

СТРУКТУРА УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ В ПЕРИОД ПРОХОЖДЕНИЯ ЭТАПОВ ОРГАНОГЕНЕЗА

В.М. Плищенко, А.С. Голубь, Ставропольский государственный аграрный университет

Урожай зерна определяется отдельными элементами его структуры. После завершения очередного этапа органогенеза и перехода к следующему уже невозможно повлиять на количество и размеры образования вегетативных или генеративных органов на предыдущем этапе. У представителей семейства мятликовых в период всходов (I этап органогенеза) начинается дифференциация конуса нарастания с образованием зачатков стебля и первых узловых листьев. Переход ко II этапу (период формирования вегетативной сферы растения — узлов стебля с зачатками стеблевых листьев и боковых побегов) завершается в течение нескольких дней. В зависимости от условий прохождения этого этапа определяется и формируется кустистость, число листьев и высота растений. На III этапе определяется количество члеников колосового стержня в будущем колосе, а следовательно, возможное количество колосков, и одновременно с дифференциацией оси соцветия прекращается образование стеблевых листьев. При задержке развития на III этапе, но благоприятных условиях для роста, возрастает потенциал урожайности за счет увеличения числа члеников колосового стержня. На IV этапе (3—4 листа) начинается фаза выхода в трубку, когда формируется количество колосков и вторичная корневая система, глубина проникновения и объем которой определяют засухоустойчивость. Погодные условия и обеспеченность элементами минерального питания в период трубкования (V—VIII этапы) влияют на количество фертильных колосков (у ячменя колосок одноцветковый), завершение формирования всех органов цветка, цветение и оплодотворение. В отличие от других хлебов I группы цветение и оплодотворение у ячменя (IX этап органогенеза) в большинстве случаев проходят до колошения и раскрытия цветка. В это время определяется озерненность

колоса. От условий прохождения X этапа зависят размеры зерновки, XI — налив зерновки до молочной спелости, XII — заключительные фазы (восковая и полная спелость). Метеорологическая обстановка в период прохождения последних этапов определяет массу 1000 зерен.

В зоне неустойчивого увлажнения в различных условиях вегетации такие параметры элементов структуры, как продуктивная кустистость, озерненность колоса, обуславливающие количество зерен, продуцируемых растением, и, наконец, масса 1000 зерен изменяются в очень широких границах (табл. 1).

Из выборочных данных наших исследований за 14-летний период, полученных в исключительно благоприятных и аномально неблагоприятных погодных условиях следует, что в варианте без удобрений размах колебаний числа продуктивных стеблей составлял 2,5 раза, зерен в колосе — 3,5 раза, зерен с 1 м² — 4,3 раза.

В варианте с внесением удобрений под планируемую урожайность зерна (5 т/га) колебания параметров структуры были значительными, но в более узком интервале. Так, размах колебаний численности продуктивного стеблестоя составлял 1,5 раза, зерен в колосе — 2 раза, зерен с 1 м² — 2,9 раза. Следовательно, при значительном варьировании условий вегетации явно просматривается влияние удобрений на повышение урожайности и ее стабилизацию.

В конечном счете, урожайность зерна определяется сочетанием трех элементов структуры: количеством колосьев (продуктивных стеблей), численностью зерен в колосе (озерненностью) и массой 1000 зерен. Благодаря саморегуляции агроценозом этих элементов в изменяющихся условиях среды, уровень урожайности может поддерживаться при сокращении одного параметра за счет компенсации другим.

Таблица 1. Структура биологической урожайности ярового ячменя при различном уровне минерального питания

Год*	Число растений, шт/м ²	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Число зерен, шт/растение	Число зерен, шт/колос	Число зерен, шт/м ²	Масса зерна, г/растение	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га	Выход зерна от общей биомассы, %
Контроль (без удобрений)										
1994	246	524	32,5	15,3	8012	1,67	0,78	51,3	4,11	48,2
1996	218	330	30,8	20,4	6726	1,38	0,91	44,9	3,02	48,3
1997	195	240	11,9	9,6	2313	0,54	0,44	45,4	1,05	37,7
1998	263	208	9,2	11,6	2422	0,30	0,38	32,2	0,78	27,5
1999	275	350	25,0	19,7	6888	1,05	0,83	42,1	2,90	49,9
2000	260	449	38,7	22,4	10064	1,81	1,05	46,7	4,70	39,9
2003	269	369	20,1	14,6	5406	1,01	0,74	50,5	2,73	40,1
Расчетная норма удобрений под урожайность 5 т/га зерна										
1994	220	548	66,4	26,7	14621	3,77	1,51	56,7	8,29	46,4
1996	270	591	38,7	17,7	10499	1,87	0,85	48,1	5,05	51,6
1997	262	364	22,5	16,2	5888	0,96	0,69	42,8	2,52	30,5
1998	347	373	14,3	13,3	4974	0,55	0,51	38,6	1,92	33,3
1999	273	566	35,3	17,0	9639	1,56	0,75	44,3	4,27	46,3
2000	312	621	41,3	20,8	12902	1,95	0,98	47,2	6,09	39,2
2003	318	489	20,2	13,2	6431	1,03	0,67	51,0	3,28	40,0

* В 1991—1999 гг. — сорт Перелом, в 2000—2005 гг. — сорт Одесский 100

Несомненно, в условиях зоны неустойчивого увлажнения гидротермический режим в период вегетации растений оказывает основное влияние на рост и развитие культуры. Однако попытки установления однозначной зависимости урожайности от суммы осадков без учета их поступления в определенные этапы органогенеза не корректны. Так, на осенне-зимних запасах почвенной влаги при умеренной влагообеспеченности в течение вегетации даже на границе острого дефицита в 1994 г. был сформирован исключительно высокий урожай ярового ячменя с максимальным эффектом использования удобрений (табл. 2). По-видимому, способствовал этому более предпочтительный водно-воздушный режим в почве. В период прохождения I—III этапов органогенеза 32,4 мм осадков обеспечили формирование колоса, 41,9 мм в I декаде мая — условия для процессов развития на IV этапе (количество колосков) и на V—VIII этапах (количество фертильных цветков). В период цветения 6,8 мм и 19,3 мм в период колошения (IX этап) благоприятствовали полному оплодотворению. Наконец, 49,4 мм осадков в III декаде июня благоприятствовали формированию крупного тяжеловесного зерна на X—XI этапах органогенеза. Озерненность колоса составила в среднем 32,5 шт. (контроль) и 66,4 шт. (в варианте с удобрениями), масса 1000 зерен — 51,3 и 56,7 г соответственно. Следовательно, в 1994 г. на фоне запасов влаги в предпосевной период оказался достаточным 160 мм осадков в течение вегетации ярового ячменя для формирования рекордного урожая — более 8 т/га, более чем вдвое превысившего контроль.

Таблица 2. Гидротермический режим (по декадам) в допосевной период и во время вегетации ярового ячменя

Год	Апрель			Май			Июнь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Температура воздуха, °C									
Средняя много-летняя	7,4	9,9	12,4	15,2	13,0	18,7	19,8	20,8	21,9
1994 (22.04)*	9,0	16,5	13,8	10,4	14,8	20,9	19,6	18,8	19,3
1996 (30.04)	5,4	7,0	10,7	16,2	18,4	16,8	13,8	18,1	21,1
1997 (27.04)	8,1	6,8	10,3	13,3	17,7	16,7	18,1	21,2	21,6
1998 (29.04)	14,3	13,8	9,0	15,8	14,7	16,2	20,0	24,7	21,8
1999 (20.04)	7,5	12,7	10,8	9,1	12,7	14,6	19,3	22,9	20,1
2000 (22.04)	11,7	11,7	16,7	8,1	11,1	18,7	20,4	17,8	17,8
2003 (27.04)	7,0	6,0	8,2	15,6	19,3	19,5	16,5	20,1	19,0
Сумма осадков, мм									
Среднемноголет-ная (248,0/93,0)**	15	18	20	20	23	25	29	31	30
1994 (189,9/100,3)	7,2	9,2	23,2	41,9	0,0	3,5	6,8	19,3	49,4
1996 (285,0/77,6)	0,9	18,0	12,0	0,0	11,0	23,0	86,0	12,0	20,0
1997 (142,4/60,0)	7,3	5,9	27,1	0,0	18,0	10,2	4,9	9,2	10,5
1998 (251,0/137,0)	0,0	4,0	44,0	2,0	52,0	24,0	21,0	1,0	0,0
1999 (104,0/81,4)	9,6	8,6	2,8	36,9	28,4	34,5	4,8	0,0	68,2
2000 (250,4/77,9)	47,0	17,9	15,5	98,4	11,3	5,1	62,4	53,1	13,0
2003 (324,8/58,2)	1,3	0,0	15,6	0,5	3,1	0,0	1,2	8,9	14,6

* Дата всходов;

** сумма осадков: в числителе — за август-декабрь предыдущего года, в знаменателе — январь-март текущего года

В 2000 г. обильная влагообеспеченность в период вегетации (324 мм), напротив, привела к непроизводительному расходу влаги и частичному вымыванию удобрений. В контроле урожайность была максимальной за 14-летний период исследований, а в варианте с расчетной нормой удобрений не достигла максимума и составила 6,09 т/га (прибавка по отношению к контролю снизилась до 29,6%).

В 1996 г. за апрель-июнь в почву поступило 183 мм влаги (близко к уровню 1994 г.), но дефицит влаги в период перехода к кущению и перед выходом в трубку (III—IV этапы) отразился на сокращении озерненности колоса. Хуже был обеспечен влагой и налив зерна, в результате снизилась и масса 1000 зерен.

В 1999 г. при сумме осадков 193,8 мм дефицит влаги в период посев — всходы (I—III этапы) и в период колошения — налива (IX—XI этапы) также привел к снижению озерненности колоса и массы 1000 зерен. Достаточное поступление влаги в мае в период кущения — выхода в трубку (IV—VI этапы) **исправило положение, но эффективность удобрений все же была ниже.** Превышение над контролем варианта с удобрениями составило в 1999 г. 47,2%, а в 1996 г. — 67,2%.

В 2003 г. как общая сумма осадков за апрель-июнь, так и их распределение были дефицитными. Поэтому урожай фактически был сформирован на осенне-зимних запасах влаги, эффективность удобрений выразилась в 20%-й прибавке урожая. Еще менее благоприятными были условия вегетации ячменя в 1997—1998 гг. Сумма осадков за апрель-июнь в 1997 г. составила 93 мм, но дефицит влаги в мае-июне (кущение — выход в трубку — колошение) привел к сокращению всех элементов структуры, а в 1998 г. 148 мм осадков за апрель-июнь были вполне достаточными для формирования урожая 3,5—4,0 т/га. Тем не менее, резкий подъем температуры воздуха (в дневные часы более 30°C и 55—60°C на поверхности почвы) во II—III декадах июля нарушил процесс цветения (оплодотворения) — налива зерна. Это привело к резкому сокращению числа продуктивных стеблей из-за пустоколосицы, низких озерненности колоса и массы 1000 зерен. В результате урожайность снизилась до предельно низкого уровня.

Для выяснения вклада каждого элемента структуры биологической урожайности ярового ячменя в производстве зерна произведен корреляционный анализ, результаты которого свидетельствуют, что уровень урожайности на 87—89% определяется массой зерен, продуцируемой каждым растением и количеством зерен, формируемым на единице площади питания.

Оптимизация минерального питания положительно влияет почти на все элементы структуры урожая. В частности, положительная корреляционная зависимость между урожайностью и количеством зерен с 1 растения при использовании удобрений ($r=0,94 \pm 0,03$) наблюдается в 89% случаев, а в контроле ($r=0,90 \pm 0,05$) — в 81%. С другой стороны, продуктивный стеблестой при внесении удобрений играет меньшую роль, чем без их использования (положительная корреляция в 24 против 54%), что объясняется более существенным влиянием удобрений на такие элементы структуры, как озерненность колоса и масса 1000 зерен.

Слабая корреляция урожайности с густотой стояния продуктивного стеблестоя и почти полное отсутствие ее с общей густотой стояния растений ни в коей мере не свидетельствует о незначительности этих элементов структуры в формировании урожая. Растения при колебании густоты стояния в пределах оптимального интервала способны адаптироваться к условиям вегетации, кроме того, удобрения повышают эту способность.

В практической деятельности для прогнозирования урожайности можно использовать результаты регрессионного анализа. Для показателей тесной корреляции ($r=0,81—0,89$) уравнения имеют следующий вид:

— количество зерен с 1 м², шт — $y=2,68+1,04x$ (контроль) и $y=7,21+1,09x$ (внесение удобрений);

— масса зерен с 1 растения, г — $y=4,47+20,95x$ (контроль) и $y=13,81+18,32x$ (внесение удобрений),

где y — фактическая урожайность, x — элемент структуры.

Таким образом, за 14-летний период проведения работы расчетная норма внесения удобрений под планируемую урожайность зерна ярового ячменя 5 т/га на примере

Таблица 3. Экономическая эффективность производства зерна ярового ячменя в зависимости от нормы внесения удобрений (в среднем за 1991–2005 гг.)

Показатель	Норма внесения удобрений, кг/га			
	Без удобрений	100 (N ₁₅ P ₂₀ K ₁₅)	200 (N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀)	400 (N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀)
Урожайность, т/га	2,81	3,45	4,03	4,42
Денежная выручка, руб/га	8430	10350	12090	13260
Затраты труда, ч/т	4,1	3,7	3,5	3,4
Производственные затраты, руб/га	4900	5750	6530	7820
Себестоимость, руб/т	1640	1570	1520	1660
Прибыль, руб/га	3530	4600	5560	5440
Уровень рентабельности, %	82,9	91,1	97,4	80,7

двух сортов подтвердилась в течение 7 лет, более 4 т/га — трижды, более 3 т/га — также в трех случаях, а в среднем биологическая урожайность составила 4,42 т/га против 2,81 т/га без удобрений. Тем не менее, в условиях диспаритета цен на удобрения и зерно не в каждом хозяйстве могут позволить себе применять удобрения в расчете на максимальную урожайность. При минимуме материальных средств доступными оказываются минимальные нормы удобрений (табл. 3). Четверть расчетной нормы (N₁₅P₂₀K₁₅) можно составить, применив (на 1 га) 73 кг диаммофоски с добавлением 23 кг селитры и сохранив уровень рентабельности, получить дополнительно более 0,6 т/га зерна (22,8%). Когда позволяет экономическое состояние хозяйства, то внесение половинной нормы удобрений от расчетной позволит дополнительно получить 1,2 т/га зерна (43,4%) с хорошей рентабельностью. Заметим, что при внесении расчетной нормы удобрений под 5 т/га получим 4,42 т/га, при равном расходе удобрений половинная норма с 2 га обеспечит валовой сбор 8,06 т, а четверть расчетной нормы с 4 га — 13,8 т. ■