

ственно выше, чем в случае использования одного гербицида (рисунок 2Б).

Таким образом, выращивание растений рапса на растворах СМГ Магнум приводит к ингибированию АПР и стимуляции ее активности при добавлении к гербициду экзогенной АЛК. Существенную роль в формировании устойчивости растений в период адаптации к действию гербицида играют ГР, а также ее активация и преимущественное возрастание восстановленной формы ГЛ под действием экзогенной АЛК.

РОЛЬ МЕТАБОЛИЗМА АЗОТА В ФОРМИРОВАНИИ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE L.*) И ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM*)

Аверина Н.Г., Щербаков Р.А., Бейзан З.

*ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,
Минск, Беларусь*

Засоление является одним из основных абиотических факторов окружающей среды, действие которого приводит к угнетению роста и развития растений, снижению их продуктивности и даже к гибели. Глобальное потепление, опустынивание земель в значительной степени способствуют расширению его масштабов, которое в ближайшей перспективе может только прогрессировать. Повышение устойчивости растений к засолению пахотных земель является одной из ключевых задач современного сельского хозяйства и механизмы, формирующие устойчивость растений к солевому стрессу, интенсивно изучаются.

Генетические подходы на пути создания новых, высокоустойчивых к засолению сортов и гибридов сельскохозяйственных растений являются наиболее перспективными. Многообещающей является расшифровка и сверхэкспрессия транскрипционных факторов, регулирующих множество функционально связанных генов, а также выявление участвующих во взаимодействии многих метаболических программ и сигнальных систем белков, изменение уровня экспрессии которых также может привести к значительному усилению стрессоустойчивости. Одним из таких белков является ключевой фермент цепи восстановления нитратов до органического азота – нитратредуктаза (НР, КФ 1.7.1.1-3). Ее активность определяет скорость ассимиляции растением неорганического азота и оказывает решающее влияние на весь азотный метаболизм, ос-

новным продуктом которого, несомненно, является белок, используемый в процессах органогенеза и роста растений.

Цель данной работы – исследовать роль НР в формировании устойчивости растений ячменя и пшеницы к избыточному засолению путем изучения метаболизма двух важнейших аминокислот – универсального стресс-протектора пролина (ПРО) и 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК), являющейся предшественником хлорофилла (Хл), гема и обладающей свойствами регулятора роста растений, индуктора образования цитокининов и стабилизатора ряда белков.

Семена растений ячменя и пшеницы проращивали на воде, помещали в индивидуальные контейнеры и выращивали 6-7 дней на воде (контроль), растворах KNO_3 , а также на 150 мМ растворе NaCl в присутствии KNO_3 . Пробы составляли из 2-3 см отрезков верхней части листа.

Выращивание растений на субстрате НР – растворах KNO_3 , существенно (в 3 – 4 раза) увеличивало активность фермента уже при использовании 1 мМ KNO_3 (рисунок 1, Б). При использовании 20 и 30 мМ KNO_3 активность НР возрастала в 7 и 9 раз соответственно по сравнению с контролем. Рост растений тесно коррелировал с активностью НР (рисунок 1, А) – более высокие растения показывали и более высокую активность фермента. Такие растения развивали более мощную систему корней, которые, тем не менее, были значительно укорочены. В растениях, выращенных на 20 мМ растворе KNO_3 отмечено возрастание содержания белка, Хл *a* и *b*, а также каротиноидов. При этом способность растений синтезировать эндогенную АЛК возрастала более чем в 2 раза, а содержание ПРО существенно падало (60 % от контроля, рисунок 1, В). Поскольку и АЛК и ПРО образуются из общего предшественника – глутаминовой кислоты (ГЛУ), важнейшего продукта деятельности НР, сделан вывод, что в нормальных условиях выращивания растений субстратная активация НР с помощью KNO_3 приводит к преимущественному использованию ГЛУ в системе синтеза тетрапирролов за счет подавления синтеза ПРО.

Выращивание растений на 150 мМ растворе NaCl приводило к подавлению роста растений и развития их корневой системы. Не было отмечено существенного влияния NaCl на активность НР. В отдельных опытах отмечали даже незначительное стимулирование активности фермента. Тем не менее, в верхушечной ткани листа, развивающейся в течение всего периода инкубации на солевом растворе, было отмечено параллельное возрастание содержания ПРО и скорости накопления АЛК (рисунок 2-А). При этом скорость накопления АЛК возрастала примерно в 4,9 раза по сравнению с контролем, а содержание ПРО увеличивалось в

2,2 раза. В такой ткани наблюдали увеличение содержания Хл *a* и *b* (115 и 113 %), существенное возрастание уровня каротиноидов (128 %) и снижение содержания белка (57 %) по сравнению с таковыми показателями в аналогичных участках листа растений, выращенных на воде.

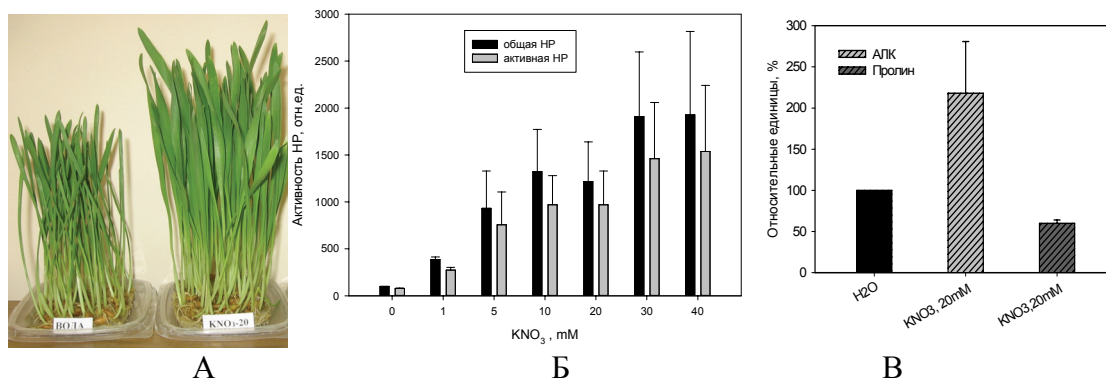


Рисунок 1 – 7-дневные растения ячменя, выращенные на воде и 20 мМ растворе KNO₃ – (А), активность НР в растениях ячменя, выращенных на воде (100 %) и растворах KNO₃ (1-40 мМ) – (Б), содержание АЛК и ПРО в растениях ячменя, выращенных на воде (100 %) и 20 мМ KNO₃ – (В)

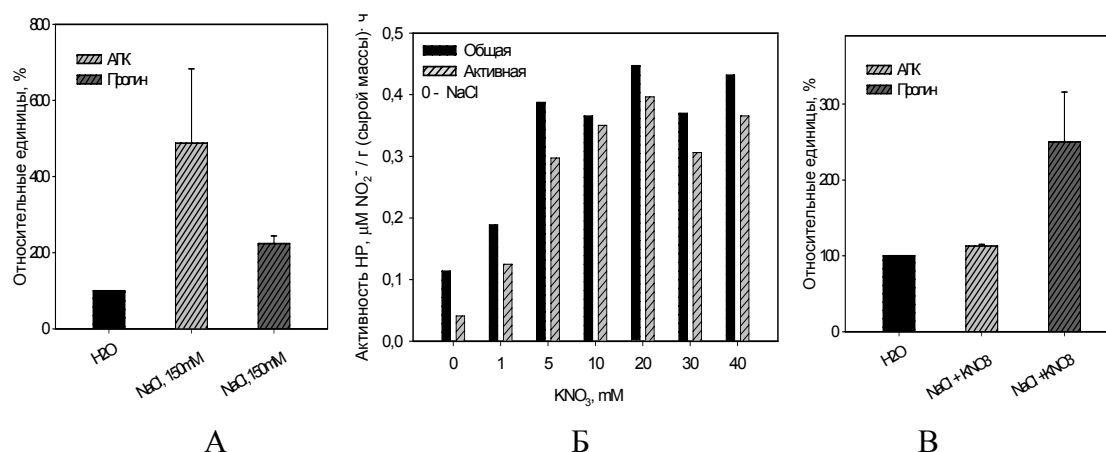


Рисунок 2 – Скорость накопления АЛК и содержание ПРО в растениях, выращенных на воде и 150 мМ NaCl – (А); активность НР в растениях, выращенных на 150 мМ NaCl (0) с добавками KNO₃ (1-40 мМ) – (Б); скорость накопления АЛК и содержание ПРО в растениях, выращенных на 150 мМ растворе NaCl с добавкой 20 мМ KNO₃ – (В)

Субстратная активация НР с помощью разных концентраций KNO₃ в растениях, выросших на 150 мМ NaCl, отчетливо видна на рисунке 2-Б (результаты индивидуального опыта). Добавление к солевому раствору KNO₃ способствовало формированию в растениях ячменя и пшеницы

солеустойчивости, что проявлялось в стимуляции роста растений и развития их корневой системы. По сравнению с растениями, выросшими на 150 мМ NaCl, в изучаемых участках листа наблюдали незначительную стимуляцию скорости накопления АЛК и существенное (в 2,5 раза) возрастание содержания ПРО (рисунок 2-В). Отмечена также тенденция к увеличению содержания Хл *a* и *b* и заметное возрастание уровня белка (140 %). Таким образом, результатом субстратной активации НР в условиях засоления является стимуляция синтеза как ПРО, так и АЛК, что способствует формированию устойчивости растений ячменя и пшеницы к солевому стрессу.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА В НАНОСЕКУНДНОМ ДИАПАЗОНЕ В СЛУЧАЕ ВОЗБУЖДАЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ СВЕТА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Алексеев А.А.

*Кафедра биофизики физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, alekseev@physics.msu.ru*

В последнее время становятся всё более распространёнными флуоресцентные методы исследования фотосинтеза. Это обусловлено такими преимуществами этих методов, как возможность производить исследования *in vivo*, низкая инерционность и широкий временной диапазон исследуемых процессов. Несмотря на обилие экспериментальных работ по флуоресценции, в большинстве работ исследуются «медленные» компоненты флуоресценции с характерными временами более секунды. Можно также отметить, что в литературе практически отсутствуют теоретические работы, в которых авторы делают попытки дать объяснение наносекундным компонентам флуоресценции. Между тем, изучение кинетики этих компонент представляет значительный интерес, так как времена начальных стадий фотосинтеза, таких как миграция возбуждения в антенне ФС II, передача возбуждения на реакционный центр ФС II и окисление феофитина при передаче электрона на первичный акцептор Q_A, имеют значения от единиц пикосекунд до десятков наносекунд.

В настоящей работе мы использовали математическую модель [1,2], разработанную на кафедре биофизики физического факультета МГУ (рисунок 1). Для интегрирования системы дифференциальных уравнений