

## ВЛИЯНИЕ АНТИБИОТИКОВ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Акименко Ю.В., к.б.н.

Южный федеральный университет,  
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,  
344090, г. Ростов–на–Дону, пр. Стачки 194/1  
e-mail: jvakimenko@sfedu.ru

**Реферат.** В лабораторных модельных исследованиях изучены фитотоксические свойства чернозема обыкновенного, загрязненного бактериостатическими антибиотиками (окситетрациклином, тилозином) и фунгистатическим антибиотиком нистатином. Установлено, что загрязнение чернозема антибиотиками в концентрациях 1 и 10 мг/кг не влияет на показатели всхожести редиса, в среднем всхожесть составляет 93–95%. Однако, при загрязнении высокими концентрациями 100 и 1000 мг/кг наблюдается значительное снижение всхожести. Наблюдается неоднозначный эффект воздействия на длину побегов и корней редиса *Raphanus sativus* сорта «Жара», проявляющийся, с одной стороны, стимулирующим влиянием при низких концентрациях (1, 10 мг/кг) и ингибирующим – при высоких (100, 1000 мг/кг). Наибольшим фитотоксическим действием обладают бактериостатические антибиотики, чем фунгистатические. Из бактериостатических антибиотиков наибольшее ингибирование на рост корней и побегов оказывает окситетрациклин, длина побегов уменьшается на 31%, корней на 45%. Большому токсическому воздействию антибиотиков подвержены корни.

**Ключевые слова:** загрязнение, антибиотики, чернозем, окситетрациклин, тилозин, нистатин, фитотоксичность

## EFFECT OF ANTIBIOTICS ON PHYTOTOXICITY OF ORDINARY CHERNOZEM

Akimenko Yu.V.

**Abstract.** Phytotoxic properties of ordinary chernozem contaminated with bacteriostatic antibiotics (oxytetracycline, tylosin) and fungistatic antibiotic nystatin were studied in laboratory model studies. It was found that contamination

of chernozem with antibiotics at concentrations of 1 and 10 mg/kg had no effect on radish germination rates, with an average germination rate of 93-95%. However, when contaminated with high concentrations of 100 and 1000 mg/kg, a significant decrease in germination rates is observed. An ambiguous effect on shoot and root length of radish cultivar *Raphanus sativus* "Heat" is observed, manifested, on the one hand, by a stimulating effect at low concentrations (1, 10 mg/kg) and inhibiting at high (100, 1000 mg/kg). Bacteriostatic antibiotics have the greatest phytotoxic effect than fungistatic ones. Among bacteriostatic antibiotics, oxytetracycline has the greatest inhibitory effect on root and shoot growth; shoot length is reduced by 31% and root length by 45%. Roots are exposed to more toxic effects of antibiotics.

**Keywords:** contamination, antibiotics, chernozem, oxytetracycline, tylosin, nystatin, phytotoxicity

**Введение.** Антибиотики достаточно широко используются в сельском хозяйстве для лечения, профилактики и стимуляции роста животных, в качестве удобрения на сельскохозяйственных полях (Caniça et al. 2015). В последние годы особое внимание уделяется исследованиям по оценке влияния антибиотиков на поведение в почвенно–растительных системах (Thiele–Bruhn, 2003). Пути проникновения антибиотиков в агроэкосистемы включают орошение сточными водами и внесение в почву органических удобрений животного происхождения. Ранее проведенными исследованиями были выявлены эффекты угнетения прорастания семян и роста растений, ингибирования микробной активности в зоне ризосферы, аккумуляция антибиотиков в сельскохозяйственных культурах (Du, Liu, 2012). Такие эффекты могут привести к снижению урожайности, вызывая проблемы продовольственной безопасности (Pan, Chu, 2017). В связи с чем актуальным является изучение влияния антибиотиков на фитотоксические свойства почв.

**Объекты и методы исследования.** Большую часть почвенного покрова юга России составляют черноземы. Кроме того, они имеют особое значение в сельском хозяйстве страны (Вальков и др., 2008). В связи с чем, в качестве объекта исследования был выбран чернозем обыкновенный южно-европейской фации карбонатный. Отбор почвы для лабораторных модельных исследований производили в Ботаническом саду Южного федерального университета (Ростов-на-Дону) из пахотного слоя (0–20 см).

Для исследования фитотоксических свойств чернозема в условиях загрязнения антибиотиками были выбраны: бактериостатические антибиотики окситетрациклин и тилозин, фунгистатический антибиотик нистатин, широко используемые в медицине и сельском хозяйстве. Воздушно–сухие образцы почвы обрабатывали растворами антибиотиков в концентрациях

1, 10, 100 и 1000 мг/кг почвы. Использованные концентрации были выбраны по литературным данным, согласно остаточным количествам антибиотиков, обнаруживаемым в окружающей среде (Sarmah et al., 2006; Sun et al., 2014) и благодаря результатам ранее проведенных рекогносцировочных исследований (Акименко и др., 2014; Akimenko, 2021). Через 10 суток после внесения антибиотиков изучили изменение фитотоксических свойств чернозема, с использованием тест-объекта редиса *Raphanus sativus* (сорт «Жара»). Оценивали показатели прорастания семян (всхожесть) и показатели интенсивности начального роста семян (длина корней, длина зеленых проростков).

**Результаты исследования.** Всхожесть семян редиса *Raphanus sativus* сорта «Жара» в контрольном, незагрязненном антибиотиками, черноземе обыкновенном составила 95%. Установлено, что загрязнение чернозема антибиотиками, как бактериостатическими (окситетрациклин, тилозин), так и фунгистатическими (нистатин), в концентрациях 1 и 10 мг/кг не влияет на показатели всхожести редиса, в среднем всхожесть составляет 93–95%. Однако, при загрязнении высокими концентрациями 100 и 1000 мг/кг наблюдается значительное снижение всхожести семян редиса. Окситетрациклин и тилозин, в концентрации 1000 мг/кг снижают всхожесть семян редиса до 60%, нистатин до 80%. Аналогично результатам других исследований (Pan, Chu, 2016), антибиотики оказывают менее токсичное воздействие на показатели всхожести, чем на показатели интенсивности начального роста семян (длина корней, длина зеленых проростков).

При загрязнении чернозема обыкновенного антибиотиками наблюдается неоднозначный эффект воздействия на показатели редиса (рисунок 1, проявляющийся, с одной стороны, стимулирующим влиянием при низких концентрациях (1, 10 мг/кг) и ингибирующим – при высоких (100, 1000 мг/кг), подобные результаты описаны в работе Pan and Chu (2017). Наибольшим фитотоксическим действием обладают бактериостатические антибиотики, чем фунгистатические, так, ингибирование показателей редиса при загрязнении нистатином наблюдается только при высоких концентрациях 1000 мг/кг. Из бактериостатических антибиотиков наибольшее ингибирование на рост корней и побегов оказывает окситетрациклин, длина побегов уменьшается на 31%, корней на 45%. Как правило, способность антибиотика перемещаться от корня к побегу измеряется с помощью транслокационного фактора. Для большинства тетрациклинов значение транслокационного фактора в корнях и листьях одного растения превышает единицу. Большинство макролидов имеет более низкий транслокационный фактор ( $<1$ ), что говорит об их ограниченном перемещении от корней к листьям или плодам (Pan, Chu, 2017), в связи с этим окситетрациклин проявляет большую фитотоксичность, нежели тилозин.

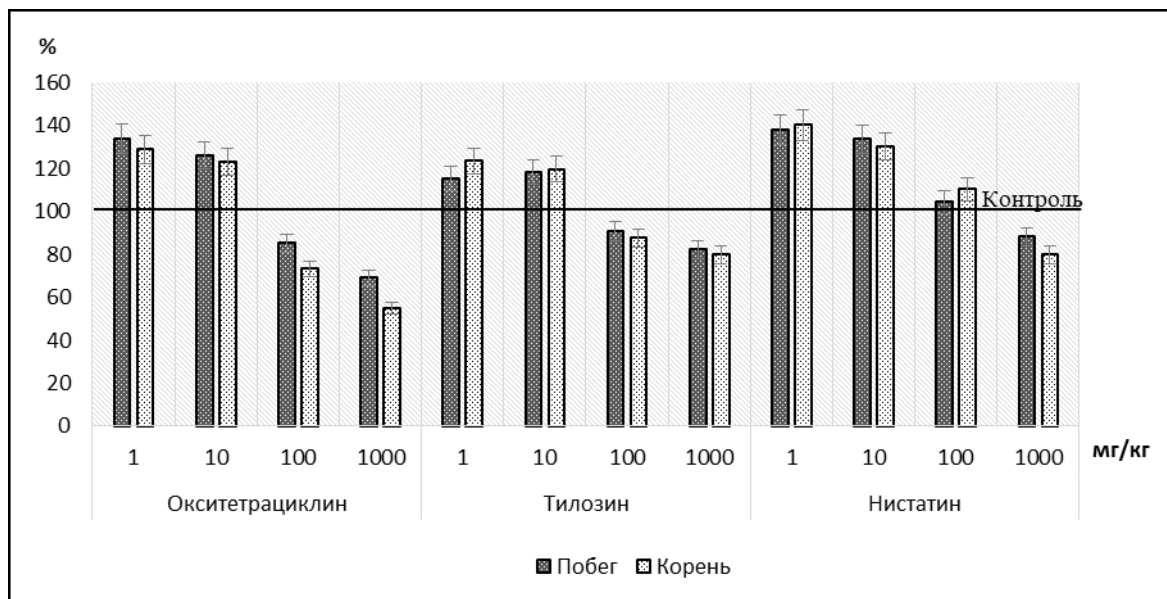


Рисунок 1. Влияние антибиотиков на показатели интенсивности начального роста семян редиса *Raphanus sativus* сорта «Жара» (длина корней, длина побегов), % от контроля

Результаты исследования свидетельствуют о том, что большему токсическому воздействию антибиотиков подвержены корни. Это связано с тем, что большинство антибиотиков являются полярными соединениями, поэтому при контакте с ними корни сразу же впитывают их, и далее антибиотики перемещаются в остальные части растения. В связи с чем, в основном, степень распределения антибиотиков в органах растений подчиняется закономерности лист < стебель < корень (Kurpusamy et al., 2018).

Во многих исследованиях так же было обнаружено ингибирование роста корня, стебля и листа ряда растений, выращенных в почве, обработанной, навозом, содержащим антибиотиками (Pan, Chu, 2017). Соответственно, такое замедление роста может привести к снижению урожайности, потенциально вызывая проблемы продовольственной безопасности населения.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых – кандидатов наук (МК 2085.2022.1.4).*

## Литература

1. Акименко Ю.В. Устойчивость микроорганизмов чернозема к загрязнению антибиотиками в условиях полевого модельного опыта / Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.С. Козунь, М.А. Мясникова, М.Ю. Одабашьян, К.Н. Николаева, А.Н. Тимошенко //

Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 135–148.

2. Вальков В.Ф. Почвы Юга России / В.Ф Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников – Ростов н/Д: Эверест, 2008. – 276 с.
3. Akimenko Y. Influence of Pollution by Antibiotics on Biological Properties of Soils (Through the Example of Ordinary Chernozem) // Water, Air, and Soil Pollution. – 2021. – 232(6), 232.
4. Caniça M. Current perspectives on the dynamics of antibiotic resistance in different reservoirs / M., Caniça, V. Manageiro, D. Jones–Dias, L. Clemente, E. Gomes–Neves, P. Poeta, E. Dias, E. Ferreira//Res. Microbiol. – 2015 – N 166. – P. 594–600.
5. Du L. Occurrence, fate, and ecotoxicity of antibiotics in agro–ecosystems. A review / L. Du, W. Liu//Agron. Sustain. Dev. – 2012 – N 32. – P. 309–327.
6. Kuppusamy S. Veterinary antibiotics (VAs) contamination as a global agro–ecological issue: A critical view / S. Kuppusamy, D. Kakarla, K. Venkateswarlu, M. Megharaj, Y.E. Yoon, Y.B. Lee//Agric. Ecosyst. Environ. – 2018 – N 257. – P. 47–59.
7. Pan M. Adsorption and degradation of five selected antibiotics in agricultural soil / M. Pan, L.M. Chu//Sci. Total Environ. – 2016 – N 545–546. – P. 48–56.
8. Pan, M. Fate of antibiotics in soil and their uptake by edible crops / M. Pan, L.M. Chu//Sci. Total Environ. – 2017 – N 599–600. – P. 500–512.
9. Sarmah A.K. et al. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. Chemosphere. – 2006. – 65, 725–759.
10. Sun P., Cabrera M.L., Huang C.–H., Pavlostathis S.G. Biodegradation of veterinary ionophore antibiotics in broiler litter and soil microcosms / P. Sun, M.L. Cabrera, C.–H. Huang, S.G. Pavlostathis // Environ. Sci. Technol. – 2014. – 48, 2724–2731.
11. Thiele–Bruhn S. Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – A review / S. Thiele–Bruhn//J. Plant Nutr. Soil Sci. – 2003 – N 166. – P. 145–167.