

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ОЖОГА ВЕРХУШКИ ВНУТРЕННИХ ЛИСТЬЕВ КОЧАНА В СЕЛЕКЦИИ ГИБРИДОВ F₁ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ

Н.В. Полякова, С.В. Королева

ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар, Россия, e-mail: nelshul1994@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты оценки общей и специфической комбинационной способности 10 инбредных линий поздней капусты белокочанной по признаку поражения ожогом верхушки внутренних листьев кочана. Установлено, что высокая степень толерантности в лучших гибридных комбинациях обусловлена высокой (ОКС) одного или двух родительских линий и высокой или средней (СКС).

Ключевые слова: капуста белокочанная, инбредная линия, F₁ гибрид, ожог верхушки внутренних листьев кочана, продуктивность, комбинационная способность, минеральное питание.

Введение. Особую роль в России, как одной из главной экономически значимой овощной культуре, отводят капусте белокочанной, представляющей собой ценный компонент в рациональном питании населения страны.

На сегодняшний день создание гетерозисных гибридов капусты белокочанной остается актуальным направлением в селекции, при этом в современной селекции выдвигают новые требования к гибридам, предусматривающие наличие комплексной устойчивости к различного рода стрессорам, влияющих на хозяйственно-ценные признаки [1].

Капусту белокочанную позднего и среднепозднего сроков созревания на территории Краснодарского края выращивают в стрессовых условиях - низкой влажности воздуха и повышенных температур, однако, разнообразие гибридов и подбор жаростойкого сортимента дает возможность избежать угнетения растений и получить высокотоварную продукцию [2].

В последнее время в товарном овощеводстве все чаще сталкиваются с проявлением физиологического заболевания под названием «ожог верхушки внутренних листьев кочана», или «tip burn». Основной причиной развития ожога является дефицит кальция Ca²⁺, вызванный такими факторами как: повышенный уровень азота, избыток калия в почве, конкурирующим с потреблением Ca²⁺, нерегулярность подачи влаги и чрезмерная скорость транспирации в периоды быстрого роста, перепады влажности, перестой кочанов на корню, скороспелость. Ранее было установлено, что сочетание высокой скорости роста и низкого корневого давления в периоды продолжительной сухой солнечной погоды с высокой интенсивностью транспирации как днем, так и ночью может особенно способствовать возникновению внутреннего ожога листьев из-за недостаточного поступления кальция в периферийные участки листьев кочана [3,4]. Поскольку инициация дефицита кальция в растущей ткани является субклеточным процессом, видимые симптомы заболевания можно диагностировать только в момент уборки.

Заболевание характеризуется образованием некротических поражений по краям листьев, затем по мере прогрессирования болезни, внутренняя часть листьев становится коричневой и сморщивается. Более того, не редко ожог сопровождается инфицированием возбудителями таких заболеваний, как слизистый бактериоз и альтернариоз, что влечет за собой потерю всего урожая. Дефицит макроэлемента возникает даже тогда, когда растения выращиваются в условиях с достаточным содержанием Ca²⁺. Многочисленные исследования свидетельствуют об отсутствии корреляции между уровнем применяемого кальция в виде удобрений и частотой проявления «tip burn» [5]. Как известно, распределение кальция в растении контролируется генами в момент абиотических стрессов. Различная сортовая реакция говорит о возможности генетического контроля устойчивости к данному

заболеванию. Одним из самых эффективных методов снижения существенных потерь урожая, является селекция на устойчивость. Изучение родительских линий в схеме диаллельных скрещиваний на комбинационную способность, дает возможность определить наиболее ценные компоненты скрещивания, которые сочетают в одном генотипе устойчивость не только к заболеваниям патогенного характера, но и к физиологическим расстройствам.

Цель исследований – получить характеристики линий по комбинационной способности и выявить наиболее перспективные комбинации по устойчивости к ожогу верхушки внутренних листьев кочана.

Материалы и методы исследований. Исследование проводились в 2021-2022 годах на селекционном участке отдела овощеводства «ФНЦ риса», в питомнике гибридов F₁. Лимитирующим фактором роста и развития растений капусты в июле - августе была высокая температура, на фоне хорошего водообеспечения.

В качестве материала исследований являлись сорок пять гибридных комбинации F₁ (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), полученные в системе неполного диаллельного скрещивания – 10 - тиинбредных линий среднепозднего и позднего срока созревания: Агр 1321, Тен 4-270, Л79, Бс1ф, Яс25п, 272Бр10, Юби 22, 269-824, Агр 82, 270-Хн111. Способ выращивания рассады – кассетный. Выращивание – на капельном орошении. Делянчные опыты закладывали по схеме (90+50)/2х50 см, густота посадки 2,8 растения на 1 м². Количество растений на делянке – 10 шт., повторность 3-кратная.

Создание провокационного фона в питомнике гибридов F₁ предусматривало повышенное внесение доз азотных удобрений, в том числе, в основное внесение NPK в дозе 180 д.в. на га (нитроаммофоска 1080 кг/га или 0,38 кг на делянку). В виде подкормок 2-х кратное внесение аммиачной селитры, в фазе формирования розетки, в дозе N60.

Анализ комбинационной способности родительских линий делали по методу Гриффинга. Пораженность внутренних листьев кочана определяли в процентном соотношении длины очага поражения к диаметру кочана на разрезе. Статистическая обработка результатов данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и обсуждение исследований. В таблице 1 представлены гибридные комбинации с различной вариацией по степени восприимчивости к внутреннему ожогу. Гибрид Доминанта, выступающий как стандарт устойчивости практически не имел участков поражения – в пределах 2 %. Поражение гибридов капусты белокочанной находилось в интервале от 1,1 % до 82,1 % .

Эффекты ОКС стоит разделить на три группы: с низкими ОКС -5 линий (от -9,7 до -3,1); средними у линии Юби122(-1,3 %), высокими у 4-х линий 3,4 - 11,1). Наиболее перспективными для селекции на устойчивость к внутреннему ожогу являются линии, обладающие высокими отрицательными значениями ОКС. Таковыми являются: Тен42-70 (-3,9 %), Яс25п (-3,1 %), Бс1ф (-5,2%), Агр82 (-9,7 %), и 270Хн111 (-3,1 %).

У гибридных комбинаций с минимальной степенью поражения в качестве родительских компонентов скрещивания выступали линии с разной степенью восприимчивости к заболеванию. Так, у гибрида (269-824хАгр82) процент поражения составил 6,8, где ОКС материнского компонента составил 11,1, что говорит о сильной восприимчивости линии 269-824, а у отцовского компонента Агр82 наблюдается высокая толерантность, так как эффект ОКС равен -9,7. Такая же тенденция, где в комбинации присутствуют линии с положительным и отрицательным эффектами ОКС, прослеживается у гибридов с наименьшим процентом поражения: (269-824 х 270Хн111) – 2,5 %, (272Бр10хАгр82) – 2,8 %, (Агр1321хАгр82) – 1,3 %.

Таблица 1. Результаты оценки гибридов и ОКС родительских линий капусты белокочанной по признаку «поражение внутренним ожогом» в %, 2022г.

Родительские линии, ♂, параметры	Родительские линии, ♀									
	269-824	Тен4270	Яс25п	272Бр10	Л79	Бс1ф	Юби122	Агр1321	Агр82	270 Хн111
269-824	-									
Тен4270	30,1	-								
Яс25п	37,4	7,5	-							
272Бр10	72,7	41,5	42,6	-						
Л79	45,5	44,1	30,1	2,9	-					
Бс1ф	49,7	2,2	2,73	42,9	2,3	-				
Юби122	64,2	6,73	0,7	45,9	25,5	1,1	-			
Агр1321	82,1	2,47	32,0	69,8	51,6	18,6	52,4	-		
Агр82	6,8	1,23	1,6	2,83	13,5	0,9	3,1	1,3	-	
270 ХН111	2,5	13,8	3,3	17,5	75,8	3,2	1,2	43,0	1,7	-
ОКС	11,1	-3,9	-3,1	5,5	3,4	-5,2	-1,3	6,3	-9,7	-3,1
HCP ₀₅ (x)=5,3; HCP (ОКС)=1,73. Ст. доминанта – 2,0 %										

Вариансы эффектов специфической комбинационной способности (СКС) вносят вклад в проявление признака. Низкие варианты означают, что линия устойчиво передает признаки гибридам, а высокие варианты обозначают, что данный признак может иметь в одних комбинациях более высокое значение, чем в других. В нашем опыте низкие варианты имеют линии Яс25п – 20,5, Бс1ф – 34,3, Агр82-26,8, 270Хн111-14,4. Стоит отметить, что комбинации с данными линиями показали наименьший процент по степени развития заболевания. Высокие варианты обуславливают сильную восприимчивость к заболеванию и свойственны линиям 269-824, 272Бр10, Л79 (104-164) (таблица 2).

Величины эффектов СКС в гибридных комбинациях высоки и варьировали в пределах от -19,0 до 26,2 (таблица 2). Высокие отрицательные эффекты СКС, выражающие тенденцию наименьшего поражения кочанов отмечены у 6 гибридных комбинаций (от -19,0 до – 7,29), высокие положительные – у 13 комбинаций.

Таблица 2. Эффекты и варианты СКС родительских линий капусты белокочанной по признаку степень «поражения внутренним ожогом», %, 2022г.

Родительские линии, ♂	Родительский линии, ♀									
	269-824	Тен4270	Яс25п	272Бр10	Л79	Бс1ф	Юби122	Агр1321	Агр82	270 Хн111
269-824	-									
тен4270	-3,61	-								
яс25п	-0,72	-0,57	-							
272Бр10	8,25	7,73	7,53	-						
Л79	-3,28	11,1	6,35	-19,0	-					
Бс1ф	7,51	-1,19	-1,67	9,73	-8,51	-				
Юби122	10,9	-2,77	-6,52	7,38	-0,75	-4,27	-			
Агр1321	12,2	-12,5	1,78	11,7	4,67	-3,19	9,86	-		
Агр82	-9,39	2,88	2,31	-5,79	1,62	4,01	1,24	-7,29	-	
270 Хн111	-18,2	2,55	-3,44	-5,04	26,2	-1,44	-6,31	6,8	2,33	-
S	104	47,1	20,5	111	164	34,3	47,5	84,3	26,8	14,4
HCP ₀₅ =0,76										

Проанализировав самые высоко толерантные к заболеванию комбинации (таблица 3), с точки зрения ОКС родительских линий и СКС, участвующих в скрещивании, можно отметить следующую тенденцию: данные гибриды получены с участием родительских линий

с низкими и средними значениями эффектов ОКС и вариантов СКС и присутствием невысоких эффектов СКС.

Таблица 3. Эффекты ОКС и СКС и варианты эффектов СКС линий капусты белокочанной в высоко толерантных гибридных комбинациях по поражению внутренним ожогом, 2022 г.

Гибриды F ₁	Поражение, %	Эффекты ОКС		Вариансы СКС		Эффекты СКС F ₁	Масса кочана, кг
		♀	♂	♀	♂		
Тен42-70хБс1ф	2,2	низкая	низкая	средняя	низкая	-1,19	3,09
Яс25п хЮби122	0,7	низкая	средняя	низкая	средняя	-6,52	2,58
Яс25пх270Хн111	3,3	низкая	низкая	низкая	низкая	-3,44	2,34
Бс1ф х Агр82	0,9	низкая	низкая	низкая	низкая	4,01	3,37
Бс1ф х Юби122	1,1	низкая	средняя	низкая	средняя	-4,27	3,05
Юби122х270Хн111	1,2	средняя	низкая	средняя	низкая	-6,31	2,88
Агр82х270Хн111	1,7	низкая	низкая	низкая	низкая	2,33	3,32
Доминанта St	2,0	-					2,39

Так в комбинации (Тен42-70хБс1ф) низкий процент поражения (2,2) обусловлен низкой ОКС обоих родителей (-3,9; -5,2) и низким эффектом СКС (-1,19); в комбинации (Яс25пхЮби122) (0,7 %) средней ОКС линии Юби (-1,3) и низкой вариансой СКС линии Яс25п (20,5). В комбинации (Бс1ф х Агр82) низкая восприимчивость к расстройству – 0,9 %, определена низкой ОКС обоих родительских линий: Агр82=-9,7, Бс1ф = -5,2. Следует отметить, что выращивание капусты на фоне высоких температур приводит к снижению урожайности. Поэтому, наряду с устойчивостью к основным заболеваниям гибриды должны отвечать требованиям по продуктивным качествам. Выделенные перспективные гибриды превысили стандарт по признаку «масса кочана» на 0,66-0,99 кг, а 3 находились на уровне.

Гибридные комбинации, родительские линии которых имеют отрицательные показатели по эффектам ОКС и СКС, проявляют наименьшие вариации по поражению заболеванием, показатели которых находятся на уровне стандарта Доминанта (2 %) или ниже его. Результаты оценки 10-ти родительских линий по 45 гибридным комбинациям позволяют выделить компоненты скрещивания наиболее стабильные по низкому уровню восприимчивости к ожогу верхушки внутренних листьев кочана.

Заключение. Оценка гибридов на провокационном фоне по признаку «развитие ожога верхушки листьев кочана» позволила выделить 5 линий с низкой ОКС - Тен4270 (-3,9%), Яс25п (-3,1 %), Бс1ф (-5,2 %), Агр82 (-9,7 %), и 270Хн111(-3,1 %), 1-линию со средним значением Юби122 (-1,3 %). Как правило, в комбинациях с высокой устойчивостью все линии обладали низкими значениями ОКС и вариантов СКС, кроме Юби122. Присутствие в комбинациях среднеустойчивой линии Юби122 предполагает наличие высокого отрицательного эффекта СКС, что в комплексе обеспечивает высокую устойчивость гибрида.

Библиографический список

1. Королева С.В. Среднеспелые гибриды белокочанной капусты для выращивания в южных и прилегающих к ним регионах России // Рисоводство. 2014. №. 1. С. 70-72.
2. Королева С.В. Конвейер капусты для юга // Картофель и овощи. 2013. №. 7. С. 17.
3. Королева С.В. и др. Проявление ожога верхушки внутренних листьев кочана на гибридах белокочанной капусты среднепозднего и позднего сроков созревания //Овощи России. 2020. №. 4. С. 84-87.
4. Everaarts A. P., Blom-Zandstra M. Review Article Internal tipburn of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) //The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2001. – Т. 76. – №. 5. – С. 522-528.
5. Lee J. et al. Regulation of the major vacuolar Ca²⁺ transporter genes, by intercellular Ca²⁺ concentration and abiotic stresses, in tip-burn resistant *Brassica oleracea* //Molecular biology reports. – 2013. – Т. 40. – С. 177-188.