

Регулирование уровня накопления нитратов у салата *Lactuca sativa* L. сорта Ералаш с использованием некоторых стероидных соединений

Лукьянчик И.Д., Василевский М.С., Глебик Е.С.

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина

idl-27@tut.by

Нитраты – соли азотной кислоты, присутствующие во всех живых организмах и составляющие необходимую часть питания растений. Увеличение техногенной нагрузки усиливает поступление различных ксенобиотиков, избыточные концентрации которых негативно влияют на биологическую продуктивность и качество растениеводческой продукции. Основными источниками поступления нитратов в человеческий организм являются продукты растительного происхождения (прежде всего овощи) и вода. Среди сельскохозяйственных культур салат *Lactuca sativa* L. приобретает все большую популярность среди населения Беларуси, при этом он входит в группу овощей с максимальным уровнем накопления нитратов. Данная ситуация делает актуальными исследования, результатами которых является поиск способов снижения уровня накопления нитратов в данной культуре.

Основными мероприятиями по повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам считаются селекция, использование устойчивых сортов и химические методы защиты. Наряду с традиционными методами сейчас развивается направление, основанное на использовании биологически активных веществ для стимуляции роста, развития и иммунитета растений. К таким веществам относятся brassinosteroids – как выделенные из определенных растений, так и их синтетические аналоги, а также стероидные гликозиды – низкомолекулярные соединения, продуцируемые многими высшими растениями. Они обладают высокой рострегулирующей активностью и широким диапазоном физиологического действия в очень низких концентрациях, благодаря чему некоторые из них уже используются в сельском хозяйстве.

Цель работы – провести сравнительный анализ эффективности использования ряда соединений из группы стероидных соединений в качестве нитратопротекторов по отношению к салату *Lactuca sativa* L. сорта Ералаш.

Методика исследований. Полевой эксперимент проводился в 2015 и 2017 годах на базе отдела агробиологии Центра экологии Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина. Лабораторный анализ уровней накоплений нитратов осуществлялся в лаборатории биохимии ГНУ "Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси" (г. Брест).

Объектом исследования являлась зеленая культура салат *Lactuca sativa* L. сорта Ералаш. Тестируемыми регуляторами уровня накопления нитратов служили brassinosteroids (гомобрасинолид, эпикастастерон, эпибласинолид) (опыты 2015 г.) и стероидные гликозиды (рустикозид, никотинозид, мелангозид) (опыты 2017 г.). Спиртовые растворы стероидных соединений любезно предоставлены лабораторией химии стероидов ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск) в рамках совместной НИР по заданию ГПНИ на 2016–2020 годы «Химические технологии и материалы», подпрограмма «Биорегуляторы растений». Материал исследования – семена (по 100 штук в трех повторностях), вегетативная часть

растений, полученных из семян, а также растворы brassinosterоидов (концентрация 10^{-6} %) и растворы стероидных гликозидов (концентрация 10^{-5} %).

Воздействие на семена заключалось в погружении семян в водные растворы исследуемых соединений. Время экспозиции – 1 час. Внесение нитратов производилось в форме четырехкратного полива растений салата с периодичностью раз в неделю раствором карбамида (мочевины) в концентрации, в 4 раза превышающей норму (4 г/л). Оценивался уровень накопления нитратов в вегетативной массе растений салата в соответствии с ГОСТом 13496.19-93 (стандартно допустимая норма накопления нитратов для салата – 1500 мг/кг).

Результаты исследований. Как видно из данных, представленных в таблице 1, внесение в почву четырехкратно превышающей дозы азотных удобрений повысило уровень содержания нитратов в листьях салата в контроле в 1,8 раз (+ 76,6 %) по отношению к верхней границе допустимой нормы. Увеличению накопления нитратов способствовало также пониженное число осадков в период вегетации. При этом предпосевная обработка низкоконтрированными растворами brassinosterоидов, как показывает анализ данных таблицы 1, достоверно снижала контрольный показатель практически до допустимого уровня: эпикастостерон – до 1500 мг/кг, эпибрасинолид – до 1569,5 мг/кг. Протекторное воздействие на семена раствора гомобрасинолида оказалось несколько ниже (1711,5 мг/кг), однако это на 62,4 % меньше уровня накопления нитратов в контроле.

Таблица 1 – Влияние brassinosterоидов в концентрации 10^{-6} % на уровень накопления нитратов в вегетативной массе салата сорта Ералаш

№	Вариант опыта	Уровень накопления нитратов, $x \pm m$, мг/кг	Отклонение от контроля, %
1	Контроль	2649,5±10,1	0
2	Гомобрасинолид	1711,5±9,2**	-35,4
3	Эпикастостерон	1500,0±8,5*	-43,4
4	Эпибрасинолид	1569,5±8,7*	-40,8
5	Стандартно допустимая максимальная норма	1500	-43,4

*– достоверно при уровне значимости $p < 0,01$

** – достоверно при уровне значимости $p < 0,05$

Таким образом, исследуемые brassinosterоиды по нитратопротекторной активности их растворов в отношении салата сорта Ералаш можно расположить в виде следующего ряда:

эпикастостерон (=стандартно допустимая норма) > эпибрасинолид >
>гомобрасинолид > контроль.

В 2017 г. была продолжена работа по оценке нитратопротекторных свойств соединений из группы стероидных гликозидов с использованием сорта Ералаш. В период вегетации салата и его подкормок нитратами, в отличии от 2015 г., имели место осадки, что отразилось на показателях накопления нитратов в контроле. Этот уровень после четырехкратного внесения мочевины в почву не превысил стандартно допустимого предела. Однако, как видно из таблицы 2, среди тестируемых стероидных

соединений достаточно высокую нитратопротекторную активность в отношении салата проявил раствор мелангозида в концентрации 10^{-5} %, что проявлялось в снижении уровня накопления нитратов в опытной продукции на 38,3 % по отношению к контролю.

Таблица 2 – Уровень накопления нитратов в вегетативной массе салата сорта Ералаш после предпосевной обработки семян растворами стероидных гликозидов в концентрации 10^{-5} %

№	Вариант опыта	Уровень накопления нитратов, $x \pm m$, мг/кг,	Отклонение от контроля, %
1	Контроль	1268,0 \pm 12,4	0
2	Рустикозид 10^{-5} %	1239,0 \pm 9,8	-2,3
3	Никотианозид 10^{-5} %	1597,0* \pm 11,0	+25,9
4	Мелангозид 10^{-5} %	782,1* \pm 8,4	-38,3
5	Стандартно допустимая максимальная норма	1500	+18,3

*– достоверно при уровне значимости $p < 0,01$

Обработка семян раствором рустикозидов не повлияла на чувствительность растений к нитратам, а обработка раствором никотинозида достоверно увеличивала уровень их накопления в вегетативной массе на 25 % по отношению к контролю и на 6,4 % – по отношению в стандартно допустимой норме.

Выводы. Сравнительный анализ уровня накопления нитратов в вегетативной массе салата сорта Ералаш при повышенной дозе внесения мочевины на фоне предпосевной обработки семян растворами брассиностероидов и стероидных гликозидов показал следующее.

1. Растворы брассиностероидов (гомобрассинолид, эпикастостерон и эпибрассинолид) в концентрации 10^{-6} % проявили достоверно высокую нитратопротекторную активность, которая выразилась в уменьшении уровня накопления нитратов в листьях в 1,6-1,8 раза по отношению к контролю. Наибольшая протекторная активность отмечена при применении эпикастостерона, на основе которого возможно создание перспективных препаратов с нитратопротекторными свойствами.

2. Среди растворов стероидных гликозидов (рустикозидов, никотинозида, мелангозида) в концентрации 10^{-5} % для снижения накопления нитратов в листовой продукции салата можно рекомендовать использование лишь раствора мелангозида, однако его нитратопротекторная активность ниже таковой эпикастостерона.

Список использованных источников

1. Василевский М.С., Дашкевич, М.М., Лукьянчик И.Д. Сравнительная нитратопротекторная активность брассинолидов и других регуляторов роста в отношении *Lactuca sativa* L. // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : сб. материалов Регион. научн.-практ. экол. конф., Брест, 3 декабря. 2015 г. / Брест. Гос ун-т им. А.С. Пушкина ; редкол.: Ю.В. Бондарь [и др.]. – Брест : БрГУ, 2016. – С. 226–229