

## БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК ПОЧВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫБРОСОВ ОРЕНБУРГСКОГО ГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Работа посвящена биотестированию техногенного загрязнения окружающей среды выбросами газоперерабатывающих предприятий. Исследованы водные вытяжки почв сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО) Оренбургского газохимического комплекса (ОГХК). Выявлена фитотоксичность и мутагенность водных вытяжек почв ЗПО.

В процессе переработки газа на ОГХК образуются биологически очищенные сточные воды, которые используются для орошения сельскохозяйственных культур. Утилизация сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения является одним из способов рационального использования водных ресурсов.

Из валового содержания металлов в почвах этих территорий обращает внимание концентрация солей никеля, среднее содержание которого составляет 164 мг/кг, что превосходит ПДК, принятые в странах ЕС, более чем в 3 раза; ОДК, утвержденные Госкомсанэпиднадзором России (ГН. 2.1.7.020-94), – в 2 раза.

Подвижные формы солей никеля в разных образцах определены в пределах 0,97–1,41 мг/кг. Водные вытяжки характеризуются повышенной щелочностью. При pH = 6,7 и ниже никель слабоподвижен и образует плохо растворимый оксид никеля, выпадающий в осадок, а в щелочной среде переходит в подвижные, крайне токсичные формы (1).

При усвоении никеля растениями происходит взаимодействие с ионами металлов, содержащимися в почве. При этом ионы кобальта, меди, железа и цинка ингибируют абсорбцию никеля на 25–42%. Растения, произрастающие на серпентиновых почвах, не проявляют признаков токсического повреждающего воздействия никеля в случаях, если соотношение меди к никелю равно или более 1 или соотношение железа к никелю равно или более 5. Соотношение никеля к железу в большей степени влияет на токсичность никеля для растения, чем их концентрации (1). Таким образом, действие антагонистов никеля в растворе, окружающем корневую систему, определяет степень его токсичности. Нами изучено действие солей никеля и его антагонистов в модельном эксперименте, где использованы концентрации солей, реально существующие в водных вытяжках почв, и концентрации, в 10 раз превосходящие таковые, – прогностические. Выбор прогностических концен-

траций обоснован и тем, что указанные концентрации определены нами как вероятное валовое содержание металлов в почвах.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для оценки фитотоксичности почв использовали ряд общепринятых методик цитологического анализа (2), методику биотестирования, рекомендованную Сан ПиН 2.1.7.573-96, а также методики, разработанные авторами в 1992–1999 гг. В качестве тест-объектов растительного происхождения использованы – лук репчатый (*A. cepa*), редис (*R. sativus*).

Протестированы водные вытяжки, выделенные из 10 образцов почв исследуемой территории. Модельный эксперимент включал максимальную концентрацию (*max*) солей меди, цинка и никеля, известную по результатам определения валового содержания этих элементов в вариантах:

1. Хлорид цинка – 68,6 мг/л.
2. Карбонат меди – 66,27 мг/л.
3. Карбонат никеля – 377 мг/л.
4. Комбинация из трех солей в соотношении элементов  $Cu / Zn / Ni$ , равном 1 : 1 : 5,7, о соответственнно.

Минимальная концентрация (*min*) содержала в 10 раз меньше солей в тех же вариантах и соответствовала концентрации металлов в водных вытяжках.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биотестирование на редисе по методике Сан ПиН 2.1.7.573-96, в которой оценка ведется лишь по показателю длины корня, показало, что все водные вытяжки обладают стимулирующими свойствами на показатели роста и развития растений (рис. 1, рис. 2). При анализе изменений длин стебля, длины всего растения, всхожести семян мы пришли к заключению о том, что при тенденции к стимуляции прорастания семян, к увеличению длины всего растения все водные вытяжки ингибировали рост стебля (рис. 2). Та-

ким образом, стимуляция корневого морфогенеза происходила в ущерб развитию надземной части растения. Последнее косвенно свидетельствует о том, что в организме растений происходит смещение гормонального баланса – отношения ауксинов и цитокининов. Такая характеристика эффекта от воздействия поликомпонентных субстратов, какими являются водные вытяжки почв, подверженных техногенному загрязнению, говорит о наличии в среде высокоактивных соединений, влияющих на фенотип растений. Из спектра металлов, входящих в состав почвенного раствора, наиболее активными в отношении влияния на фенотип и генотип растения являются медь, цинк и никель.

В модельном эксперименте выявлена тенденция к стимулированию корневого морфогенеза и ингибированию стеблевого морфогенеза в вариантах: *Cu (min)*, *Zn (min)*, *Ni (min)*, *Cu+Zn+Ni (min)*, *Zn (max)*, *Cu (max)* (рис. 3). В вариантах *Ni (max)* и *Cu + Zn + Ni (max)* – сдвиг отношений длины стебля и корня в сторону увеличения доли стебля происходил за счет общего ингибирующего эффекта (рис. 4). Так, в варианте *Ni (max)* – суммарная длина корня и стебля составляла всего 25,2% от контроля, выражена грубая редукция корневой системы. Визуально действие солей никеля описывалось как утолщение и огрубление корневых волосков.

Стимулировали прорастание семян варианты: *Ni (min)*, *Ni + Cu + Zn (min)*, *Cu (max)*, *Zn (max)*; ингибировали или проявляли подавляющий эффект варианты: *Ni (max)*, *Cu (min)*, *Zn (min)*, *Cu + Zn + Ni (max)* (рис. 1). В минимальной концентрации солей эффект трех компонентов усиливал стимуляцию развития корневой системы, а в максимальной концентрации негативное влияние никеля на всхожесть, общую длину проростка, соотношение длин корня и стебля компенсировалось действием его антагонистов (рис. 1, рис. 3, рис. 4). Визуально эффект трех компонентов относительно токсического воздействия никеля описывался как более эластичные волокна корня и стебля.

Из вышесказанного следует, что баланс отношений никеля, меди и цинка в почвенном растворе формирует наблюдаемые в данных водных вытяжках особенности развития семени и проростка. Повышение всхожести семян можно объяснить влиянием солей никеля в составе вытяжки, концентрация которой оказалась достаточной для проявления этого эффекта (рис. 1). Как известно, стимулирующим действием на

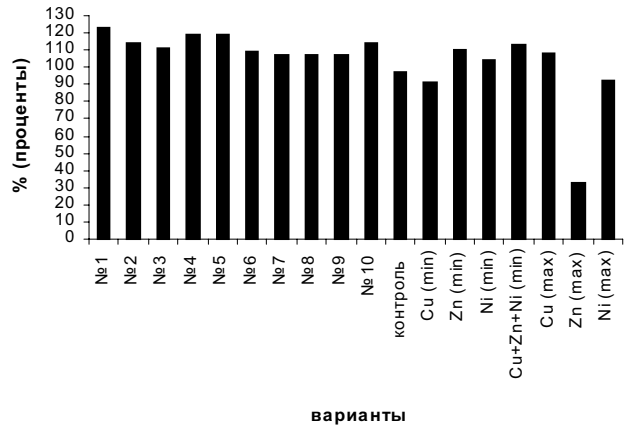


Рисунок 1. Графическая характеристика всхожести семян растений в различных средах относительно контроля (100%)

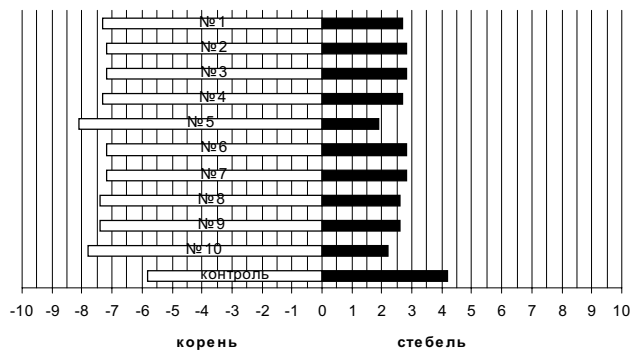


Рисунок 2. Отношения длин корня и стебля растений в водных вытяжках почв

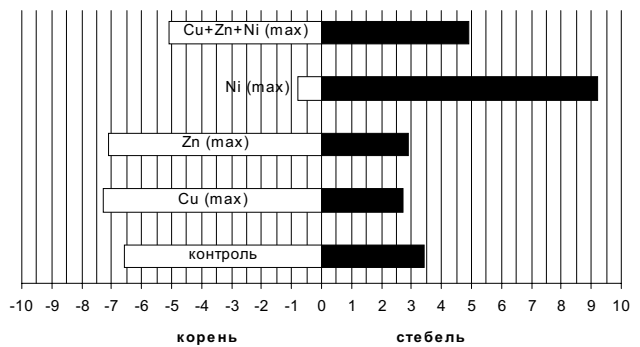
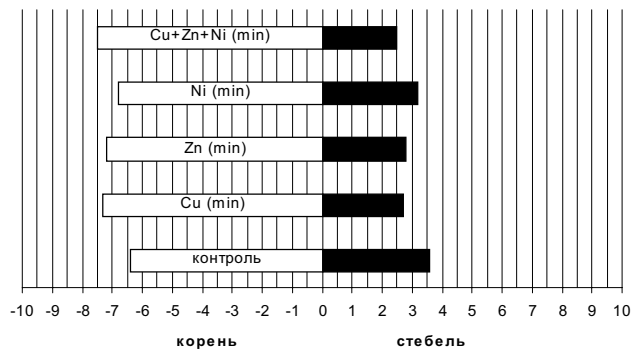


Рисунок 3. Отношения длин корня и стебля растений в модельном эксперименте

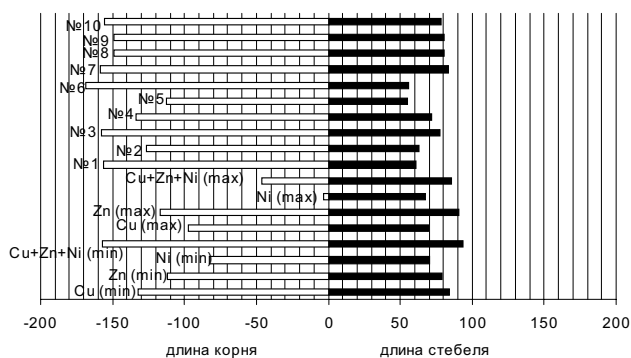


Рисунок 4. Изменения линейных показателей роста растений в различных средах относительно контроля (-100%; 100%)

развитие проростка и всхожесть могут обладать мутагенами в слабых концентрациях.

Этапы изменений в развитии проростка, возникающих под влиянием соли никеля, можно представить следующим образом:

1. Стимуляция прорастания семени.

2. Поражение точки роста проростка при переходе на автономное питание из окружающего водного раствора.

3. Направление гормонального резерва семени на утолщение тканей корня и стебля.

4. Формирование морфологических нарушений корня и стебля.

5. Проявление эффекта «сдвига» отношений длин корня и стебля в сторону увеличения длины корня.

Таким образом, используя ряд дополнительных морфологических признаков, нам уда-

лось объективнее оценить действие компонентов субстрата на растения и сделать вывод об их фитотоксичности, а также о необходимости оценки на цитотоксичность и мутагенность водных вытяжек почв.

Классическим объектом для подобных исследований является лук репчатый. По результатам оценки во всех водных вытяжках почв, за исключением вариантов 5, 9, 10, наблюдалось увеличение митотического индекса (MI). В вытяжке 5 цитотоксичность выявлялась в снижении MI, а в 9, 10 - абсолютная токсичность. На препаратах, полученных при проращивании в водных вытяжках почв, кроме вариантов 3, 8, обнаружены клетки, содержащие более двух ядрышек в ядре. Последнее свидетельствует о том, что в клетках имеет место повышенная синтетическая активность. Наибольшее число таких клеток наблюдали в вариантах 1, 5, 6. Повышенная синтетическая активность клеток сопровождает большинство патологических процессов. Это явление оценивается нами как предмутационное или предлетальное состояние. Варианты 1, 7 индуцировали слабый мутагенный эффект, который выражался в нарушении митоза типа отстаиваний хромосом и асимметричное их расположение в анафазе, а также разброс хромосом в метафазе.

По результатам биотестирования сделаны выводы о том, что водные вытяжки почв полей орошения могут индуцировать в растениях морфофизиологические аномалии, обладают цитотоксичностью и слабым мутагенным эффектом.

**Список использованной литературы:**

1. Бандман А.Л. и др. Вредные химические вещества. Л.: Химия, 1989.  
 2. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980.