

INTRAVARIETAL VARIABILITY OF GENETIC CONTROL OF ALUMINUM RESISTANCE IN BARLEY AND OATS

Shchennikova I.N., Lisitsyn E.M.

North-East Agricultural Research Institute named after N.V. Rudnitsky of Russian Academy of Agricultural Sciences, Kirov, Russia, E-mail: edaphic@mail.ru

Abstract. We used computer program «GENAN» for statistical treatment of data of hybridological analysis of genetic control of trait «aluminum-resistance» for different varieties of oats and barley. Analysis of the results and organization of initial varieties as triad complexes made it possible to support the idea, that investigated trait is controlled by non less then six different gene for barley, and four different gene for oats. It is pointed out that different varieties of the same crop under the same stress conditions (1 mM Al as sulphate salt at pH 4,0) have genetic control of trait «aluminum-resistance» by different qualitative and quantitative sets of gene.

ВНУТРИВИДОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АЛЮМОУСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ И ОВСА

Щенникова И.Н., Лисицын Е.М.

ГНУ Зональный Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого Россельхозакадемии, г. Киров, Россия, E-mail: edaphic@mail.ru

В последние три-четыре десятилетия во всем мире ведутся интенсивные исследования различных сторон проблемы алюмоустойчивости растений. Несмотря на это до сих пор не выявлено ни одной специфической реакции растений на этот стрессовый фактор. Можно предположить, что гены, вовлеченные в контроль признака алюмоустойчивости, также не являются специфичными для данного стрессора, а в процессе адаптации к нему разные растения используют различный набор генов.

Лабораторные методы оценки уровня алюмоустойчивости растений являются более быстрыми, точными и менее затратными по сравнению с вегетационными и полевыми методами. Наиболее часто используемой средой для скрининга растений на алюмоустойчивость являются питательные растворы, так как они обеспечивают легкий доступ к корневой системе, четкий контроль над поступлением питательных веществ и уровнем pH, а также неdestructивное измерение уровня устойчивости [7]. Сравнение длины корней растений одного и того же генотипа в средах с алюминием и без него позволяет отделить действие генов алюмоустойчивости от генов, контролирующих собственно рост корней [8]. Nede et al. [8] считают метод измерения роста корней наиболее подходящим для генетических и молекулярных исследований, требующих точную количественную оценку уровня алюмоустойчивости.

Для анализа были взяты селекционные образцы ячменя (*Hordeum vulgare* L.) №№ 565-98, 889-93, 999-93 и 1030-93, созданные в НИИСХ Северо-Востока, гибриды F₂ между ними, а также сорта овса (*Avana sativa* L.) различного эколого-географического происхождения – Аргмак (НИИСХ Северо-Востока, Россия), Colt (Великобритания), Wilma (Нидерланды) и гибриды F₂ между ними.

Уровень алюмоустойчивости оценивали с помощью метода рулонной культуры, описанного ранее [4]. У пятидневных проростков, выращенных в контрольных (дистиллированная вода, pH 6,0) и стрессовых (1 mM алюминия в виде сульфата, pH 4,3) условиях, определяли длину наибольшего корня. В каждой комбинации скрещивания оценивали по сто растений гибридов и родительских форм в контроле и от 90 до 117 растений в опытном варианте. Далее для растений контрольного варианта рассчитывали среднее значение длины корня. Для индивидуальных растений опытного варианта уровень устойчивости (индекс длины корней – ИДК, %) рассчитывали путем деления длины наибольшего корня на среднюю длину корня в контроле, умножая полученную величину на 100 %.

Обычно для исследования генетического контроля признака алюмоустойчивости применяется гибридологический анализ, в ходе которого рассчитывается соотношение устойчивых и неустойчивых к стрессору растений гибридных поколений [6], но при этом не учитывается вариабельность родительских форм по изучаемому признаку. Нами для анализа генетического контроля признака алюмоустойчивости у сортов и гибридов второго поколения ячменя была использована компьютер-

ная программа GENAN (ее компоненты «Полиген А. Анализ расщеплений в F₂» и «Генэкспресс») [5]. При оценке числа генов, кодирующих исследуемый параметр, она позволяет учитывать вариативность признака у родительских компонентов скрещивания и его влияние на характер распределения гибридных растений по группам устойчивости.

Распределение проростков изученных родительских форм и гибридов второго поколения ячменя и овса по уровню устойчивости к действию 1,0 мМ алюминия, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Распределение проростков ячменя по уровню устойчивости к действию 1 мМ алюминия

Сорт, гибриды F2	Число проростков в группах с уровнем устойчивости (ИДК, %)										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
565–98					14	46	25	7	4	3	1
889–93				4	6	43	32	10	1	2	1
999–93		1	2	12	29	31	15	7	1	2	
1030–93	1		1	43	33	14	5	3			
565–98 x 889–93	1		2	5	17	46	39	1			
565–98 x 999–93		1	11	25	49	19	4	1	1		
889–93 x 999–93		2			11	37	28	13			2
889–93 x 1030–93		1	1		1	38	26	24	2	3	
1030–93 x 999–93		3	1		57	33	8	3	4		

Таблица 2. Распределение проростков овса по уровню устойчивости к действию 1 мМ алюминия

Сорт, гибриды F2	Группы проростков с уровнем устойчивости (ИДК, %)													
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Аргмак					3	4	32	48	10	3				
Colt							11	37	41	11				
Wilma					1	1	12	56	29					
xolt x Аргмак					1	4	15	14	29	20	17	3		
Charlotte x Wilma		1		1		2	2	4	9	19	20	35	7	
Wilma x Charlotte				1	3	2	6	17	17	20	26	7		
Wilma x Colt	1	1			6	11	16	9	18	32		6		
Аргмак x Wilma						9	24	13		5		23	24	2

Для использованных в настоящей работе образцов зерновых культур анализ числа генов, кодирующих признак алюмоустойчивости, с помощью программы GENAN позволил выявить следующее.

Число генов, по которым различаются образцы ячменя, колебалось от двух до четырех: селекционные номера 565–98 и 999–93 отличались по 2 генам; 1030–93 и 999–93 – по четырем генам; по трем генам обнаружены отличия в парах 1030–93 и 889–93, 565–98 и 889–93, 889–93 и 999–93. Сорта овса Аргмак и Wilma отличались тремя генами, сорта Аргмак и Colt – двумя, сорта Colt и Wilma – одним геном.

Попарное сравнение родительских форм овса и ячменя может сказать только о числе генов, по которым отличаются данные два сорта. Если же мы организуем данные в виде триадных комплексов, то возможность математической интерпретации данных значительно возрастет, так как необходимо будет одновременно анализировать три пары сортов. Выполняя математические требования по количеству попарно различающихся генов, можно гипотетически представить формулу изучаемого признака для каждого из образцов, входящих в триадные комплексы, обозначая латинскими буквами эти различающиеся гены. Тогда структура генетической формулы признака «алюмоустойчивость» у использованных образцов ячменя и сортов овса будет выглядеть следующим образом (рис.).

Как видно из рисунка, у исследованных образцов зерновых культур в состав генетической формулы признака «алюмоустойчивость» будут входить разные гены. Учитывая, что растения и овса, и ячменя продолжали рост корневых систем в условиях действия стрессора, по крайней мере в течение всего опыта, можно предположить, что каждый из них имел хотя бы один такой ген. Тогда, в сумме для данного набора образцов овса число различных генов, контролирующих изучаемый признак, может быть не менее четырех, а ячменя – не менее шести.

Эколого-генетическая модель количественных признаков, предложенная Драгавцевым и др. [3] и последовательно развиваемая ее автором [1, 2], объясняет количественные и качественные изменения в работе генетических систем растений тем, что в состав этих генетических систем в разных условиях роста растений входят разные гены. При этом авторы указывают, что сама активность конкретных генов может и не изменяться, но их продукты могут либо вносить вклад в развитие количественного признака, либо же не вносить его. Учитывая большое разнообразие физиологических реакций на алюминий, а также отсутствие специфических реакций на него, мы можем предположить, что родительские формы могут обладать как разными генами, так и одними и теми же генами, но в ответе на стрессовое воздействие у разных образцов принимают участие разные гены (генетические системы).

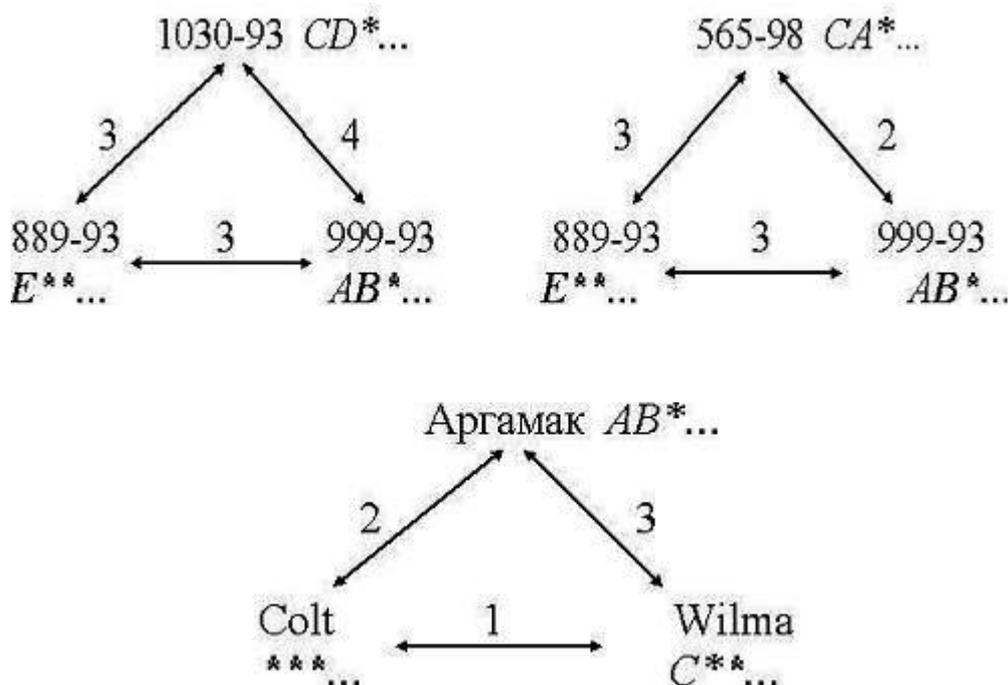


Рисунок. Схема генетических формул признака алюмоустойчивости у исследованных образцов ячменя и овса в условиях действия 1,0 мМ алюминия.

Цифрами 1–4 обозначено число различающихся генов

Аналогично понятию «переопределения генетической формулы признака в онтогенезе», предложенному Драгавцевым и др. [3], когда в меняющихся условиях роста набор генов, определяющих развитие какого-либо признака, также закономерно изменяется; можно предложить понятие «вариабельность генетической формулы признака» в пределах вида растений, когда число и/или набор генов, контролирующих признак, различен у разных сортов одного и того же вида или у одного сорта при одинаковой напряженности стрессового воздействия.

ВЫВОДЫ:

1. Учитывая, что растения всех испытанных образцов зерновых культур продолжали свой рост в присутствии 1,0 мМ алюминия, можно считать, что каждый из них несет хотя бы один ген алюмоустойчивости. Тогда, их общее число в исследуемой выборке сортов овса – не менее четырех, у ячменя – не менее шести.

2. У разных сортов одной и той же культуры (ячмень и овес) в одних и тех же условиях стрессового воздействия (1 мМ Al) признак «алюмоустойчивость» может контролироваться разным качественным и количественным набором генов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгавцев В.А. К проблеме идентификации источников и доноров по количественным, хозяйственно важным признакам растений при скрининге коллекций в ВИРе и других генбанках мира // Матер. школы молодых ученых «Экологическая генетика культурных растений». Краснодар. 2005. С. 17–29.
2. Драгавцев В.А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. Методические рекомендации (новые подходы) СПб. 1997. 50 с.
3. Драгавцев В.А., Литун Н.П., Шкель И.М., Нечипоренко Н.Н. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Докл. АН СССР. 1984. Т. 274. № 3. С. 720–723.
4. Лисицын Е.М. Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур // Доклады РАСХН. 2003. 3. С. 5–7.
5. Мережко А.Ф. 2005. Генетический анализ варьирующих признаков // <http://www.genetics-soft.spb.ru>
6. Ригин Б.В., Яковлева О.В. Генетика устойчивости ячменя к токсичным ионам алюминия // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: ВИР, 2005. С. 495–512
7. Carver, B.F., Ownby J.D.. Acid Soil Tolerance in Wheat // *Advances in Agronomy*. 1995. Vol. 54. P. 117–173.
8. Hede A.R., B. Skovmand, J. Lopez-Cesati. Acid soils and aluminum toxicity // M.P. Reynolds, J.I. Ortiz-Monasterio, A. McNab (eds.). *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, D.F.: CIMMYT. 2001. P. 172–182.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF CUCUMBER PLANTS (*CUCUMIS SATIVUS* L.) UNDER CONTINUOUS LIGHT

Shibaeva T.G., Markovskaya E.F.

Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS,
185910 Petrozavodsk, 11, Pushkinskaya St. Tel. (8142) 762706, E-mail: kharkina@krc.karelia.ru

Abstract. The growth and development of cucumber plants *Cucumis sativus* L. were studied under five photoperiods (8, 12, 16, 20 and 24 h) and four levels of light intensity (5, 10, 14 and 18 klx). Plants were harvested at immature and virginile stages. Continuous light enhanced vegetative growth of plants at early stages of ontogenesis, but extension of daylength to 24 h at later stages gave no further increases in growth rate and dry matter accumulation in virginile plants. Plants grown under 24 h photoperiod developed reversible leaf chlorosis and epinasty. Continuous light decreased Fv/Fm, ETR, qP in virginile plants. The mechanisms involved in a plant's response to continuous light and possible causes of negative effects of continuous light (foliar chlorosis, limited plant growth and productivity) are discussed.

ВЛИЯНИЕ КРУГЛОСУТОЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ОГУРЦА *CUCUMIS SATIVUS* L.

Шибеева Т.Г., Марковская Е.Ф.

Учреждение РАН Институт биологии Карельского НЦ РАН,
185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11. Тел. (8142) 762706, E-mail: kharkina@krc.karelia.ru

Свет функционально необходим для фотосинтезирующих организмов, трансформирующих и запасающих энергию солнечной радиации в химических связях органического вещества. Вместе с тем, свет является агрессивным фактором, способным вызывать фотоингибирование, фотодинамическое разрушение фотосинтезирующего аппарата и даже гибель клеток [5, 13, 28]. Многочисленными работами показано, что в условиях круглосуточного освещения у растений развивались признаки светового повреждения листьев, чаще всего проявляющиеся в виде межжилкового хлороза и некроза [6, 7, 10, 11, 17, 20, 27, 34, 38, 40, 42, 45]. Однако, несмотря на многочисленные результаты, на сегодняшний день нет единого мнения относительно механизмов, участвующих в отклике растения на непрерывное освещение. Причинами хлороза и некроза, вызванных непрерывным освещением считают гипераккумуляцию крахмала [6, 11, 15, 17], окислительный стресс [31, 33] или выработку стрессового этилена [9, 10, 25, 44], но причинные цепи до сих пор пока не выявлены. Кроме того, температура, интенсивность света, уровень CO₂, минеральное питание и другие факторы могут оказывать модифицирующее действие