

УДК 633.13:631.559

**А.И. Мыхлык, аспирант**

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

## **РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ СОРТОВ ОВСА ПОСЕВНОГО ПО ПРОДУКТИВНОСТИ, МАКРОСТРУКТУРЕ И УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ПОЛЕГАНИЮ**

Генеральной тенденцией эволюции органического мира является совершенствование адаптаций к условиям внешней среды, которые повышают интенсивность размножения организмов. У злаковых терофитов интегральным признаком уровня таких адаптаций является их зерновая продуктивность. Реализация потенциала продуктивности в ходе индивидуального развития обеспечивается генетически детерминированными процессами морфогенеза, которые через формирование тканей, анатомических структур и органов определяют габитус растений и их продуктивность.

Урожайность овса посевного (*Avena sativa* L.), как и других культур, зависит от индивидуальной потенциальной продуктивности растений, их реакции на условия произрастания и от взаимоотношений растений в составе биоценоза [1, 2].

При изучении хозяйственно полезных признаков овса были использованы методы полевых и лабораторных исследований, статистического анализа и анализа опубликованных работ.

Объектами исследований служили сорта плёнчатого (Альф, Асілак, Багач, Буг, Дукат, Запавет, Золак, Полонез, Стралец, Факс, Эрбграф, Юбиляр, Flamingskurz, STH 815) и голозерного (Белорусский голозерный, Вандроуник, Гоша, Крепыш) овса посевного. В качестве стандарта был использован сорт Запавет.

Растения выращивались в коллекционном питомнике в трехкратной повторности на опытном поле УО БГСХА. Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом мореной. Содержание гумуса 1,52-1,81%, подвижного фосфора – 180-190 мг/кг почвы, калия – 152-176 мг/кг почвы. Реакция почвенной среды – слабокислая (рН в КС1 – 5,6-6,1).

Отбор главных побегов и фиксацию материала проводили в начале выметывания метёлки по общепринятым методикам цитологических исследований [3].

Препараты изготавливали из средних частей междоузлий, что позволило унифицировать исследования и получить сопоставимые результаты. Срезы толщиной 50-80 мкм выполнялись вручную лезвием безопасной бритвы. Для контрастирования на препаратах анатомических структур срезы окрашивали флороглюцином.

Изучение препаратов проводили с использованием оптического микроскопа Nikon Eclipse 50i, видеокамеры Nikon DS-Fi1, преобразователя сигналов Nikon digital sight и компьютера. Измерения на микропрепаратах проводились в пятикратном повторении.

Статистическая обработка полученных результатов выполнена по Б.А. Доспехову [4].

Для выявления влияния строения растений на хозяйственно полезные признаки овса посевого исследования были методологически разделены на три этапа:

- 1) изучение особенностей макроструктуры стебля;
- 2) изучение особенностей микроструктуры стебля;
- 3) оценка влияния элементов макро- и микроструктуры стебля на урожайность и устойчивость к полеганию сортов овса посевого.

К макроструктуре относится индивидуальная продуктивность растений. Индивидуальная продуктивность генетически детерминирована и зависит от строения растений, темпов их развития и интенсивности физиологических процессов [5]. Для зерновых культур первоочередное значение имеют морфологические и анатомические признаки, обеспечивающие продуктивность и устойчивость растений к полеганию [6, 7]. Эти признаки должны учитываться комплексно, поскольку они тесно взаимосвязаны онтогенетически и функционально. Изменчивость макроструктурных признаков изучаемых сортов в значительной мере определялась генетическими различиями. Об этом свидетельствуют высокие значения коэффициентов детерминации ( $\eta^2_v$ , %; табл. 2).

Использованные в исследованиях сорта овса были представлены пленчатыми и голозерными формами сходного морфотипа. Высота растений большинства сортов варьировала от 88,7 до 110,2 см, лишь у сортов Flamingkurz и STH-815 она была около 58 см (табл. 2). Самым длинностебельным оказался сорт Асілак (110,2 см).

Высота растений определялась числом и длиной междоузлий, а также длиной метелки. Линейная корреляция  $\textcircled{R}$  между высотой растений и числом междоузлий была равна 0,48, а между высотой растений и длиной метелки –  $r = 0,60$ . Корреляционный анализ подтвердил положительную связь урожайности с длиной метелки

( $r = 0,66$ ; табл. 4), а также с числом междоузлий ( $r = 0,48$ ). Это объясняется тем, что в более длинных метелках образуется больше колосков ( $r = 0,47$ ) и больше зерен.

Количество колосков предполагает число зерен в метелке, от которого в свою очередь, зависит продуктивность всего растения. В среднем по образцам число колосков составило 54,2 шт. среди пленчатых сортов и 51,8 шт. (табл.1) среди голозерных. Наибольшее количество колосков оказалось у сорта Альф 63,3 шт., а наименьшее у сорта Эрбграф, всего 45 шт. (табл. 2).

**Таблица 1. Урожайность и параметры количественных признаков продуктивности сортов овса посевного (2010-2012 гг.)**

Признак		Год исследований				НСР <sub>0,5</sub>		
		2010	2011	2012	ср.	2010	2011	2012
Общая кустистость, шт.	пленч.	1,8	3,4	1,6	2,3	0,7	1,0	0,4
	голозер.	1,9	3,7	1,8	2,4			
Продуктивная кустистость, шт.	пленч.	1,7	3,3	1,5	2,2	0,5	1,1	0,4
	голозер.	1,8	3,1	1,6	2,2			
Высота растения, см	пленч.	98,6	86,6	83,3	89,5	5,3	3,1	9,0
	голозер.	104,8	92,4	94,5	97,2			
Число междоузлий, шт.	пленч.	3,7	3,4	3,6	3,6	0,3	0,8	0,9
	голозер.	37	3,2	3,4	3,4			
Длина метелки, см	пленч.	17,7	14,8	17,5	16,7	1,4	4,7	5,1
	голозер.	19,7	16,4	19,0	18,4			
Число колосков, шт.	пленч.	43,6	73,9	45,2	54,2	5,1	7,3	7,6
	голозер.	39,5	69,8	46,3	51,8			
Масса зерна с одного растения, г	пленч.	3,6	5,2	2,4	3,7	0,9	1,2	0,7
	голозер.	1,3	4,0	2,0	2,4			
Урожайность, г/м <sup>2</sup>	пленч.	425,4	439,6	395,2	420,1	34,3	45,6	20,2
	голозер.	261,2	253,4	253,0	255,9			

Масса зерна с растения является интегральным показателем, зависящим от множества факторов. В нашем опыте среди пленчатых образцов она колебалась от 3,0 г (Эрбграф) до 4,7 г (Стралец), среди голозерных образцов от 1,9 г (Крепыш) до 3,2 г (Гоша), (табл. 2) в среднем по сортам составила 3,7 г и 2,4 г соответственно (табл. 1). Наибольшая масса зерна с растения была в 2011 г. (5,2 г; 4,0 г), наименьшая среди пленчатых сортов – в 2012 г. (2,4 г), среди голозерных в 2010 г. (1,3 г) (табл.1).

В условиях опыта кустистость растений разных сортов была сравнительно одинаковой, причем продуктивная кустистость не намного уступала общей кустистости (табл. 2). Слабая кустистость оказалась характерной для сортов Асілак, Факс и Гоша. Корреляционный анализ показал, что повышение общей кустистости может при-

водит к снижению урожайности сорта ( $r = -0,4$ ; табл. 4). Это, вероятно, связано с тем, что при одинаковой всхожести семян повышенные кустистости способствует усилению конкурентных отношений растений в фитоценозе и снижению продуктивности растений.

**Таблица 2. Макроструктура растений и урожайность овса посевного (в среднем за 2010-2012 гг.)**

№ п.п.	Сорт	Кустистость, шт.		Высота растения, см	Число междоузлий, шт.	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Масса зерна с одного растения, г	Урожайность, г/м <sup>2</sup>
		общая	продуктивная						
<b>Пленчатые сорта</b>									
1	Альф	2,2	2,2	97,4	3,7	17,8	63,3	4,4	401,2
2	Асілак	1,8	1,7	110,2	4,2	18,0	54,8	3,7	391,3
3	Богач	2,2	2,2	89,8	3,8	15,2	50,2	3,6	340,9
4	Буг	2,3	2,1	89,6	3,4	15,8	50,9	3,7	317,5
5	Дукат	2,2	2,0	92,5	3,7	16,5	58,7	3,2	459,6
6	<b>Запавет (st.)</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>100,9</b>	<b>3,7</b>	<b>17,4</b>	<b>60,7</b>	<b>3,7</b>	<b>600,1</b>
7	Золак	2,6	2,5	98,3	3,6	16,3	55,1	4,1	480,7
8	Полонез	2,4	2,2	93,4	3,3	16,6	54,0	4,1	440,9
9	Стралец	2,4	2,3	88,7	3,3	17,6	62,3	4,7	410,4
10	Факс	1,7	1,7	93,2	3,7	20,4	51,0	4,0	487,6
11	Эрбграф	2,6	2,5	90,6	3,4	15,5	45,0	3,0	331,4
12	Юбильяр	2,2	2,6	93,2	4,2	16,5	57,6	3,8	515,7
13	Flamingsku gz	2,6	2,4	57,8	3,2	14,2	47,4	3,6	400,0
14	STH-815	2,8	2,4	57,2	3,1	15,4	51,0	3,1	303,7
<b>В среднем по выборке пленчатых</b>		<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>89,5</b>	<b>3,6</b>	<b>16,7</b>	<b>54,2</b>	<b>3,7</b>	<b>420,1</b>
<b>Голозерные сорта</b>									
15	Белоруский голозерный	2,3	2,0	106,2	3,3	19,1	51,0	2,3	266,7
16	Вандрунік	2,9	2,5	102,0	3,9	16,3	51,3	2,3	243,1
17	Гоша	1,8	1,7	91,1	3,3	21,1	55,1	3,2	264,5
18	Крепыш	2,7	2,4	89,6	3,4	17,0	50,3	1,9	249,1
<b>В среднем по выборке голозерных</b>		<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>97,2</b>	<b>3,4</b>	<b>18,4</b>	<b>51,8</b>	<b>2,4</b>	<b>255,9</b>
<b>з<sup>2</sup>v, %</b>		<b>71,8</b>	<b>66,4</b>	<b>98,2</b>	<b>93,2</b>	<b>93,2</b>	<b>88,8</b>	<b>74,4</b>	<b>97,4</b>
НСР <sub>0,5</sub>	2010	0,7	0,5	5,3	0,3	1,4	5,1	0,9	34,3
	2011	1,0	1,1	3,1	0,8	4,7	7,3	1,2	45,6
	2012	0,4	0,4	9,0	0,9	5,1	7,6	0,7	20,2

Голозерные сорта внешне, по макроструктурным признакам, не отличались от пленчатых, но имели существенно более крупную ме-

телку. Однак їх урожайність оказалась нижче, поскольку зерновки не были покриті цвіточними чешуями.

Рассмотрим особенности микроструктуры стебля овса посевного и оценим влияние элементов макро- и микроструктуры стебля на урожайность и устойчивость к полеганию.

Значимым хозяйственно полезным признаком овса является устойчивость растений к полеганию. Она определяется комплексом гистологических [10], биохимических признаков растений, а также условиями произрастания растений. В годы исследований изучаемые сорта практически не полегли, балл устойчивости был близок к максимальному значению (5 баллов). Изгибы стебля отмечались лишь у сортов Полонез и Эрбграф (3,5 балла) (табл. 3).

Такое состояние растений в коллекции может дать неточную информацию о потенциале устойчивости сортов. Детальный микроскопический анализ конструктивных элементов, обеспечивающих прочность стебля, позволил выявить существенные различия сортов. Установлено, что сорта овса различаются строением стенки стебля. Например, сорт Дукал имел в подметелочном междуузлии (EN1) толстую соломинку (4,0 мм) с тонкой стенкой стебля (466,1 мкм). Выполненность стебля при этом составляла лишь 38,3%.

В противоположность, сорт STH-815 имел тонкую соломинку (2,7 мм) с толстой стенкой (591,1 мкм), выполненность стебля достигла 69,2% (табл.3). Его высокая устойчивость к полеганию была обусловлена небольшой высотой, хорошим развитием периферического слоя склеренхимы (ИРС=0,146) и низкой продуктивностью.

Слабая выполненность соломины характерна для овса посевного (табл. 3). Она связана со слабым развитием ассимиляционной паренхимы и паренхимы центрального цилиндра стебля. Происходящее при этом уменьшение прочности стебля компенсируется сильным развитием листового влагалища, которое полностью перекрывает вышерасположенное междуузлие, повышая его прочность. Однако следует иметь в виду, что увеличение выполненности в первую очередь связано с избыточным развитием паренхимы центрального цилиндра. Эта ткань не участвует в фотосинтезе и не повышает продуктивность растений ( $r = -0,26$ ; табл. 4). Она, имея рыхлое сложение клеток, не повышает прочность стебля овса ( $r = -0,11$ ; табл. 4), а лишь утяжеляет его, повышая склонность к полеганию. Поэтому образцы с выполненностью стебля более 61,8% (правило «золотого сечения» [6]) не следует использовать в селекции на устойчивость к полеганию.

Таблица 3. Элементы прочности и устойчивость растений к полеганию (2010-2011 гг.)

№ п.п.	Сорт	Высота растения, см	Диаметр стебля (EN 1), мм	Толщина стенки стебля (EN 1), мкм	Выполненность стебля (EN 1), %	Число проводящих пучков в EN 1, шт.	Индекс развития склеренхимы (ИРС)	Устойчивость к полеганию, баллов
<b>Пленчатые сорта</b>								
1	Альф	101,5	3,9	599,6	50,2	39,5	0,148	4,0
2	Асілак	105,7	3,8	580,7	53,2	48,2	0,203	4,0
3	Богач	91,4	3,5	505,3	49,0	37,9	0,155	4,0
4	Буг	95,9	3,4	596,0	60,0	36,5	0,092	4,0
5	Дукаг	97,2	4,0	466,1	38,3	40,0	0,111	4,5
6	<b>Запавет (st.)</b>	<b>108,4</b>	<b>3,4</b>	<b>487,7</b>	<b>50,2</b>	<b>39,5</b>	<b>0,156</b>	<b>4,0</b>
7	Золак	102,0	3,5	511,4	50,8	38,9	0,115	4,5
8	Полонез	99,2	3,3	545,0	57,5	36,1	0,103	3,5
9	Стралец	90,8	3,2	525,7	59,0	34,9	0,117	4,5
10	Факс	95,2	3,2	530,2	59,0	39,3	0,131	4,5
11	Эрбграф	93,6	3,7	456,5	44,6	37,2	0,145	4,0
12	Юбиляр	94,3	3,4	529,3	56,2	39,1	0,173	4,5
13	Flamingskurz	60,6	3,0	484,4	57,7	35,1	0,124	5,0
14	STH-815	60,4	2,7	591,1	69,2	28,5	0,146	5,0
<b>В среднем по выборке пленчатых</b>		<b>92,6</b>	<b>3,4</b>	<b>529,2</b>	<b>53,9</b>	<b>37,9</b>	<b>0,137</b>	<b>4,3</b>
<b>Голозерные сорта</b>								
15	Белорусский голозерный	101,3	3,8	493,5	47,4	45,9	0,151	5,0
16	Вандроуник	99,5	3,5	587,1	58,7	37,9	0,108	4,5
17	Гоша	99,0	4,1	559,3	48,1	49,0	0,127	5,0
18	Крепыш	94,6	4,1	580,7	49,9	43,9	0,127	5,0
<b>В среднем по выборке голозерных</b>		<b>98,6</b>	<b>3,9</b>	<b>555,2</b>	<b>51,0</b>	<b>44,2</b>	<b>0,128</b>	<b>4,9</b>

Примечание: устойчивость 5 баллов – максимальная устойчивость, 1 баллов – полная полегаемость

Кроме того, из микроструктурных признаков существенное влияние на прочность соломины оказывает развитие проводящей системы и периферического кольца склеренхимы. Большим числом проводящих пучков отличались толстостебельные образцы ( $r = 0,74$ ; табл. 4), например, сорта Асілак, Гоша, Крепыш. Хорошее развитие склеренхимы отмечалось у пленчатых сортов Асілак, Запавет, Юбиляр. У голозерных сортов склеренхима перициклического происхождения была развита слабее. В среднем индекс развития скле-

ренхимы у них составил 0,128. Солома у этой группы сортов оказалась более толстой, но более мягкой.

**Таблица 4. Линейная корреляционная связь урожайности с признаками строения растений овса посевного**

№ п.п.	Коррелирующие признаки	r
<b>Связь урожайности с элементами макроструктуры растения:</b>		
1	Урожайность – высота растений	0,52
2	Урожайность – число междоузлий	0,42
3	Урожайность – длина метелки	0,66
4	Урожайность – число колосков	0,49
5	Урожайность – масса зерна с одного растения	0,64
6	Урожайность – общая кустистость	-0,44
7	Урожайность – толщина стебля	0,24
<b>Связь урожайности с элементами микроструктуры подметелочного междоузлия:</b>		
8	Урожайность – толщина стенки стебля	-0,27
9	Урожайность – выполненность стебля	-0,26
10	Урожайность – число проводящих пучков	0,44
11	Урожайность – тангентальный диаметр проводящего пучка (ПП пар.)	-0,28
12	Урожайность – диаметр сосудов метаксилемы проводящего пучка (ПП пар.)	-0,19
13	Урожайность – удаленность проводящего пучка (ПП пар.) от поверхности стебля	0,34
14	Урожайность – ширина поля флоэмы проводящего пучка (ПП пар.)	-0,02
<b>Взаимосвязь других элементов микроструктуры подметелочного междоузлия:</b>		
15	Толщина стебля – толщина стенки стебля	-0,16
16	Толщина стебля – число проводящих пучков	0,74
17	Толщина стенки стебля – число проводящих пучков	-0,03
18	Тангентальный диаметр проводящего пучка (ПП пар.) – диаметр сосудов метаксилемы	0,67
19	Индекс развития склеренхимы – устойчивость к полеганию	-0,04
20	Индекс развития склеренхимы – толщина стенки стебля	0,09
21	Индекс развития склеренхимы – выполненность стебля	-0,11
22	Индекс развития склеренхимы – число проводящих пучков	0,35

У изученных сортов овса между индексом развития склеренхимы и числом проводящих пучков была выявлена корреляционная связь средней силы ( $r = 0,35$ ; табл. 4). Однако в силу действия принципа «независимой эволюции отдельных признаков» [8] сорта овса обладают значительной разнокачественностью по числу проводящих пучков и развитию склеренхимы [9, 10]. В связи с этим появляется теоретическое обоснование отбора растений с благоприятным сочетанием разных признаков, определяющих устойчивость к полеганию.

Для оценки влияния отдельных признаков структуры стебля овса на урожайность растений и их устойчивость к полеганию удобно использовать анализ корреляционных связей, данные которого приведены в табл. 4.

Из табл. 4 следует, что из макроструктурных признаков на урожайность положительно влияют высота растений и толщина стебля, число междоузлий, размеры метелки и число колосков. Ценными микроструктурными признаками являются число проводящих пучков и их удаленность от поверхности стебля.

Число проводящих пучков увеличивается с увеличением толщины стебля ( $r=0,74$ ), а при увеличении диаметра пучка возрастает диаметр сосудов метаксилемы ( $r=,67$ ), обеспечивающих дальний транспорт воды по растению. Однако, следует иметь в виду, что увеличение диаметра проводящих пучков и их сосудов целесообразно лишь в условиях достаточного увлажнения почвы и воздуха. В нынешних погодных условиях Беларуси более продуктивными окажутся сорта с толстым, средне-выполненным стеблем, длинным подметелочным междоузлием, большим числом проводящих пучков среднего диаметра. Вследствие коррелятивных связей у них окажутся хорошо развитыми листовые влагалища и слой склеренхимы перидицического происхождения, что обеспечит хорошую полевую устойчивость растений к полеганию.

Реализация продуктивности и устойчивости растений овса посевного к полеганию зависит от комплекса факторов эндогенного и экзогенного происхождения. Информационно ценными для селекционной практики являются сортовые особенности макро- и микроструктуры стебля. При подборе родительских сортов в пределах одного морфотипа особое внимание следует уделять образцам с большим числом междоузлий и толстым стеблем, с длинной многоколосковой метелкой. Увеличение числа междоузлий увеличивает облиственность растений и их фотосинтетический потенциал [11]. Увеличение диаметра стебля обеспечивает увеличение числа проводящих пучков ( $r=0,74$ ), что является фактором повышения продуктивности растений овса ( $r=0,44$ ), сопряжено с лучшим развитием склеренхимы перидицического происхождения ( $r= 0,35$ ) и повышением прочности стебля. Увеличение толщины стенки соломины и выполненности стебля приводит к нерациональному использованию пластических веществ и отрицательно влияет на продуктивность растений ( $r=- 0,27$ ).

Учет признаков микроструктуры стебля особенно ценен при произрастании растений в благоприятных условиях, когда негативное

влияние факторов внешней среды на устойчивость растений к полеганию оказывается минимальным и затруднен отбор устойчивых образцов в полевых условиях.

Сорта коллекционного питомника оценены по элементам структуры урожайности и устойчивости к полеганию, определены направления их использования в селекции на повышение урожайности и устойчивости к полеганию.

1. Митрофанов, А.С. Овес / А.С. Митрофанов, К.С. Митрофанова. Изд 2-е, переработ. – М.: Колос, 1972. – 269 с.
2. Баталова, Г.А. Селекция ячменя и овса в России. Основные результаты и перспективные направления / Селекция, семеноводство и технология возделывания зернофуражных культур / Ульянов. науч.- исслед. ин-т сел. хоз-ва. – Ульяновск, 2008. – С. 13-19.
3. Гатцук, Л.Е. Геммаксиллярные растения и система соподчиненных единиц и их побегового тела // Бюл. / Московск. о-во испыт. природы. Отд-ние биологич. – 1974. – Т.79. – Вып. 1. – С. 100-113.
4. Шафранова, Л.М. Ветвление растений: процесс и результат // Жизненные формы: структура, спектры и эволюция. Труды / Московск. о-во испыт. природы. Т. LVI. Отдел биологич. Секция ботаники. – М.: Наука. 1981. – С. 179-212.
5. Прохоров, В.Н. Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов / В.Н. Прохоров, Н.А. Ламан, К.Г. Шашко, В.М. Кравченко. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2005. – 370 с.
6. Лазаревич, С.В. Эволюция анатомического строения стебля пшеницы / С.В. Лазаревич. – Минск: БИТ «Хата», 1999. – 296 с.
7. Пыльнев, В.В. Изменение анатомического строения растений озимой пшеницы в результате селекции / В.В. Пыльнев, Б.Б. Батоев // Известия ТСХА. – М.: 1993. – Вып. 1. – С. 31-39.
8. Шмалец, Х. Селекция растений / Х. Шмалец, – Москва: Колос, 1973. – 296 с.
9. Мыхлык, А. И. Разнокачественность сортов овса посевного по развитию проводящих тканей / А.И. Мыхлык, С.В. Лазаревич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №3. – С.77-82.
10. Лазаревич, С. В. Разнокачественность сортов овса посевного по развитию механических тканей стебля / С.В. Лазаревич, А.И. Мыхлык // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №3. – С.73-77.
11. Шишлов, М.П. Индивидуальный мутагенез и рекомбинагенез ячменя и овса / Институт земледелия и селекции НАН Беларуси. – Мн., УП «ИВЦ Минфина», 2004. – 179 с.