

22. Гатцук Л. Е. К методам описания и определения жизненных форм в сезонном климате // Бюлл. МОИП, отд. биол. 1974. Т. 74. Вып. 3. С. 84-100.

23. Серебрякова Т. И. Типы большого жизненного цикла и структура наземных побегов у цветковых растений // Бюлл. МОИП, отд. биол. 1971. Т. 76. Вып. 1. С. 105-119.

24. Донскова А. А., Мельникова М. Ф., Сальникова Л. И. Изменение анатомо-морфологической структуры лютика ползучего (*Ranunculus repens* L.) в генеративный период развития / Онтогенез травянистых поликарпических растений. Свердловск, 1979. С. 56-62.

25. Таршис Г. И. Подземные органы травянистых многолетников, их структура и изменчивость: Автореф. дис. доктора биол. наук. Свердловск, 1980. 50 с.

26. Снаговская М. С. Основные черты большого цикла развития и состав популяций желтой люцерны на Окских лугах: Дис. канд. биол. наук. М.: МГПИ, 1965. 214 с.

*Нина Анатольевна БОМЕ —
заведующая кафедрой ботаники
биологического факультета, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор,
Юрий Павлович ЛОГИНОВ —
декан агрономического факультета,
заведующий кафедрой растениеводства,
селекции и семеноводства Тюменской
государственной сельскохозяйственной
академии, доктор сельскохозяйственных
наук, профессор,
Анна Алексеевна БЕЛОЗЕРОВА —
аспирант кафедры ботаники
биологического факультета,
Александр Янович БОМЕ —
аспирант кафедры растениеводства,
селекции и семеноводства Тюменской
государственной сельскохозяйственной
академии,
Татьяна Николаевна МОЛЧАНОВА —
студентка 5 курса биологического
факультета*

УДК 663.1. + 631.531.19

ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ ЯРОВЫХ И ОЗИМЫХ ФОРМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ

АННОТАЦИЯ. Изучение количественных и качественных признаков яровых и озимых форм зерновых культур показало различную изменчивость их при воздействии факторов среды.

Studying the quantitative and qualitative signs of spring and winter cereal forms showed their different variability under environment influence.

Тюменская область, занимающая огромную территорию (1,43 млн. км²), характеризуется разнообразием почвенно-климатических условий, а также их специфичностью и широкой амплитудой изменчивости.



Из яровых зерновых главнейшей продовольственной культурой является яровая мягкая пшеница, занимающая около 400 тысяч гектаров, из озимых — озимая рожь, как наиболее зимостойкая, которая высевается на площади 70 тысяч гектаров.

Степень устойчивости сорта к экстремальным условиям может характеризовать размер изменения продуктивных свойств растительного организма при перемещении его из оптимальных условий выращивания в неблагоприятные.

Исследование реакции растений на действие каких-либо факторов среды позволяет вскрыть критические периоды на разных этапах органогенеза, что открывает новые возможности управления индивидуальным развитием организма.

Выявление форм, способных нормально переносить воздействие отрицательных факторов, а также обладающих потенциями высокой продуктивности, представляется задачей первостепенной важности, решение которой целесообразно начинать с первых этапов органогенеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы выполнена в Тюменском государственном университете (кафедра ботаники) и Тюменской государственной сельскохозяйственной академии (кафедра растениеводства, селекции и семеноводства).

Исследования проводились на образцах различного эколого-географического происхождения яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и озимой ржи (*Secale cereale* L.).

Оценка популяций на ранних этапах онтогенеза по количественным признакам выполнялась при выращивании растений в вегетационных сосудах из инертного материала; субстратом служил прокаленный песок. В каждом сосуде высевалось по 50 семян в четырехкратной повторности. Ежедневно проводился подсчет взошедших растений, на 10-й, 13-й день (в зависимости от цели опыта) учитывались морфометрические параметры: длина проростков и корней, количество листьев и корней, длина и ширина первого листа, масса проростков и зародышевых корней.

Масса 1000 зерен и посевные качества семян определялись по соответствующим ГОСТам [1].

Изучение структуры популяций озимой ржи проводилось по методике, описанной у З. В. Абрамовой [2].

При оценке образцов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к *Helminthosporium* sp. и *Fusarium* sp. использовались фитопатологический анализ семян, бензимидазольный метод, учет токсичности клеточного сока. Распределение образцов по группам восприимчивости произведено на основе балловой оценки и рассчитанного индекса болезни [3, 4, 5].

В полевых условиях посев, учеты и наблюдения выполнялись по методике Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова [6].

Основные статистические параметры рассчитывали по стандартным методикам [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Селекция яровой мягкой пшеницы в Тюменской области ведется 25 лет. За этот период изучено около 10 тысяч образцов и выделены ис-

точники как по отдельным, так и по комплексу ценных признаков, которые эффективно используются в селекционно-генетических программах.

В то же время существует необходимость получения форм с новыми или улучшенными биологическими свойствами.

Сорта, создаваемые для местных специфических условий, должны сочетать устойчивость к весенне-летней засухе с дружностью всходов и повышенной холодостойкостью, быстрыми темпами роста корневой системы и надземной массы, с умеренным и даже медленным развитием растений до колошения и быстрым от колошения до созревания.

Оценка развития в определенных условиях позволяет судить о генетическом потенциале не только интегральных условий адаптивности сортов и селекционно-ценных форм, но и отдельных элементов структуры урожая, формирующихся на разных этапах онтогенеза.

В прогнозировании отбора ценных форм немалое значение имеет изучение корневой системы и надземных органов, изменчивость которых может характеризовать степень устойчивости популяции, способность ее противостоять неблагоприятным условиям.

Нашими опытами установлено, что преимущество остается за образцами, семена которых прорастают большим количеством зародышевых корней (5-7 штук) и имеют хорошо развитые нижние листья, быстро закрывающие поверхность почвы.

Многолетние лабораторные исследования (1974—1984 гг.) коллекционных образцов яровой пшеницы различного географического происхождения показали, что лучшее развитие зародышевых корней имели сорта Поволжья, Сибири и Казахстана [8].

В настоящее время проводится более углубленное изучение особенностей формирования корневой системы и вегетативных органов с начала прорастания семян.

Одним из показателей, характеризующих биологические свойства семян, является масса 1000 зерен. В исследованиях Ф. Э. Реймерс, И. Э. Илли [9], проведенных в условиях Иркутской области, не установлено положительной связи между крупностью семян и их всхожестью.

В наших экспериментах, поставленных в условиях весенне-летней засухи, в ряде случаев крупнозерные образцы дали большее количество всходов по сравнению с относительно мелким зерном.

Так, в 1975 и 1976 гг. такую закономерность мы наблюдали при оценке мутантных форм, полученных методом внутривидовой гибридизации в сочетании с обработкой гибридных зерен гамма-излучением в дозах 1000, 3000 и 5000 рентген.

В 1998 году максимальная полевая всхожесть — 70% отмечена у сорта Тюменская 80, характеризующегося самой высокой массой зерновки. У сортов Фора, Саратовская 57, Мир 11 процент полевой всхожести превысил 60, а масса 1000 зерен была больше 40 г.

Первичная корневая система тесно взаимосвязана с эффективностью снабжения влагой и питательными веществами корня и стебля. В острозасушливых условиях на долю корней может падать до 50% урожая [10].

В нашем опыте наибольшей изменчивости была подвержена длина корней. Коэффициент вариации по этому признаку у 72,2% изученных образцов оказался высоким (21,25—37,40%), у остальных — средним (14,97—17,21%). Число зародышевых корней и их масса значительно чаще характеризовались слабой и средней степенью изменчивости.

Экспериментальными данными установлено, что на недостаток влаги в период от всходов до выхода в трубку образцы реагировали значительными колебаниями длины корней (3,1–13,2 см), их числа (4,4–11,0), относительной скорости роста (1,84–12,68), что указывает на реальную возможность расширения границ отбора растений с нужными свойствами.

В нормальном формировании биомассы растений немалое значение имеет устойчивость к различным заболеваниям.

Фитопатологический анализ семян четырех сортов яровой мягкой пшеницы выявил ряд грибов, среди которых наиболее часто встречались *Alternaria tenuis*, *Helminthosporium sativum*, *Penicillium* sp. и грибы из рода *Fusarium*.




Наиболее зараженными патогенными грибами были сорта Тюменская 80 (38,50%), менее Комета и Саратовская 57 (7,50 и 6,25% соответственно). Прослеживалась закономерность: чем выше зараженность семян, тем ниже их лабораторная всхожесть.

По значению индекса болезни пораженных проростков сорта Комета, Тюменская 80, Мир 11 отнесены к средневосприимчивым ($P_6 = 28,15 - 30,45\%$, 21,59–28,43%, 20,40–29,50% соответственно), сорт Саратовская 57 — к слабовосприимчивым ($P_6 = 12,48 - 18,48\%$) (табл. 1).

Таблица 1

Оценка образцов яровой пшеницы по устойчивости к *Helminthosporium* sp. и *Fusarium* sp.

Метод \ Сорт	Возбудитель	Фитопатологический анализ семян		Бензимидазольный метод		Корневая гниль		Учет токсичности клеточного сока	Сумма баллов
		$P_6, \%$	балл	$P_6, \%$	балл	$P_6, \%$	балл		
Тюменская 80	Helm.	28,43	3	16,94	4	55,80	4		11
	Fus.	21,59	2	24,00	4	25,55	2		8
Комета	Helm.	30,45	1	37,00	2	50,64	1		4
	Fus.	28,15	1	35,43	1	21,87	3		5
Саратовская 80	Helm.	12,48	4	39,20	1	51,39	2		7
	Fus.	18,48	4	34,35	2	21,11	4		10
Мир 11	Helm.	29,50	2	26,19	3	38,27	3		8
	Fus.	20,40	3	24,27	3	28,89	1		7

Примечание:  — > 40% — неустойчивый,
 — 20 — 40% — средневосприимчивый,
 — 10 — 20% — слабовосприимчивый.

Грибы *Helminthosporium* sp. и *Fusarium* sp. являются наиболее распространенными и вредоносными среди почвенных инфекций. Они вызывают заболевание корней и корневой шейки, что приводит к отмиранию продуктивных стеблей, пустоколосице и щуплости зерна пораженных растений.

При проращивании семян на инфекционных фонах наблюдали существенные изменения ряда количественных характеристик. Присутствие в субстрате *Helminthosporium* sp. уже на раннем этапе онтогенеза отрицательно сказывалось на развитии первичной корневой системы (уменьшение длины корня) (табл. 2). Наши данные согласуются с результатами других исследователей [4].

Таблица 2

Показатели количественных признаков образцов яровой пшеницы на инфекционном фоне (*Helminthosporium* sp.)

Сорт \ Признак	Вариант опыта	Длина проростка Х _{ср} ± m _x , см	Длина корней Х _{ср} ± m _x , см
Комета	контроль	24,07 ± 0,69	15,53 ± 0,52
	опыт	27,87 ± 0,72 *	10,12 ± 0,36 *
Саратовская 57	контроль	22,06 ± 1,04	17,70 ± 0,62
	опыт	25,73 ± 0,78 *	11,50 ± 0,42 *
Мир 11	контроль	23,47 ± 0,84	18,41 ± 0,86
	опыт	29,02 ± 0,78 *	17,42 ± 0,80
Тюменская 80	контроль	25,02 ± 0,61	16,33 ± 0,67
	опыт	27,87 ± 0,89 *	9,25 ± 0,31 *

Примечание: * — различия статистически достоверны при P < 0,05.

В развитии надземных органов патологических изменений не было, отмечено даже некоторое стимулирование роста растений.

В опыте с *Fusarium* sp. наблюдалась совершенно противоположная картина. Для растений на зараженном фоне характерно более мощное развитие корневой системы и угнетение вегетативной части (табл. 3). В литературе описываются случаи возможной стимуляции ростовых процессов пораженных растений [11]. Часто это явление носит временный характер и связано с физиологическими особенностями паразита. Интенсивный рост корней и отставание надземной части растений, вероятно, можно объяснить тем, что внедрение паразита в корни растения ведет к закупорке проводящих сосудов, нарушается транспорт воды и растворенных в ней веществ, снижается интенсивность фотосинтеза, а следовательно, происходит задержка развития растения.

Комплексная оценка по признакам, характеризующим интенсивность прорастания семян, изменчивость количественных характеристик проростков и первичной корневой системы, позволила характеризовать сорта яровой мягкой пшеницы Тюменская 80, Мир 11, Саратовская 57 как наиболее устойчивые к поражению болезнями.

Таблица 3

Показатели количественных признаков образцов яровой пшеницы на инфекционном фоне (*Fusarium* sp.)

Сорт \ Признак	Вариант опыта	Длина проростка Х _{ср} ± m _x , см	Длина корней Х _{ср} ± m _x , см
Комета	контроль	23,52 ± 0,61	14,09 ± 0,45
	опыт	21,75 ± 0,81	20,39 ± 0,81 *
Саратовская 57	контроль	22,09 ± 0,95	18,53 ± 0,33
	опыт	20,83 ± 0,71	19,30 ± 0,96
Мир 11	контроль	24,25 ± 0,75	19,28 ± 0,71
	опыт	19,63 ± 0,75 *	20,72 ± 0,62
Тюменская 80	контроль	26,02 ± 0,60	18,96 ± 0,57
	опыт	19,81 ± 0,67 *	24,96 ± 0,42 *

Примечание: * — различия статистически достоверны при P < 0,05.

Изученные популяции озимой ржи характеризовались разнородностью по окраске зерновок, которая была разделена на два типа: желтая и зеленая. Отмечено различное соотношение фенотипов семян внутри каждой проанализированной популяции. У всех образцов наблюдалось преобладание желтоокрашенных семян в выборке. Соотношение семян с зеленой и желтой окраской в выборках изученных популяций варьировало от 1:39 у сорта Гибридная 7 до 1:2 у селекционной линии СГП-96.

У образцов, различающихся по частоте фенотипов окраски зерновок, было проведено изучение структуры популяций по частотам генотипов и аллелей с использованием закона Харди-Вайнберга.

Сравнение структуры образцов с теоретически ожидаемым соотношением генотипов позволяет судить о том, находятся популяции в равновесии или нет. Среди опытных популяций лишь у сортов Гетера и Супермалыш 2 соотношение доминантного и рецессивного генотипов было близко к теоретически ожидаемому.

Для популяций озимой ржи характерны различия не только по окраске зерновок, но и по окраске всходов.

Известно, что большое адаптивное значение для цветковых растений имеет пигмент антоциан, повышающий устойчивость к засухе, низким температурам, болезням, вредителям и т. д. [12, 13, 14,]. Установлено, что продуктивность растений озимой ржи, имеющих зеленую окраску всходов, составила 80% по отношению к продуктивности растений, имеющих красно-фиолетовые всходы [2].

В наших исследованиях в популяциях озимых форм ржи обнаружен полиморфизм по проявлению пигментации в окраске проростков. В одних случаях встречаемость растений с антоцианом выше в вариантах с зеленоокрашенными зерновками (сорта Гетера, Восход 1), в других с желтоокрашенными (СГП-96), что указывает на необходимость при отборе по этому признаку учитывать особенности каждой конкретной популяции.

При изучении влияния окраски зерновок на изменчивость количественных признаков наблюдались различия между растениями исходной популяции и выросшими из семян после разбора их на желтые и зеленые, хотя четкой закономерности не выявлено (табл. 4, 5).

Так, например, у растений, полученных из желтоокрашенных семян селекционной линии СГП-96, наблюдалась тенденция к увеличению значений по сравнению с контролем следующих признаков: количество листьев и зародышевых корней, масса проростков и длина корней. В то же время у сорта Восход 1 по длине проростка растения уступали исходной популяции, а по массе корневой системы и ширине первого листа было характерно незначительное превышение контроля.

В варианте с зелеными по фенотипу зерновками у образцов Ильмень и Гетера проростки превосходили первоначальную популяцию по количеству и длине корней. Длина проростков, количество листьев, масса зародышевых корней растений из зеленоокрашенных семян сорта Ильмень уступали контролю, а у образца Гетера отмечено увеличение этих показателей.

Установленные различия между популяциями озимой ржи по изменчивости количественных признаков могут быть использованы для прогнозирования отбора в раннем онтогенезе.

Таблица 4

Характеристика популяций озимой ржи по количественным признакам

Образец	Проростки				Зародышевые корни		
	длина, мм	ширина первого листа, мм	Кол-во листьев, шт.	масса, г	кол-во, шт.	длина, мм	масса, г
Ильмень	161,70±2,00*	3,30±0,070*	1,95±0,017	4,44±0,372	5,35±0,072*	69,14±2,390*	3,15±0,311*
СГП-96	142,31±3,08*	3,15±0,081*	1,81±0,033*	3,16±0,361*	5,09±0,106*	70,78±2,719*	1,58±0,376
Гетера х (Самрег-легх Имунная1) х Россиянка	183,21±4,135*	3,31±0,065	1,91±0,025	5,63±0,431*	5,50±0,088*	101,80±3,019*	2,29±0,363
Гетера	161,95±3,719	3,60±0,086	1,78±0,034*	4,35±0,761	5,16±0,093*	71,31±3,301*	1,21±0,247*
Восход 1, стандарт	168,97±2,755	3,46±0,073	1,95±0,021	4,54±0,227	5,92±0,078	130,64±2,989	1,89±0,220

Примечание: * — статистически достоверные различия со стандартом при $P < 0,05$.

Таблица 5

Изменчивость количественных признаков образцов озимой ржи в зависимости от фенотипов окраски зерен

Показатели	Желтая		Зеленая	
	СГП-96	Восход 1	Ильмень	Гетера
<i>Проростки:</i>				
длина, мм	- 0,01	- 13,72 *	- 15,95*	+ 14,65*
ширина 1-го листа, мм	+ 0,15	+ 0,18	+ 0,07	- 0,08
количество листьев, шт.	+ 0,04	- 0,05	- 0,07*	+ 0,14*
масса, г	+ 0,4	- 0,69	- 0,61	- 0,12
<i>Зародышевые корни:</i>				
количество, шт.	+ 0,31	- 0,57*	+ 0,11	+ 0,17
длина, мм	+ 11,01*	- 1,71	+ 6,84	+ 1,14
масса, г	+ 0,02	+ 0,24	- 0,89*	+ 0,5

Примечание: * — статистически достоверные различия с исходной популяцией при $P < 0,05$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали значительные различия между образцами яровых и озимых зерновых культур по количественным признакам, отражающим формообразовательный процесс и накопление биомассы растений.

Образцы яровой пшеницы, выделившиеся по ценным признакам в раннем онтогенезе, характеризовались рядом преимуществ на фенотипическом уровне на более поздних этапах органогенеза.

Установлено, что для выделения форм, устойчивых к грибным заболеваниям в раннем онтогенезе, эффективно комплексное применение лабораторных методов оценки.

При отборе следует учитывать неоднозначную реакцию образцов яровой пшеницы на изученные патогены. Наличие в субстрате гриба *Helminthosporium* sp. вызвало угнетение роста первичной корневой системы и некоторую стимуляцию надземных органов. На инфекционном фоне, включающем возбудитель *Fusarium* sp., наблюдалось увеличение линейных размеров зародышевых корней при отставании значений, характеризующих проростки.

На основании обобщения полученных результатов показано, что изученные популяции озимой ржи характеризуются значительными различиями в структуре по проявлению фенотипов окраски зерновок, а также частот генотипов и аллелей.

Обнаружен полиморфизм по проявлению пигментации в окраске всходов. В одних случаях встречаемость растений с антоцианом выше в варианте с зеленоокрашенными семенами (сорта Гетера, Восход 1), в других случаях с желтоокрашенными семенами (линия СГП-96), что указывает на необходимость при отборе учитывать особенности каждой популяции.

Установленные различия между популяциями озимой ржи по изменчивости количественных признаков проростков и корневой системы могут быть использованы для прогнозирования отбора высоко адаптивных форм в раннем онтогенезе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семена и посадочный материал. М.: Изд-во стандартов, 1973. 407 с.
2. Абрамова З. В. Практикум по генетике. Л.: Агропромиздат, 1992. 224 с.
3. Методические указания по изучению устойчивости злаковых трав к возбудителям грибных болезней для условий Нечерноземной зоны РСФСР. Л.: ВИЗР, 1977. 60 с.
4. Определение видового состава возбудителей болезней злаковых трав и учет поражаемости образцов / Метод. указания (Под ред. В. И. Кривченко). Л. ВНИИР, 1972. 50 с.
5. Кобылянский В. Д., Королева Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л.: ВНИИР, 1977. 28 с.
6. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы/Под ред. В. Ф. Дорофеева. Л.: ВНИИР, 1977. 27 с.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 295 с.
8. Логинов Ю. П. Селекция яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Сибири. Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Новосибирск, 1997. 57 с.
9. Реймерс Ф. Э., Илли И. Э. Физиология семян культурных растений Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. 141 с.
10. Ведров Н. Г. Селекция и семеноводство яровой пшеницы в экстремальных условиях. Красноярск, 1984. 240 с.
11. Родигин М. Н. Общая фитопатология. М.: Высшая школа, 1978. 365 с.
12. Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. М.: Колос, 1971. 885 с.
13. Кереев К. Н. Биологические основы растениеводства. М.: Высшая школа, 1975. 421 с.
14. Фадеева Т. С., Соснихина С. П., Иркаева Н. М. Сравнительная генетика растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 248 с.