

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ В РАЗНОЙ ФОРМЕ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ

Введение. В последние десятилетия наночастицы широко производятся и используются для различных коммерческих и промышленных применений [1]. Широкое применение наночастиц неизбежно приводит к их выбросу в окружающую среду, что может иметь непредвиденные последствия для роста растений, и даже через пищу в организм человека, воздействуя на организм человека.

Выброс наночастиц алюминия и алюминий-содержащих наночастиц в окружающую среду может влиять на растения. Например, семена кукурузы [2], капусты [3], сои [4] и других растений чувствительны к алюминию. При этом на рост корней и деление клеток большее влияние оказывает форма, в которой добавляется алюминий в среду прорастания [3].

Целью данного исследования являлось показать влияние алюминия в различных формах (наночастицы и ионов) на рост семян пшеницы.

Экспериментальная часть. В качестве среды прорастания в работе готовили суспензии наночастиц Al (средний размер 90 нм) и Al_2O_3 (50 нм) и растворы Al^{3+} . Наночастицы были приобретены у ООО «Передовые порошковые технологии» (г.Томск, Россия). Источниками ионов служила соль $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (ГОСТ 3757-75). Семена пшеницы сорта «Ирень» (*Triticum aestivum* L.) урожая 2017 года были предоставлены агрофирмой ИП Орищенко (Томский район, Россия).

Суспензии и растворы готовили на основе дистиллированной воды (марка дистиллятора, Производитель, Страна, $pH=6,2\pm 0,2$). Дистиллированную воду также использовали в качестве контроля (К). В суспензиях наночастиц и растворе соли концентрация по алюминию составляла 1 и 100 мг/л. Для взвешивания использовали весы ALC-110d4 (ACCULAB, Россия, точность $\pm 0,0001$). Все суспензии и растворы обрабатывали в ультразвуковой ванне DR-LQ20 (МосРемТех, Россия, мощность 60 Вт) в течение 30 мин.

В эксперименте на дно чашки Петри (диаметр 9 см) размещали фильтровальную бумагу, на которую равноудаленно помещали 6 семян. В каждую чашку добавляли 7 мл свежеприготовленной среды прорастания. Затем закрытые чашки выдерживали термостате ТС-1/80 (СПУ, Россия) при $25\pm 2^\circ C$. Через 48 ч из чашек стерильным пинцетом

вынимали проростки и выкладывали на черную бумагу для измерения длины проросшего корня, из которого рассчитывали степень подавления/стимулирования (R, %) корня как отношение разницы в длине корня к длине корня, проросшего в контроле, R, %. Всхожесть семян определяли, как долю проросших семян в чашке.

После анализа семена возвращали в чашки, закрывали и помещали под климатическую лампу (300 Лк) для культивации побегов при $25\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 5 дней. Отрезанные от семян корни и побеги высушивали при $30\pm 0,5^\circ\text{C}$ в течение 24 ч и взвешивали для расчета корневого индекса (RI) – отношение массы корня к массе побега.

Результаты и обсуждение. Влияние концентрации алюминия на биологические свойства проростков можно получить при анализе экспериментальных данных. Показано, что добавление 1 мг/л наночастиц алюминия или ионов стимулирует развитие корневой системы (рис.1). При концентрации 100 мг/л во в среде Al^{3+} прорастание развития корневой системы пшеницы подавляется, и длина корня уменьшается на 57 %.

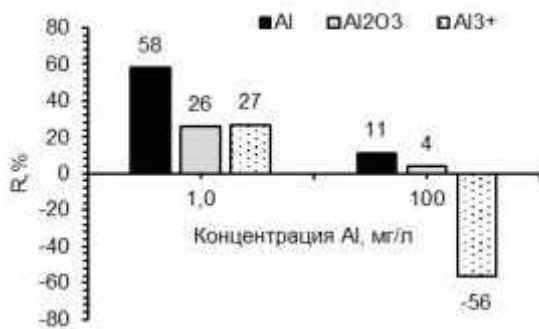


Рис. 1. Влияние концентрации Al на длину корня проростка.

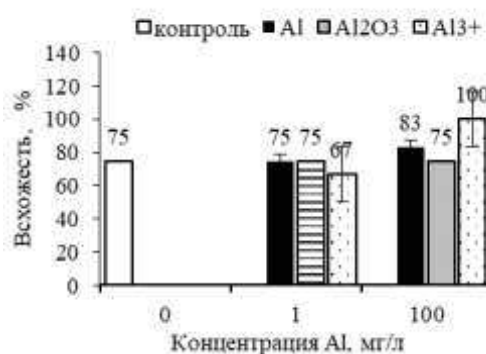


Рис. 2. Влияние концентрации Al на всхожесть семян.

Установлено, что при концентрации 1 мг/л добавки алюминия в форме наночастиц не влияют на всхожесть, в ионной форме незначительно подавляет всхожесть (на 11%). А при концентрации 100 мг/л, независимо от формы, алюминий не подавляет прорастание семени, а даже увеличивает.

Согласно экспериментальным данным, что при концентрации 1 мг/л, в средах с добавлением металлического Al происходит преимущественно образование надземной части, в то время как в системах с Al_2O_3 и Al^{3+} – образуется больше корня по сравнению с побегом. Величина Корневой индекс составляет 0,35...0,82...0,75 в ряду $\text{Al} \dots \text{Al}_2\text{O}_3 \dots \text{Al}^{3+}$ (табл.1). Однако при концентрации 100 мг/л, в средах с добавлением Al и Al^{3+} происходит преимущественно образование

надземной части, в то время как в системах с Al_2O_3 – образуется больше корня по сравнению с побегом.

Таблица 1. Изменение корневого индекса для проростков

Концентрация Al, мг/л	Корневой индекс проростка, RI, %			
	Контроль	Al	Al_2O_3	Al^{3+}
0	0,6±5	-	-	-
1	-	0,35±0.15	0,82±0.47	0,75
100	-	0,35±0.38	0,57±0.43	0,16

Можно сделать вывод, что добавление 1 мг/л алюминия в виде наночастиц Al и Al_2O_3 и раствора Al^{3+} в среду прорастания семян стимулирует развитие корневой системы, не влияет на всхожесть и приводит уменьшению корневого индекса по сравнению с контролем. При концентрации 100 мг/л в Al^{3+} -среде прорастания развитие корневой системы подавляется, увеличивается всхожесть и уменьшается корневой индекс по сравнению с контролем.

Из результатов анализа следует, что влияние различных форм алюминия на рост пшеницы также различно, и в ряду «Al... Al_2O_3 ... Al^{3+} » ионы являются наиболее фитотоксичными.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Khanna A.S. Nanotechnology in high performance paint coatings // Asian Journal of Experimental Sciences. – 2008. – Vol. 21. – P. 25-32
- 2.Zhang R., et al. Phytotoxicity of ZnO nanoparticles and the released Zn (II) ion to corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol.22. – P.11109-11117.
- 3.Amist N., et al. Comparative studies of Al^{3+} ions and Al_2O_3 nanoparticles on growth and metabolism of cabbage seedlings // Journal of Biotechnology, – 2017. –Vol. 254. – P.1-8.
- 4.Копиттке, et al. Identification of the primary lesion of toxic aluminum in plant roots // Plant Physiology. – 2015. – Vol. 167. – P.1402-1411.