



ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ

М.И. Ковалева (фото)

к.б.н., доцент кафедры морфологии

Е.А. Балашова

студентка 4 курса биологического факультета

Ю.В. Афолина

старший лаборант кафедры морфологии

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

А.Л. Фираго

к.б.н., старший преподаватель кафедры физиологии и зоологии
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского»

*Мутагенность, генотоксичность, мутагенное загрязнение снега, мутагенность почв, хромосомные aberrации у *Allium cepa*, видимые мутации у *Chlorella vulgaris*, загрязнение города Ярославль*

*Mutagenicity, genotoxicity, mutagen pollution of snow, mutagenicity of soils, chromosome aberrations at *Allium cepa*, visible mutations at *Chlorella vulgaris*, pollution of the city of Yaroslavl*

В настоящее время средой обитания человека в основном являются города. В них проживает более 73% населения Российской Федерации. В Ярославской области к городскому населению относится более 82% жителей области. К сожалению, именно в городах сосредоточены основные источники загрязнения окружающей человека среды.

Одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды являются мутагены – факторы химической, физической и биологической природы, способные повреждать как структуру, так и функционирование наследственного материала. Накопление индуцированных мутаций может привести к увеличению частоты наследственных болезней и онкологических заболеваний, преждевременному старению, а также стать причиной серьёзных нарушений здоровья человека [1].

Ярославль является одним из крупнейших промышленных центров Верхневолжья, в котором проживает более 46% населения Ярославской области. В многочисленных исследованиях показано, что воздух и вода в городе загрязнены. К числу приоритетных примесей, определяемых в воздухе, относятся бенз(а)пирен, диоксид азота, формальдегид, оксид углерода и оксид азота, часть из которых относится к генетически активным соединениям [2].

Изучение и мониторинг генотоксического загрязнения городской среды является для Ярославля актуальной проблемой, до настоящего времени не исследованной. Одним из подходов для оценки генотоксического загрязнения является биотестирование с использованием генетических тест-объектов. Наиболее удобным и часто используемым

объектом для подобного исследования являются снежный покров и пробы почв, уровень мутагенной активности которых является интегральным показателем и используется для изучения генотоксического загрязнения атмосферы [3].

Наша работа является первым этапом в попытке оценить генотоксическое загрязнение различных районов г. Ярославля. Целью работы являлось изучение мутагенной активности снежного и почвенного покрова Ярославля с использованием растительных тест-объектов.

Материал и методы исследования

В качестве материала в работе использовались пробы почв, отобранные 10 июля 2009 года, и пробы снега, отобранные 15 марта 2009 года и 14 марта 2012 года, согласно «Руководству по контролю загрязнения атмосферы» [4]. Пробы отбирались методом конверта на 14 станциях из разных районов попарно в 5 и 200 м от крупных автомагистралей города Ярославля.

Определение генотоксического загрязнения проб проводилось по суммарной мутагенной активности (СМА). Такой интегральный показатель отражает всю сумму взаимодействующих поллютантов с учётом их антагонистической и синергической активности [5].

Для определения мутагенной активности проб нами использовалась система, состоящая из двух растительных тест-объектов: одноклеточной зелёной водоросли *Chlorella vulgaris* (Beijer.) и лука репчатого *Allium cepa* (L.). Эта система неоднократно использовалась для оценки мутагенности воды и грунтов. Система тестов позволяет регистрировать как прямые мутагены, так и промутагены – факторы, приобретающие мутагенную активность в ходе метаболизма в растительном организме. Предложенная система, включающая растительные одноклеточные и многоклеточные организмы, обладает высокой чувствительностью и экономичностью.

Подготовка проб почв для исследования проводилась по-разному, в зависимости от тест-объекта.

Для экспериментов с тест-объектом *Chlorella vulgaris* производилась воздушная сушка грунтов, далее готовились водные вытяжки проб [6]: 10 г грунта заливали 100 мл дистиллированной воды. Колбу ставили на качалку и при комнатной температуре экстрагировали 3 часа. Полученный экстракт отфильтровывали через складчатый фильтр, далее фильтрат при комнатной температуре выпаривали досуха в чашках Петри. Оса-

док растворяли в 10 мл дистиллированной воды. Полученные водные вытяжки использовали для анализа.

Для экспериментов с тест-объектом *Allium cepa* (*Allium-test*) использовались нативные почвы, в которые добавлялась отстаиванная водопроводная вода в соотношении 1:1.

При подготовке снега для исследования пробы растапливались при комнатной температуре и проводилось концентрирование проб методом вымораживания в 30 раз [7].

В работе использовался альгологически и бактериально чистый штамм одноклеточной зелёной водоросли *Chlorella vulgaris* - штамм ЛАРГ-1, полученный из Института общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН (г. Москва). Частота видимых мутаций (ВМ) у хлореллы определялась с использованием метода макроколоний, она соответствует частоте генных мутаций [8]. Также учитывалась выживаемость колоний, которая определялась как процент выживших колоний. По этому показателю делалось заключение о митозмодифицирующем действии фактора. Суспензия хлореллы готовилась на водной вытяжке почв или на концентрированных образцах снега. Каждый опыт сопровождался интактным контролем. В качестве контроля использовалась стерильная фильтрованная вода (фильтр «Аквафор модерн»).

Луковички *Allium cepa* проращивались на нативных почвах, увлажненных отстаиванной водопроводной водой в соотношении 1:1 или на концентрированных образцах снега. В качестве контроля использовалась отстаиванная водопроводная вода. Проводился анализ давленных препаратов корневых меристем, окрашенных ацеторсеином [9]. Рассчитывался митотический индекс (МИ,%), который характеризует интенсивность деления меристематической ткани. Мутагенный эффект оценивался по частоте хромосомных aberrаций и нарушений митоза (анателофазный анализ). Учитывались структурные изменения хромосом мосты и фрагменты, которые являются следствием хромосомных перестроек. Также отмечались такие нарушения митоза, как отставания хромосом, многополюсные митозы, связанные с нарушением формирования веретена деления.

Далее проводилась статистическая обработка полученных результатов. Для сравнения результатов, полученных в разные сроки на разных тест-объектах, использовался ранее предложенный показатель «Выраженность мутагенной активности» (ВМА). ВМА рассчитывалась как

кратность превышения частоты индуцированных нарушений над контрольным уровнем.

Результаты исследования

Результаты пространственного распределения мутагенной активности почв и снежного покрова представлены в таблице 1.

Из представленных данных видно, что почвы и снег города Ярославля способны индуцировать генетические повреждения у растительных тест-объектов. Частота регистрируемых мутаций различна.

Доля проб, давших позитивный ответ, меняется в зависимости от тест-объекта. 57% проб почв проявляют мутагенную активность в тесте с использованием хлореллы. 64,3% почв содержат факторы, индуцирующие хромосомные нарушения у *Allium cepa*. Снег оказался более загрязненным – 78,5% проб индуцируют видимые мутации у *Chlorella vulgaris*.

Представленные результаты позволяют говорить о том, что пробы почв со станции 1 (Московский проспект, остановка Крестобогородская, 5 м) индуцируют видимые мутации (ВМ) у *Chlorella vulgaris* с частотой, достоверно не отличающейся от контрольного уровня. Частота индуцированных ВМ при воздействии проб снега выше, ВМА достигает 2,38, что соответствует среднему уровню мутагенной активности. Средняя выраженность мутагенной активности (ВМА) всех изученных проб более чем в 2,16 раза превышает контрольный уровень.

На станции 2 (Московский проспект, остановка Крестобогородская, 200 м) частота ВМ, индуцированных пробами почв в 2 раза превышает спонтанный уровень, хотя это превышение недостоверно. Снег на этой станции индуцирует генные мутации у хлореллы с частотой, в 2,68 раза превышающей спонтанный уровень. МА снега характеризуется как средняя. Уровень ХА на этой станции повышается и составляет $3,48 \pm 0,61\%$. Средняя ВМА – 2,58.

На станции 3 (Московский пр-т в районе Московского вокзала, 5 м) все пробы достоверно увеличивают частоту мутаций у использованных тест-объектов. В тесте с использованием одноклеточной водоросли мутагенная активность почв и снега характеризуется как средняя. Частота ХА у лука составляет – $5,58 \pm 0,57\%$, что достоверно выше контроля. Наиболее часто регистрируемые нарушения – это отставания хромосом и фрагменты. Частота фрагментов достигает 30% от всех видов нарушений митоза. Средняя ВМА зна-

чительно увеличивается и достигает 4,36, то есть для всех использованных объектов среднее превышение спонтанного уровня больше четырех раз.

На станции 4 (Московский пр-т в районе Московского вокзала, 200 м от дороги) мутагенная активность исследованных проб почв и снега несколько снижается. Достоверный генетический эффект регистрируется только методом ВМ у хлореллы при воздействии проб снега. Следовательно, пробы снега на этой станции способны индуцировать генные мутации у одноклеточного организма. Средняя частота индуцированных повреждений более чем в 3 раза превышает спонтанный уровень (средняя ВМА составляет 3,01).

На станции 5 (Московский пр-т в районе моста через р. Которосль) сложилась самая неблагоприятная токсикогенетическая ситуация. Средняя выраженность МА по результатам трёх тестов достигает максимального значения (4,53). В обоих использованных тестах при анализе проб почв и снега регистрируется достоверный генетический эффект. Исследованные образцы индуцируют как генные, так и хромосомные мутации. Кроме этого, отмечается и нарушение поведения хромосом на веретене деления, что проявляется в отставании хромосом.

В удалении от автомагистрали (станция 6) ситуация улучшается. Частота регистрируемых генетических нарушений заметно снижается, однако остается достоверно выше спонтанного уровня. Средняя ВМА составляет 3,66 – это значение несколько ниже среднего значения ВМА для центральной части города.

В историческом центре города складывается неблагоприятная токсикогенетическая ситуация. Средняя ВМА на станциях 7 и 8 (Красная площадь) составляет 4,49 и 3,79, соответственно. Образцы почв в обеих использованных тест-системах проявляют генетическую активность. Следует отметить, что хромосомные аберрации на станции 7 достигают максимального уровня. Частота нарушений митоза составляет $7,84 \pm 1,30\%$ (при $1,16 \pm 0,83\%$ в контроле). Достоверные различия с контрольным вариантом составляют более 6,5%.

В Дзержинском районе г. Ярославля на пересечении Ленинградского проспекта и ул. Урицкого (станции 9 и 10) токсикогенетическая ситуация незначительно улучшается, однако средняя частота зарегистрированных генетических нарушений более чем в 3 раза превышает спонтанный уровень. При воздействии проб, отобранных на этом

Таблица 1 – Мутагенная активность почв и снега г. Ярославля

Станция	Почвы г. Ярославля			Снег г. Ярославля				
	Частота ВМ у <i>Chlorella vulgaris</i>		Частота ХА у <i>Allium sera</i>	Частота ВМ у <i>Chlorella vulgaris</i>		Частота ХА у <i>Allium sera</i>		
	Х±m,% контроль	ВМА	Х±m, % контроль	ВМА	Х±m, % контроль	ВМА		
1. Московский пр-т (Крестовобородская) – 5 м	0,77±0,38 0,44±0,10	1,77	2,71±0,87 1,16±0,83	2,32	1,43±0,21* 0,6±0,06	2,38	6,86±1,10* 2,46±0,45	2,79
2. Московский пр-т (Крестовобородская) – 200 м	0,87±0,17 0,44±0,10	2,09	3,48±0,61 1,16±0,83	2,97	1,61±0,09* 0,6±0,06	2,68	4,44±1,31 2,46±0,45	1,80
3. Московский пр-т (Московский вокзал) – 5 м	1,89±0,03* 0,44±0,10	4,33	5,58±0,57* 1,16±0,83	4,77	2,38±0,11* 0,6±0,06	3,97	-	-
4. Московский пр-т (Московский вокзал) – 200 м	1,03±0,20 0,44±0,10	2,37	4,42±1,14 1,16±0,83	3,78	1,74±0,19* 0,6±0,06	2,89	-	-
5. Московский пр-т (мост через р.Которосль) – 5 м	1,98±0,26* 0,44±0,10	4,54	6,51±1,26* 1,16±0,83	5,56	1,09±0,07* 0,6±0,06	3,49	-	-
6. Московский пр-т (мост через р.Которосль) – 200 м	1,59±0,25* 0,44±0,10	3,65	5,5±0,43* 1,16±0,83	4,7	1,59±0,14* 0,6±0,06	2,64	-	-
7. Красная площадь – 5 м	2,26±0,38* 0,44±0,10	5,17	7,84±1,30* 1,16±0,83	6,70	2,99±0,74 1,87±1,04	1,60	4,71±1,17* 2,46±0,45	1,91
8. Красная площадь – 200 м	1,95±0,14* 0,44±0,10	4,47	6,98±1,88* 1,16±0,83	5,97	1,73±0,42 1,87±1,04	0,93	3,51±1,37 2,46±0,45	1,43
9. Ленинградский проспект/ ул. Урицкого – 5 м	1,46±1,13* 0,44±0,10	3,35	5,44±1,24* 1,16±0,83	4,65	2,19±0,12* 0,6±0,06	3,65	-	-
10. Ленинградский проспект/ ул. Урицкого – 200 м	1,33±0,18* 0,44±0,10	3,04	5,27±1,61 1,16±0,83	4,5	1,34±0,17* 0,6±0,06	2,64	-	-
11. Тутаевское шоссе/ ул. Урицкого – 5 м	1,10±0,29 0,44±0,10	2,52	4,99±0,26* 1,16±0,83	4,26	2,33±0,16* 0,6±0,06	3,89	-	-
12. Тутаевское шоссе/ ул. Урицкого – 200 м	1,04±0,13* 0,44±0,10	2,39	4,69±0,76* 1,16±0,83	4,00	1,70±0,25* 0,6±0,06	2,83	-	-
13. Пр-т Авиаторов (Школа 50) – 5 м	1,20±0,31 0,44±0,10	2,56	5,81±0,55* 1,16±0,83	4,97	5,95±1,54* 1,87±1,04	3,18	-	-
14. Пр-т Авиаторов (Школа 50) – 200 м	0,88±0,15 0,44±0,10	2,01	4,09±1,33 1,16±0,83	3,50	2,01±0,10 1,87±1,04	1,07	-	-
Средняя ВМА		3,16		4,48		2,70		1,98
Доля проб, давших позитивный ответ	57,1%		64,3%		78,5%		50%	

Примечание: в числителе – частота ВМ в опыте, в знаменателе – частота ВМ в контроле; * – различие между контролем и опытом достоверно при $p < 0,05$.

участке, регистрируются как генные мутации, так и хромосомные aberrации (мосты и фрагменты).

На станции 11 (пересечение Тутаевского шоссе и ул. Урицкого) СМА исследованных с помощью *Chlorella vulgaris* проб почв и снега снижается. При этом частота ХА в меристеме *Allium cepa* остается на прежнем уровне и составляет $4,99 \pm 0,26\%$ (при $1,16 \pm 0,83\%$ в контроле). Следовательно, на этом участке среди загрязняющих веществ преобладают факторы, индуцирующие хромосомные нарушения.

В Заволжском районе (станции 13 и 14) описанная тенденция сохраняется, хотя ситуация несколько лучше. Достоверный уровень генетических нарушений регистрируется на расстоянии 5

м от автомагистрали, на расстоянии 200 м во всех случаях достоверный генетический эффект не регистрируется.

Проведенный анализ пространственного распределения мутагенной активности проб почв и снега с использованием двух тест-объектов показал неравномерность генотоксического загрязнения г. Ярославля (рис. 1).

Максимальная средняя выраженность МА отмечается на станциях 3, 5, 7. Эти точки находятся рядом с крупными транспортными развязками города. Представленные данные позволяют отметить, что на большинстве изученных станций пробы, отобранные на расстоянии 5 метров от автомагистрали, проявляют большую мутагенную

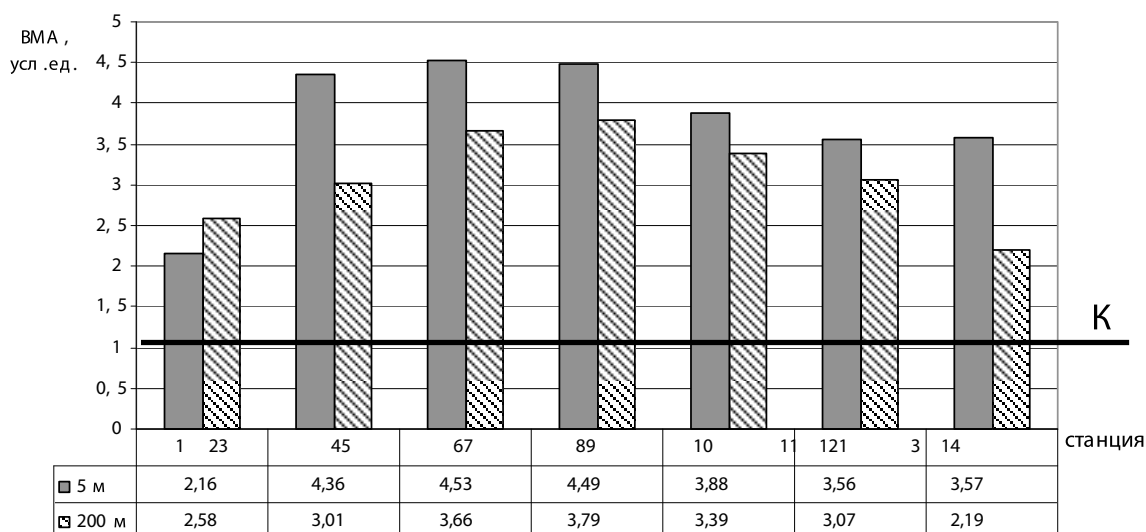


Рисунок 1 – Пространственное распределение средних показателей мутагенной активности
Примечание: на рис.1 и 2 К – контроль

активность, чем пробы, отобранные в 200 метрах от проезжей части. Это согласуется с данными Т.Ф. Тарасовой с соавторами, что наибольшее загрязнение наблюдается на расстоянии до 15 м от кромки автодороги [10].

Следовательно, транспорт г. Ярославля является одним из ведущих источников загрязнения атмосферы города генотоксикантами. По данным ряда источников, выхлопные газы содержат не только токсичные вещества, но и факторы, обладающие генотоксической активностью. В последние годы роль транспорта в загрязнении атмосферы и почв г. Ярославля значительно выросла [2]. К сожалению, такая тенденция в последнее время отмечается во многих городах.

Пробы отобранные на расстоянии 200 м от автомагистрали можно рассматривать как фо-

новые. Из представленных на рисунке 1 данных видно, что снег и почвы всех изученных станций увеличивают частоту мутаций у использованных тест-объектов от 2,19 до 3,79 раз. По данным «Доклада о состоянии и охране окружающей среды Ярославской области», ведущая роль в загрязнении атмосферы Ярославля из определяемых показателей принадлежит бенз(а)пирену: среднегодовая концентрация примеси по городу в 2012 г. составляет 1,7 ПДК, максимальное зарегистрированное загрязнение зафиксировано в районе Южного промышленного узла в зимний период – до 8 ПДК [2]. Следовательно, имеет место общее загрязнение атмосферы генотоксикантами из стационарных источников.

Проведенное исследование позволяет провести сравнение мутагенной нагрузки по иссле-

дованным районам. Для сравнения представлены результаты средней ВМА по всем изученным станциям для каждого района (рис. 2).

Средняя ВМА исследованных районов превышает контрольный уровень более чем в 2,5 раза. Максимальный уровень загрязнения гено-

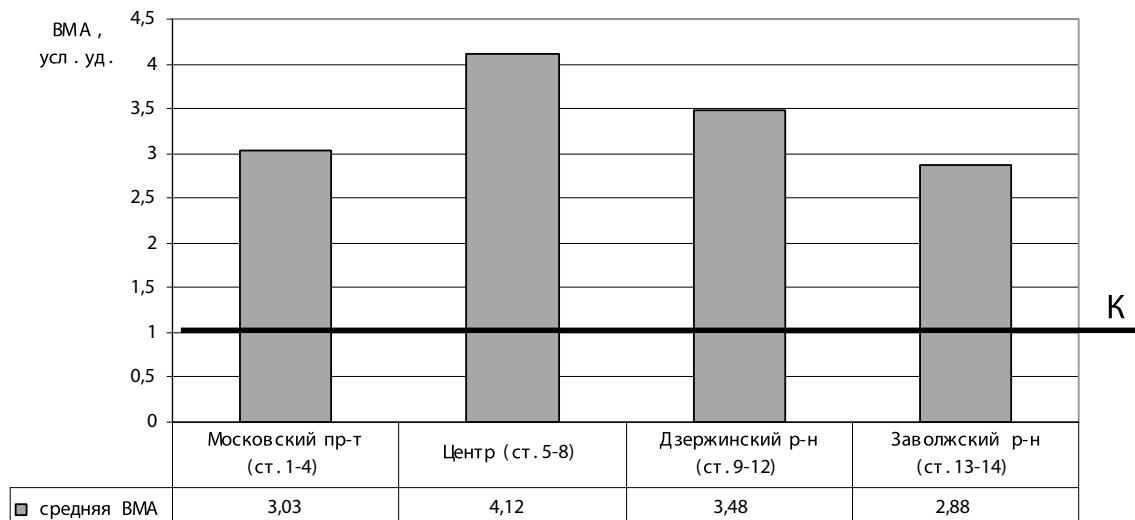


Рисунок 2 – Средняя мутагенная активность проб снега и почв в разных районах г. Ярославля

токсикантами отмечается в центральной части города. По уровню генотоксического загрязнения почв и снежного покрова районы г. Ярославля можно ранжировать следующим образом: Центр > Дзержинский район > Московский проспект > Заволжский район.

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

Уровень СМА снежного покрова и почв может использоваться как один из экологических показателей состояния городской среды.

Пробы снега и почв, отобранные вдоль транспортных магистралей г. Ярославля, обладают мутагенной активностью. Пробы 13 из 14 изученных станций (92,8%) индуцируют различные виды генетических повреждений (хотя бы у одного из использованных тест-объектов).

Исследование пространственного распределения СМА выявило неравномерность загрязнения. Увеличение генотоксической активности отмечается в непосредственной близости от автомагистралей.

Литература

1. Тарасов, В.А. Принципы качественной и количественной оценки генетической опасности химических веществ [Текст] / В.А.Тарасов // Мутагены и канцерогены окружающей среды и наследственность человека: доклады международного симпозиума. – М., 1994. – С. 3-6.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Ярославской области в 2007-2008, 2009, 2010, 2013 гг. Ярославль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yarregion.ru/depts/doosp/Pages/Reports.aspx>.
3. Легостаева, Т.Б. Гигиеническая оценка суммарной мутагенной активности проб снега Магнитогорска [Текст] / Т.Б. Легостаева, Ф.И. Ингель, Н.А. Антипанова, В.В. Юрченко, Н.А. Юрцева, Н.Н. Котляр // Гигиена и санитария. – 2010. – № 4. – С. 47-52.
4. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 [Текст]. – М.: Госкомгидромет, 1991. – С. 508.
5. Журков, В.С. Методология интегральной оценки мутагенных загрязнений водных объектов [Текст] / В.С. Журков // Мутагены и канцерогены в окружающей среде. – С.Пб.: Издательство СПбГУ, 1998. – С. 126-130.
6. Дубинина, Л.Г. Мутагенная активность природных отложений и искусственных водоемов Астраханской области [Текст] / Л.Г. Дубинина // Генетика. – 1996. – Т. 32. – № 4. – С. 584-589.
7. Методические указания по экспериментальной оценке суммарной мутагенной активности загрязнений воздуха и воды [Текст] / Сост. В.В. Соколовский, В.С. Журков, Ю.А. Рахманин. – М., 1990. – 25 с.

8. Ваулина, Э.Н. Индуцированный мутагенез и селекция хлореллы [Текст] / Э.Н. Ваулина, И.Д. Анисеева, И.Г. Коган. – М.: Наука, 1978. – С. 4-85.

9. Прохорова, И.М. Оценка митотоксического и мутагенного действия факторов окружающей среды [Текст]: методические указания / И.М. Прохорова, М.И. Ковалева, А.Н. Фомичева. – Ярославль: ЯрГУ, 2003. – 32 с.

10. Тарасова, Т.Ф. Воздействие отработавших выбросов автомобильного транспорта на придорожную зону улиц промышленного города [Текст] / Т.Ф. Тарасова, О.В. Чаловская // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 1. – С. 108–112.

References

1. Tarasov, V.A. Principy kachestvennoj i kolichestvennoj ocenki geneticheskoj opasnosti himicheskikh veshhestv [Tekst] / V.A. Tarasov // Mutageny i kancerogeny okruzhajushhej sredy i nasledstvennost' cheloveka: doklady mezhdunarodnogo simpoziuma. – M., 1994. – S. 3-6.

2. Doklad o sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy Jaroslavskoj oblasti v 2007-2008, 2009, 2010, 2013 gg. Jaroslavl' [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.yarregion.ru/depts/doosp/Pages/Reports.aspx>.

3. Legostaeva, T.B. Gigienicheskaja ocenka summarnoj mutagennoj aktivnosti prob snega Magnitogorska [Tekst] / T.B. Legostaeva, F.I. Ingel', N.A. Antipanova, V.V. Jurchenko, N.A. Jurceva, N.N. Kotljarskiy // Gigiena i sanitarija. – 2010. – № 4. – S. 47-52.

4. Rukovodstvo po kontrolju zagryaznenija atmosfery RD 52.04.186-89 [Tekst]. – M.: Goskomgidromet, 1991. – S. 508.

5. Zhurkov, V.S. Metodologija integral'noj ocenki mutagennyh zagryaznenij vodnyh ob'ektov [Tekst] / V.S. Zhurkov // Mutageny i kancerogeny v okruzhajushhej srede. – S.Pb.: Izdatel'stvo SPbGU, 1998. – S. 126-130.

6. Dubinina, L.G. Mutagennaja aktivnost' prirodnyh otlozhenij i iskusstvennyh vodoemov Astrahanskoj oblasti [Tekst] / L.G. Dubinina // Genetika. – 1996. – Т. 32. – № 4. – S. 584–589.

7. Metodicheskie ukazanija po jeksperimental'noj ocenke summarnoj mutagennoj aktivnosti zagryaznenij vozduha i vody [Tekst] / Sost. V.V. Sokolovskij, V.S. Zhurkov, Ju.A. Rahmanin. – M., 1990. – 25 s.

8. Vaulina, Je.N. Inducirovannyj mutagenез i selekcija hlorely [Tekst] / Je.N. Vaulina, I.D. Anisееva, I.G. Kogan. – M.: Nauka, 1978. – S. 4-85.

9. Prohorova, I.M. Ocenka mitotoksicheskogo i mutagenного dejstvija faktorov okruzhajushhej sredy [Tekst]: metodicheskie ukazanija / I.M. Prohorova, M.I. Kovaleva, A.N. Fomicheva. – Jaroslavl': JarGU, 2003. – 32 s.

10. Tarasova, T.F. Vozdejstvie otrabotavshih vybrosov avtomobil'nogo transporta na pridorozhnuju zonu ulic promyshlennogo goroda [Tekst] / T.F. Tarasova, O.V. Chalovskaja // Vestnik Orenburgskogo gosuniversiteta. – 2004. – № 1. – S. 108–112.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

В издательстве ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА в 2014 г. вышла монография «Оценка качества семенных клубней с целью получения высоких урожаев картофеля в условиях Нечерноземной зоны» / Р.А. Сабиров, Т.П. Сабирова

Монография посвящена одной из причин плохого состояния картофелеводства – проблеме низкого качества безвирусного семенного материала. В монографии проанализированы современные технологии подготовки семенных клубней картофеля и доказано, что высококачественный семенной материал получают при сортировании клубней по плотности. Авторы монографии дают рекомендации по возделыванию картофеля в условиях Нечерноземной зоны с использованием отсортированных по плотности семенных клубней.

Монография предназначена для студентов, аспирантов агрономических специальностей. Данное научное исследование также поможет фермерам, специалистам и руководителям сельскохозяйственных предприятий решить проблемы подготовки качественного семенного материала картофеля к посадке.

УДК [635.21:631.532.2.011:631.559] (470.0); ББК 42.15 (23); ISBN 978-5-98914-135-7; 88 СТР. (МЯГКИЙ ПЕРЕПЛЕТ)

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58. ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА
E-mail: vlv@yarcx.ru**