

Зависимость формирования элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы от погодных факторов и минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья

*В.И. Елисеев, К.С.-Х.Н., Г.Н. Сандакова, К.Т.Н.,
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН*

Увеличение производства яровой твёрдой пшеницы имеет важное народнохозяйственное значение. Сокращение посевных площадей в Оренбургской области до 265 тыс. га отразилось на объёмах производства данной культуры. Одной из причин является высокая вариабельность урожайности по годам. В связи с этим разработка вопросов, связанных с повышением урожайности, является актуальной задачей в области.

Многие исследователи считают, что продуктивность пшеницы можно повысить путём совершенствования структуры урожая [1–3]. Одни учёные полагают, что основными элементами структуры урожая являются количество растений на единице площади, продуктивная кустистость, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен и др. [4]. По мнению других, большое значение имеет продуктивность колоса [5–7]. И.Н. Ковтун отмечает, что максимальная урожайность сортов пшеницы возможна при оптимальном формировании всех элементов продуктивности, при этом необходимо учитывать их тесную (компенсаторную) взаимосвязь [8]. Это создаёт определённые возможности управления процессом формирования урожая путём регулирования его элементов. Все эти слагаемые урожая зависят от различных условий выращивания (метеорологических, почвенных и агротехнических факторов). Об этом свидетельствуют работы учёных Оренбуржья М.П. Долгалёва, В.Е. Тихонова [9], О.Е. Цинцадзе [10] и др.

Вышеизложенное определило **цель** настоящего исследования – выделить основные элементы структуры урожайности яровой твёрдой пшеницы в длительном (42 года) стационарном опыте, выявить степень влияния на них метеорологических и агротехнических (различных доз минерального питания) факторов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья.

Материал и методы исследования. Исследование проведено на многолетнем (1974–2016 гг.) стационаре с удобрениями в пятипольном зернопаровом севообороте. Схема проведения исследования – общепринятая, включала десять вариантов минерального питания растений в различные фазы их роста и развития:

I – без удобрений (контроль); II – $N_{40}P_{40}$; III – $N_{40}K_{20}$; IV – $P_{40}K_{20}$; V – $N_{40}P_{40}K_{20}$; VI – $N_{80}P_{80}K_{40}$; VII – $N_{20}P_{20}K_{10}$; VIII – $N_{80}P_{40}K_{20}$; IX – $N_{40}P_{80}K_{20}$; X – $N_{80}P_{20}K_{140}$ [11].

В севообороте культуры чередовались следующим образом: пар, озимая рожь, яровая твёрдая пшеница, просо, яровая мягкая пшеница.

Почвы опытного поля представлены чернозёмом обыкновенным среднесильным, тяжелосуглинистым с содержанием гумуса в слое 0–30 см 4,7–5,5%, подвижного фосфора – 2,3–2,8 мг, обменного калия – 26,7–38,4 мг на 100 г почвы.

Повторность вариантов четырёхкратная, общая площадь делянки – 450 м² (7,5×60 м), учётная – 300 м².

Под вспашку вносили мочевины, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий.

Агротехника в опыте – традиционная для центральной зоны области.

При проведении исследования руководствовались методикой Б.А. Доспехова и другими методиками, принятыми в агрохимии [12].

Для оценки воздействия погодных факторов на структуру урожая были привлечены агрометеорологические данные Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1974–2016 гг.

Методом нелинейного корреляционного и множественного регрессионного анализов на ПЭВМ с помощью прикладных программ Excel и Statistika определяли связь элементов структуры урожая с погодными факторами и урожайностью.

Результаты исследования. За период исследования в Оренбургском Предуралье 20% лет характеризовались как засушливые (ГТК=0,71), 46% – очень засушливые (ГТК=0,33 ед.), что сильно повлияло на формирование элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы на обыкновенном чернозёме.

Колебания погоды привели к средней и значительной вариабельности ($V = 15,82–34,78\%$) элементов структуры урожая по годам, при среднемноголетнем их значении на контроле: количества растений – 243 ± 59 шт/1 м², количества продуктивных стеблей – 283 ± 63 шт/1 м², высоты растений – 76 ± 17 см, количества зёрен в колосе – 18 ± 5 шт., массы зерна с 1 колоса – $0,70 \pm 0,23$ г, массы 1000 зёрен – $34,33 \pm 5,43$ г. В связи с этим важно было оценить роль погодных факторов в формировании элементов структуры урожая, выявить их параметры и найти величины, оптимальные для их формирования.

Поиск количественных связей элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы с погодными факторами методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа позволил

получить математические регрессионные модели погода – элемент структуры по периодам вегетации и в целом за весь период вегетации. Установлено существование сильных зависимостей между этими факторами ($\eta = 0,75-0,97$).

Выявлено, что оптимальными параметрами для формирования максимальных значений элементов структуры урожая (теоретических), а именно высоты растений 93–109 см в изученных пределах 41–109 см, числа зёрен в колосе 23–27 шт. (14–27 шт.), массы зерна с 1 колоса 0,91–1,10 г (0,24–1,10 г), массы 1000 зёрен 35,16–40,0 г (19,90–40,0 г), являются минимальные значения средней температуры воздуха за период вегетации посев – полная спелость 16,81°C в изученных пределах 16,81–23,92°C, за межфазные периоды вегетации посев – колошение – 15,71°C (15,71–23,28°C) и колошение – полная спелость – 17,41°C (17,41–26,74°C); максимальная относительная влажность воздуха – 67% (37–67%) за период вегетации посев – полная спелость и межфазный период посев – колошение и 74% (37–74%) за период колошение – полная спелость; минимальные значения среднего дефицита влажности воздуха – 6,0 мбар в изученных пределах (6,0–23 мбар).

Для формирования максимального количества (теоретического) сохранившихся к уборке растений 254–270 шт/м² (73–340 шт/м²) оптимальными являются максимальные значения минимальной температуры воздуха за период вегетации посев – полная спелость 14,20°C (7,74–14,20°C) и межфазный период посев – колошение – 13,15°C (4,49–13,15°C).

Выявлены количественные связи ($\eta = 0,71-0,98$) урожайности яровой твёрдой пшеницы с элементами структуры методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа, получены математические регрессионные модели элемент структуры – урожайность (табл.).

Установлено, что формированию высокой урожайности (теоретической) в количестве 15,95–21,65 ц с 1 га в изученных пределах (2,3–27,4 ц с 1 га) способствовали максимальные значения элементов структуры: количество сохранившихся к уборке растений – 340 шт/м² (73–340 шт/м²), количество продуктивных стеблей – 396 шт/м² (126–396 шт/м²), высота растений – 106 см (42–106 см), число зёрен в колосе – 28 шт. (8–28 шт.), масса зерна с 1 колоса – 1,16 г (0,15–1,16 г), масса 1000 зёрен – 43,90 г (23,50–43,90 г).

С помощью уравнений множественной регрессии удалось выявить вклад каждого элемента в структуру урожая.

В первом уравнении регрессии урожайность (Y_1) яровой твёрдой пшеницы в 83% случаев формировалась за счёт следующих элементов структуры: высоты растений, числа продуктивных стеблей, числа зёрен в колосе и массы зерна с 1 колоса.

Наибольший вклад (70,7%) в дисперсию урожайности вносят высота растений и число продуктивных стеблей, меньший – масса зерна с 1 колоса (11,9%) и число зёрен в колосе (0,4%). При изменении на одно стандартное отклонение всех элементов структуры, входящих в уравнение, урожайность изменяется на 5,6 ц с 1 га.

Во втором уравнении дисперсия урожайности (Y_2) в 52% случаев описывается двумя элементами структуры – числом продуктивных стеблей (30,1% дисперсии) и массой 1000 зёрен (22,3% дисперсии). При изменении числа продуктивных стеблей на одно стандартное отклонение – 62,52 шт/м² и массы 1000 зёрен на 5,43 г урожайность изменяется на 5,1 ц с 1 га.

Все изученные варианты удобрений способствовали увеличению количества растений к уборке на 7–15 шт/1 м², продуктивных стеблей – на 7–20 шт/1 м², высоты растений – на 1–5 см, числа зёрен в колосе – на 1–2 шт., массы зерна с 1

Регрессионные модели влияния элементов структуры на урожайность яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Предуралье (1974–2016 гг.)

Независимая переменная	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	T-значение	Уровень значимости	β-коэффициент	Доля влияния, %
Урожайность, ц с 1 га (Y_1)						
Свободный член	-7,517	2,564	-2,932	0,006		
Число продуктивных стеблей, шт./1 м ² (x_1)	0,018	0,008	2,184	0,038	0,196	30,1
Высота растения, см (x_2)	0,187	0,042	4,426	0,000	0,592	40,6
Число зёрен в колосе, шт. (x_3)	-0,697	0,236	-2,953	0,006	-0,643	0,4
Масса зерна с 1 колоса, г (x_4)	20,527	4,807	4,271	0,000	0,864	11,9
$Y_1 = -7,52 + 0,02x_1 + 0,19x_2 - 0,70x_3 + 20,53x_4 \pm 2,50$ ц/га, $R = 0,91$, $R^2 = 0,83$						
Урожайность, ц с 1 га (Y_2)						
Свободный член	-14,896	5,106	-2,917	0,007		
Число продуктивных стеблей, шт./1 м ² (x_1)	0,036	0,012	2,938	0,007	0,401	30,1
Масса 1000 зёрен, г (x_2)	0,514	0,142	3,624	0,001	0,495	22,3
$Y_2 = -14,89 + 0,04x_1 + 0,51x_2 \pm 4,03$ ц/га, $R = 0,72$, $R^2 = 0,52$						

колоса – на 0,01–0,07 г, массы 1000 зёрен – на 0,83–1,70 г.

Наибольшее количество растений к уборке и продуктивных стеблей на 1 м² в сравнении с контролем сформировалось на вариантах с применением удобрений в дозах N₄₀P₄₀K₂₀ (+15 и +20 шт. соответственно), N₂₀P₂₀K₁₀ (+15 и +19 шт.) и N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+13 и +19 шт.). Из парных сочетаний элементов питания выделились варианты N₄₀P₄₀ (+14 и +19 шт.), N₄₀K₂₀ (+11 шт.).

Наибольшее превышение над контролем по высоте растений наблюдалось на фонах удобрений N₈₀P₄₀K₂₀ (+5 см), N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+5 см), N₈₀P₈₀K₄₀ (+4 см) и парных сочетаний элементов удобрений N₄₀K₂₀ (+2 см), N₄₀P₄₀ (+3 см).

Увеличению числа зёрен в колосе способствовали дозы удобрений N₄₀P₄₀K₂₀ (+2 шт.), N₈₀P₄₀K₂₀ (+2 шт.), N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+2 шт.) и парные сочетания элементов питания N₄₀P₄₀ (+2 шт.), N₄₀K₂₀ (+2 шт.).

Наибольшая масса зерна с 1 колоса отмечалась на вариантах N₄₀P₄₀K₂₀ (+0,05 г), N₈₀P₄₀K₂₀ (+0,07 г) и парных сочетаний элементов N₄₀P₄₀ (+0,04 г), N₄₀K₂₀ (+0,05 г), превышение над контролем составляло 5,7–10%.

Масса 1000 зёрен была наибольшей на вариантах с дозами удобрений N₄₀P₈₀K₂₀ (+1,70 г), N₄₀P₄₀K₂₀ (+1,67 г), N₈₀P₄₀K₂₀ (+1,52 г), N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+1,39) и превышала контроль на 4,1–5,0%.

Вывод. В засушливых условиях Оренбургского Предуралья продуктивность яровой твёрдой пшеницы в 83% случаев формируется за счёт следующих элементов структуры урожая: высоты растений, числа продуктивных стеблей, числа зёрен в колосе и массы зерна с 1 колоса.

Наибольший вклад (70,7%) в дисперсию урожайности вносят высота растений и число продуктивных стеблей, меньший – масса зерна с 1 колоса (11,9%) и число зёрен в колосе (0,4%).

Связь урожайности с элементами продуктивности колоса (число зёрен в колосе и масса зерна с 1 колоса) более сложная и имеет нелинейный характер.

Вариабельность погодных условий существенно ($\eta=0,75–0,97$) отражается на формировании элементов структуры урожая. Внесение различных доз минеральных удобрений позволяет сгладить негативное влияние погодных факторов.

Литература

1. Дмитриев В.Е. Динамика формирования продуктивного стеблестоя и зерна яровой пшеницы // Зерновое хозяйство. 2006. № 7. С. 20–21.
2. Долгалёв М.П., Крючков А.Г. Зависимость урожайности сортов яровой мягкой пшеницы от хозяйственно-ценных биологических признаков // Вестник Оренбургского государственного университета. 2003. № 1. С. 74–80.
3. Панфилов А.Л. Влияние элементов продуктивности колоса на урожайность яровой мягкой пшеницы на склоновых землях Оренбургского Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 5 (67). С. 26–31.
4. Ремесло В.Н., Василенко И.И. Важнейшие проблемы селекции яровой пшеницы // Селекция яровой пшеницы. М., 1977. С. 3–9.
5. Дорофеев В.Ф. и др. Пшеницы мира. Л.: Колос, 1976. 487 с.
6. Коваленко С.А., Грабовец А.И., Кадушкина В.П. Корреляционные взаимосвязи между урожаем и элементами его структуры у сортов яровой твёрдой пшеницы донской селекции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 31–33.
7. Цымбеков Б.Б., Билтуев А.С. Связь урожайности яровой пшеницы с элементами продуктивности в аридных условиях Бурятии // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 3 (34). С. 75–79.
8. Ковтун И.Н., Гойса Н.И., Митрофанов Б.А. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288 с.
9. Долгалёв М.П., Тихонов В.Е. Адаптивная селекция яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье. Оренбург, 2005. 290 с.
10. Цинцадзе О.Е. Совершенствование элементов технологии выращивания сортов яровой мягкой пшеницы в степной зоне Южного Урала: дисс. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2014. 192 с.
11. Сандакова Г.Н., Елисеев В.И. Оценка влияния погодных условий и минерального питания на урожайность яровой сильной пшеницы в Оренбургском Приуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 19–22.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.