

его дозу в мг/кг). Оценивали: морфометрические (внешний вид, высоту растений, их биомассу и площадь листьев) и биохимические параметры (накопление МДА, общих антиоксидантов и сырого протеина), структуру урожая (массы соломы, зерна и 1000 зерен), накопление ТМ в надземной биомассе. Внесение одного кадмия вело к значимому угнетению растений ячменя, но добавление Zn^{2+} и Cu^{2+} модифицировало воздействие Cd^{2+} . По мере роста дозы цинка морфометрические показатели возвращались к контрольным уровням или даже отмечалась их стимуляция. Медь более токсична и потому проявляла стимулирующее действие в дозах меньших, чем цинк; в более высоких Cu^{2+} провоцировал острый стресс, когда Cd^{2+} и Cu^{2+} действовали совместно. Это справедливо для дозы кадмия 45 мг/кг, а при меньшей (Cd^{2+} 25 мг/кг) медь главным образом оказывала стимулирующее действие. Эти эффекты в первую очередь отмечались при оценке морфометрических показателей и продуктивности. На основе биохимических параметров не удалось сделать четких выводов о том, как добавление цинка и меди изменяло воздействие кадмия. Внесение микроэлементов в целом способствовало сокращению накопления кадмия в надземной биомассе; однако добавление цинка приводило к усиленному переходу кадмия в солому, но не в зерно.

Ключевые слова: ячмень, токсический стресс, кадмий, цинк, медь, морфометрические и биохимические параметры, продуктивность.

DOI 10.5281/zenodo.8254264

УДК 633.81:57.085.2

Егорова Наталья Алексеевна¹, Ставцева Ирина Викторовна¹, Тевфик Арзы Шевкиевна¹,
Круглова Наталья Николаевна^{1,2}, Зинатуллина Анна Евгеньевна^{1,2}

Yegorova N.A., Stavtseva I.V., Tevfik A.S., Kruglova N.N., Zinatullina A.E.

**Влияние некоторых факторов на индукцию морфогенеза в каллусных культурах
Lavandula angustifolia Mill.**

Influence of some factors on the morphogenesis induction in callus cultures of *Lavandula angustifolia* Mill.

¹ ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь;

² Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, г. Уфа

Разработка многих клеточных биотехнологий (особенно при получении исходного селекционного материала) связана с оптимизацией экзогенных и эндогенных факторов для успешной регенерации растений *in vitro*. Цель исследований – изучение особенностей влияния генотипа, происхождения экспланта и состава питательной среды на индукцию каллусо- и морфогенеза у лаванды узколистной *in vitro*. При введении в культуру в качестве эксплантов использовали сегменты листьев (разного происхождения) лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill.), которые культивировали на модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга с добавлением регуляторов роста. Установлено, что из листовых эксплантов происходила индукция каллусогенеза и непрямого морфогенеза. При гистологическом анализе морфогенных каллусов выявлены два типа морфогенеза – органогенез *de novo* (по типу геммогенеза) и соматический эмбриогенез *in vitro*. Показано повышение частоты морфогенеза с увеличением яруса побега при культивировании листьев молодых побегов первого года вегетации. Частота образования морфогенного каллуса из листьев 6–9 и 10–14 ярусов увеличилась до 2,8 и 5,9 раза, соответственно, по сравнению с нижними 2–5 ярусами побега. При культивировании разных сегментов листа максимальная частота морфогенного каллуса (до 26,1 %) отмечена у эксплантов из основания и средней части листовой пластинки, тогда как в каллусе из верхушки листа морфогенез наблюдали редко. Обсуждаются выявленные различия морфогенетического потенциала каллусных культур в зависимости от гормонального состава питательной среды и сорта. Полученные экспериментальные данные позволяют оптимизировать методику регенерации растений *in vitro* в каллусных культурах *L. angustifolia*.

Ключевые слова: *Lavandula angustifolia* Mill., каллусогенез, морфогенез, эксплант, питательная среда, сорт.

Работа поддержана Российским научным фондом, грант № 23-24-00023.

DOI 10.5281/zenodo.8268082

УДК 633.34: 581.4

Зеленков Валерий Николаевич^{1,2}, Латушкин Вячеслав Васильевич³, Синеговская Валентина Тимофеевна⁴, Верник Петр Аркадьевич³, Гаврилов Сергей Викторович³
Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Sinegovskaya V.T., Vernik P.A., Gavrilov S.V.

Влияние низкоэнергетического монохромного облучения на прорастание семян сои
Effect of low-energy monochrome irradiation on soybean seed germination

¹ВНИИ овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верее Московской обл.;

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва;

³АНО «Институт стратегий развития», г. Москва;

⁴ФГБНУ «Федеральный научный центр ВНИИ сои», г. Благовещенск

Одним из перспективных направлений агробиофотоники является изучение реакции растений на электромагнитное излучение видимой области. Цель исследований – установить влияние низкоэнергетического монохромного облучения с разной длиной волны на прорастание семян сои. Исследования проводили в 2021–2022 гг. в АНО «Институт стратегий развития» с использованием светодиодных источников в макетах установок проращивания семян сои сорта Алена в вариантах постоянного низкоэнергетического облучения: ультрафиолета 380 нм, синего 440 нм, зеленого 525 нм, красного 660 нм и дальнего красного 730 нм спектров в течении 7 суток при интенсивностях потока фотонов в 0,367; 6,523; 1,440; 2,358 и 2,877 мкмоль/м²×с соответственно. В макетах для проращивания использовали подложку из минеральной ваты с поддержанием дистиллированной водой влажности в течении экспериментов. Повторность опытов трехкратная. Энергию прорастания семян определяли на 3 сутки проращивания, всхожесть семян и биометрические показатели ростков – на 7 сутки. В качестве контроля использовали темновое проращивание по ГОСТ 12038-84. Максимальные всхожесть семян и биометрические показатели ростков были в варианте контроля проращивания. Однако, низкоэнергетическое монохромное облучение повышало энергию прорастания семян за исключением варианта с дальним красным светом. Показатели высоты и биомассы ростков при облучении синим и красным светом были близки к контролю. Впервые показаны для семян сои физиологические возможности прорастания семян при постоянном воздействии монохроматического излучения от 380 до 730 нм при интенсивности потока фотонов в диапазоне 0,365–6,523 мкмоль/м²×с.

Ключевые слова: соя, монохроматическое излучение, семена, проращивание, всхожесть семян, биометрия.

DOI 10.5281/zenodo.8268094

УДК 633.63: 581.4

Зеленков Валерий Николаевич^{1,2}, Латушкин Вячеслав Васильевич³, Верник Петр Аркадьевич³, Иванова Мария Ивановна¹
Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Vernik P.A., Ivanova M.I.

Проращивание семян сахарной свеклы в условиях низкоэнергетического монохромного облучения в области 380-730 нм
Germination of sugar beet seeds under low-energy monochrome irradiation in 380-730 nm spectral region

¹ВНИИ овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верее Московской обл.;