продуктивная кустистость» и «масса зерна с растения», о чем свидетельствовали высокие коэффициенты вариации.

Увеличение содержания сырого протеина в зерне озимого тритикале является актуальной задачей из-за незначительной генотипической изменчивости признака. Погодные условия 2011 г., в частности высокая температура воздуха во время созревания зерна, способствова-

ли накоплению сырого протеина — его содержание для обычной технологии возделывания составило 13,9 %, для интенсивной — 14,3 %. В 2012 г. урожайность возросла, и содержание протеина в зерне анализируемых образцов снизилось до 9,9 % (обычная) и 10,7 % (интенсивная технология). В 2013 г., несмотря на невысокую урожайность, уровень содержания протеина практически не изменился: 9,9 и 10,2 % для обычной и интенсивной технологий возделывания, что обусловлено недостатком высоких температур во время созревания зерна [6].

В среднем содержание сырого протеина в зерне озимого тритикале при интенсивной технологии увеличилось незначительно — с 11,3 до 11,8 %, что является следствием противоположных процессов. С одной стороны, внесение дополнительных доз азотных удобрений и микроэлементов приводит к увеличению содержания протеина и изменению его фракционного состава, с другой стороны — повышение продуктивности сопровождается снижением уровня белка и ростом содержания крахмала. Однако обратная корреляционная зависимость между урожайностью и белком в зерне озимого тритикале уже не носит ярко выраженного достоверного характера, отмечаемого ранее. Так, по результатам последних трех лет, достоверной зависимости между этими показателями для анализируемой выборки не выявили. Более того, если для традиционной технологии коэффициент корреляции был отрицательным ($r = -0,161$), то для интенсивной технологии он характеризовался положительным значением (0,231).

Увеличение содержания сырой клейковины в зерне озимого тритикале при интенсивном подходе было более выраженным — с 12,4 до 14,0 %. При этом степень сопряженности между протеином и клейковиной существенно усиливалась при переходе от обычной ($r = 0,506$) к интенсивной технологии (0,774).

Анализ отклика генотипов на интенсивную технологию позволил выделить отзывчивые по показателю урожайности сорта и сортообразцы озимого тритикале: Прометей, Благо, Адашь, Г-5125, Г-5321, Г-6370, для которых прибавка в среднем за три года составила ≥ 10 ц/га. Максимальное повышение содержания сырого протеина отмечалось для образцов Михась, Лето, Пятрусь, Жемчуг, Г-5125, Г-5321, Г-6221; сырой клейковины — Динамо, Жемчуг, Г-5125, Г-5321, Г-6254.

Таблица 1 — Урожайность зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы) по Республике Беларусь на 1 сентября [4]

Культура	Урожайность с одного гектара убранной площади, центнеров зерна		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Тритикале	36,5	41,1	32,6
Пшеница	38,0	40,2	34,6
Рожь	28,0	30,6	22,9
Ячмень	33,8	38,8	33,6
Овес	32,7	36,4	30,1
Зернобобовые	31,0	32,0	28,1
Всего	34,2	37,6	31,5

Таблица 2 — Урожайность и количественные признаки озимого тритикале в зависимости от уровня интенсивности технологии возделывания (среднее, 2011–2013 гг.)

Показатель	Технология возделывания						
	обычная			интенсивная			
	$X \pm Sx$	Lim	V, %	$X \pm Sx$	\pm к обычной технологии, %	Lim	V, %
Урожайность, ц/га	59,6 \pm 1,0	42,7–77,1	9,12	68,7 \pm 1,4	+15,3	42,8–93,0	13,99
Сбор сырого протеина, ц/га	5,79 \pm 0,18	3,67–6,56	7,91	6,97 \pm 0,23	+20,4	5,04–10,0	10,46
Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	605 \pm 14	380–837	11,62	670 \pm 15	+10,7	420–923	11,19
Продуктивная кустистость, шт.	2,76 \pm 0,10	1,33–5,07	18,35	3,04 \pm 0,11	+10,1	1,73–4,93	18,74
Главный колос:							
длина, см	9,7 \pm 0,1	7,0–12,3	6,84	10,0 \pm 0,1	+3,1	7,3–12,2	7,11
количество зерен, шт.	46,1 \pm 1,1	29,6–65,9	12,55	49,2 \pm 1,4	+6,7	35,7–68,2	14,03
масса зерна, г	1,99 \pm 0,06	1,35–3,09	16,56	2,08 \pm 0,06	+4,5	1,33–2,96	14,09
Масса зерна с растения, г	4,37 \pm 0,21	2,01–9,68	23,84	4,79 \pm 0,20	+9,6	2,65–8,21	21,96
Высота растения, см	115 \pm 2	84–146	8,54	109 \pm 1	-5,2	88–151	6,95
Масса 1000 зерен, г	45,2 \pm 0,9	34,0–58,0	10,12	44,7 \pm 0,8	-1,1	35,5–57,3	9,76
Сырой протеин, %	11,3 \pm 0,1	8,1–15,2	6,68	11,8 \pm 0,1	+4,4	9,2–16,1	6,92
Сырая клейковина, %	12,4 \pm 0,4	8,1–16,7	18,43	14,0 \pm 0,5	+12,9	9,8–20,1	17,99

Таблица 3 — Степень пораженности болезнями образцов озимого тритикале в конкурсном сортоиспытании (среднее, 2011–2013 гг.)

Вид болезни	Развитие болезни, балл					
	технология возделывания					
	обычная			интенсивная		
	X ± Sx	Lim	V, %	X ± Sx	Lim	V, %
Снежная плесень,	3,8 ± 0,2	1,3–7,0	23,72	3,6 ± 0,2	2,0–7,0	24,48
Мучнистая роса	5,2 ± 0,2	3,0–7,0	17,48	3,0 ± 0,1	1,0–6,0	7,23
Бурая ржавчина	3,6 ± 0,3	1,0–7,0	33,38	2,2 ± 0,2	1,0–4,3	47,56
Септориоз листьев	6,4 ± 0,2	3,7–8,0	12,22	5,2 ± 0,1	1,0–7,0	15,36
Септориоз колоса	5,2 ± 0,2	1,0–7,0	20,04	4,2 ± 0,1	1,7–6,0	13,88

Наряду с абиотическими факторами важную роль в реализации потенциала продуктивности играла устойчивость к болезням. Вклад генотипа в формирование устойчивости исследуемых образцов озимого тритикале носил весомый характер для всех болезней, но особенно — для бурой ржавчины и снежной плесени, о чем свидетельствовали высокие коэффициенты вариации (таблица 3).

Уровень интенсивности возделывания оказал наибольшее влияние на развитие мучнистой росы и бурой ржавчины: наблюдалось снижение на 42,3 и 38,9 %, соответственно. Развитие септориоза на листьях и колосе снизилось на 18,8 и 19,2 %.

Корреляционный анализ влияния болезней на урожайность показал, что наиболее серьезный ущерб в 2011 и 2013 гг. нанесла посевам снежная плесень: $r = -0,735$ и $-0,671$ (для традиционной и интенсивной технологий) и бурая ржавчина: $r = -0,735$ и $-0,426$. В 2012 г. достоверную зависимость выявили только для обычной технологии возделывания: урожайность — мучнистая роса ($-0,568$) и септориоз листьев ($-0,483$). Множественный корреляционный анализ позволил оценить совокупный вклад болезней в снижение урожайности озимого тритикале. Для обычной технологии возделывания коэффициент корреляции характеризовался высоким значением — $R = 0,832$. Интенсивная технология при сохранении значительной генотипической изменчивости показателей поражения болезнями привела к заметному их снижению и, соответственно, ослаблению негативного влияния на урожайность — $R = 0,678$.

Заключение

Таким образом, анализ урожайности и количественных признаков образцов озимого тритикале в конкурсном сортоиспытании, выращенных при разных уровнях интенсивности возделывания, выявил преимущества

интенсивной технологии. Применение дополнительных приемов интенсификации (азотные удобрения, микроэлементы, регуляторы роста и фунгициды) способствовало повышению урожайности на 15,3 %, сбора и содержания сырого протеина — на 20,4 и 4,4 %, соответственно, клейковины — на 12,9 % относительно значений, полученных при традиционной технологии возделывания. Основными элементами продуктивности, обеспечившими прирост урожайности, являлись показатели «количество продуктивных стеблей», «продуктивная кустистость» и «масса зерна с растения». Интенсивная технология способствовала снижению развития мучнистой росы в посевах озимого тритикале в среднем на 42 %, бурой ржавчины — на 39 % и септориоза — на 19 %, что ослабило сопряженность между урожайностью и комплексом болезней и позволило повысить качество семян.

Литература

1. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общей ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. — Минск: Беларус. навука, 2012. — 469 с.
2. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
3. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, ВНИИ комбикормовой промышленности.
4. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах Совета экономической взаимопомощи / Л.Т. Бабаянц [и др.]. — Прага: [б.и.], 1988. — 321 с.
5. Об итогах уборки урожая зерна в Республике Беларусь в 2013 году / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2013. — 109 с.
6. Effect of environmental temperature on structure and gelatinization properties of wheat starch / J. Matsuki [et al.] // Cereal Chem. — 2003. — Vol. 80, № 4. — P. 476–480.

УДК 573.6:581.143.6:635

ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ СОРГО САХАРНОГО

В.И. Войтовская, Л.И. Сторожик, кандидаты с.-х. наук,
Т.Н. Недяк, научный сотрудник

Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 26.11.2014 г.)

В статье показаны результаты вегетативного размножения сорго сахарного в условиях *in vitro*. Подобраны режимы стерилизации для различных эксплантов сорго сахарного. Модифицированы составы питательных сред по прописи Мурашиге и Скуга для клонального микроразмножения и укоренения, которые обеспечивают высокий процент выхода растений.

Results of vegetative propagation of sweet sorghum in the *in vitro* conditions is presented in the article. Regimes of sterilization for different explants of sweet sorghum is chosen. Modified composition of nutrient medium on Murashige and Skoog prescription for clonal micropropagation and rooting that provide high yield of plants.