

2. Амброс Е. В., Коцупий О. В., Карпова Е. А., Трофимова Е. Г., Зайцева Ю. Г., Новикова Т. И. Адаптивный ответ регенерантов *Fragaria ananassa* Duch. Под действием механокомпозита на основе аморфного диоксида кремния и флавоноидов зелёного чая в условиях *in vitro* // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 116–122.

3. Guo B., He W., Zhao Y., Wu Y., Fu Y., Guo J., Wei Y. Changes in endogenous hormones and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> burst during shoot organogenesis in TDZ-treated *Saussurea involucre* explants // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2017. Vol. 128. P. 1–8.

UDC 581.143.6:582.734.4

Ambros E. V., Karpova E. A., Kotsupiy O. V., Zaytseva Yu. G., Trofimova E. G., Novikova T. I.

### **Optimization of cultivated strawberry micropropagation using a biogenic silica and green-tea-flavonoids-based mechanocomposite**

**Summary.** For the first time, organogenesis and physiological characteristics of *Fragaria ananassa* microclones (cvs. ‘Alpha’ and ‘Solnechnaya polyanka’) under the influence of mechanocomposite (MC) based on rice husks amorphous silica and flavonoids of green tea during the multiplication stage in *in vitro* conditions were studied. The addition of the MC (0.0, 2.5, 5.0 and 10.0 mg·L<sup>-1</sup>) to the Gamborg-Eveleg’s basal salt medium supplemented with 0.75 mg·L<sup>-1</sup> 6-benzylaminopurine has shown beneficial action on processes of organogenesis followed by enzymatic, photosynthetic, and hormonal activities of *in vitro* cultured strawberry plantlets. In both cultivars, the high frequency of proliferation (100 %) and maximum number of axillary shoots increased by 1.8–2.0 times on medium supplemented with 5.0 mg·L<sup>-1</sup> MC. The concentrations of 2.5 and 5.0 mg·L<sup>-1</sup> MC were optimal for obtaining plantlets with high physiological state in *in vitro* conditions. The results may be used for the development of production systems for a healthy planting material using biotechnological approaches and recommended for commercial strawberry micropropagation.

**Keywords:** organogenesis, photosynthetic pigments, hydrogen peroxide, antioxidant enzymes, phenolic compounds, silica-green tea mechanocomposite, cultivated strawberry, micropropagation.

**DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-87**

УДК 546.47/49:581.1:581.4:633.16

Дикарев Алексей Владимирович

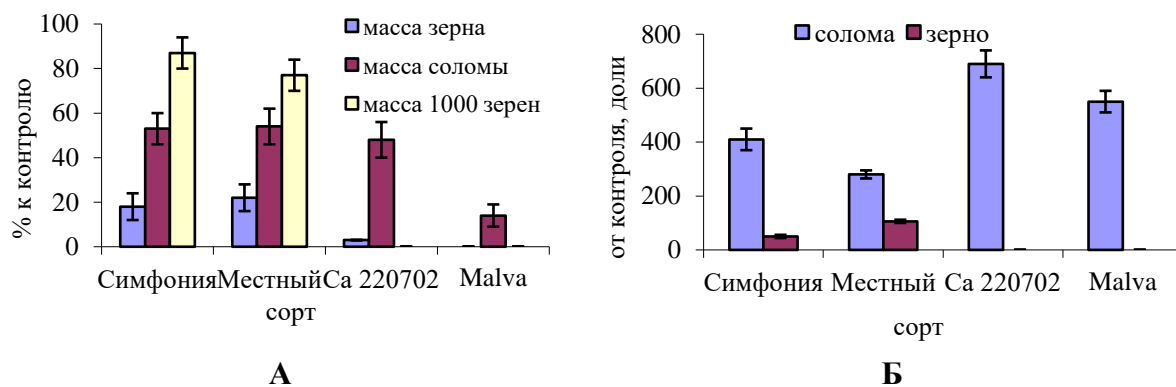
### **Оценка ответа четырех сортов ярового ячменя на действие кадмия по физиолого-биохимическим и морфометрическим параметрам в условиях полного цикла вегетации**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»  
e-mail: ar.djuna@yandex.ru

Одной из актуальных проблем современного сельского хозяйства стало загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ), такими, как кадмий [1]. Проблеме воздействия этого ТМ на сельскохозяйственные растения посвящено много работ, однако этот вопрос требует дополнительного исследования [2]. В частности, интересной темой является внутривидовая дифференциация по устойчивости к ТМ сельскохозяйственных культур и причины ее формирования. Известно, что сорта растений могут проявлять повышенную устойчивость к ТМ, будучи способными успешно завершить жизненный цикл даже в условиях высокого содержания поллютанта в почве [3, 4]. Идентификация таких сортов позволяет углубить понимание общебиологических механизмов стресс-устойчивости, а также способствует улучшению продовольственной безопасности. Ячмень – подходящий объект для такого исследования, так как он – важнейшая сельскохозяйственная культура, широко возделываемая по всему миру и досконально изученная на всех уровнях организации. Ранее нами установлено [5], что проростки различных сортов ячменя не одинаково реагируют на действие кадмия, и эти сорта разделяются на устойчивые и чувствительные. Цель настоящего исследования – оценить, воспроизводятся ли результаты, полученные на проростках, в условиях полного цикла вегетации.

Осуществлен вегетационный эксперимент на дерново-подзолистой почве с внесенным  $Cd^{2+}$  в дозах 25 и 50 мг/кг. По данным [6], такие дозы существенно угнетают жизненные процессы ячменя, но не ведут к гибели растений, позволяя оценить устойчивость различных сортов этой культуры. Взяты 4 сорта ярового ячменя, контрастные по устойчивости к кадмию (Са 220702, Malva – чувствительные; Местный, Симфония – устойчивые). Оценивали: внешний вид растений, морфометрические параметры (высота растений, биомасса, площадь листьев), физиолого-биохимические критерии (содержание в надземной биомассе пролина и МДА), структура урожая (масса зерна и 1000 зерен, соломы).

Показаны значимые различия по ответу устойчивых и чувствительных сортов на дозу  $Cd^{2+}$  50 мг/кг (рисунок 1). Наиболее ярко они проявились по продуктивности – у чувствительных сортов урожая практически не получено, а масса соломы была до четырех раз меньше, чем у устойчивых (рисунок 1А). Морфометрические показатели демонстрировали сходную картину (устойчивые сорта превосходят чувствительные). Не выявлено различий в накоплении в тканях МДА и пролина. Отмечено (рисунок 1Б), что устойчивые сорта накапливали значимо меньшие количества ТМ, чем чувствительные (1,2–2,5 раза меньше для соломы). Доза 25 мг/кг не позволила уверенно дифференцировать группы сортов.



**Рисунок 1 – Влияние  $Cd^{2+}$  50 мг/кг на растения ячменя (А – структура урожая, Б – содержание  $Cd^{2+}$  в надземной биомассе)**

Выявленный полиморфизм сортов ячменя по устойчивости сохраняется на протяжении всей вегетации растений и отражается на урожайности и других хозяйственно-ценных признаках. Собранные данные позволяют оценить последствия техногенного загрязнения агроценозов, они полезны для задач селекции сортов культур, обладающих высокой устойчивостью к ТМ и дающим безопасную продукцию, а также могут найти применение при разработке методологии оценки состояния и экологического нормирования загрязнения почв тяжелыми металлами.

#### Литература

1. Clemens S. Molecular mechanisms of plants metal tolerance and homeostasis // *Planta*. 2001. Vol. 212. P. 475–486.
2. Dandan L., Dongmei Z., Peng W., Nanyan W., Xiangdong Z. Subcellular Cd distribution and its correlation with antioxidant enzymatic activities in wheat (*Triticum aestivum*) roots // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2011. Vol. 74. P. 874–881.
3. Baker A. J. M. Metal tolerance // *New Phytol*. 1987. Vol. 106. P. 93–111.
4. Leon A. M., Palma J. M., Corpas F. J., Gomez M., Romero-Puertas M. C., Chatterjee D. Mateos R. M., del Rio L. A., Sandalio L. M. Antioxidative enzymes in cultivars of pepper plants with different sensitivity to cadmium // *Plant physiol. Biochem*. 2002. Vol. 40. P. 813–820.
5. Дикарев А. В., Дикарев В. Г., Дикарева Н. С., Гераськин С. А. Внутривидовой полиморфизм ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) по устойчивости к действию свинца // *Сельскохозяйственная биология*. 2014. № 5. С. 78–87.
6. Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование // Под ред. Н. И. Санжаровой, П. Н. Цыгвинцева. Обнинск: ФГБНУ «ВНИИРАЭ», 2019. 398 с.

UDC 546.47/49:581.1:581.4:633.16

Dikarev A. V.

**Assessment of the response of four spring barley varieties to the toxic effects of cadmium according to physiological, biochemical and morphometric parameters throughout the plant's life cycle**

**Summary.** At our previous laboratory experiments, it was found that different spring barley varieties have some different reactions to the cadmium stress at the morphologic, cytogenetic and biochemical levels of plants organization. Thus, the goal of the current work was to assess the reliability of the previous results at full vegetation cycle of plant. The experiment was carried out on the loamy soil with four contrasting at its reactions to the cadmium barley varieties. Cadmium tolerant varieties demonstrated significantly higher values of productivity (e.g. straw, in this case, weighted four times more) and had a less amounts of  $Cd^{2+}$  accumulated at tissues (1.2–2.5 times) in contrast to sensitive ones, which, in fact, gave no harvest at  $Cd^{2+}$  pollution at a rate of 50 mg/kg. The identified polymorphism of barley varieties in terms of resistance is maintained throughout the plant's life cycle.

**Keywords:** cadmium, soil pollution, barley, tolerant and sensitive varieties.

**DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-88**

УДК 633.81:57.085.2

Егорова Наталья Алексеевна, Загорская Маргарита Сергеевна, Якимова Ольга Валерьевна

**Питательная среда для микроразмножения мяты в культуре *in vitro***

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

e-mail: zagorskayamargo@gmail.com

Мята – одно из наиболее известных эфиромасличных и лекарственных растений, которое активно используется в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности. Для ускоренного размножения ценных генотипов и сортов, получения качественного посадочного материала необходимы эффективные методы клонального микроразмножения. Важнейшим фактором в технологии культивирования *in vitro* является состав питательной среды. В литературе имеются весьма противоречивые данные, касающиеся состава питательных сред для основных этапов микроразмножения *in vitro* у разных видов и сортов мяты [1–3].

Цель данной работы – изучение влияния состава питательной среды на развитие эксплантов на втором этапе клонального микроразмножения мяты для совершенствования методики размножения *in vitro*.

Материалом для исследований служили ткани и органы *Mentha canadensis* L. селекционного образца K59(4n). Этот полиплоидный образец мяты характеризуется высокой масличностью (массовая доля эфирного масла 7,09%) и содержанием ментола в эфирном масле (до 80%) [4]. В культуру *in vitro* вводили меристемы с 2 листовыми примордиями. На втором этапе (собственно микроразмножение) в качестве эксплантов использовали сегменты стебля с одним узлом, которые культивировали на питательной среде Мурасиге и Скуга (МС) с добавлением кинетина, БАП, ИУК, гибберелловой кислоты (ГК<sub>3</sub>) и 2-3% сахарозы. В исследованиях использовали традиционные методы культуры тканей и органов. Экспланты культивировали при 24–26 °С, относительной влажности воздуха 70%, освещенности 2-3 клк с 16-часовым фотопериодом. Коэффициент размножения рассчитывали как количество микрочеренков, которое можно получить за одно субкультивирование, для этого количество образующихся на экспланте побегов умножали на число узлов на побеге.

При введении меристем мяты в асептическую культуру наблюдали развитие основного побега, а также 2-5 дополнительных. Для дальнейшего размножения проводили микрочеренкование побегов, разделяя их на сегменты стебля с одним узлом. Одним из основных факторов, лимитирующих развитие эксплантов при