

**Отзыв на автореферат диссертации О.В. Никушина  
«Влияние лигандов на поглощение ионов меди клеточными стенками растений вики  
(*Vicia sativa* L.)», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических  
наук по специальности 1.5.21 «Физиология и биохимия растений»**

Диссертационная работа О.В. Никушина посвящена выяснению влияния гистидина и глутамина на связывание ионов меди клеточными стенками клеток корней и побегов растений вики. Эта задача важна не только в теоретическом, но и в практическом плане, так как клеточные стенки вносят существенный вклад в связывание металлов, что является одним из механизмов их детоксикации. В связи с этим темой и направлением исследований данной диссертационной работы следует признать интересными и актуальными.

В диссертационной работе О.В. Никушина впервые с использованием ранее разработанных методов и подходов показано, что медь накапливается главным образом в корневой системе вики, причем клеточные стенки клеток корней и побегов характеризуются высокой металл-связывающей способностью, а присутствие изучаемых лигандов в среде приводит к снижению способности клеточных стенок связывать медь. Новым также является масс-спектрометрический анализ корневого экссудата вики, в составе которого обнаружены тритерпеновые гликозиды. Основные выводы диссертации обоснованы и вполне отвечают поставленным целям. Рисунки в достаточной степени иллюстрируют результаты работы. Однако при прочтении автореферата возникает несколько замечаний, часть из которых носит дискуссионный характер.

1. Сложно согласиться с Автором, что, как правило, при изучении действия металлов исследователи каким-либо способом разрушают клеточную стенку (стр. 3). Большинство исследований проводится на интактных растениях.

2. Неясно, почему при выращивании растений использовались одинаковые концентрации  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $PO_4^{3-}$ , а также маленький объем сосудов (150 мл), в которых выращивали, однако, по 9 растений (стр. 7).

3. В тексте указано, что «во всех вариантах обработки растений содержание воды в побегах не отличалось от контроля», что, однако, не соответствует данным, приведенным в табл. 2 (стр. 9).

4. Автор приходит к заключению, что «независимо от концентрации ионов меди в среде, их содержание в корнях было намного больше, чем в побегах» (стр. 10). Однако, известно, что содержание металлов в ионной форме внутри клеток очень мало и для ионов  $Cu$  оценивается между  $10^{-21}$  и  $10^{-18}$  М [Changela et al., 2003]. Поступив в клетку, ионы металлов сразу связываются с различными лигандами. Поэтому данные по эндогенному содержанию ионов  $Cu^{2+}$ , например, в корнях, которое достигало 52 мкмоль на грамм сухой массы, нуждаются в пояснении. Или автор имел в виду суммарное содержание меди, а не содержание меди только в ионной форме?

5. Дискуссионным является утверждение, что комплексы меди с гистидином «являются одним из основных транспортных форм у растений при перемещении по ксилеме» (стр. 22). При pH 5.5 – 6.2 ксилемного сока имидазольное кольцо гистидина протонируется, что приводит к снижению стабильности комплексов металла с гистидином. Поэтому обычно, хотя и не всегда, основным металл-связывающим лигандом в ксилемном соке являются органические кислоты [Ueno et al., 2008; Alves et al., 2011; Cornu et al., 2014; Flis et al., 2016; Tao et al., 2020].

6. Автор приходит в своем исследовании к заключению о том, что «присутствие глутамина и гистидина в среде выращивания приводит к снижению медь-связывающей способности клеточных стенок» (стр. 23). Так как сродство ионов  $Cu$  к этим лигандам достаточно велико (например, константа стабильности ионов меди с гистидином ( $\lg K$ ) составляет 10.2 [Callahan et al., 2006; Blindauer et al., 2010], то доступность меди для связывания с материалом клеточных стенок будет

снижена по сравнению с контролем. Исходя из этого возникает дискуссионный вопрос о возможности рассматривать полученные данные скорее как результат снижения доступности ионов меди для связывания с материалом клеточной стенки в присутствии металл-связывающих лигандов, а не столько как результат снижения способности самой стенки связывать медь.

7. Автор приходит к заключению, что «что при 100 мкМ увеличивается степень лигнификации клеточных стенок» (стр. 23). Это предположение или есть прямые доказательства этому факту? Возможно, из-за ограничений по объему эти данные не приведены в автореферате диссертации.

Высказанные замечания и пожелания не умаляют значимости полученных результатов. В целом считаем, что выполненная О.В. Никушиным диссертационная работа является актуальным, интересным и логически завершенным исследованием. Результаты диссертационной работы О.В. Никушина опубликованы в реферируемых журналах.

Рассмотренная работа, представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 «Физиология и биохимия растений», соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно Положению о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а О.В. Никушин заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук.

Главный научный сотрудник,  
Заведующий лабораторией физиологии корня  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института физиологии растений  
им. К.А. Тимирязева РАН  
доктор биологических наук  
(специальность 1.5.21 «Физиология и биохимия растений»)

И.В. Серегин

Ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии корня  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института физиологии растений  
им. К.А. Тимирязева РАН  
кандидат биологических наук  
(специальность 1.5.21 «Физиология и биохимия растений»)

А.Д. Кожевникова

127276, ул. Ботаническая, 35, Москва, Россия, тел.:  
mail: (И.В.Серегин),

, факс: , E-  
(А.Д.Кожевникова)

08.04.2024 г.