

УДК 574
МРНТИ 34.15.01

НАТРИЙ МОЛИБДАТЫНЫҢ ӘРТҮРЛІ МӨЛШЕРІНІҢ *NICOTIANA BENTHAMIANA* ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨНУІНЕ ӘСЕРІ

Тоқашева Д.С.¹, Омаров Р.Т.¹

¹*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

Андатпа

Молибден өсімдіктердің зат алмасуында көптеген функцияларды орындайды. Осы микроэлемент ақуыз алмасуына қатысады, атап айтқанда нитраттардың аммиакты түрге қалпына келу процесін реттейді және түйнек бактериясының азот жинақтау процесіне қатысады. Молибденнің арқасында жапырақтарда хлорофилдың мөлшері көбейеді, жапырақ алақанының беті және фотосинтездік қабілеті кеңейеді, соя тамырларында түйнектердің көп мөлшерінің пайда болуын ынталандырады, өсімдіктердің су режимін жақсартады. Молибден көбінесе микротыңайтқыш ретінде қолданылады. Ол өсімдіктердің азот алмасуының микроэлементі болып табылады, себебі аммиактың түзілуі үшін қажет. Аммиактан нуклеин қышқылдарының, пигменттер мен дәрумендердің биосинтезіне қатысатын ақуыздар құралады. Молибден өсімдіктердің өсуіне және дамуына тікелей әсер етеді, ол мөлшеріне байланысты зерттелетін өсімдікке жағымды, сондай-ақ уытты да әсер етуі мүмкін. Осы жұмыста молибденнің әртүрлі мөлшерінің *Nicotiana Benthamiana* алқа тұқымдас өсімдіктердің өсуіне және дамуына әсері зерттелді. Тұқымдардың шығымдылығын арттыру үшін оңтайлы (уытты емес) мөлшері анықталды.

Түйінді сөздер: Молибден, *Nicotiana Benthamiana*, натрий молибдаты ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), гидропонды кондырғы, өну энергиясы.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МОЛИБДАТА НАТРИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН *NICOTIANA BENTHAMIANA*.

Тоқашева Д.С.¹, Омаров Р.Т.¹

¹*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*

Аннотация

Молибден выполняет множество функций в метаболизме растений. Данный микроэлемент принимает участие в белковом обмене, в частности регулирует процесс восстановления нитратов в аммиачную форму и в процессах азотфиксации клубеньковых бактерий. Благодаря молибдену увеличивается содержание хлорофилла в листьях, расширяется площадь листовой пластинки и фотосинтетическая способность, стимулируется образование большего количества клубеньков на корнях сои, улучшает водный режим растений. Часто молибден используется в качестве микроудобрений. Он является микроэлементом азотного обмена растений, поскольку необходим для образования аммиака. Из аммиака строятся белки, вовлеченные в биосинтез нуклеиновых кислот, пигментов и витаминов. Молибден оказывает прямое воздействие на рост и развитие растений, в зависимости от концентрации он может оказать, как благоприятное воздействие на исследуемое растение, так и токсичное. В данной работе было изучено влияние различных концентраций молибдена на рост и развитие растения семейства

пасленовых *Nicotiana Benthamiana*. Были найдены оптимальные (нетоксичные) концентрации для повышения всхожести семян.

Ключевые слова: *Nicotiana Benthamiana*, молибдат натрия ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), гидропонная установка, энергия прорастания, сельскохозяйственные культуры, оптимальные концентрации, всхожесть семян.

THE INFLUENCE OF SODIUM MOLYBDATE ON SEEDS OF *NICOTIANA BENTHAMIANA* GROWTH IN VARIOUS CONCENTRATIONS.

Tokasheva D.S.¹, Omarov R.T.¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Abstract

Molybdenum has many functions in plant metabolism. This microelement takes part in a protein turnover. Particularly, it regulates the process of nitrate reconstruction in ammoniac in processes of nitrogen fixation of nodule bacteria. The content of chlorophyll in leaves increases thanks to molybdenum, the space of the lamina increases and photosynthesis ability as well. Development of the big number of nodules on soya roots is stimulated; plant water regime improves. Molybdenum is often used as a micro fertilizer. It is a microelement of plant nitrogen metabolism, as it is required for ammonia formation. Proteins, which are involved in nucleonic acid biosyntheses, are built from ammonia, pigments and vitamins as well. Molybdenum directly influences to a plant development and growth, depending on concentration, it can affect the plant which is being researched positively or negatively. The influence of various concentrations of molybdenum on the growth and development of a *Nicotiana Benthamiana* was studied in this work. Optimal (non-toxic) concentrations were found in order to increase germinating ability of seeds.

Key words: Molybdenum, *Nicotiana Benthamiana*, sodium molybdate, ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), plant culturing unit, germinating energy.

Введение

Молибден (Mo) является ключевым микроэлементом в жизни растений поскольку оказывает влияние на их рост и развитие. Он входит в состав активных центров множества ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. К молибдоферментам высших растений относятся: нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа, альдегидоксидаза и сульфитоксидаза. Недостаток молибдена приводит к снижению активности молибдоэнзимов, поражению и морфологическим изменением листьев, называемых «whiptail» [1,2]. «Whiptail» характеризуется сильным ограничением листовой пластины, гибелью точки роста и хлорозом [3]. Нехватка данного элемента ярко выражается на цветной капусте, бобовых и зеленых культурах, томатах, цитрусовых. У большинства культур развивается желтая пятнистость листьев, у огурца – хлороз края листовых пластинок [4].

Вышеуказанные внешние признаки дефицита молибдена у растений связаны с его физиологической ролью. То есть молибден в растениях требуется для образования аммиака, идущего на построение белков. Поэтому молибден именуется микроэлементом азотного обмена растений. Он участвует в синтезе нуклеиновых кислот, пигментов и витаминов [5].

Усвоение молибдена растениями напрямую зависит от pH почвы. Например, в кислых почвах доступность молибдена снижена. Напротив, в щелочных почвах молибден становится более растворимым и доступен растениям в анионной форме (MoO_4^-). Максимальная адсорбция возникает при значении pH от «4» до «5». В

сельском хозяйстве для повышения усвоения молибдена в почвы вносится известь [6].

В эксперименте Arnon AND P. R. Stout была доказана необходимость молибдена для роста и нормального развития томатов. Данная работа проводилась на гидропонной установке, в качестве раствора использовалась дистиллированная вода, содержащая все необходимые элементы (как считалось на момент проведения эксперимента). Однако признаки дефицита были выявлены уже через пару недель, в виде пятнистости, некроза листьев, опадении цветов и увядания плодов. Устранение дефицита было осуществлено путем добавления в раствор молибденовой кислоты ($\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). В последствии, для проверки прямого воздействия молибдена часть растений было опрыскано разбавленным раствором $\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. В результате растения были восстановлены, симптомы дефицита исчезли [7].

Необходимо помнить, что каждая посевная культура имеет свою оптимальную концентрацию молибдена. При неправильном выборе концентрации можно получить снижение всхожести семян. Высокие концентрации молибдена пагубно влияют на зерновые культуры, к примеру, 1% раствор молибдата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ снижает всхожесть кукурузы и овса [8].

Данный микроэлемент актуален для исследований, поскольку почвы на территории Республики Казахстана содержат в 3-5 раз меньше концентрации молибдена от установленных критических значений (в 0.1 мг Мо/кг для умеренных почв), необходимых для нормального роста и развития растений.

В связи с чем, широко применяется предпосевной прайминг семян. Под понятием «прайминг» подразумевается полное насыщение водой семян и последующее подсушивание в контролируемых условиях. Результаты многочисленных исследований показали, что простое насыщение семян растений водой и последующее высушивание, приводят к повышению процента прорастания, роста и развития проростков [9]. Благодаря праймингу семенам создаются базовые условия для прорастания - высокая влажность и оптимальная температура. Влажность семян доводится до уровня, необходимого для реального начала прорастания. Когда семена достигают состояния, требуемого для прорастания, их высушивают до изначального уровня влажности и высаживают в емкости с водой. Поэтому прорастание семян происходит быстрее, так как половина процесса уже пройдена. Если семена высаживают в жарких, засушливых регионах, либо в районах с повышенной влажностью или на засоленных почвах, то есть стрессовых условиях для семян, то химические процессы в данных условиях могут протекать сложнее, чем при минимальном стрессе или его отсутствии [10].

Данная работа была выполнена для установления оптимальных (нетоксичных) концентраций молибдена для усиления всхожести и прорастания семян. В качестве изучаемой культуры были выбраны семена растения *Nicotiana benthamiana* (австралийский табак). Растение этого вида играет большое агрономическое значение поскольку относится к семейству пасленовых, куда относятся перец, помидоры, картофель и табак [11]. Поэтому полученные нами результаты можно интерпретировать на сельскохозяйственные культуры.

Методы исследования

Для улучшения прорастания семян был использован солевой прайминг (Halo priming) - замачивание семян с использованием раствора с содержанием минеральной соли. В данном эксперименте в качестве соли использовался молибдат натрия.

С целью определения оптимальной концентрации Мо были приготовлено тридцать растворов, состоявшие из 50 мл дистиллированной воды и разных концентраций молибдата натрия двухводный ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Каждый раствор содержал от 0,01 до 2 г. $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (данный микроэлемент является компонентом множества питательных сред для гидропонных установок, таких как среды «Хевита» и «Хогладна»).

Предварительно все семена, используемые в экспериментальной работе, обрабатывались 1% раствором перманганата калия, с целью дезинфекции - в течении пяти минут, затем тщательно промывались дистиллированной водой.

В вышеуказанные растворы замачивались семена растения *Nicotiana benthamiana* на протяжении 1 часа, в темном месте. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде.

В каждом растворе, содержащем $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ было замочено по 10 семян. Затем, семена просушивались и закладывались в минеральную вату, смоченную дистиллированной водой и расположенную в специальные горшки для гидропоники окруженные керамзитом.

Данные семена были оставлены в темном месте в теплице при температуре воздуха 27° С и влажности 85%. Через три дня была определена оптимальной энергии прорастания.

В последствии, проросшие семена выращивались при искусственном освещении в течении 4 дней для определения всхожести семян. Освещение создавалось с помощью люминесцентных ламп с фитоспектром 2700k/6400k и мощностью 150 Вт. Периодичность освещения составляла 14 часов имитация дня и 10 часов имитацию ночи.

Результаты исследования

В сравнении с контролем, большее количество проросших семян *N. Benthamiana* было получено при замачивании семян, в течении часа в растворах молибдата натрия с концентрациями от 0,01 до 0,09 г на 50 мл дистиллированной воды.

Были установлены оптимальные концентрации прорастания семян - 0,01-0,07 г/50 мл H_2O . При этом, концентрация от 0,4 - 2 привели к ингибированию прорастания семян. Концентрации от 1,4-2 г/50 мл оказались токсичными для австралийского табака.

На 7-ой день появились проростки с надземной частью из семян, замоченных в концентрациях от 0,001-0,7. (табл. 1).

Исходя из полученных данных оптимальная концентрация растворов для солевого прайминга семян является 0,01-0,07 г/50 мл H_2O .

Таблица 1 Влияние молибдата натрия на всхожесть семян

Концентрация г/50мл $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Количество проросших семян за 3 дня	Количество проростков с надземной частью (появление листа) на 7ой день	Длина проростков с надземной частью (см)
0,01	7	7	3
0,02	10	10	4
0,03	9	9	4
0,04	9	9	3
0,05	8	8	3
0,06	8	8	2,5
0,07	8	8	2

0,08	6	6	1,8
0,09	6	6	1,5
0,1	4	4	1,5
0,2	4	4	1
0,3	5	5	1
0,4	4	4	1
0,5	4	4	1
0,6	3	3	0
0,7	3	3	0
0,8	2	0	0
0,9	2	0	0
1	1	0	0
1,1	1	0	0
1,2	1	0	0
1,3	1	0	0
1,4	0	0	0
1,5	0	0	0
1,6	0	0	0
1,7	0	0	0
1,8	0	0	0
1,9	0	0	0
2	0	0	0
контроль	5	3	1,5

Молибдат натрия двухводный простимулировал рост стеблей листьев и корней проростков *N. Benthamiana*. У экспериментальных проростков, замоченных в растворе концентрацией 0,01-0,06 г/50 мл, длина корней и стеблей была длиннее, чем у контроля, на 1 – 2 см. Аналогично, листовая пластина ростков, замоченных в данной концентрации, была крупнее и шире, чем у контроля. (рис 1).



Рисунок 1 Проращение семян за три дня после прайминга в растворах, содержащих Мо

Дискуссия

Полученные результаты свидетельствуют о прямом воздействии молибдана натрия двухводного на рост и развитие растений *Nicotiana benthamiana*. Правильно подобранная концентрация (в данном случае 0,01-0,06 г/50 мл) может привести к быстрому росту и развитию исследуемого растения. Поскольку растение *Nicotiana benthamiana* относится к семейству пасленовых полученные нами результаты можно интерпретировать на такие культуры как перец, томат, картофель и т.д. В дальнейшем будет исследовано влияние молибдата натрия двухводного и его

антагониста вольфрамата натрия двухводного на рост и развитие растений семейства пасленовых.

Заклучение

Таким образом, полученные результаты показали, что замачивание семян на 1 час в растворы молибдата натрия двухводный с концентрацией от 0,01 до 0,09 г/50 мл дистиллированной воды оказывает благоприятное влияние на всхожесть и прорастание семян. Концентрация же, превышающая 1,3 г/50 мл, оказывает токсичное воздействие на семена. Оптимальной концентрацией для солевого прайминга семян является 0.01-0.06 г/50 мл.

Литература

1. Zhaniya Batyrshinaa, Timur M. Yergaliyeva,b , Zhadyrassyn Nurbekovaa,c , Nazira A. Moldakimovaa , Zhaksylyk K. Masalimova , Moshe Sagic, Rustem T. Omarov. Differential influence of molybdenum and tungsten on the growth of barley seedlings and the activity of aldehyde oxidase under salinity // Journal of Plant Physiology 228 – 2018. – С. 189-196.
2. Ralf R. Mendel. Cell biology of molybdenum in plants // Plant Cell Rep – 2011. – Т.30– С. 1787–1797.
3. J.O.Jones, W.Dermott. “Whiptail” in Califlower // Nature – № 4189 –1950. – С. 248–249.
4. А.Г. Абдукаримов, Н.А. Турсынбаев, Г.Т. Калымбекова. диагностика питания растений // Механика и технологии – № 3 (49) – 2015. – С.85–92.
5. Михайлова Л.А. Агрохимия. Ч 1. Удобрения виды, свойства, химический состав. – Пермь: Прокрость, 2015. – 426 с.
6. D. I. Arnon and P. R. Stout. Molybdenum as an essential element for higher plants // [Электрон. ресурс]. – 2016. – URL: www.plantphysiol.org (дата обращения: 21.06.2016).
7. Brent N. Kaiser, Kate L. GRidley, Joanne Ngairе Brady, Thomas Phillips and Stephen D. Tyerman. The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production // Annals of Botany 96 – 2005. – С. 745 –754.
8. К. А. Васильева. Предпосевное обогащение семян молибденом Ученые записки ВВИ. - 1964. - Т. 18. – С. 108 – 115.
9. Серикбай С.Ж., Аликулов З. Эффект предпосевного прайминга зерен пшеницы в растворе молибдата и их прорастание в присутствии нитрата на содержание аллантаина в проростках. Роль фундаментальной и прикладной науки в социальноэкономическом развитии общества: сборник статей [Электронный ресурс] –2018. – – URL: <http://impulse-science.ru/wp-content/uploads/2018/04/%D0%9A-17.pdf> (дата обращения: 12.04.2018).
10. Прищепчик Ю. В. Влияние прайминга семян огурца 5-аминолевулиновой кислотой на энергию прорастания и развитие растений в условиях солевого стресса // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, biological series– № 4– 2016. – С.85–88.
11. Julia Bally, Hyungtaek Jung, Cara Mortimer, Fatima Naim, Joshua G. Philips, Roger Hellens, Aureliano Bombarely, Michael M. Goodin, and Peter M. Waterhouse. The Rise and Rise of *Nicotiana benthamiana*: A Plant for All Reasons // Annual Review of Phytopathology 56–2018. – С. 405–26.