

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ АЗОТА

Шелег В.А., Гапишко Н.И.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»,
г. Краснодар

Аннотация. Большинство сельскохозяйственных технологий в значительной степени зависят от использования неорганических азотных удобрений. Глобальное использование азота (N) в начале этого десятилетия составляло 87 миллионов метрических тонн, и к 2050 году прогнозируется увеличение до 236 миллионов метрических тонн. Продуктивное сельское хозяйство нуждается в большом количестве дорогостоящих азотных удобрений. Поэтому, повышение эффективности использования азота (NUE) сельскохозяйственных культур имеет ключевое значение.

Продуктивное сельское хозяйство нуждается в большом количестве дорогостоящих азотных удобрений. Таким образом, повышение эффективности использования азота (NUE) сельскохозяйственных культур имеет ключевое значение [1- 3]. Определения NUE различаются в зависимости от того, выращиваются ли растения для производства биомассы или урожая зерна. Однако для большинства видов растений NUE в основном зависит от того, как растения извлекают из почвы неорганический азот, ассимилируют нитрат и аммоний и рециркулируют органический азот. Были предприняты усилия для изучения генетической основы, а также биохимических и ферментативных механизмов, связанных с адаптивностью к биотическим и абиотическим стрессам, ассимиляцией и ре мобилизацией азота у различных культур и образцов растений [4-6]. Обнаружение ограничивающих факторов, которыми можно было бы манипулировать для увеличения NUE, является главной целью такого исследования.

Поглощение нитратов происходит на уровне корня и показано, что у растений сосуществуют и действуют согласованно, две системы их переноса, позволяющие поглотить их из почвенного раствора и распределить его по всему растению AtNRT1 • 1 (ранее Chl1) является наиболее широко изученным геном, он был первым, который был выявлен. AtNRT1 2 конститутивно экспрессируется только в корневом эпидермисе. После поглощения клетками корней, нитраты должны транспортироваться через несколько клеточных мембран и распределяться в различных тканях. AtNRT1 • 5, расположенный на плазматической мембране, участвует в переносе нитратов на большие расстояния от корня к побегу. Для изучения механизмов адаптивности используют различные методы в том числе многомерные [7-9].

Ген AtNRT1 4 экспрессируется только в черешках листьев. Ген AtNRT1 6, экспрессируемый в сосудистой ткани, доставляет нитраты из материнской ткани развивающимся эмбрионам.

Несмотря на то, что функциональную характеристику почти всех генов переносчиков азота (NRT2) высших растений еще предстоит сделать, сейчас

хорошо известно, что ген AtNRT2 1 при взаимодействии с белком NAR2 (Orsel et al., 2006) является основным компонентом транспортной системы NATS у Arabidopsis, что подтверждается тем фактом, ген AtNRT2 • пораженный мутацией, терял до 75% активности поглощения NO и показал более низкое содержание нитратов в листьях.

Мутантные растения по гену AtCLCa, проявляют нормальное развитие, но демонстрирует уменьшенную способность накапливать нитраты. Этот фенотип также проявляется, когда мутацией затронуты гены влияющие на экспрессию AtNRT2 7. Ген AtNRT2 экспрессируется в надземных органах. Растения, сверхэкспрессирующие участок генома, кодирующий AtNRT2 7, накапливают больше нитратов, чем растения дикого типа. Часто сверхэкспрессия генов определяющих адаптивность отмечается у гетерозисных гибридов различных культур, кроме того гетерозисные гибриды как правило превосходят сорта по эффективности минерального питания [10 - 12].

Показан аддитивный вклад каждого из изученных генов в транспорт аммония. AMT1 1 AMT1 3, повышают эффективность использования азота до 30-35%, в то время как AMT1 2 обеспечивал более низкое фенотипическое проявление признака 18-25%. Предполагается, что транспортная система кодируемая геном AMT1 5 обладает минимальной эффективностью.

Существует пространственная организация белков AMT1 причем переносчики, обладающие самой высокой эффективностью поглощения аммония, расположены во внешних корневых клетках или корневых волосках, где они могут принимать аммиак из почвенного раствора (AMT1 1, AMT1 3, AMT1 5). Более низкое сродство AMT1 1 и его расположение в энтодермисе вдоль зоны корневых волос предлагают функцию поиска аммония, который высвобождается из коры или который входит в корень через апопластический путь. Электрохимический градиент между вакуолью и цитозолем приводит к импорту NH и к выходу NH из вакуоли. Действительно, показано, что типичные белки тонопласта из семейства TIR играют роль в переносе белков NH₃ в вакуоль [11]. Передвижение белков NH₃ в вакуоль должно требовать наличие транспортера аммония, который еще не идентифицирован. Еще одним резервом повышающим эффективность минерального питания является использование диких видов в качестве доноров и источников по признаку [13].

Литература

1. Харитонов Е.М., Бушман Н.Ю., Туманян Н.Г., Очкас Н.А., Верещагина С.А., Гончарова Ю.К. Совершенствование системы сортоиспытания риса // Труды Кубанского государственного аграрного университета.- 2015.- № 3.- (54). – С.328 -333.
2. Харитонов Е.М. Совершенствование методов оценки селекционного материала. / Е.М.Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.Н. Иванов //Доклады РАСХН. - 2014.- № 4.- С.8–10.
3. Gontcharov S.V., Antonova T.S., Saukova S.L. Sunflower breeding for resistance to Fusarium //Helia. -2006. - Т. 29. - № 45. - С.49-54.

4. Голощапова Н.Н., Гончаров С.В., Процевская Т.А. Оценка горизонтальной устойчивости линий подсолнечника к ложной мучнистой росе // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. материалов II Международной науч.-практ. конф. - 2017. - С.121-123.
5. Гончаров С.В. Генетико-биологические аспекты создания исходного материала для гетерозисной селекции подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и риса (*Oryza sativa* L.): дис. ...д-ра биол. наук. - Санкт-Петербург, 2005.
6. Голощапова Н.Н., Гончаров С.В. Селекция линий и гибридов подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: I Международная научно-практическая Интернет-конференция, посвященная 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». -2016. - С.2860-2862.
7. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Очкас Н.А., Шелег В.А., Болянова С.В. Применение многомерных методов для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды// Сельскохозяйственная биология. -2017. -Т. 52. № 1. - С.152-160.
8. Харитонов Е.М. Применение кластерного анализа для разделения сортов по реакции на изменение условий среды / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.Н. Иванов // Вестник РАСХН. - 2014. - № 6.- С.32–35.
9. Очкас Н.А. Оценка и группировка селекционного материала по элементам структуры урожайности: дис. ...канд. с.-х. наук/ Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. - Краснодар, 2017.
10. Гончаров С.В. Генетика восстановления фертильности в ЦМС-линий риса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Краснодар, 1992.
11. Гончаров С.В. Генетико-биологические аспекты создания исходного материала для гетерозисной селекции подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и риса (*Oryza sativa* L.): автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова Российской академии сельскохозяйственных наук. - Санкт-Петербург, 2005.
12. Гончарова Ю.К., Гончаров С.В. Изучение и использование дикорастущего африканского *Oryza longistaminata* в качестве донора признаков аллогамии в селекции культурного риса на гетерозис // Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции: тезисы докладов Международной науч.-практ. конф. /Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова. - 2001. - С.253-255.