

Заключение диссертационного совета МГУ.015.5
по диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук
Решение диссертационного совета от «17» апреля 2025 г. № 5

О присуждении Хао Цзинжао, гражданину КНР, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Исследование молекулярных механизмов действия пестицидов на фотосинтетический аппарат высших растений» по специальности 1.5.2. Биофизика принята к защите диссертационным советом 19 декабря 2024 г., протокол № 6.

Соискатель – Хао Цзинжао, 1995 года рождения, в 2023 соискатель окончила аспирантуру биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (направленность: биоинженерия, научная специальность: биомеханика и биоинженерия). В период подготовки диссертации Хао Цзинжао обучалась как в очной аспирантуре биологического МГУ имени М. В. Ломоносова, так и по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на английском языке, реализуемой в сетевой форме совместно с университетом МГУ-ППИ в Шэньчжэне (КНР).

В настоящее время соискатель временно не трудоустроен.

Диссертация выполнена на кафедре биофизики биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор Максимов Георгий Владимирович, кафедра биофизики биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор

доктор биологических наук, профессор, академик РАН Рубин Андрей Борисович, кафедра биофизики биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой

Официальные оппоненты:

Соловченко Алексей Евгеньевич, доктор биологических наук, кафедра биоинженерии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор

Яминский Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор

Пашковский Павел Павлович, кандидат биологических наук, лаборатория физиологических и молекулярных механизмов адаптации Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высоким уровнем компетентности в области биофизики и наличием соответствующих публикаций в ведущих российских и международных журналах.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, из них 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.5.2. Биофизика (в скобках приведен импакт-фактор журнала IF; индекс цитируемости SJR; объём публикации в печатных листах/вклад автора в печатных листах):

1. Тодоренко Д.А., Слатинская О.В., **НАО J.**, Сейфуллина Н.Х., Radenović Č.N., Маторин Д.Н., Максимов Г.В. Фотосинтетические пигменты и фотохимическая активность фотосинтетического аппарата листьев кукурузы (*Zea mays* L.) под влиянием тиаметоксама // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, № 1. – С. 66-76. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.66rus (**ИФ РИНЦ 1.193, 0.688/ 0.172 п.л.**)
2. Todorenko D.A., **НАО J.**, Slatinskaya O.V., Allakhverdiev E.S., Khabatova V.V., Ivanov A.D., Radenovic C.N., Matorin D.N., Alwasel S., Maksimov G.V., Allakhverdiev S.I. Effect of thiamethoxam on photosynthetic pigments and primary photosynthetic reactions in two maize genotypes (*Zea mays* L.) // Functional Plant Biology. – 2021. – Vol. 48, No. 10. – P. 994-1004. DOI: 10.1071/FP21134 (**SJR 0.652, 0.688/ 0.229 п.л.**).
3. Radenovich C.N., Максимов Г.В., Шутова В.В., **НАО J.**, Delich N.S., Sechansky M.D., Popovich A.S. Использование инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния для анализа состояния биомолекул у линий кукурузы *Zea mays* L. // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 5. – С. 948-957. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.5.948rus (**ИФ РИНЦ 1.193, 0.625/ 0.125 п.л.**) [C.N. Radenovich, G.V. Maksimov, V.V. Shutova, **J. НАО**, N.S. Delich, M.D. Sechansky, A.S. Popovich. Using infrared spectroscopy and Raman spectroscopy to evaluate the conformation of biomolecules in maize (*Zea mays* L.) LINES // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. – 2021. – Vol. 56, No. 5. – P. 948-957. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.5.948eng (**SJR 0.164, 0.625/ 0.125 п.л.**)]
4. Radenovic Č.N., Максимов Г.В., Курамшина Г.М., Шутова В.В., **НАО J.**, Delić N.S., Sechanski M.D., Popović A.S., Bajuk-Bogdanović D.V., Radosavljević M.M., Pavlov J.M. Использование метода поверхностного внутреннего отражения для диагностики зерна кукурузы (*Zea mays* L.) // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 5. – С. 933-944. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.933rus (**ИФ РИНЦ 1.193, 0.75/ 0.15 п.л.**) [Radenović Č.N., Maksimov G.V., Kuramshina G.M., Shutova V.V., **НАО J.**, Delić N.S., Sechanski M.D., Popović A.S., Bajuk-Bogdanović D.V.,

Radosavljević M.M., Pavlov J.M. Use of internal reflection spectroscopy for maize (*Zea mays* L.) grain diagnosis // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. – 2022. – Vol. 57, No. 5. – P. 933-944. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.933eng (**SJR 0.164, 0.75/ 0.15 п.л.**)

5. Liu W., Shutova V.V., Maksimov G.V., **Hao J.**, He Y. Use of nanostructured silver substrates (coatings) to study the content and conformation of β -carotene // Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences. – 2022. – Vol. 101, No.2. – P. 112-124. DOI: <https://doi.org/10.18698/1812-3368-2022-2-112-124> (**SJR 0.258, 0.813/ 0.163 п.л.**)

6. Volgusheva A.A., **Hao J.**, He Y., Lovyagina E.R., Loktyushkin A.V., Parshina E.Yu., Luneva O.G., Baizhumanov A.A., Khrushev S.S., Maksimov G.V., Rubin A.B. Effect of the insecticide clothianidin on the photosynthetic electron transport chain in pea // Photochemistry and Photobiology. – 2024. – DOI: <https://doi.org/10.1111/php.14018> (**JIF 2.6, 0.75/ 0.25 п.л.**)

На автореферат диссертации поступило 3 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для биофизики, а именно:

1) Установлено, что обработка растения пестицидом тиаметоксамом (TMX), как при опрыскивании листа, так и с помощью прикорневого полива растения, меняет функциональную активность фотосистемы II (ФСII) (PI_{ABS}), но не влияет на максимальный квантовый выход ФСII (F_V/F_M) листа как у инбредной линии *zrpl 225*, так и у гибрида *zr 341*.

2) При опрыскивании листа TMX, снижение PI_{ABS} в листьях двух генотипов кукурузы обусловлено уменьшением эффективности электронного транспорта на акцепторной стороне ФСII (ψ_{E0}). При опрыскивании листьев TMX двух генотипов кукурузы (*zrpl 225* и *zr 341*) выявлены характерные различия: снижение содержания хлорофилла в листьях инбредной линии *zrpl 225* по сравнению с гибридом *zr 341*; в листьях *zrpl 225* обнаружено снижение потока электронов в ЭТЦ от и к ФСI, изменения конформации молекул каротиноидов.

3) Установлено, что в хлоропластах, обработанных КЛ (22 и 110 мкг/мл КЛ), в присутствии DCBQ количество РЦ ФСII, способных осуществлять реакцию переноса с Q_A на Q_B уменьшилось на 23 и 26%, а скорость реакции снижалась на 64% и 52% соответственно, что аналогично процессу блокирования переноса электронов между Q_A и DCBQ.

4) Нарушение процесса переноса электронов между Q_A и Q_B повышает вероятность «триплет-триплетного» перехода электрона с хлорофилла на молекулу кислорода, что сопровождается увеличением количества маркеров окислительного стресса (малоновый диальдегид). Установлено, что после 3 мин. освещения ($100 \text{ мкмоль фотонов м}^{-2}\text{с}^{-1}$) содержание МДА в хлоропластах, обработанных 110 мкг/л КЛ, увеличивается на 46% по сравнению с контролем.

5) С помощью метода атомно-силовой микроскопии установлено, что действие на хлоропласты 110 мкг/л КЛ меняет морфологию хлоропласта: около 40% теряют дисковидную форму, а рельеф поверхности мембраны, обусловленный наличием глобулярных структур, сглаживается, вероятно, за счет разрушения части тилакоидных мембран.

6) С помощью метода ЭПР-спектроскопии выявлены изменения вязкости мембран хлоропластов при действии 110 мкг/л КЛ: параметр τ уменьшался на 12%, что свидетельствует о снижении упорядоченности распределения «хвостов» жирных кислот фосфолипидов липидного мембраны хлоропласта.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством.

Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

Действие пестицида, клотианидина, меняет форму, рельеф поверхности и вязкость мембран хлоропластов за счет увеличения содержания АФК в хлоропластах.

Действие пестицида тиаметоксама на листья кукурузы (варианты внесения через опрыскивание или прикорневой полив растения) различных генотипов кукурузы (инбредной линии кукурузы zprl 225 и гибридной линии zr 341) влияет на фотосинтетический аппарат растения: перенос электронов с Q_A^- в пул хинонов (ψE_o) и на функциональную активность ФСII (PIABS).

Действие пестицида, клотианидина на фотосинтетический аппарат в хлоропластах влияет на скорость переноса электронов между QA и QB, а также долю центров ФСII, которые не могут восстановить пул хинонов, либо за счет блока электронного транспорта, либо за счет уменьшения скорости связывания пластохинона с QB.

Действие пестицида, клотианидина на частицы ФСII (способные и не способные к фотозависимому выделению O_2) снижает скорость выделения O_2 и восстановления акцептора электронов (как и в целых хлоропластах), свидетельствуя об отсутствии прямого действия пестицида на ФСII.

На заседании 17 апреля 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Хао Цзинжао ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.5.2. «Биофизика», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя диссертационного совета
Доктор биологических наук, доцент

Булычев Александр Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат физико-математических наук

Фурсова Полина Викторовна

17.04.2025