**УДК 581.1:576.3**

Л. В. Богуславская, Н. Ф. Павлюкова, А. Н. Винниченко

*Днепропетровский национальный университет*

# ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЕ КОРНЯ КУКУРУЗЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ НИКЕЛЯ

**Вивчено вплив іонів нікелю у концентраціях $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ та $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ моль/л на ріст коренів і розподіл клітин кореневої апікальної меристеми паростків кукурудзи (*Zea mays* L.). Особливості цитотоксичної дії іонів нікелю оцінено за змінами мітотичного індексу, індексу аберацій та пікнотичними ядрами. Встановлено токсичність іонів нікелю для меристематичних тканин кукурудзи.**

**Effect of different concentrations of nickel ions ($10^{-4}$, $10^{-5}$ and $3.4 \cdot 10^{-6}$ M $\cdot$ l$^{-1}$) on the root growth and apical meristem cell division in the seedling of *Zea mays* L. has been studied. Peculiarities of the nickel ions cytotoxic effect was estimated by the mitotic index, index of aberrations and pycnotic nuclei changes. Toxicity of the nickel ions for the maize meristematic tissues is ascertained.**

## Введение

В последнее время проблема токсичности ионов тяжелых металлов для организмов исследуется довольно интенсивно. Выявлена способность никеля накапливаться в плодах томатов, бобах фасоли, зерне злаковых культур, что рассматривается как увеличение его концентрации в пищевой цепи и собственно питании человека [1; 10; 11]. Ранее нами исследовано влияние ионов никеля на содержание и полипептидный спектр альбуминов корневой меристемы кукурузы [3]. Рост и развитие растений в значительной степени определяются деятельностью меристем [4; 5]. Так как кончики корней первыми контактируют с различными химическими веществами в почве и воде [6; 7], целесообразно исследовать влияние ионов никеля разной концентрации на клетки кончиков корней кукурузы с целью выявления их цитогенетического действия.

## Материал и методы исследований

Объектом исследования служили проростки гибрида кукурузы Днепровский 310 МВ, выращенные на среде с ионами никеля в концентрациях $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ и $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ моль/л и воде в качестве контроля. Отбор проводили на 5-й, 7-й и 9-й дни прорастания. Фиксацию, мацерацию и приготовление временных давленных препаратов проводили по Паушевой [9]. Особенности цитотоксического действия ионов никеля оценивали по изменениям митотического индекса (МИ), индекса аберраций (ИА), процента пикнотических ядер на препаратах [6]. Статистическую обработку данных проводили по Лакину [8].

## Результаты и их обсуждение

Концентрация нитрата никеля $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л как снижает абсолютную длину корней, так и тормозит их рост. Концентрации $1 \cdot 10^{-5}$ и $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ моль/л обладают некоторым активирующим действием на рост корней, увеличивая их длину и рост (особенно между 5-м и 7-м днями) в сравнении с контролем (рис.). Поскольку рост корня в длину зависит от интенсивности деления клеток и их перехода к растяжению и увеличению размеров, анализ этих процессов при влиянии токсичных агентов позволяет понять причины угнетения корневого роста [6].

© Л. В. Богуславская, Н. Ф. Павлюкова, А. Н. Винниченко, 2006



Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія.
Visnik Dnìpropetrovs'kogo unìversitetu. Serìâ Bìologìâ, ekologìâ
Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology.
Visn. Dnìpropetr. Unìv. Ser. Bìol. Ekol.
2006. 14(2).
ISSN 2310-0842 print ISSN 2312-301X online
www.ecology.dp.ua

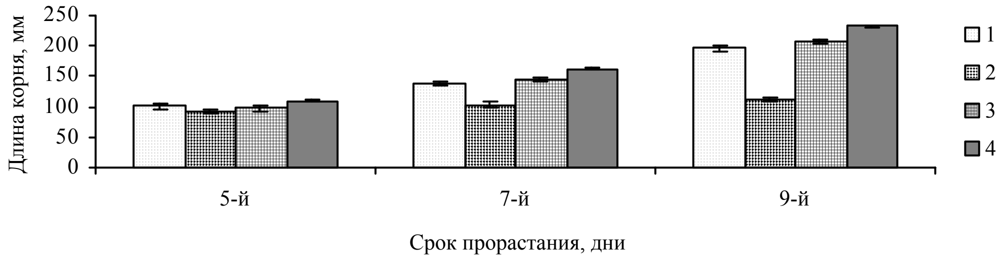


**Рис. Изменения морфометрических параметров корней проростков кукурузы при действии ионов никеля (достоверная разница по отношению к контролю *p* < 0,05): 1 – контроль; 2 – 1 · $10^{-4}$ моль/л, 3 – 1 · $10^{-5}$ моль/л; 4 – 3,4 · $10^{-6}$ моль/л.**

Известно, что при избытке тяжелых металлов в среде проращивания семян снижается интенсивность растяжения клеток, которые закончили рост в зоне элонгации [1; 3]. Длина клеток, которые закончили рост, при действии тяжелых металлов была существенно меньшей, чем у контрольных проростков. Однако влияние избыточных количеств этих элементов на митотическую активность клеток апикальной меристемы корня изучено недостаточно [6; 7]. Для раскрытия механизма ингибирующего действия тяжелых металлов на рост необходимо изучить их влияние на процесс деления клеток.

Изменения значений митотического индекса меристематических клеток корней кукурузы после обработки нитратом никеля показало, что он вызывает снижение митотической активности. Даже при концентрациях, далеких от летальних, снижение митотического индекса наблюдали уже в первые два дня после начала обработки. Ионы исследуемых металлов вызывали появление митотических нарушений, что приводило к уменьшению продолжительности всех фаз митоза (кроме интерфазы).

При действии ионов никеля МИ меристематических клеток корней кукурузы остается практически на уровне контроля (табл. 1), в то время как значения индекса аберрации (ИА) (табл. 2) и процент пикноза (табл. 3) возрастают. По результатам исследований морфометрических показателей никель (3,4 · $10^{-6}$ и 1 · $10^{-5}$ моль/л) на 5-й, 7-й и 9-й дни прорастания практически не влиял на рост корней кукурузы.

*Таблица 1*

**Митотическая активность клеток кончика корня проростков гибрида кукурузы Днепровский 310 МВ в условиях действия ионов никеля**

| Вариант обработки | Срок прорастания | | |
|---|---|---|---|
| | 5-й день | 7-й день | 9-й день |
| Контроль | 906 | 907 | 910 |
| 3,4 · $10^{-6}$ моль/л | 900 | 897 | 849 |
| 1,0 · $10^{-5}$ моль/л | 864 | 854 | 823 |
| 1,0 · $10^{-4}$ моль/л | 719 | 712 | 235 |

Таким образом, результаты цитологического анализа свидетельствуют о том, что при действии всех концентраций ионов никеля много меристематических клеток корней гибнет (аберрантные и пикнотические клетки).

Проникновение в клетки корневой меристемы ионов никеля приводило к существенным цитогенетическим изменениям. При действии исследуемого металла отмечено образование фрагментов хромосом и хромосомных мостов. На 7-й и 9-й дни прорастания значения ИА снижались в сравнении с 5-м днем приблизительно в два раза, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей растений.

*Таблица 2*

**Аберрации хромосом в меристематических клетках корней гибрида кукурузы Днепровский 310 МВ при действии ионов никеля**

| Вариант обработки | Аберрации | Срок прорастания | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5-й день | | 7-й день | | 9-й день | |
| | | анафаза | телофаза | анафаза | телофаза | анафаза | телофаза |
| Контроль | мосты | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 4 |
| | фрагменты | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 |
| | ИА, % | 1,0 | | 1,6 | | 3,3 | |
| $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ моль/л | мосты | 5 | 1 | 7 | 6 | 10 | 10 |
| | фрагменты | 4 | 5 | 5 | 7 | 9 | 4 |
| | ИА, % | 5,0 | | 8,3 | | 11,0 | |
| $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ моль/л | мосты | 14 | 9 | 16 | 6 | 10 | 11 |
| | фрагменты | 9 | 4 | 6 | 9 | 41 | 4 |
| | ИА, % | 12,0 | | 12,3 | | 13,0 | |
| $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ моль/л | мосты | 15 | 11 | 19 | 14 | 20 | 14 |
| | фрагменты | 10 | 4 | 5 | 4 | 9 | 11 |
| | ИА, % | 13,3 | | 14,0 | | 18,0 | |

Влияние никеля на уровень хромосомных аберраций было существенным. При действии концентрации никеля $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л на 5-й день роста ИА увеличивался в 13 раз по сравнению с контролем (см. табл. 2). Эта же концентрация, кроме хромосомных мостов и фрагментов, вызывала множественные изменения хромосом. Хромосомные аберрации показывают высокую токсичность действующих веществ ($Ni^{2+}$), что приводит к гибели клеток. О смерти клеток также свидетельствует пикноз ядерного материала (см. табл. 3), который наблюдается на препаратах корней кукурузы, предобработанных разными концентрациями никеля.

*Таблица 3*

**Пикнотические нарушения в клетках кончиков корней проростков гибрида кукурузы Днепровский 310 МВ при действии ионов тяжелых металлов, %**

| Вариант обработки | Срок прорастания | | |
|---|---|---|---|
| | 5-й день | 7-й день | 9-й день |
| Контроль | – | – | – |
| $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ моль/л | 0,3±0,01 | 1,5±0,6 | 2,4±0,8 |
| $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ моль/л | 0,9±0,08 | 1,8±0,6 | 3,3±0,7 |
| $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ моль/л | 1,7±0,80 | 1,9±0,5 | 6,5±0,4 |

Это позволяет сделать вывод о степени цитотоксического действия изучаемого вещества. Наблюдаемый пикноз ядерного материала говорит о некрозе тканей.

### Выводы

Ионы никеля достаточно токсичны для проростков кукурузы, о чем свидетельствует индекс аберраций и появление пикнотических ядер, говорящих о гибели клеток. Индекс аберраций показывает снижение адаптационных возможностей у исследуемых растений.

## Библиографические ссылки

1. **Бессонова В. П.** Клеточный анализ роста корней *Lathyrus odratus* L. при действии тяжелых металлов // Цитология и генетика. – 1991. – Т. 25, № 6. – С. 18–22.
2. **Вплив** іонів нікелю на вміст і поліпептидний спектр альбумінів кореневої меристеми кукурудзи / О. М. Вінниченко, Л. В. Шупранова, Л. В. Богуславська, В. М. Глубока // Живлення рослин: теорія і практика. – К.: Логос, 2005. – С. 476–484.



Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія.
Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriâ Biologiâ, ekologiâ
Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology.
Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.
2006. 14(2).
ISSN 2310-0842 print ISSN 2312-301X online
www.ecology.dp.ua

3. **Григорюк І. П.** Ріст пшениці і кукурудзи в умовах посухи та його регуляція / І. П. Григорюк, О. І. Жук. – К.: Науковий світ, 2002. – 118 с.
4. **Гродзинский Д. М.** Надежность растительных систем. – К.: Наукова думка, 1983. – 366 с.
5. **Гуральчук Ж. З.** Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26, № 2. – С. 107–117.
6. **Довгалюк Л. И.** Оценка фито- и цитотоксической активности соединений тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука / Л. И. Довгалюк, Т. Б. Калиняк, Я. Б. Блюм // Цитология и генетика. – 2001. – Т. 35, № 1. – С. 3–7.
7. **Довгалюк Л. И.** Цитогенетические эффекты солей токсических металлов в клетках апикальной меристемы корней проростков *Allium cepa* L. / Л. И. Довгалюк, Т. Б. Калиняк, Я. Б. Блюм // Цитология и генетика. – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 3–9.
8. **Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
9. **Паушева З. П.** Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
10. **Физиология** растительных организмов и роль металлов / Под ред. Н. М. Чернавской. – М.: МГУ, 1989. – 145 с.
11. **Baker A. J. M.** Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr. – 1981. – Vol. 3. – P. 643–654.

*Надійшла до редколегії 03.03.06.*