

УДК 633.3.63:581.19

## БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Р.В.Усачева

Проведено комплексное исследование биохимических свойств сахарной свеклы, связанных с энергетическим обменом. Выявлено, что МС-формы сахарной свеклы имеют более высокую активность ферментов цикла трикарбоновых кислот (ЦТК), чем многосемянные опылители. Гетерозисные гибриды наследовали активность ферментов и характер белковых спектров по отцовскому типу и имели высокий фосфорный обмен. Исследование гибридных и исходных форм сахарной свеклы позволило выявить, что гетерозис обусловлен изменениями регуляторных механизмов функционирования энергетического метаболизма.

Известно, что высокая жизнеспособность гибридов связана с высоким уровнем энергетического обмена, который характеризуется активностью окислительных процессов в клетке, синтезом макроэргических молекул (АТФ, НАДФ), а также изначальным пусковым механизмом биохимических процессов – общим уровнем электро-кинетического потенциала клетки (Прадедова, 2006). Основными энергетическими процессами, протекающими в клетке, являются реакции цикла трикарбоновых кислот, сопряженные с запасанием энергии. Это реакции окисления изоцитрата до б-кетоглутарата, сукцината до фумарата, малата до оксалоацетата. В процессе протекания данных реакций образуются 2 молекулы НАДН<sub>2</sub> и молекула ФАДН<sub>2</sub>, и сопряжены с образованием макроэргических молекул АТФ в дыхательной цепи.

Другим аспектом, характеризующим энергетический обмен в клетке, является фосфорный обмен. Нами была изучена фракция фосфора лабильного, в состав которого входят молекулы АТФ и взаимосвязь накопления этих макроэргических молекул с проявлением гетерозиса.

Современный уровень знаний о механизмах гетерозиса свидетельствует о том, что единичный фактор не может являться универсальной причиной возникновения гибридной силы.

Изучение взаимосвязи энергетического обмена с генетическими изменениями, происходящими в результате рекомбинации генома при гибридизации, поможет дать дополнительные данные для разработки теоретических основ подбора комбинационно – способных пар и прогнозирования гетерозиса.

Цель исследований заключалась в комплексном выявлении биохимических параметров сахарной свеклы, связанных с энергетическим обменом, определяющим повышенную продуктивность.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на растениях сахарной свеклы МС форм, многосемянных опылителях и их гибридах, предоставленных селекционерами ВНИИСС д-р с.-х.наук В.П. Ошевневым и д-р с.-х.наук М.А. Богомоловым. Активность ферментов ЦТК и содержа-

рофорез запасных белков семян - по методу Конарева (2002).

**Результаты исследований.** Проведенные нами исследования по изучению активностей ферментов ЦТК показали, что МС линии в основном обладают более высокой активностью ферментов ЦТК (сукцинат-, изоцитрат-, малат-дегидрогеназной), чем линии - многосемянные опылители. Так, изоцитрат-дегидрогеназная активность у МС линий достигает значений 6,8-7,2 Е.а., у линий многосемянных опылителей она составляет 1,5-3,6 Е.а. Сукцинат-дегидрогеназная активность у МС форм 6,5 Е.а., у многосемянных опылителей - 1,9. Малат-дегидрогеназная активность у МС форм - 5,6 Е.а., у многосемянных опылителей - 2,8 Е.а. Гетерозисные гибриды наследовали невысокий уровень активности ферментов ЦТК, а, следовательно, низкую интенсивность окислительных процессов на разных стадиях развития сахарной свеклы. По-видимому, прямая связь эффекта гетерозиса и интенсификации дыхания отсутствует, хотя известно, что гетерозис связан с общей интенсификацией метаболизма. Возможно, что гетерозисные гибриды имеют достаточное энергообеспечение клеток за счет фотофосфорилирования. Таким образом, можно сделать вывод, что гетерозисные гибриды отличаются низкой активностью ЦТК, унаследованной по отцовскому типу.

Исследования, проведенные по изучению фосфорного обмена, позволили выделить гибриды, обладающие высокими показателями общего содержания фосфора в листьях, превосходящие родительские формы. Согласно работам, проведенных П.А. Филатовым и др. (1984) на гетерозисных и негетерозисных гибридах, высокое содержание фосфора коррелирует с повышенной продуктивностью. Поэтому, выбранные нами по данному признаку гибридные комбинации, предположительно могут быть высокопродуктивными. Нами же было исследовано влияние показателей фосфорного обмена родительских компонентов на образование гетерозисных гибридов. Одним из ключевых параметров, характеризующих биоэнергетику клетки, является количество АТФ. Поэтому нами была исследована фракция лабильного фосфора, в состав которой входит АТФ. Проведенные исследования позволили выделить гибриды, имеющие высокие показатели фосфора лабильного, содержащего АТФ (550-680 мкг/г). Родительские же компоненты этих гибридов оказались отдаленными по данному показателю (от 160 до 620 мкг/г). Полученные данные косвенно свидетельствуют о высоком уровне энергетического обмена гибридов. Но, тем не менее, активность ферментов ЦТК не подтверждает предположение, что процесс окислительного фосфорилирования, связанный с образованием молекул АТФ, находится на высоком уровне у данных гибридов. Следовательно, образование этих макроэргических молекул можно связать только с усиленным фото-фосфорилированием. Этот вывод подтверждают и другие авторы в своих работах (Арнон, 1997).

Из работ Д.Н. Федорина и В.Н. Попова (2006) известно, что увеличение содержания АТФ до концентрации 2 мкМ стимулирует некоторые АТФ-зависимые ферменты цикла Кребса, в том числе сукцинат-, изоцитратдегидрогеназы. При дальнейшем увеличении содержания АТФ в клетке активность данных ферментов снижается, и при концентрации АТФ 10 мкМ ингибируется. Таким образом, возможно, усиление синтеза АТФ в гетерозисных гибридах в процессе как окислительного, так и фото-фосфорилирова-

ния частично ингибирует активность вышеуказанных ферментов.

Проведенные биохимические исследования свидетельствуют о сложной полигенной генетической детерминации энергетических признаков, что, вероятно, обусловлено различным вкладом энергообразующей системы клеток гибридов и их родителей в общий энергетический пул. В зависимости от характера межгенных взаимодействий могут возникать благоприятные условия для увеличения эффективности энергообразующих систем. Поэтому нами были изучены белковые спектры родителей и гибридов, с целью выявления изменений в кодирующих областях генома.

Сравнительный анализ исследуемых нами гибридов и их родительских компонентов методом электрофореза показал значительную гетерогенность запасных семян (особенно 11-16 компонентов), среди которых есть общие и специфические белковые зоны. По белковым спектрам гетерозисные гибриды сахарной свеклы обнаруживают в основном отцовские компоненты и характеризуются увеличением числа или усилением интенсивности некоторых белковых зон. Это свидетельствует об обогащенной наследственности гибридов. Родительские компоненты их являются отдаленными по белковым спектрам.

У отобранных нами гетерозисных гибридов обнаружены также собственные гибридные спектры и белки, не выявленные у родителей. Отцовские компоненты - многосемянные опылители содержат белки, которые не встречаются у МС линий. По-видимому, ЦМС сахарной свеклы связана с частичной репрессией генов, ответственных за биосинтез некоторых белков. Это подтверждает выводы исследований, выполненных на кукурузе, о том, что ЦМС подавляет биосинтез некоторых белковых компонентов за счет угнетающего действия стерильной цитоплазмы (Турбин, Палилова, Пыко 1996).

**Выводы.** Итак, нами на гибридах сахарной свеклы показано, что преобладающее присутствие в белковых спектрах отцовских компонентов и появление новых белковых зон связано, очевидно, с повышением уровня энергетического обмена, что выражается в усилении процессов фосфорного обмена, снижении окислительных процессов, увеличении роста и продуктивности.

#### Список литературы

1. Прадедова Е.П. Влияние редокс-агентов на активность протонных насосов тонопласта корнеплодов столовой свеклы / Е.П. Прадедова // Биологические мембраны - Т.23, 5.- 2006.- С.364-369.
2. Турбин Н.В. Гетерозис и нехромосомная наследственность / Н.В. Турбин, А.Н. Палилова.// Гетерозис.- Минск: Наука и техника, 1996.- С.190-215.
3. Федорин Д.Н. Очистка и регуляторные свойства сукцинатдегидрогеназы /Д.Н. Федорин, В.Н. Попов //Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов. - Воронеж: ВГУ. - 2006. - С. 104-106.

#### Аннотация

Проведено комплексне дослідження біохімічних якостей цукрових буряків, яке пов'язане з енергетичним обміном. Виявлено, що ЧС форми цукрових буряків мають більш високу активність ферментів трикарбонікових кислот (ЦТК), ніж багатонасінні запилювачі. Гетерозисні гібриди успадковували ак-

тивність ферментів і характер білкових спектрів за батьківським типом і мали високий фосфорний обмін. Дослідження гібридних та вихідних форм цукрових буряків дозволило виявити, що гетерозис зумовлено змінами регуляторних механізмів функціонування енергетичного метаболізму

#### **Annotation**

Complex study of sugar beet biochemical characteristics connected with the energy exchange was conducted. It has revealed that sugar beet MS-forms had higher activity of enzymes of tricarboxylic acid cycle (TAC), than multigerm pollinators. Heterosis hybrids inherited the enzyme activity and protein spectra character according to male type and had a high phosphoric exchange. Study of sugar beet hybrid and initial forms revealed that the heterosis was conditioned by change of the regulator mechanisms of energy metabolism functioning.