

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УЧАСТИЯ МОЛИБДЕНА И NaCl

CHANGES IN MORPHO-PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SOYBEAN DEPENDING ON THE PARTICIPATION OF MOLYBDENUM AND NaCl

**S. Ragimova
A. Gadimov
Z. Abbasova
S. Ganizade**

Summary: The influence of the complex and individual effects of molybdenum and chloride salinization on the morphophysiological parameters of soybean (*Glicine hispida L.*), plants, variety «Bravo» depending on the duration of exposure to toxicants was studied. Plants were grown on Knop nutrient medium (1n) with the participation of molybdenum (20 ppm) and NaCl (100 mM) up to 21 days. Samples for analysis were taken on the 7th, 14th and 21st days of development. It is believed that the results obtained on the formation and functioning of plant responses to the action of two stress factors (Mo and NaCl), individually and in combination, bring us closer to understanding the general mechanism of plant adaptation to various types of stressors and can be used to increase plant resistance to metals and salts.

Keywords: soybean, Mo, NaCl, toxicity, morphological parameters.

Рагимова Самира Натиг

ассистент, Азербайджанский Государственный
Аграрный Университет, Гянджа, Азербайджан
samira.rahimova84@gmail.com

Гадимов Аладдин Гасан

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
agadimov@mail.ru

Аббасова Зумруд Исмаил

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
zabbas@mail.ru

Гани-заде Сима Иршадовна

доктор философии по биологии, доцент,
Институт Ботаники Министерство науки
и образования АР, г. Баку
ganizadesima@gmail.com

Аннотация: Изучено влияние комплексного и индивидуального воздействия молибдена и хлоридного засоления на морфофизиологические показатели растения сои (*Glicine hispida L.*), сорта «Браво» в зависимости от длительности воздействия токсикантов. Растения выращивали на питательной среде Кнопа (1n) при участии молибдена (20 ppm) и NaCl (100 mM) до 21 дня. Пробы для анализа отбирали на 7, 14 и 21 сутки развития. Считается, что полученные результаты по формированию и функционированию реакции растений на действие двух стрессовых факторов (Mo и NaCl) в отдельности и в комплексе приближают нас к пониманию общего механизма адаптации растений к различным типам стрессоров и могут быть использованы для повышения устойчивости растений к металлам и солям.

Ключевые слова: соя, Mo, NaCl, токсичность, морфологические показатели.

Введение

Известно, что различные абиотические стрессовые факторы значительно снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Они вызывают метаболические нарушения и окислительный стресс, что приводит к повреждению растительных клеток. Особенно засоление задерживает рост растительных организмов. Избыточное накопление в растениях ионов Na^+ и Cl^- отрицательно влияет на физиолого-биохимические процессы. В частности, нарушается усвоение питательных веществ, поглощение воды корнями и осмотическая регуляция, синтез белков и нуклеиновых кислот. Нарушается гормональный баланс. Кроме того, уменьшается скорость фотосинтеза и повышается скорость фотодыхания, что способствует к увеличению активных форм кислорода [5, 6, 9].

В литературе имеется большое количество данных о негативном влиянии повышения концентрации тяжелых металлов в почве на ростовые и морфофизиологические показатели различных растений [2, 6, 10].

В высоких концентрациях тяжелые металлы способствует к торможению роста, кроме того, нарушается водный обмен и изменяется физиологические процессы [4]. Другие исследования показывают, что обработка семян сои микроэлементами и регуляторами роста оказывает положительное влияние на их всхожесть и густоту растений на возделываемых полях [5].

Являясь важным питательным микроэлементом в развитии растений молибден (Mo) играет важную роль в метаболизме углерода, азота и серы. Нехватка молибдена в почвах (особенно засоленных почвах) снижает активность нитратредуктазы в растениях, это приводит

к дефициту азота в растениях, что чревато плохим ростом проростков и снижением продуктивности зерна [11, 13, 19, 24].

Несмотря, что требуется в малых количествах, молибден используется растительными ферментами в процессе восстановительных и окислительных реакций. Сам молибден биологически не активен, но входит в состав органических птеринов, то есть молибдокофакторов (Мосо). Такие ферменты как нитратредуктаза, нитритредуктаза, нитрогеназа, ксантиноксидаза и сульфитоксидаза является молибдоферментами. В этих ферментах молибден выполняет структурную и каталитическую функцию, кроме того, принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях [14, 15, 17, 21].

Молибден относится к элементам с высокой степенью аккумуляции в растениях. При избытке удобрений, содержащих Мо, он может накапливаться в растениях в достаточно больших количествах, намного превышая допустимую норму (1–2 мг/кг –ppm). Избыток Мо весьма токсичен для растений, он оказывает отрицательное воздействие на них, замедляя рост и снижая их урожайность [23].

Бабенко с соавторами показали, что обработка растений Мо в условиях засоления положительно влияла на состояние растений, на их рост и развитие, высота растений и длина корней при этом увеличивались даже по сравнению с контролем, увеличивался и сырой вес побегов и корней. Обработка молибденом приводила к видимому улучшению статуса растений, получивших до того NaCl, по сравнению с растениями, выращенным без молибдена [7].

Поэтому в статье изучено влияние молибдена на некоторые морфофизиологические показатели растения сои в условиях хлоридного засоления в зависимости длительности воздействия стрессовых факторов (засоление, избыток молибдена) комплексно и раздельно.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования использовали растения сои (*Glicine hispida L.*), сорта «Браво», полученные из Азербайджанского научно-исследовательского института Сельского хозяйства. Опыты проводили на корне, стебле, главных и семядольных листьях растения. После проращивания семян растения в термостате проростки пересаживали в питательный раствор Кнопа (1н, рН 6,0).

Схема опыта: 1. Контроль (К); 2. К+NaCl (100 mM); 3. К+(NH₄)₆Мо₇О₂₄•4Н₂О (20 ppm); 4. К+ NaCl (100 mM) +(NH₄)₆Мо₇О₂₄•4Н₂О (20 ppm)

Растение выращивали в течение 3 недель (21 день). Пробы для анализа из всех вариантов отбирали 3 раза, на 7, 14 и 21 сутки развития в трех биологических повторности. Морфометрические показатели в органах растений определяли общепринятыми методами [3].

Результаты и их обсуждение

Анализ многочисленных литературных материалов и наши личные исследования позволяют говорить о том, что действие тяжелых металлов на растения и их ответные реакции зависят от известной зависимости «концентрация-эффект», имеющей двухфазный характер. То есть, если тяжелые металлы в слабых концентрациях могут оказывать стимулирующее действие на растения в зависимости от физиологических процессов, в зависимости от степени повышения их концентрации в ряде случаев они оказывают токсическое действие, приводящее иногда к гибели растения [1, 4, 16].

Установлено, что приспособление растений к абиотическим факторам можно усилить на первых этапах их развития. Поэтому исследователи рекомендуют замачивать семена растворами, содержащими молибден, перед посевом для выращивания растений на засоленных почвах. Этот процесс ускоряет созревание семян и улучшает их адаптацию к абиотическим факторам за счет значительного увеличения процента всхожести семян и улучшения развития растений в течение всего сезона [8, 12, 18, 22].

Поэтому в работе исследовали формирование систем адаптации растений к токсическому действию двух стрессовых факторов засоления (NaCl) и молибдена (Мо) по отдельности и вместе. Полученные результаты показали, что эти вещества серьезно повлияли на морфологические и физиологические показатели (Рис. 1).

На 21-й день развития растений мы наблюдали, что корни сои более чувствительны к присутствию молибдена, чем стебли. В случае совместного присутствия Мо и NaCl корни превосходили стебель по высотным параметрам (в % к контрольному варианту). Этот показатель также был выше по сравнению с корнями варианта Мо. Так, на 7-й день развития 133,3 %, на 14-й день — 125,9 %, на 21-й день — 125,6 %. Что касается растений варианта с одним NaCl, то их длина корней превышала длину корней контрольных растений на 09 %, 19 % и 17 % в зависимости от продолжительности эксперимента (Рис. 1).

Концентрация засоленной среды (100 mM), оказывающая защитное действие на растение, не только снижала токсическое действие молибдена на ростовые показатели растения, но и влияла на накопление биомассы различных органов растения, особенно корней (Рис. 2).

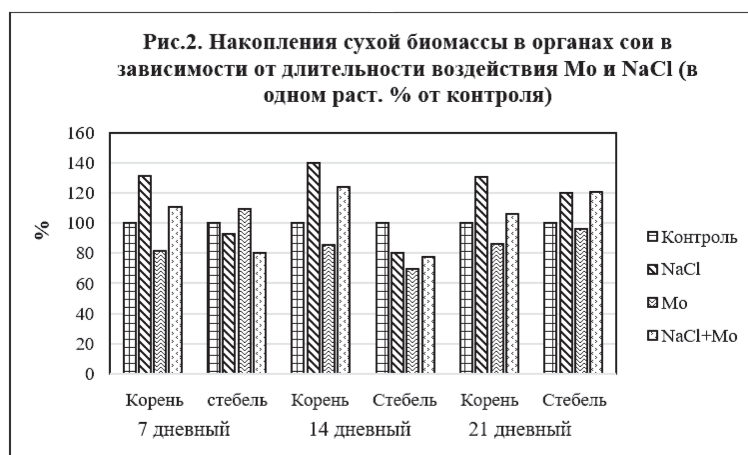
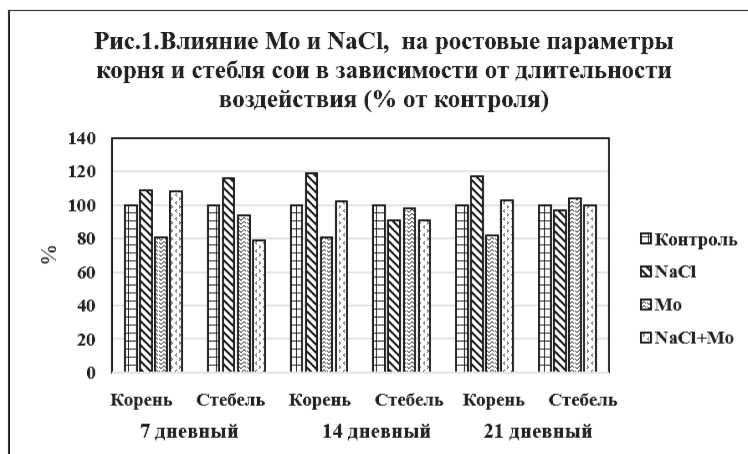


Таблица 1.

Влияние молибдена и засоления при их отдельном и совместном применении на количество, вес и площадь листьев растений сои в зависимости от длительности воздействия

Растения Варианты	Кол-во наст. листьев	Сред. вес 1 наст. листа (мг)	Площадь 1 наст. листа (см ²)	Сред. вес 1 семяд. листа (мг)	Площадь 1 сем. листа (см ²)
7 дневные					
Контроль	1	142	3,75	94	2,36
NaCl	1	116	3,01	74	1,87
Mo	1	98	2,39	64	1,61
NaCl+Mo	1	107	2,74	69	1,74
14 дневные					
Контроль	2	119	3,24	69	1,74
NaCl	1	119	3,24	69	1,74
Mo	2	97	2,49	79	1,98
NaCl+Mo	2	82	2,11	64	1,61
21 дневные					
Контроль	3	118	3,24	89	2,24
NaCl	2	80	2,11	79	1,99
Mo	1	140	3,74	89	2,24
NaCl+Mo	2	47	1,24	59	1,47

Например, в молибденовом варианте корни растения накапливали 81,4 %, 85,2 % и 85,9 % биомассы в зависимости от длительности выращивания по сравнению с контролем, а в варианте Mo+NaCl этот показатель составлял 110,5 %, 123,7 % и 105,9 % соответственно. То есть сухая биомасса корней составила 135,7 %, 145,8 % и 123,3 % в зависимости от продолжительности опыта в варианте Mo+NaCl по сравнению с вариантом Mo. Как видно из полученных результатов, солевая среда снижает токсическое действие молибдена на развитие растений (Рис. 2).

Определение площади и массы основных и семядольных листьев показало, что (табл. 1) на 21-е сутки эксперимента, несмотря на увеличение числа листьев в варианте Mo+NaCl по сравнению с молибденовым вариантом, их масса и площадь были меньше, чем у молибденового варианта.

По этим показателям последние даже превосходили листья контрольного варианта. Масса семядольных листьев молибденового варианта была такой же, как и семядольных листьев контрольного варианта, а в варианте Mo+NaCl они отставали от контрольных растений и листьев молибденового варианта на 33,7 % (Табл. 1).

Исследования по содержанию воды в органах растения сои, подвергшихся токсическому действию Mo и NaCl по отдельности и вместе, показали, что адаптация растения к хлоридному засолению наблюдается по уменьшению угнетающего действия молибдена на водный статус растения. В варианте Mo+NaCl обводненность корней и стеблей растения была выше, чем в варианте Mo (23 % и 24 %), что, в свою очередь, положительно сказывалось на их ростовых процессах.

Анализ полученных данных дает нам основание предполагать, что при совместном действии Mo и NaCl наблюдается защитный эффект среднего засоления в процессе адаптации растения сои к токсическому действию молибдена.

Полученные результаты по формированию и функционированию реакции растений на действие двух стрессовых факторов (Mo и NaCl) в отдельности и в комплексе приближают нас к пониманию общего механизма адаптации растений к различным типам стрессоров и могут быть использованы для повышения устойчивости растений к металлам и солям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадимов А.Г., Ализаде К.С., Рагимова С.Н., Расулова С.М. (2022) Активность нитратредуктазы у вигны при хлоридном засолении с участием триходермы и молибдена. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и Технические Науки — № 07/2. — С. 9–15. DOI 10.37882/2223-2966.2022.07-2.04
2. Гармаш, Н.Ю. (2006) Эколого-агрохимическое обоснование управления качеством растениеводческой продукции при различных факторах антропогенного воздействия на почву // Дисс. . . д.б.н. — Москва, 2006. — 351 с.
3. Дышко В.Н., Дышко В.В., Романенко П.В., Слученкова Н.В. (2014). Методики агрохимических исследований почв и растений: учебнопрактическое пособие. — Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», — 197 с.
4. Елькина, Г.Я., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В. (2001) Влияние тяжелых металлов на урожайность и физиолого-биохимические показатели овса // Агрохимия. — № 8. — С. 73–78.
5. Столяров, О.В. (2001) Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество семян сои // Зерновые культуры. — № 3. — С. 26–27.
6. Ali S., Zeng F., Qiu G., Zhang G. (2011) The effect of chromium and aluminum on growth, root morphology, photosynthetic parameters and transpiration of the two barley cultivars. // *Biologia plantarum*. — V. 55. — № 2. — P. 291–296.
7. Babenko O.N., Brychkova G., Sagi M., Alikulov Z.A. (2015) Molybdenum application enhances adaptation of crested wheatgrass to salinity stress // *Acta Physiol. Plant*. 37.14.
8. Campo R.J., Araujo R.S., Hungria M. (2009) Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. *Field Crops Res* 110:219–224.
9. Franzen D. (2007). Salt accumulation processes. North Dakota state Univ., Fargo ND 58105.
10. Gad N. (2005). Interactive effect of cobalt and salinity on tomato plants II — Some physiological parameters as affected by cobalt and salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences Pakistan*. 1(3): 270–276.
11. Ide Y., Kusano M., et al. (2011) Effects of molybdenum deficiency and defects in molybdate transporter MOT1 on transcript accumulation and nitrogen/sulphur metabolism in *Arabidopsis thaliana*. *J Exp Bot*. 62 (4): 1483–1497. Doi: 10.1093/jxb/erq345.
12. Jisha K.C., Vijayakumari K., Puthur Jos T. (2013) Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiol. Plant* 35(5):1381–1396.
13. Kovacs B., Puskas-Preszner A., Huzsvai L., et al. (2015) Effect of molybdenum treatment on molybdenum concentration and nitrate reduction in maize seedlings. *Plant Physiol Biochem*. 96 (6):38-44. Doi: 10.1016/j.plaphy.2015.07.013.
14. Mendel R.R. (2011) Cell biology of molybdenum in plants. *Plant Cell Rep* 30(10):1787–1797
15. Mendel R.R., Kruse T. (2012) Cell biology of molybdenum in plants and humans. *Biochim biophys Acta*. 1823(9):1568-79. Doi: 10.1016/j.bbamcr.2012.02.007
16. Osman, S.A., Salama, D.M., AbdEl-Aziz, M.E., Shaaban, E. A. & AbdElwahed, M. S. (2020) The influence of MoO₃-NPs on agromorphological criteria, genomic stability of DNA, biochemical assay, and production of common dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Physiol. Biochem*. 151, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.009>.

17. Qin S.Y., Sun X.C., Hu C.X., Tan Q.L., Shao X.H. (2017). Uptake, transport and distribution of molybdenum in two oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars under different nitrate/ammonium ratios. *J Zhejiang Univ Sci B*. 18(6):512–521. Doi: 10.1631/jzus.B1600249.
18. Sahar M. Zakaria. (2017). Effekt of P-Fertilizer and micronutrient (Fe and Mo) on seeds Yeld of soybean and its quality under sandy soil condition. *Menoufia J. Soil Sci.*, vol. 2. p. 211–225.
19. Santos R.L., Freire F.J., Oliveira E.C.A., Freire M.B. GS, West J.B., Barbosa J.A., Moura M.J., Bezerra P.C. (2019) Nitrate reductase activity and nitrogen and biomass accumulation in sugarcane under molybdenum and nitrogen fertilization. *Rev Bras Cienc Solo*. 43:e0180171. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180171>
20. Silva C., Martinez V. and Carvajal M. (2008). Osmotic versus toxic effects of NaCl on pepper plants. *Biol. Plantarum*, 52(1): 72–79.
21. Sugimoto H., Sato M., Asano K., Suzuki T., Mieda K., Ogura T., Matsumoto T., Giles L.J., Pokhrel A., Kirk M.L., Itoh S. (2016) A model for the active-site formation process in DMSO reductase family molybdenum Enzymes involving Oxido-alcoholato and oxido-Thiolato molybdenum (VI) core structures. *Inorg Chem*. 15;55(4):1542-50. Doi: 10.1021/acs.inorgchem.5b02395.
22. Umair A., Ali S., Tareen M.J., Ali I., Tareen M.N. (2012) Effects of seed priming on the antioxidant enzymes activity of Mungbean (*Vigna radiata*) seedlings. *Pak J Nutr* 11(2):140–144.
23. Ventura Y., Wuddineh W.A., Ephrath Y., Shpigel M., Sagi M. (2010) Molybdenum as an essential element for improving total yield in seawater-grown *Salicornia europaea* L. // *Sci. Hortic*. Vol. 126. P. 395–401.
24. Yang M., Shi L., Xu F., et al. (2009) Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) pedosphere, 19(1):53–59.doi:10.1016/S1002-0160(08)60083-1.

© Рагимова Самира Натиг (samira.rahimova84@gmail.com); Гадимов Аладдин Гасан (agadimov@mail.ru);
Аббасова Зумруд Исмаил (zabbas@mail.ru); Гани-заде Сима Иршадовна (ganizadesima@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»