

## Взаимосвязи урожайности озимой пшеницы с элементами её структуры на современном этапе в степной зоне Ростовской области

*М.А. Фоменко, д.с.-х.н., А.И. Грабовец, чл.-кор. РАН, д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ Донской зональный НИИСХ*

Озимая пшеница имеет приоритетное значение, доминирует по посевным площадям, валовым сборам и значению в экономике страны. В Северо-Кавказском, Нижневолжском, Уральском регионах в условиях усиления аридизации среды важнейшей задачей селекции является выявление критериев отбора генотипов с высоким продуктивным потенциалом, способным его реализовать в лимитированных агроклиматических условиях [1].

Исследования прошлых лет (1985–2010 гг.) по изучению взаимосвязей урожая зерна селекционных форм со слагающими элементами его структуры позволили установить их вклад в формирование вала зерна в условиях усиления засушливости (аридности) климата в степной зоне Ростовской области. Эти данные определили пути селекционных исследований по основным признакам, отвечающим за повышение продуктивности растений в этот период [2, 3].

Использование при гибридизации нового генетического материала с генами карликовости, возникающие изменения в метаболизме новых форм побудили продолжить исследования по совершенствованию селекционных программ.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводили в научно-исследовательском центре ФГБНУ ДЗНИИСХ в степной зоне Ростовской области. Объектами исследования были сорта и линии озимой пшеницы генеральных конкурсных испытаний 2011–2016 гг.

Метеоусловия существенно различались по годам. В период проведения исследования 2011–

2013 гг. и 2015 г. годовое количество осадков варьировало от 318 до 413 мм. Сумма осадков в 2014 г. соответствовала среднемноголетней норме (451 мм). Оптимальным по влагообеспеченности был 2016 г. (530 мм). По данным метеопоста «Тарасовское опытное поле», отклонение от среднегодовой температуры воздуха составляло 1,7–4,8°C. Гидротермический коэффициент в среднем составлял 0,7, коэффициент аридности – 0,4. Низкие температуры на глубине узла кущения в бесснежный период были зафиксированы в ноябре 2012 г. (-14°C). В зимний период наблюдали оттепели и возобновление вегетации озимых, которые сменялись морозами до минус 30°С. Почва опытного участка представлена чернозёмом южным среднемошным карбонатным слабовыщелочным. Постановка полевых опытов, учёт структуры урожая зерна осуществлялись по общепринятым методикам. Корреляционный анализ проводили по Б.А. Доспехову. Коэффициенты генотипической и экологической корреляции определяли по методике А.А. Драгавцева [4].

**Результаты и исследования.** При проведении исследования использовали данные по биометрии и структуре урожая 120 генотипов конкурсных испытаний 2011–2016 гг. В этот период агроклиматические условия отличались резкой флуктуацией по годам. За шестилетний период изучения четыре года были острозасушливые. Относительно благоприятные условия сформировались в 2014 и 2016 гг. Почвенную и воздушную засуху в период посева отмечали практически ежегодно.

Средняя урожайность генотипов в конкурсных испытаниях (КСИ) варьировала от 4,84 т/га (2015 г.) до 8,64 т/га (2016 г.). При крайне нестабильных и неблагоприятных условиях во время исследования

выявили существенную вариабельность количества продуктивных колосьев на единице площади у генотипов. Коэффициент вариации ( $C_v\%$ ) этого признака составлял 11,9–24,4% (табл. 1).

Наиболее сильно варьировали сложные признаки элементов структуры: масса зерна с растения и масса зерна с колоса. Различия между максимальными и минимальными значениями коэффициента вариации у признака «масса зерна с растения» составляли от 15,1 до 33,2%, у признака «масса зерна с колоса» – от 8,1 до 23,1%. Особенно это проявлялось при усилении конкурентных взаимоотношений в ценозе в условиях неблагоприятного воздействия факторов внешней среды. Заметно варьировал признак «продуктивная кустистость» (11,1–21,1%).

Значения степени сопряженности между густотой продуктивного стеблестоя и сбором зерна с единицы площади составляли от -0,75 до 0,34 (табл. 2).

При анализе коэффициентов корреляции в динамике отрицательные взаимосвязи были выявлены в благоприятные годы для роста и развития растений озимой пшеницы. Видимо, такие различия вклада густоты стеблестоя в обусловленность урожайности возникали в силу генетических различий сортов по их толерантности к густоте ценоза.

Повышение урожайности в первую очередь за счёт крупного колоса, увеличения биомассы растений, перераспределения ассимилянтов в репродуктивные органы растений, повышения индекса урожая зерна в условиях нарастания аридности климата – достаточно проблематично [5].

Средняя высота соломины в конкурсных испытаниях (КСИ) варьировала от 71 см (2011 г.) до 105 (2016 г.). При этом воздушно-сухая надземная биомасса этих генотипов составляла 1194 и 1980 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Степень сопряженности между урожайностью зерна и величиной надземной биомассы варьировала от слабо отрицательной  $r_{ph} = -0,23$  (2014 г.) до высокой  $r_{ph} = 0,77$  (2011 г.). Высота растений практически не оказывала влияния на урожайность ( $r_{ph} = -0,32-0,2$ ). В то же время выявили, что в условиях степного региона есть предел, до

которого можно снижать высоту соломины. Если его превышать, то даже если будет высоким значение уборочного индекса, высокая интенсивность фотосинтеза, урожайность зерна будет снижаться. Причина заключается в недостаточной ёмкости депонирования метаболитов. В нашем исследовании при имеющейся высоте соломины выявлена положительная зависимость между урожайностью и ёмкостью ценоза ( $r_{ph} = 0,68-0,96$ ).

Выявленные сопряженности урожайности с элементами её структуры показали, что на современном этапе наибольший вклад в формирование продуктивности вносит масса зерна с колоса ( $r_{ph} = 0,59$ ), масса зерна с растения ( $r_{ph} = 0,47$ ) и индекс урожая ( $r_{ph} = 0,47$ ), (табл. 2).

У изученных генотипов компенсационная нагрузка равномерно легла на другие элементы структуры урожая: массу 1000 зёрен ( $r_{ph} = 0,44$ ), озернёность колоса ( $r_{ph} = 0,46$ ), величину надземной биомассы ( $r_{ph} = 0,32$ ).

Одновременно с анализом парных фенотипических корреляций элементов структуры урожая оценили модификационную изменчивость признаков. Определяли коэффициенты генотипической ( $r_g$ ) и экологической ( $r_e$ ) корреляции по 6-летним данным 2011–2016 гг. Сопоставление значений корреляций позволило оценить критерии отбора селективируемых признаков. Во многих селекционных программах по селекции зерновых маркёрами отбора генотипов на продуктивность служат масса зерна с колоса и с растения [5].

В наших исследованиях признак «масса зерна с растения» также генотипически тесно связан с урожайностью,  $r_g$  составляет 0,77 (табл. 2). Модификационная изменчивость между этими парами признаков средняя ( $r_e = 0,28$ ).

В данный период выявили несколько большие значения экологической и генотипической корреляций между массой зерна с колоса и урожайностью ( $r_g = 0,90$ ,  $r_e = 0,31$ ). Фенотипическая корреляция между числом продуктивных стеблей и урожайностью была слабо отрицательной, а генотипическая корреляция слабо положительной ( $r_g = 0,23$ ). На проявление корреляций по данной паре признаков заметное влияние оказывает воз-

1. Коэффициенты вариации ( $C_v\%$ ) элементов структуры урожая озимой пшеницы, КСИ, 2011–2016 гг.

Год	Число растений	Число продуктивных стеблей	Продуктивная кустистость	Масса зерна с растения	Масса зерна с колоса	Масса 1000 зёрен	Число зёрен в колосе	Число колосков в колосе	Надземная биомасса	Индекс урожая	Высота растения	Длина колоса	Ёмкость ценоза
2011	11,0	24,4	21,1	19,8	14,7	5,5	14,1	2,9	20,0	15,9	11,4	4,1	13,1
2012	15,9	17,4	18,8	15,1	16,3	4,8	17,1	7,2	12,5	12,6	9,0	7,6	9,7
2013	12,9	14,3	11,8	23,6	23,1	7,1	19,8	7,8	18,4	16,0	16,4	6,4	17,3
2014	20,9	11,9	11,1	33,2	12,3	11,2	16,6	5,5	10,1	14,4	7,8	10,2	18,6
2015	18,3	14,9	20,4	24,7	16,9	8,1	18,9	5,7	12,4	12,1	9,3	10,1	11,8
2016	17,1	14,8	14,4	21,1	8,4	8,2	15,3	3,8	19,5	16,7	1,8	4,8	13,4

2. Фенотипические, генотипические и экологические корреляции урожайности озимой мягкой пшеницы с элементами её структуры, ДЗНИИСХ, 2011–2016 гг.

Признак	Год, $r_{ph}$							$r_g$	$r_c$
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	сред.		
Число растений	-0,16*	0,55*	1,00*	0,45*	-0,05	-0,55*	0,21*	0,12	0,26*
Число продуктивных стеблей	0,34*	0,21*	-0,12	-0,75*	0,11	-0,14*	-0,14*	0,23*	-0,47*
Продуктивная кустистость	0,39*	-0,29*	-0,15*	-0,65*	0,15*	0,63*	0,01	-0,05	-0,07
Масса зерна с растения	0,72*	0,25*	-0,10	0,40*	0,82*	0,75*	0,47*	0,77*	0,28*
Масса зерна с колоса	0,43*	0,31*	0,46*	0,86*	0,68*	0,82*	0,59*	0,90*	0,31*
Масса 1000 зёрен	0,13*	0,37*	0,60*	-0,48*	0,15*	0,89*	0,44*	0,75*	0,49*
Число зёрен в колосе	0,43*	0,28*	-0,12	0,06	0,50*	0,93*	0,46*	0,85*	0,56*
Число колосков в колосе	0,26*	-0,35*	0,55*	0,88*	0,24*	-0,69*	0,15*	0,41*	0,10
Надземная биомасса	0,77*	0,40*	-0,03	-0,23*	0,34*	0,66*	0,32*	0,73*	0,56*
Индекс	0,26*	0,38*	0,61*	-0,04	0,64*	0,34*	0,47*	0,75*	0,17
Высота соломины	-0,32*	0,08	0,03	-0,16*	0,20*	-0,03	-0,03	0,86*	0,56*
Длина колоса	-0,45*	-0,49*	-0,76*	0,79*	0,25*	-0,61*	-0,21*	-0,33*	-0,22*
Ёмкость ценоза	0,88*	0,89*	-0,11	-0,46*	0,68*	0,96*	0,55*	0,78*	0,25*

Примечание: \* – значимые различия по  $t$ -критерию при  $P < 0,05$

действие абиотических лимитирующих факторов. Экологический коэффициент  $r_c$  составил -0,47. Их разнонаправленность позволяет сделать вывод, что дальнейшее повышение урожайности будет связано с увеличением числа продуктивных стеблей на единице площади.

Высокие генотипические коэффициенты корреляции установлены между урожайностью и массой 1000 зёрен, числом зёрен в колосе, высотой соломины: 0,75, 0,85, 0,86 соответственно. Однако отмечена их существенная зависимость от погодных условий ( $r_c = 0,49$ ; 0,56; 0,56 соответственно). Признак «длина колоса» в исследованиях имел слабые отрицательные взаимосвязи с урожайностью.

Положительная генотипическая зависимость выявлена между урожайностью и ёмкостью ценоза:  $r_g$  и  $r_c$  составляли 0,78 и 0,25. Уборочный индекс был более обусловлен генотипом сорта, чем условиями выращивания. Это подтверждено и нашим исследованием. Установлена высокая генотипическая взаимосвязь между индексом урожая и урожайностью с единицы площади  $r_g = 0,75$ . Экологический коэффициент (модификационная изменчивость) у данной пары признаков был незначителен  $r_c = 0,17$ .

**Вывод.** Выявленные взаимосвязи между урожайностью и обуславливающими её элементами в непрерывно изменяющихся внешних условиях в степной зоне Ростовской области позволили

установить, что такие показатели, как масса зерна с колоса и растения и озернёность колоса, продолжают оказывать основное влияние на формирование продуктивности растений озимой мягкой пшеницы. Выявлена высокая генотипическая корреляция между урожайностью и индексом урожая ( $r_g = 0,75$ ) при слабой их экологической корреляции ( $r_c = 0,17$ ).

Индекс урожая может служить эффективным фоновым признаком при селекции на урожайность. Селекция озимой пшеницы с учётом данного признака может обусловить уменьшение общей надземной биомассы, что также следует учитывать при отборах селекционного материала.

### Литература

1. Иванов А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России // Земледелие. 2009. № 1. С. 3–6.
2. Фоменко М.А., Грабовец А.И. Усиление аридности климата на Дону в динамике параметров модели сортов озимой мягкой пшеницы // Земледелие, растениеводство, селекция: настоящее и будущее: матер. междунар. науч.-практич. конф. Жодино. 2012. Т. 2. С. 210–215.
3. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Масса зерна – интегральный показатель адаптивности озимой пшеницы при селекции на засухоустойчивость // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (49). С. 16–20.
4. Драгавцев А.А. Методы оценки генотипической, генетической и экологической корреляции количественных признаков в растительных популяциях // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью статистических методов. М.: ВНИИТ ЭИ сельхоз. 1973. С. 45–50.
5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2007. 543 с.