

» изменение цитогенетической структуры и продуктивности в агропопуляциях репчатого лука (*Allium cepa* L.)

И. Бакумова К.К., Теонов Т.С.

« Омский государственный университет

В настоящее время вопросы генетических последствий загрязнения окружающей среды приобретают особую актуальность. Использование биоиндикаторов для оценки состояния среды дает возможность получения интегральных характеристик реакций биоты на антропогенные воздействия, поэтому биоиндикационные исследования должны быть одним из основных блоков экологического мониторинга. Актуальность исследования последствий антропогенной нагрузки на растительный компонент на разных уровнях его организации определяется тем, что растения играют первостепенную роль в обеспечении стабильности природных экосистем. Растения наиболее уязвимы, так как являются первичными звеньями природных трофических цепей; выполняют основную роль в поглощении разнообразных загрязнителей и постепенно подвергаются их действию из-за своей прикрепленности к субстрату.

Настоящая работа выполнена в рамках программы по изучению влиянияeverного промышленного узла, « Омского нефтехимического комбината (« К') и « ибирского химического комбината (—') на экосистемы. В настоящей работе были использованы несколько методов цитогенетического мониторинга и оценки продуктивности, которые отражают три уровня исследования: клеточный — изучение митоза и анализ фертильности пыльцы; организменный — урожайность и динамика прорастания луковиц; популяционный — изменений биоморфологических показателей. На каждом из этих уровней применялся статистический анализ данных с использованием разнообразных методов.

–епечатый лук овлдетс довольо распространенным объектом цитогенетических исследований. Ё ирокое распространение этого объекта позволдет проводить сравнительный анализ в пределах обширной территории. диплоидный набор хромосом равен 16 ($2n=16$). ромосомы крупные, хорошо идентифицируемые, что так же облегчает анализ различных структурных перестроек хромосом. с редшествующие работы по цитогенетическому мониторингу не включают в себ комплексную оценку, проводимую на разных уровнях организации *Allium* сера L. Сольшим недостатком таких работ овлдетс также отсутствие в них необходимых статистических методов анализа наблюдений. ак правило, анализ наблюдений в подобных работах ограничивается только вычислением таких простейших статистик, как средние и их ошибки. т тех же работах где авторы проводят проверку гипотез о равенстве средних, используется t-критерий —тьюдента без проверки требований возможности его применения (Теонов т.с., 1996). тсе это приводит к тому, что результаты подобных работ справедливо игнорируются организациями противостоящими усилиям экологов.

н атериалы и методы

Allium сера L. к тносится к семейству Alliaceae (L.). тиды рода *Allium* овлдетс хорошими цитогенетическими объектами и активно используются в качестве тест-объектов при проведении анализа загрязнений в различных типах среды («олотарева П.К. и др., 1977; Пмитриева —j., с арфонов т.»., 1991; Dixit G.B., Nerbe S.K., 1985; Rathore H.S., 1986; Cheng X., Tehsin M., 1991)

т эксперимент были взяты луковицы сорта —тригуновский отличающиеся круглой формой, светло-коричневой или розово-коричневой окраской, малозачатковостью (аев н . . и др., 1947).

» сходный материал - лук-репка был получен в агропопуляции г. « айга емеровской области, расположенном в 80 км к югу от г. « омска. » следовани^я проводились в агропопуляциях садово-огородных кооперативов (—^к) д. с оперечка (расположена в 30 км зоне —²), на территории г. —еверска - д. » глаково, —^к Ъ-омашкаї, —^к г. « айга. ^п качестве условного контрол^я использовали агропопуляцию —^к Ъ ерамикї. » следовани^я в агропопуляции —^к д. с оперечка и Ъ ерамикї проводились в 1993, 1994, 1995 и 1996 годах, в агропопуляциях —^к Ъ-омашкаї и г. « айга (из сем^я) в 1994 году, в агропопуляции г. « айга (до посева) в 1995, 1996 годах, в агропопуляциях г. « айга и д. » глаково в 1994, 1995, 1996 годах.

□л^я оценки скорости прорастани^я и продуктивности луковиц материал вз^{ят} из агропопуляций —^к г. « айга, д. ерамик, д. » глаково, д. ^пиленка, д. с оперечка, д. опылово, д. —основка в 1995, 1996, 1997 годах.

с роращивали от 5 до 10 луковиц дл^я получени^я корней. орни длиной 2-3 см фиксировали этанол-уксусной смесью (3:1) в течение всего хода эксперимента, по 50 на агропопуляцию. ‘ иксированный материал хранилс^я в холодильнике. » следовали временные давленные препараты, окрашенные гематоксилином по —мирнову (1968). ^п анализ препаратов проводили при увеличении 10x40. » спользованные луковицы были предварительно прокариотипированы. ” становлено, что все они диплоидны с $2n = 16$. ^п всего изучено 128 луковиц, проанализировано 900 препаратов, просчитано 96906 ана-телофаз.

с ри анализе ана-телофаз учитывали расстояние между анафазными группами. ^к но должно быть больше ширины самой анафазной группы. Ка ранних этапах анафазы, когда расстояние между группами хромосом на полюсах небольшое, не уда^{ется} вы^явить всех нарушений. ^к е исследовались также клетки в период поздней телофазы, когда уже начинает формироватьс^я фрагмопласт (с аушева «.s ., 1988).

с репараты для изучения микроспорогенеза окрашивали ацетоорсеином. j анализ препаратов проводили при увеличении 10x40. с репараты для определения фертильности пыльцы окрашивали ацетогематоксилином. j анализ препаратов проводили при увеличении 10x20. Всего изучено 30 соцветий, проанализировано 380 препаратов, просчитано 152000 пылинок. Фотографии изготавливались с использованием фотонасадки h ' K-12 на пленке микрат-300 при увеличении 10x90.

Выборочные характеристики представлены в виде средней \pm ошибка средней ($M \pm m$). Критический уровень значимости при проверке нулевых гипотез принимался равным 5%, т.е. в тех случаях, когда достигнутый уровень значимости соответствующего статистического критерия оказывался менее 5% нулевая гипотеза отвергалась и принималась альтернативная.

» СПОЛЪЗУЕМЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициент корреляции является мерой согласованности изменений двух количественных переменных, то есть это характеристика связи между признаками. – различают парные и частные коэффициенты корреляции. „ частные коэффициенты показывают связь между двумя признаками при фиксированных значениях остальных, то есть точечную связь. ” уменьшение модуля частных коэффициентов по сравнению с парными означает, что парная взаимозависимость возникает частично вследствие воздействия фиксированных переменных. ” величение частных коэффициентов, наоборот, позволяет выявить скрытые связи.

Для исследования степени взаимосвязи между различными типами аномалий в митозе, а также между различными показателями урожайности лука был проведен корреляционный анализ для всех изученных агропопуляций. Выявили корреляционные связи между группами

хромосомных нарушений в митозе и между показателями урожайности (масса, диаметр и высота луковиц).

Для определения уровня значимости для парных коэффициентов осуществлялось непосредственно в пакете Statistica 5.0. В нашей работе мы принимали достоверными (отклонили нулевую гипотезу) коэффициенты корреляции с достигнутым уровнем значимости $p < 0,05$.

Сравнение двух и более коэффициентов корреляции определяли с помощью Z-преобразования Фишера (Фишер Дж., Бенц С., 1983). В случае принятия нулевых гипотез для коэффициентов корреляции, средних и дисперсий сравниваемых групп, вычислялась сводная оценка r_{ij} . Для проверки значимости различия в данном случае использовалась статистика χ^2 с $(S-1)$ степенями свободы, где S - число сравниваемых коэффициентов (Фишер Дж., Бенц С., 1983, а также —. 1968.). При этом проверялась H_0 :

$$H_0: \rho_{ij}^{(1)} = \rho_{ij}^{(2)} = \dots = \rho_{ij}^{(k)}$$

$$H_1: \text{не все } \rho_{ij}^{(k)} \text{ равны.}$$

Дисперсионный анализ

Цель применения дисперсионного анализа - определение влияния одного или нескольких факторов (или режимов), рассматриваемых как входной параметр, на количественные характеристики объектов. В данном случае при исследовании урожайности можно рассматривать в качестве такого фактора год (1995, 1996, 1997) или место сбора материала (« айга, ерамик, опылово, —основка, Чиленка, » глаково, с оперечка).

Если рассматривать k градаций фактора, то дисперсионный анализ с помощью F-отношения (отношение дисперсии, обусловленной влиянием фактора, к остаточной сумме квадратов) позволяет проверить гипотезу о равенстве генеральных средних μ_i :

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$$

$$H_1: \text{не все } \mu_i \text{ равны между собой}$$

В случае многофакторного анализа, когда учитывается влияние сразу нескольких дискретных переменных, определяется так же достоверность эффекта взаимодействия факторов. К отсутствию эффекта взаимодействия говорит об аддитивном действии факторов, а его наличие указывает на мультипликативный характер их влияния. Дисперсионный анализ достаточно подробно описан в литературе (Джиффи Дж., Эйзен —, 1982; Уэффе —. 1980).

При отклонении K_0 необходимо выяснить, какие именно средние не равны между собой, а какие равны. Для этой цели использовались парные линейные контрасты, которые позволяют определить, какие средние привели к отбрасыванию K_0 (Тюбищев Дж., 1986). В данной работе использован метод линейных контрастов Уэффе, который основан на процедуре построения доверительных интервалов для разностей средних отдельных групп (Уэффе —. 1980; Теонов —.с., 1990).

Соведенный в данной работе двухфакторный дисперсионный анализ элементов продуктивности имел целью установить влияние на эти характеристики таких факторов, как год и место сбора материала.

Дискриминантный анализ

Дискриминантный анализ (Лекка —., 1983) применяется для изучения различий между группами объектов, характеризующихся набором признаков, коррелирующих между собой. —его помощью можно ответить на следующие основные вопросы:

1. Возможно ли, используя данный набор количественных признаков, различить объекты, принадлежащие к разным группам;
2. Какие из этих признаков вносят наибольший вклад в различия между группами.

» ными словами мы пытаемсѧ установить, содержат ли в себе используемые количественные характеристики наших объектов достаточное количество информации об имеющейсѧ группировке этих объектов. Ёти задачи решаютсѧ с помощью оценки дискриминантных функций. “ак стандартизованные коэффициенты этих функций позволѧют оценить относительные вклады отдельных переменных в имеющеесѧ различие между группами. Ёто позволѧет, во-первых, разбить множество признаков на два подмножества: информативных и малоинформативных; во-вторых, проранжировать признаки по степени их информативности; в-третьих, путѧм переклассификации наблюдений с помощью полученных дискриминантных функций определить насколько хорошо эти информативные признаки отражают данную дискриминацию групп.

▫ настоящей работе проведен дискриминантный анализ по следующей схеме:

1. Ёбъединение выборок, сделанных в один год и дискриминациѧ их по принадлежности к популѧции “ айга, ерамик, с оперечка, » глаково, –омашка;
2. Ёбъединение выборок, сделанных из одной популѧции в течение четырех лет и дискриминациѧ их по годам;
3. Дискриминациѧ всей совокупности наблюдений (наблюдениѧ 18 выборок) по месту сбора материала.

Цель дискриминантного анализа в данном случае - определение степени однородности и обособленности групп, а также выявление признаков, наиболее информативных длѧ дискриминации. Ёайдены стандартизованные коэффициенты линейных дискриминантных функций, собственные значениѧ дискриминантных функций, коэффициенты канонической коррелѧции между группами и дискриминантными функциѧми, лѧмбда ”илкса как мера остаточной дискриминантной

способности системы. На основе рассчитан критерий Фишера χ^2 , с помощью которого оценена надежность найденных функций.

—равнение пропорций

Интерес к частотам в нашем случае обусловлен возможностью сравнения двух и более пропорций. При проведении сравнительного исследования с опытной и контрольной группами, выделяют две выборки, основываясь на наличии или отсутствии результирующего фактора, и оценивают в каждой выборке пропорцию объектов, у которых есть исследуемый исходный фактор («Акс Т., 1976).

В настоящей работе использовали целевой метод. План анализа заранее проводили по 50 наблюдений для каждой агропопуляции, находящейся под антропогенным воздействием и по 50 наблюдений для агропопуляций из зоны условного контроля («айга, ерамик). При проспективном обследовании изучались две группы - первая, состоящая из суммы клеток, в которых обнаружены хромосомные аберрации, и вторая, состоящая из числа клеток с нормальным прохождением митоза. Предельно, сколько случаев наличия хромосомных аномалий будет зафиксировано в каждой из групп.

Целью данного анализа являлось проверка гипотез о равенстве или неравенстве пропорций в генеральных совокупностях. Таким образом, следует проверить гипотезу о том, что истинные значения пропорций p_i какого-либо признака в двух популяции значительно не отличаются друг от друга. Необходимо проверить гипотезу вида:

$$H_0: p_1 = p_2 = \dots = p_i$$

$$H_1: \text{не все } p_i \text{ равны.}$$

Для проверки этих гипотез необходимо вычислить значение Z-статистики и затем вычислить достигнутый для этой статистики уровень значимости "р", чтобы сравнить его с принятым граничным значением (J.L. Fleiss, 1981).

ратка характеристика района исследовани

с очвы, являющиеся длительными накопителями микроэлементов, поступающих из почвообразующих пород, атмосферных осадков в виде дождя и снега, содержащих аэрозольные частицы поливных вод, минеральных и органических удобрений наиболее полно отображают состояние природной среды и являются базовой информацией для анализа влияния антропогенных факторов на растения. В г. Омске и его ближайшем окружении функционирует ряд промышленных объектов: — (производство расщепляющихся материалов), "К" (нефтехимическое производство), радиотехнический, приборный, электротехнический и другие заводы, входящие в значительной своей части в военно-промышленный комплекс (ВПК). Исследования данной территории были затруднены, так как специфика метеорологических условий района площадки — такова, что основная роза ветров направлена с юга - юго-запада на север - северо-восток. Доля этих ветров в году составляет 57 %. В то же время, следует отметить, что в зависимости от сезона года, направление ветров сильно изменится. Так, в летний период преобладают ветры юга - юго-восточного направления в сторону г. Омска, что при определенном стечении обстоятельств может способствовать разносу газо-аэрозольных выбросов в сторону г. Омска. — случившаяся 6 апреля 1993г. авария на — подчеркнула эту особенность метеоусловий: и след от выброса радиоактивных веществ расположился вдоль основного направления ветра этого времени года (Ихванов Т.С., 1997).

Анализ уровней накопления изученных химических компонентов в почвах г. Омска и —верного промышленного узла (—с), а так же еЕ общей радиоактивности по условным выделенным зонам г. Омска и —с ” показывает, что каждая из них имеет свой геохимический облик (Адамский и др., 1994).

Слижайшая к г. Омску зона («она 1) характеризуется более высокими концентрациями олова, меди, цинка, хрома, свинца, иттрия, бенз(а)пирена, висмута-214, тантала, марганца и титана.

Элементы зоны 2 (район “К”) характерны высокие концентрации хрома, таллия, частично лутеция, циркония, никеля.

«она 3 (севернее “К” до п. Кадежда) попадает под устойчивую розу ветров со стороны территории —’ и имеет специфичный набор изученных химических компонентов. В первую очередь, относятся цезий-137 (источник, которого, без сомнения, —’), а также тантал, бериллий, олово, литий, рубидий, стронций, частично ванадий, скандий.

«она 4 (район Ковомихайловки - —ветлого) характеризуется присутствием бериллия, кобальта, никеля, олова, гафния, цезия, скандия, лутеция, тербия, европия, иттербия, самария, иттрия, лантана, церия, циркония, ванадия.

Средняя зона 5 (район пп. опылово - —ассвет) характеризуется повышенными концентрациями тантала, кобальта, никеля, цинка, ванадия, фосфора, частично бария, хрома, лутеция, ниобия, лития, висмута-214, актиния-228.

Наиболее удаленной от г. Омска зоне 6 (район пп. —емилужки, «аречный) почвы относительно среднего содержания для —с ” обогащены танталом, бериллием, молибденом, кобальтом, никелем, медью, цинком,

литием, тербием, иттербием, частично самарием, иттрием, церием, оловом, танталом, цезием-137.

“аким образом, основываясь на материалах по геохимическому картированию почв —s”, можно выделить основные экологически опасные источники загрязнениѡ:

1. г. “омск - марганец, бенз(а)пирен, олово, медь, цинк, хром, свинец, цирконий, иттрий, тантал, титан (табл.1).

2. территории —’ - цезий-137, рубидий, цезий, литий, стронций, кобальт, барий, фосфор, уран, актиний-228, свинец-214, свинец-212, мышьяк, тантал, бериллий, олово, частично ванадий, и скандий.

«а счѡт воздействиѡ —’ формируетсѡ в данном районе и радиоактивное загрязнение, которое отчѡтливо начинает фиксироватьсѡ с 13 мкр/ч (j дам j .ћ . и др., 1994). —’ создан как единый комплекс ѡдерного технологического цикла, включающий в себѡ практически все виды производств, за исключением добычи и переработки радиоактивного сырья. s производственнаѡ деятельность —’ сопровождается образованием большого количества жидких, твердых и газообразных веществ, которые требуют улавливаниѡ и захоронениѡ (–ихванов Ѓ.s ., 1997). к существенном сбросе радиоактивных отходов в окружающую среду в районе г. “омска свидетельствуют последние официальные данные, опубликованные специалистами –оссии в журнале ‘Physics Today’ в апреле 1996 г. —еверск занимает первое место в –оссии по количеству радиоактивных выбросов в год.

”ровень накоплениѡ изучаемых естественных радиоактивных элементов в почвах —s” и южной части г. “омска приведены в таблице 2. j анализ этих материалов свидетельствует о том, что содержание радионуклидов определѡтсѡ, прежде всего, природно-климатическими, геологическими и антропогенными факторами (–ихванов Ѓ.s . и др., 1995; –ихванов Ѓ.s ., 1996). ѡ большинстве случаев нагрузка на тот или другой участок территории —s” г. “омска определѡтсѡ многими факторами. к пределѡннаѡ роль при этом в

’ арактиристика почв –еверного промышленного узла и контрольной площадки (южнаа часть г. “ омска) по уровню накоплениа химических компонентов (по ј даму ј .ћ . и др., 1994).

’ имический компонент или показатель (мг/кг)	–s”	онтроль
	M ± m	M ± m
ћ ощность экспозиционной дозы гамма-излучениа на почве, мк–/ч	10,3±0,3	9,5±1,3
” ран	2,4±0,1	2,3±0,2
“ орий	9,6±0,4	8,3±1,0
–винец	24,3±1,6	24,4±3,0
–винец-214, Ск/кг	15,2±0,1	16,5±2,7
Тисмут-214, Ск/кг	16,1±0,1	15,8±2,6
ј ктиний-228, Ск/кг	29,3±2,4	28,0±5,3
“ аллий-208, Ск/кг	8,4±0,5	8,9±0,7
алий-40, Ск/кг	458,5±24,5	460,8±38,5
□езий-137, Ск/кг	17,2±8,4	10,8±3,9
‘ осфор	540,0±60,0	480,0±96,0
“ итан	4200,0±300,0	4200,0±400,0
ћ арганец	1000,0±10,0	1300,0±200,0
Сарий	434,0±26,0	400,0±62,0
–тронций	311,0±17,0	340,0±48,0
’ ром	298,0±41,0	380,0±114,0
Танадий	76,0±4,0	80,0±12,0
Кикель	48,0±3,0	50,0±3,0
обальт	12,0±1,0	13,0±4,0
□аллий	14,0±1,0	14,0±4,0
ћ едь	38,0±6,0	44,0±10,0
–винец	16,0±2,0	15,0±4,0
□инк	71,0±11,0	66,0±42,0
ћ ышьақ	4,9±0,5	4,8±1,0
–елен	0,06 *	0,2 *
–кандий	13,2±0,7	13,8±2,2
ќ лово	3,1±0,2	3,0±0,8
–еребро	0,028±0,004	0,018±0,014
□елезо, %	2,9±0,2	3,2±0,8
ћ олибден	2,4±0,1	2,8±0,4
–туть	0,042*	0,036±0,006
□ирконий	269,0±23,0	240,0±48,0
□афний	7,9±0,4	8,6±1,5
Киобий	24,0±2,0	2,0±5,0
“ антал	1,3±0,3	0,8±1,0
» ттрий	23,0±3,0	20,0±5,0
Титий	16,0±3,0	20 *
Сериллий	1,6±0,1	1,9±0,9
□езий	3,9±0,5	4,8±0,8
–убидий	82,0±15,0	34,0±42,0
Тантан	32,2±3,7	32,8±11,1
□ерий	56,8±5,9	59,0±24,5
–амарий	6,2±0,6	5,7±1,3
□вропий	2,0±0,2	2,0±0,6
“ ербий	1,8±0,4	3,1±1,5
» ттрий	3,6±0,4	3,8±4,7
Тютетий	0,72±0,07	0,7±0,1
Сенз(а)пирен, мкг/кг	1,3±0,5	0,98±0,3

s римечание: *- была взата одна проба

формировании геохимических особенностей почв —s” отводится естественным природным ассоциациям.

“аблица 2

—реднее содержание радионуклидов в почвах “омской области (—ихванов Т.с., 1996)

Элементы и параметры	$M \pm m$	h минимум	h максимум	h медиана	—тандартное отклонение
— зоне влияния —					
h E^{\square} (мк—/ч)	11,8±1	7	74	10,9	6,6
U (г/т)	2,6±0,1	1	4,5	2,5	0,8
Th (г/т)	9,6±0,3	4,2	13,8	9,8	1,7
K (%)	1,7±01	0,9	2,2	1,7	0,2
Cs-137 (Ск/кг)	40,1±23,5	< предела обнаружения	1186,5	18,4	120,9
Sr-90 (Ск/кг)	111,4±19,2	50	561	50	112,6
—не зоны влияния —					
h E^{\square} (мк—/ч)	10,4±0,1	4	17	10	2,7
U (г/т)	2,5±0,1	0,1	10,8	2,4	1
Th (г/т)	10,8±0,2	1,5	23,9	9,7	3,0
K (%)	1,8±0,2	0,7	3,4	1,7	0,3
Cs-137 (Ск/кг)	20,1±1,3	< предела обнаружения	41,6	20,6	7,4
Sr-90 (Ск/кг)	121,2±27,5	50	631	50	2,2

— большинство случаев нагрузка на тот или другой участок территории —s” г. “омска определяется многими факторами. к пределу роль при этом в формировании геохимических особенностей почв —s” отводится естественным природным ассоциациям. кднако интенсивный совокупный ореол редкоземельных элементов и редких элементов обусловлен как природными, так и антропогенными факторами со стороны —’ и “К’ , что подтверждается данными по изучению геохимических особенностей снега, вод и донных отложений (j дам j .h . и др., 1994; «уев —.j ., 1996; h еркулов —.□., □лухов □.□., —езчиков —.» ., 1996; я зиков □.□., —ихванов Т.с ., 1996).

Экспериментальная часть

Оценка уровня цитогенетических отклонений

При нормальном ходе митоза клетки *Allium cepa* L. последовательно проходят стадии профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Кариотип исследованных луковиц постоянен. Диплоидный набор - шестнадцать хромосом ($2n = 16$).

Рассмотрим на то, что хромосомы каждого кариотипа обладают постоянством числа, формы и внутренней структуры, они способны изменяться спонтанно или под воздействием таких агентов, как ионизирующее излучение и химические вещества. Главными факторами естественного проявления мутаций служат метаболиты, обладающие мутагенным эффектом, естественный фон радиации, воздействие температуры и другие факторы внутренней и внешней среды. Как показано у лука репчатого мутации хромосом возникают по типу незадержанного мутагенеза, то есть возникают как хромосомные (поражение фазы G_1), так и хроматидные (поражение фазы S и G_2) перестройки (Кубинин К.С., 1966). При цитогенетическом анализе в анафазе митоза у *Allium cepa* L. учитывали число делющихся клеток и число клеток с аномалиями (табл. 3). При мутагенном воздействии на опытные популяции проявляется в уменьшении числа делющихся клеток и увеличении числа клеток с аномалиями. Рассчитывая долю клеток с аномалиями в процентах от общего числа ана-телофаз, мы сравнивали эти доли с контрольными популяциями. При таком сравнении не обнаружено отличий по долям между популяциями:

Белая (из семян) и Белая в 1994 и Белая (анализ до посева, из семян) и Белая в 1995, 1996 годах. Выборка Белая в 1994, 1995, 1996 годах отличается от Белая, Белая (из семян), Белая (анализ до посева) в 1994, 1995, 1996 годах.

“Таким образом, в дальнейшем в качестве условного контроля мы использовали агропопуляцию Белая, так как эти данные не отличаются

от выборки “ айга (до посева), из которой был взят материал для опытных агропопуляций.

„ астога aberrаций хромосом в агропопуляциях “ айга (до посева) в 1995, 1996 году и ерамик в 1993, 1995 годах достоверно не отличается от спонтанного уровня мутирования, который для данного вида равен 2 % (Питленок —» . и др., 1995).

—равнение опытных популяций (s оперечка, » глаково, —омашка) между собой по годам (1993-1996) не дало, в большинстве случаев, достоверных результатов. «а исключением s оперечка-1993г., (год аварии на —²), а так же s оперечка-1994 и -1996 год, которые мы далее объединили в одну группу. К опытные популяции s оперечка и » глаково достоверно отличаются по частоте aberrаций хромосом как в 1994, так и в 1996 годах. Ч агропопуляциях s оперечка и —омашка, как показали исследования в 1994 году, не выявлено достоверных отличий.

“ аблица 3

„ астога хромосомных aberrаций Allium сера L.

г агропопуляция	год	„ число Туковиц/корней	„ число ана-телофаз, M ± m	г aberrации, %
ерамик	1993	5/50	115,28 ± 6,39	2,50
s оперечка	1993	10/50	133,36 ± 3,59	9,68
“ айга (из семян)	1994	4/50	167,41 ± 2,82	3,48
“ айга	1994	5/50	142,28 ± 6,35	4,83
ерамик	1994	7/50	80,76 ± 4,45	3,61
s оперечка	1994	2/50	144,96 ± 2,28	7,74
» глаково	1994	9/50	84,78 ± 7,99	9,43
—омашка	1994	6/50	65,94 ± 5,73	7,36
“ айга (анализ до посева)	1995	4/50	95,88 ± 8,39	2,09
“ айга	1995	11/50	133,28 ± 6,45	3,52
ерамик	1995	7/50	102,66 ± 7,62	2,90
s оперечка	1995	9/50	83,52 ± 4,91	9,03
» глаково	1995	9/50	80,94 ± 7,86	9,24
“ айга (анализ до посева)	1996	9/50	125,14 ± 7,97	2,64
“ айга	1996	9/50	122,64 ± 5,16	4,70
ерамик	1996	4/50	122,82 ± 5,41	3,21
s оперечка	1996	7/50	65,88 ± 6,25	8,71
» глаково	1996	10/50	68,06 ± 7,34	9,61

—равнениџ условного контролџ с опытными популџциџми (s оперечка, » глаково, –омашка) в 1993, 1994, 1995, 1996 годах показали достоверные отличия между контролем и опытом по каждому году.

“аким образом, достоверное различие частот аберрации хромосом между условным контролем и опытными популџциџми (s оперечка, » глаково, –омашка) сохраняется во всем периоде 1993-1996 годов. Это позволяет говорить о постоянном влиянии антропогенных факторов в районе s оперечка, » глаково и –омашка (табл. 3).

с ри оценке степени антропогенной нагрузки имеет значение не только доля клеток с аномалиџми, но также частота различных типов аберраций (табл. 4).

ачественный анализ спектра аберраций (табл. 4) показал большое разнообразие по типам аберраций, во всех агропопулџциџх, кроме агропопулџции “ айга (анализ до посева) и (из семџн), то есть тот материал, который послужил основой длџ проведения всего эксперимента в целом.

К наиболее часто встречались следующие типы аберраций: мосты (хромосомные одиночные и двойные и хроматидные одиночные), одиночные фрагменты, микроџдра, забегания и отставания хромосом. „ асто типичные хромосомные аберрации (мосты, фрагменты) сочетаются с нарушениями веретена деления и представлены в комплексе в отдельных клетках.

▮ агропопулџции s оперечка в 1993, 1994, 1995 и 1996 годах высок процент хроматидных и хромосомных мостов. с ри сравнении частот, наибольшие различия обнаружены между 1993, 1995 и 1994, 1995 годами. “акже в 1993, 1995 годах остается достаточно высоким уровень двойных хромосомных мостов, одиночных фрагментов и редких типов нарушений. ▮ агропопулџции » глаково в 1994, 1995 и 1996 годах отмечен высокий уровень хромосомных мостов. —равнение по годам не показало достоверных отличий между выборками.

—нектр хромосомных aberrаций у Allium сера L. (%).

группа	год	хроматидный мост	двойной хроматидный мост	двойной хромосомный мост	длинный фрагмент	двойной фрагмент	микроряд	«абегагане хромосом	к тетагане хромосом	- митоз	редко встречающиеся нарушения	
«айга (из семџи)	1994	0,33	—	2,77	0,14	0,10	0,02	0,01	—	—	—	0,13
«айга (анализ до посева)	1995	0,17	—	1,15	0,06	0,21	—	—	0,10	0,15	0,04	0,29
	1996	1,04	—	0,53	—	0,06	—	0,32	0,20	0,20	—	0,32
«айга	1994	0,66	0,14	3,25	0,08	0,15	—	0,01	0,03	0,07	—	0,30
	1995	0,46	0,09	1,72	0,08	0,12	0,05	0,06	0,06	0,14	0,11	0,35
	1996	1,03	0,05	1,34	0,20	1,18	—	0,49	0,15	0,20	0,44	0,18
ерамик	1993	0,63	0,05	0,30	0,02	0,60	0,11	—	0,11	0,07	—	0,12
	1994	1,00	0,03	0,54	0,13	0,97	0,03	0,10	0,13	0,21	—	0,49
	1995	0,21	—	0,53	0,06	0,47	—	0,14	1,21	0,12	0,02	0,16
	1996	1,21	—	0,60	0,05	0,10	—	0,23	0,39	0,15	0,28	0,26
s оперечка	1993	1,71	0,03	3,21	0,61	1,65	0,40	0,16	0,09	0,22	0,01	1,14
	1994	1,01	0,04	5,20	0,25	0,29	0,04	0,11	0,04	0,14	—	0,43
	1995	0,79	—	4,71	0,96	0,84	0,10	0,22	0,26	0,07	0,17	1,17
	1996	0,78	0,09	5,68	0,39	0,36	0,15	0,58	0,18	0,12	0,27	0,09
» глаково	1994	0,69	—	6,92	0,44	0,41	0,05	0,03	—	0,21	—	0,38
	1995	0,89	0,10	6,50	0,42	0,49	0,07	0,10	—	0,10	0,10	0,46
	1996	0,91	0,06	6,55	0,32	0,18	0,06	0,18	0,18	0,23	0,21	0,79
—омашка	1994	0,52	—	4,67	0,39	0,76	0,21	0,06	0,03	0,09	—	0,66

«акже не обнаружено отличий по годам при анализе нарушений типа: хроматидные мосты, двойные хроматидные мосты, двойные фрагменты.

—равнительный анализ опытных популяций в каждом году по всему спектру хромосомных aberrаций, не выявил достоверных отличий по большинству показателей между популяциями s оперечка и –омашка в 1994 году, но отмечены достоверные отличия в 1994, 1995 и 1996 годах между популяциями s оперечка и » глаково. В 1993 и 1995 годах в популяции s оперечка, в 1994, 1995 годах в популяции » глаково и в 1994 году в популяции –омашка, отмечен более высокий процент одиночных и двойных фрагментов, что свидетельствует об ослаблении репарационных систем и замедленности процессов восстановления. Низкие интенсивности облучения индуцируют появление большого количества aberrаций одноударного типа, приводящих к разрыву хромосом и появлению, прежде всего фрагментов (Кубинин К.С. и др., 1980).

—равнительный анализ условного контроля (керамик) с опытными популяциями (s оперечка, » глаково, –омашка) по всему спектру хромосомных aberrаций практически во всех случаях показало высокодостоверные различия.

В целом, оценка спектров хромосомных aberrаций, вышеперечисленных агропопуляций за четыре года, следует отметить, что уровень дицентрических фрагментов (хроматидные и хромосомные мосты) остается достаточно высоким и вносит основной вклад в спектр хромосомных aberrаций. В агропопуляциях s оперечка в 1993-1996 годах, » глаково в 1994-1996 годах и –омашка в 1994 году, наряду с перечисленными выше, часто встречающимися нарушениями, в группе редких aberrаций выявлена высокая частота множественных мостов, выброс хроматина из ядер и вакуолизация его, а в ряде случаев слипание хромосом, формирующих сложные конфигурации.

» исследуемые нами агропопуляции имеют различную степень и характер антропогенной нагрузки. В дальнейшем анализе объединим весь спектр хромосомных aberrаций в два класса: структурные aberrации (число клеток) и изменение числа хромосом (число клеток). Как как *Allium scirpifolium* L. относится к растениям, у которых мутации хромосом возникают по типу

незадержанного мутагенеза, значит два класса наблюдений будут нести различную информацию. “акже в анализ был включен третий класс наблюдений: число клеток с нормальным прохождением митоза.

– результаты корреляционного анализа

с проверка нормальности распределения переменных по критерию “Шapiro-” илки показала, что нормальное распределение числа клеток с нормой характерно для корней, растений, но в целом для популяции нормальность отсутствует. Это объясняется тем, что происходит дрейф средних и при наложении нескольких кривых распределения происходит нарушение нормальности. В некоторых случаях нормального распределения признаков использовался коэффициент корреляции сирсона, в иных случаях - коэффициент ранговой корреляции –спирмэна.

корреляционный анализ показал, что существует положительная корреляция между такими признаками, как изменение числа хромосом, структурные aberrации и сумма клеток с нормой (табл. 5).

“аблица 5

– результаты корреляционного анализа

группы	год	изменение числа хромосом & сумма клеток с нормой	р-достигнутый	структурные aberrации & сумма клеток с нормой	р-достигнутый	изменение числа хромосом & структурные aberrации	р-достигнутый	сумма нарушений & сумма клеток с нормой	р-достигнутый
с оперечка	1993	0,4465	0,001	0,6803	0,000	0,4634	0,001	0,6929	0,000
	1994	0,2796	0,049	0,1932	0,179	-0,1583	0,272	0,2826	0,047
	1995	0,4243	0,002	0,7499	0,000	0,1289	0,372	0,8190	0,000
	1996	0,0552	0,703	0,4240	0,002	-0,1650	0,252	0,4233	0,002
» глаково	1994	0,3469	0,014	0,7272	0,000	0,0703	0,628	0,7802	0,000
	1995	0,4215	0,002	0,6678	0,000	0,1479	0,305	0,7391	0,000
	1996	-0,0846	0,559	0,4798	0,000	0,0870	0,548	0,3860	0,006
–омашка	1994	0,4179	0,003	0,7768	0,000	0,2505	0,079	0,8076	0,000
“ айга (из сем.)	1994	0,3690	0,009	0,6360	0,000	0,0417	0,774	0,7222	0,000
“ айга (до посева)	1995	0,3472	0,014	0,4408	0,001	0,0600	0,679	0,5353	0,000
	1996	0,3581	0,011	0,2406	0,092	0,2128	0,138	0,3953	0,004
“ айга	1994	0,6757	0,000	0,6510	0,000	0,3888	0,005	0,7885	0,000
	1995	0,1043	0,471	0,5887	0,000	0,0287	0,843	0,4650	0,001
	1996	0,6543	0,000	0,4114	0,003	-0,1531	0,288	0,8329	0,000
ерамик	1993	0,4240	0,002	0,4511	0,001	0,1956	0,173	0,5625	0,000
	1994	0,4912	0,000	0,3718	0,008	0,0380	0,794	0,5926	0,000
	1995	0,0556	0,701	0,4220	0,002	-0,0248	0,864	0,3236	0,022
	1996	0,5573	0,000	0,2755	0,053	0,4320	0,002	0,5339	0,000

с при объединении двух классов нарушений в один класс - общая сумма нарушений, нами также отмечена положительная корреляция между общей суммой нарушений и суммой клеток с нормой. Коэффициенты корреляции, в большинстве случаев, оказываются выше, чем при рассмотрении отдельно переменных изменение числа хромосом и структурных aberrаций. Корреляции не отмечено между переменными структурные aberrации и изменение числа хромосом, а достоверные результаты, полученные в агропопуляциях с оперечка (1993), "айга (1994), ерамик (1996) можно отнести к единовременным совпадениям (табл. 5).

– результаты дискриминантного анализа

с проведенный дискриминантный анализ по годам для каждой агропопуляции показал, что не существует отличий между группами (табл.6)

“ таблица 6

’ характеристика дискриминантной функции

группа популяции	переменные	λ - Wilks	F- критерий	p- достигнутый
" айга (анализ до посева)	– структурные aberrации	0,421192	54,06284	0,000000
	» изменение числа хромосом	0,327883	26,02418	0,000000
	– сумма клеток с нормой	0,251336	3,02278	0,051743
" айга	– структурные aberrации	0,791449	25,54341	0,000000
	» изменение числа хромосом	0,682258	12,01707	0,000015
	– сумма клеток с нормой	0,638502	6,59662	0,001812
ерамик	– структурные aberrации	0,886072	6,509385	0,000322
	» изменение числа хромосом	0,914734	8,822498	0,000016
с оперечка	– сумма клеток с нормой	0,687162	17,31006	0,000000
	» изменение числа хромосом	0,574338	3,85039	0,010453
	– структурные aberrации	0,567851	3,07653	0,028765
» глаково	– структурные aberrации	0,971271	4,254840	0,015995
	» изменение числа хромосом	0,950667	2,616009	0,076518

Вероятность ошибочной классификации, с помощью дискриминантной функции, оказалась достаточно высокой - более 50%, что говорит о постоянных антропогенных нагрузках в опытных популяциях и об однородности дискриминируемых совокупностей.

Анализ условного контроля "айга (до посева) - "айга - ерамик в каждом году показал однородность наблюдений (табл. 7) и вероятность ошибочной классификации порядка 40 %.

Таблица 7

Характеристика дискриминантной функции
("айга/до посева - "айга - ерамик)

Год	Переменные	λ - величина	F - критерий	p Достигнутый
1994	— сумма клеток с нормой	0,558280	10,56405	0,000052
	» изменение числа хромосом	0,666243	26,62727	0,000000
	— структурные aberrации	0,639947	22,71484	0,000000
1995	» изменение числа хромосом	0,825311	17,20377	0,000000
	— структурные aberrации	0,803365	14,80519	0,000001
1996	— сумма клеток с нормой	0,699546	7,46491	0,000821
	» изменение числа хромосом	0,678652	5,07648	0,007397
	— структурные aberrации	0,961113	37,36453	0,000000

Сравнение между собой опытных групп (с оперечка Ц » глаково Ц —омашка) в 1994 году не показало различий, такая же ситуация сложилась в 1996 году. При анализе данных (с оперечка Ц » глаково) в 1995 году использовали стандартный метод включения всех переменных, так как не смогли реализовать метод пошагового включения переменных при заданных условиях (F-включение = 2; F-исключение = 1,5). Анализ F-критерия и достигнутого уровня значимости показал, что не найдено

достоверных отличий между популяциями по включенным в анализ переменных.

Оценка генетических отклонений в 1993 году

Сравнение условий контроль-опыт (ерамик-с оперечка) в 1993 году показало, что две выборки отличаются между собой. В модель были включены две переменные: структурные aberrации и сумма клеток с нормой (табл.8). Наибольший вклад в различие между популяциями вносят структурные aberrации (λ -критерий = 0,966712).

таблица 8

Характеристика дискриминантной функции (ерамик - с оперечка)

Переменные	λ -критерий	F-критерий	p-значение
Структурные aberrации	0,966712	154,0549	0,000000
Сумма клеток с нормой	0,396480	5,9657	0,016396

Результаты апостериорной переклассификации по дискриминантной функции (табл.9) показали, в группу "опыт" было отнесено 40 наблюдений (80 %), а в "контрольную группу" были отнесены 50 наблюдений из агропопуляции ерамик (100 %) и 10 наблюдений из агропопуляции с оперечка.

таблица 9

Классификационная таблица (ерамик - с оперечка)

Агропопуляция	%	ерамик	с оперечка
ерамик	100,0	50	0
с оперечка	80,0	10	40
Сумма	90,0	60	40

Анализ этих наблюдений показал, что в них доля нарушений связанных с изменением числа хромосом больше, чем структурных aberrаций. Это может быть связано с тем, что условный контроль и опыт испытывают сходное воздействие со стороны г. Омска, которое в главной степени характеризуется наличием изменений числа хромосом.

□ если исключить 10 значений, которые в результате переклассификации были отнесены в контрольную группу, и снова провести дискриминантный анализ, то анализ дискриминантной функции показывает уменьшение значения λ -илкса (0,245676) и F-критерия (2,3945) для переменной "сумма клеток с нормой". Увеличилось значение достигнутого уровня значимости ($p=0,125395$). Значение F-критерия для переменной структурные aberrации увеличилось и составило 249,1215 ($p= 0,0000009$); отмечено снижение значения λ -илкса до 0,923747.

После переклассификации наблюдений в опытной группе увеличился процент (97,5 %) наблюдений, отнесенных в эту группу. Однако выделилось одно наблюдение, которое ранее по результатам переклассификации относилось к опытной группе. Словоный контроль оказался неизменным. Исключим из модели переменную "сумма клеток с нормой", так как уровень значимости для этой переменной $p=0,125395$, значительно превышает 0,05. В этом случае модель будет включать только одну переменную - "хромосомные нарушения", которая характеризуется λ -илкса = 1,00, F-критерий = 270,1954 ($p=0,0000009$). Таблица переклассификаций оказалась неизменной, как и для анализа с удаленными переменными.

□ если удалить одно значение из опытной популяции, которое вследствие переклассификации было отнесено в контрольную группу, то дискриминантная функция будет включать в анализ также одну переменную - структурные aberrации. Анализ переклассификации показывает, что к контрольной и опытной группе относятся 50 и 39 наблюдений соответственно, что составляет 100 % для каждой группы.

В целом проведенный дискриминантный анализ показал достоверные различия между контрольной и опытной популяциями в 1993 году. По нашему мнению результаты, приведенные выше, свидетельствуют о том,

что основной вклад в различия между контролем и опытом вносят нарушения индуцированные радиационным излучением.

Оценка генетических отклонений в 1994 году

Анализ дискриминируемых совокупностей типа условный контроль - опыт (эрамик - с оперечка; эрамик - » глаково и эрамик - –омашка) в 1994 году показал, что из трех предложенных переменных в модель были включены две: структурные aberrации и сумма клеток с нормой (табл.10).

таблица 10

Характеристика дискриминантной функции
(эрамик Ц с оперечка, эрамик Ц» глаково, эрамик Ц–омашка)

Дискриминируемые совокупности	Переменные	λ - критерий	F - критерий	p - достигнутый
эрамик- с оперечка	—структурные aberrации	0,983924	92,57211	0,000000
	—умма клеток с нормой	0,539425	6,93082	0,009859
эрамик- » глаково	—структурные aberrации	0,836142	135,3444	0,000000
	—умма клеток с нормой	0,569888	61,3587	0,000000
эрамик- –омашка	—структурные aberrации	0,735304	62,87125	0,0000009
	—умма клеток с нормой	0,817309	80,70095	0,000000

Процент правильной классификации для сравнения эрамик Ц с оперечка составляет 88% и 84% соответственно. Для групп сравнения эрамик Ц–омашка - 84% и 94% соответственно. Наибольшие различия зафиксированы при сравнении эрамик Ц» глаково. Процент правильной классификации для эрамик Ц90% (45 наблюдений из 50) и » глаково 98% (49 наблюдений из 50). Таблица переклассификации для трех дискриминируемых совокупностей указывает на то, что и в контрольной группе появились такие наблюдения, которые могут быть отнесены в опытную группу. Это может быть связано с тем, что в 1994 году общая доля хромосомных aberrаций снижена, следовательно, доля внесенная за счет спонтанного мутирования, возрастает.

” далим те наблюдениѡ, которые в результате переклассификации не были отнесены в свою группу. ▯ результате этого уменьшилось значение λ -” илкса. s роцент правильной классификации длѡ дискриминируемых совокупностей ерамик Цs оперечка и ерамик Ц» глаково составил по 100%. j гропопулѡциѡ –омашка ѡвлѡетсѡ неоднородной. s осле удалениѡ значений в дискриминируемой совокупности, вероѡтность ошибочной классификации с помощью рассчитанной дискриминантной функции длѡ агропопулѡции ерамик снизилась до 7,15 % , что значительно превышает значениѡ в сравнениѡх ерамик Ц» глаково и ерамик Цs оперечка.

s ри объединении четырех выборок (ерамик Цs оперечка Ц» глаково –омашка) в одну дискриминируемую совокупность в модель были последовательно включены все три переменные: хромосомные нарушения, сумма клеток с нормой, хроматидные нарушения (табл.11).

“ аблица 11

’ арактеристика дискриминантной функции
(ерамик Цs оперечка Ц» глаково Ц–омашка)

s еременные	λ - ” илкса	F - критерий	p Цдостигнутый
—структурные нарушения	0,657092	45,52569	0,000000
» зменение числа хромосом	0,408210	3,78897	0,011329
—умма клеток с нормой	0,489618	17,44089	0,000000

—увеличением числа наблюдений возрастает степень информативности переменных. к днако, судѡ по результатам предыдущих наблюдений, когда между опытными популѡциѡми не было найдено существенных отличий, результаты переклассификации указывают на то, что можно выделить две основные группы - опытную и контрольную (табл.12).

“ аблица 12

лассификационнаѡ таблица

j гропопулѡциѡ	%	ерамик	s оперечка	» глаково	–омашка
ерамик	72,0	36	4	0	10
s оперечка	64,0	6	32	8	4
» глаково	44,0	1	10	22	17
–омашка	66,0	2	6	9	33
—умма	61,5	45	52	39	64

Пыделюю две группы (опыт и контроль), в модель вошли переменные: изменение числа хромосом, структурные aberrации и сумма клеток с нормой. j анализируюю значения дискриминантной функции, можно отметить, что увеличились значения λ -критерия и F-критерия (табл.13). Кесмотрюю на то, что в модель вошла переменная "изменение числа хромосом" с величиной уровня значимости, несколько превышающей 0,05, наблюдений с ошибочной классификацией значительно меньше, чем при рассмотрении парных сравнений или объединении четырех выборок (табл.13).

“аблица13.

’ характеристика дискриминантной функции (контроль Цопыт)

s переменные	λ - критерий	F критерий	p Достигнутый
—структурные aberrации	0,789921	112,3006	0,000000
» изменение числа хромосом	0,510595	3,2819	0,071581
—сумма клеток с нормой	0,613121	43,2969	0,000000

П результате использованию дискриминантной функции с этим набором переменных в опытной группе вероятность ошибочной переклассификации была снижена до 2%. Вероятность же ошибочной переклассификации для контрольной группы осталась все же достаточно высокой - 30 %. “ак как опытнаю и контрольнаю группы испытывают сходное воздействие со стороны г. “омска, исключим те значения, которые не были отнесены в свою группу. Модель включает в себя три переменные: изменение числа хромосом, структурные aberrации и сумма клеток с нормой. После исключению ошибочных наблюдений переменная - изменение числа хромосом имеет уровень значимости не превышающий 0,05 (табл.14).

Кднако вероятность ошибочной классификации для контрольной группы составляет 8,6%. Это может быть связано с уменьшением доли хромосомных aberrаций, когда доля спонтанного мутирования в контрольной группе составляет больший вклад, чем уровень индуцированных мутаций.

’ характеристика дискриминантной функции (контроль Цопыт)

s еременные	λ - ” илка	F - критерий	p Цдостигнутый
—структурные аберрации	0,592846	123,6694	0,000000
» зменение числа хромосом	0,376342	13,5016	0,000315
—умма клеток с нормой	0,513342	83,2136	0,000000

с ро введенный дискриминантный анализ в 1994 году выщвил отличия между контрольной и опытными популяциями. к пытные популяции в целом характеризуются наличием большого числа нарушений индуцированных как радиационным излучением, так и химическими агентами. Ёто было показано при объединении четырех выборок в одну дискриминируемую совокупность, когда было невозможно четко классифицировать каждую опытную группу.

к ценка генетических отклонений в 1995 году

ј нализ дискриминируемых совокупностей типа условный контроль - опыт (ерамик - s оперечка, ерамик - » глаково) в 1995 году показал, что из трёх предложенных переменных в модель были включены две: структурные аберрации и сумма клеток с нормой (табл.15).

□олщ хромосомных аберраций в 1995 году в **5 (!) раз** превышает спонтанный уровень мутирования, вследствие чего наблюдаются значительные отличия между условным контролем и опытом. ырощтность ошибочной классификации составляет 2-6 %.

к щибочно классифицированные наблюдения могут возникнуть за счёт сходного воздействия со стороны предприятий г. “омска, где отмечается неустойчивая роза ветров и проведенные геохимические исследования (—ихванов Ѓ.s ., 1995) наглядно показывают сходные ореолы загрязнения одними и теми же химическими агентами. » сключая эти наблюдения из анализа, мы увеличиваем вероятность верной классификации до 100 % в

дискриминируемых совокупностей керамик - s оперечка и керамик -
» глаково.

“ таблица 15

’ характеристика дискриминантной функции

(керамик Цs оперечка, керамик Ц» глаково)

□искриминируемые совокупности	s еременные	λ - ” илкса	F Цкритерий	p - достигнутый
керамик- s оперечка	—структурные аберрации	0,953751	234,2399	0,000000
	—умма клеток с Кормой	0,432755	53,2970	0,000000
керамик- » глаково	—структурные аберрации	0,924193	230,5585	0,000000
	—умма клеток с нормой	0,390413	41,3726	0,000000

с осле исключения ошибочных наблюдений для дискриминируемой совокупности керамик - » глаково становится значимой переменной изменение числа хромосом (λ - ” илкса = 0,227407; F-критерий = 3,9939; p - достигнутый = 0,048555) и включается в модель. □ дискриминируемой совокупности керамик - s оперечка произошло уменьшение значений λ -” илкса и увеличение значений F-критерия.

с ри объединении трёх выборок в одну дискриминируемую совокупность (керамик Цs оперечка - » глаково) происходит накопление информации о признаках. □ модель были включены переменные - структурные аберрации и сумма клеток с нормой. □ для переменной структурные аберрации F-критерий = 147,7711 (p-достигнутый = 0,0000009) и для переменной сумма клеток с нормой F = 41,6550 (p-достигнутый = 0,0000009).

“ таблица переклассификации указывает на высокую степень обособленности агропопуляции керамик от опытных групп. Вероятность ошибочной классификации составляет всего 2 %. К опытные популяции (s оперечка, » глаково) не показывают четких отличий друг от друга. □ контрольную группу из этих популяций попало 4 наблюдения, которые

могут быть отнесены за счёт сходства воздействия на контрольную и опытную группы.

«как как нет значимых отличий между популяциями с опережками и глаково, то можно объединить их в одну группу (опыт) и сравнить с условным контролем. Дискриминантная функция также будет включать две переменные с незначительным изменением значений λ - "илкса и увеличением значения F-критерия при уровне значимости не превышающем 0,05 (табл.16).

«таблица 16

« характеристика дискриминантной функции (контроль Цопыт)

переменные	λ - "илкса	F-критерий	p-достигнутый
—структурные аберрации	0,944030	297,4816	0,000000
—сумма клеток с нормой	0,489877	83,6506	0,000000

« после объединения двух выборок в одну опытную группу вероятность ошибочной классификации для не-составляет всего лишь 2 %. « теперь к контрольной группе может быть отнесено только 3 наблюдения. Вместе с тем, выросла доля ошибочной классификации в контрольной группе и составляет 8 % (4 наблюдения из 50). « такое перераспределение может быть связано с тем, что с накоплением наблюдений идет накопление информации о группах и тем более возрастает вклад каждого наблюдения в общую характеристику группы.

« дадим значения, которые не были отнесены в априорно определенную группу, так как их неправильная классификация - следствие того, что популяции испытывают сходное воздействие. В результате значительно повышается доли каждой переменной в модели. Для переменной "структурные аберрации" F-критерий = 305,8215 (p= 0,0000009), и для переменной "сумма клеток с нормой" F = 118,9290 (p = 0,0000009).

« анализ таблицы переклассификации показал, что в контрольной группе вероятность ошибочной классификации возросла и составляет 10 % (5

наблюдений из 46). Однако после удаления значений опытной группа стала однородной и в неё отнесены 97 наблюдений, что составляет 100 %.

С проведённый дискриминантный анализ в 1995 году выявил достоверные различия между контрольной и опытными популяциями, которые, прежде всего, связаны с нарушениями возникающими под воздействием ионизирующего излучения. Как же вошедшая в модель переменная "сумма клеток с нормой" указывает на то, что разный характер и степень антропогенной нагрузки являются причиной не только изменения числа и структуры хромосом, но и разной митотической активности клеток в контрольной и опытных популяциях.

Оценка генетических отклонений в 1996 году

Анализ дискриминируемых совокупностей типа условный контроль - опыт (ерамик - » глаково) в 1996 году показал, что из трёх переменных для дискриминируемой совокупности ерамик - s оперечка в модель вошли переменные - "структурные aberrации" и "сумма клеток с нормой". Для дискриминируемой совокупности ерамик - » глаково: "изменение числа хромосом", "структурные aberrации" и "сумма клеток с нормой" (табл.17).

Контрольные и опытные выборки достоверно отличаются между собой. Вероятность ошибочной классификации для s оперечки составляет 6 %, для » глаково 4 % контрольная группа оказалась однородной, в неё вошли все 50 наблюдений, что составляет 100 %.

Если исключить значения, отнесённые вследствие ошибочной классификации не в свою группу, исходя из предположения о том, что эти наблюдения в агропопуляциях ерамик, s оперечка, » глаково испытывают сходную антропогенную нагрузку со стороны предприятий г. Омска, то дискриминируемая совокупность ерамик - s оперечка будет включать в модель 3 переменные. Наибольший вклад в различия между популяциями будет давать переменная - "структурные aberrации" (она была первой включена в дискриминантную функцию), затем были

включены переменные "Сумма клеток с нормой" и "изменение числа хромосом".

“ таблица 17

’ характеристика дискриминантной функции
(ерамик Цс оперечка, ерамик Ц» глаково)

□ дискриминируемые совокупности	s переменные	λ - "илкса	F Цкритерий	p - достигнутый
ерамик- s оперечка	—структурные аберрации	0,531080	80,87074	0,000000
	—умма клеток с нормой	0,547514	86,37475	0,000000
ерамик- » глаково	—структурные аберрации	0,529234	128,8037	0,000000
	—умма клеток с нормой	0,334213	45,9644	0,000000
	» зменение числа хромосом	0,237640	4,9229	0,028543

□ такой же последовательности были включены в модель и переменные при сравнении ерамик - » глаково.

□ агропопуляции s оперечка снизилась вероятность ошибочной классификации (4,3 %), вместе с тем 2 значения, отнесенные к популяции ерамик, говорят о том, что выборка неоднородна. После исключения значений в популяции » глаково возросла вероятность ошибочной классификации и составила 4,2 %, следовательно, исключенные значения давали информацию об опытной популяции.

После объединения трех выборок (ерамик, s оперечка, » глаково) в одну дискриминируемую совокупность в модель вошли две переменные: "сумма клеток с нормой" (первой вошла в модель, и несет наибольший вклад в различия между популяциями) и "хромосомные нарушения" (табл. 18).

—удно по результатам переклассификации, две опытные популяции (s оперечка, » глаково) значимо не различаются между собой. —ледовательно, их можно объединить в одну опытную группу. Вероятность ошибочной классификации для условного контроля (ерамик) составляет

6%. контрольная группа, судя по результатам переклассификации, наиболее сильно отличается от опытных групп (табл.19).

таблица 18

характеристика дискриминантной функции (керамик - s оперечка - » глаково)

переменные	λ - критерий	F - критерий	p Достигнутый
— сумма клеток с нормой	0,568698	70,47056	0,000000
— структурные aberrации	0,562374	68,87536	0,000000

таблица 19

классификационная таблица (керамик - s оперечка - » глаково)

j группа	%	керамик	s оперечка	» глаково
керамик	94,0	47	3	0
s оперечка	52,0	3	26	21
» глаково	64,0	2	16	32
— сумма	70,0	52	45	53

основываясь на результатах переклассификации, можно выделить две группы: контроль и опыт. После выделения двух групп (контроль и опыт) в модель были включены все три переменные. Как же наибольший вклад в различия между группами вносят "структурные aberrации". Объединение выборок привело к тому, что главной характеристикой опытных групп стали "структурные aberrации" (табл.20).

таблица 20

характеристика дискриминантной функции (контроль - опыт)

переменные	λ - критерий	F - критерий	p Достигнутый
— структурные aberrации	0,523906	117,3873	0,000000
— сумма клеток с нормой	0,489828	100,2552	0,000000
» изменение числа хромосом	0,297040	3,3331	0,069942

контрольная группа, судя по результатам переклассификации, увеличила долю наблюдений, которые могут быть отнесены в опытную

группу. “еперь вероятность ошибочной классификации для контрольной составляет 8 % (4 наблюдения из 50). В опытной группе вероятность ошибочной классификации 4 % (4 наблюдения из 100).

проведенный дискриминантный анализ для данных 1996 года, в котором мы провели сравнение контрольной и опытной популяции, выявил достоверные различия между контрольной и опытными популяциями, которые, прежде всего, связаны с нарушениями возникающими под воздействием ионизирующего излучения и химических агентов (Ихванов Т.с., 1996). Различная степень и характер антропогенной нагрузки влияет на митотическую активность клеток в контрольной и опытных популяциях, что так же вносит определенный вклад в различия между популяциями.

Таким образом, дискриминантный анализ показал, что наиболее сильно, судя по результатам переклассификации, различаются именно контрольные и опытные популяции. Наибольший вклад в различия между этими популяциями вносят "структурные аберрации", которые возникают под воздействием ионизирующего излучения. Основным источником ионизирующего излучения на изучаемой нами территории, является... Опытные популяции, судя по результатам переклассификации, не различаются по изменению числа и структуры хромосом и по числу делющихся клеток между собой и по годам. То есть, все опытные популяции находятся под постоянной антропогенной нагрузкой.

» изучение микроспорогаметогенеза

» изучение микроспорогаметогенеза является одним из тестов для определения загрязнения среды. В настоящее время в литературе достаточно подробно освещен вопрос о ходе микроспорогенеза у *Allium* сера L. (Соколов И.И., 1968; Стожарова И.И., с одобрения И.И. Стожарова, 1977). К данным о том, в бутонах каких размеров идут стадии микроспорогаметогенеза - нет. Были проведены исследования в

агропопуляции опылово по определению величины бутона *Allium sera* L., в которых наблюдается микроспорогаметогенез (табл.21).

с первую стадию мейоза можно наблюдать в бутоне размером 1,8 мм (наблюдаются клетки археспория). микроспорогаметогенез протекает асинхронно. «аканчивается образованием зрелого пыльцевого зерна в бутоне размером 3,3 мм.

«ест на определение фертильности пыльцы Ц доступный метод для определения антропогенной нагрузки на среду. с процент фертильной пыльцы в контрольной популяции керамик составляет 98,2 %, что достоверно выше, чем в опытных популяциях опылово и » глаково.

«аблица 21

—тадии микроспорогаметогенеза у *Allium sera* L.

—тадии микроспорогаметогенеза	с рофаза I					h етафаза I	j наза I	«елофаза I	h етафаза II	j нафаза II	«елофаза II	«етрады	с ыльцевое «ерно Сез Екзины	«релое пыльцевое зерно
	Тепто-тена	«иготена	s ахитена	□иплотена	□ианкинез									
—азмер бутона, мм M ± m	1,8±0,1	2,0±0,2	2,1±0,2	2,2±0,2	2,4±0,2	2,4±0,2	2,6±0,1	2,6±0,1	2,7±0,2	2,8±0,1	2,9±0,1	3,0±0,1	3,1±0,2	3,3±0,5

к опытные популяции опылово и » глаково отличаются между собой по степени и характеру антропогенной нагрузки (—ихванов Т.с ., 1995,1997). к ценка фертильности пыльцы в агропопуляциях опылово и » глаково в 1995 и 1997 году показала, что процент фертильных пылинков в агропопуляции опылова достоверно выше, чем в » глаково в 1995 и 1997 годах (табл.22).

«аблица 22

—равнительный анализ фертильности пыльцы у *Allium sera* L.(в %)

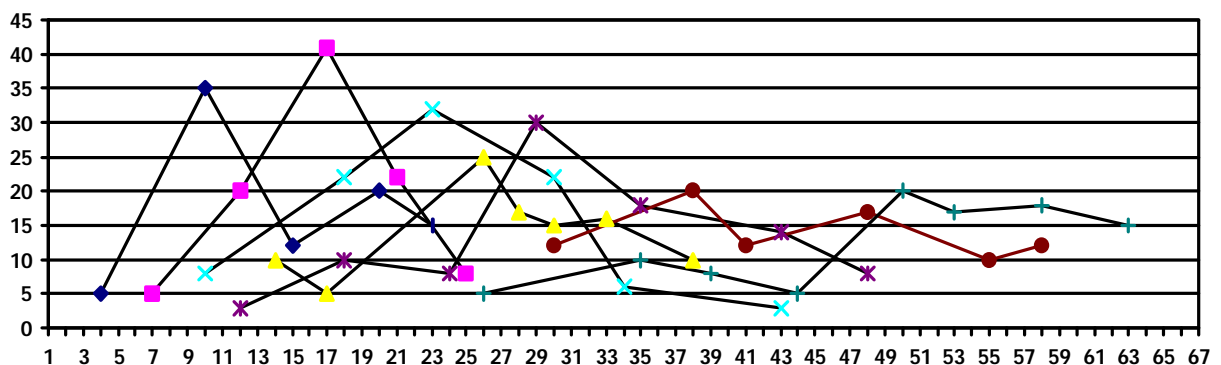
□од	опылово	» глаково	Z-статистика	p-достигнутый
1995	92,50	82,24	181,1667	0,01
1997	91,73	80,61	166,8333	0,01

«начительное снижение фертильности пыльцы отмечается в агропопуляции» глаково в 1995 и 1997 годах за счёт антропогенного воздействия со стороны —², которое подтверждено инструментальными методами исследования геохимии почв, пыле-аэрозольных выбросов (Ихванов Т.с . 1995, 1997). » величение стерильности пыльцы в опытных популяциях в дальнейшем будет сказываться на продуктивности растений.

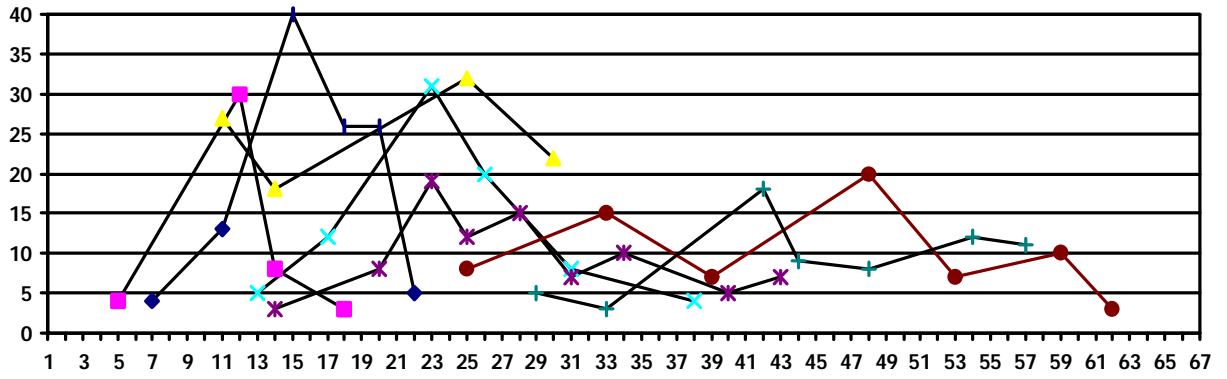
Сиоморфологические показатели

при изучении динамики прорастания луковиц у *Allium* сера L. в агропопуляциях в 1994, 1995, 1996, 1997 годах установлено, что в контрольной группе (« айга, ерамик) начало прорастания приходится на 4-7 день, а максимум энергии прорастания на 11-14 день. к пытную группу можно разделить на два класса. с ервый класс - агропопуляции» глаково, ыленка и с оперечка (находгтс под воздействием —²); второй класс (—основка, опылово) испытывает постоянную антропогенную нагрузку со стороны «К» г. «омска и агропромышленного комплекса.

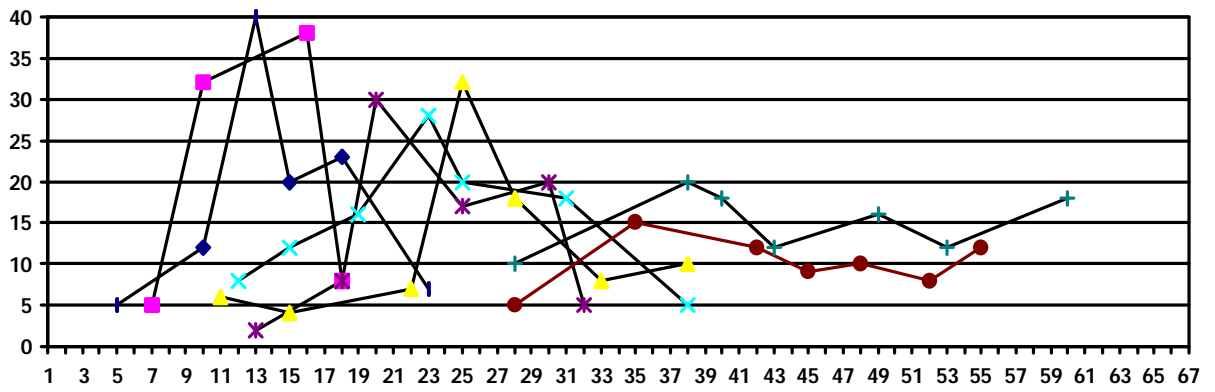
в первом классе отмечено торможение начала прорастания (10-14 день) и смещение максимума энергии прорастания на 20-28 день. второй класс характеризуется более поздним началом прорастания (25-34 день) и отсутствием четко выраженного максимума энергии прорастания. в целом, опытная группа отличается от относительного контроля торможением энергии прорастания и более длительным сроком прорастания (до 68 суток) (рис.1).



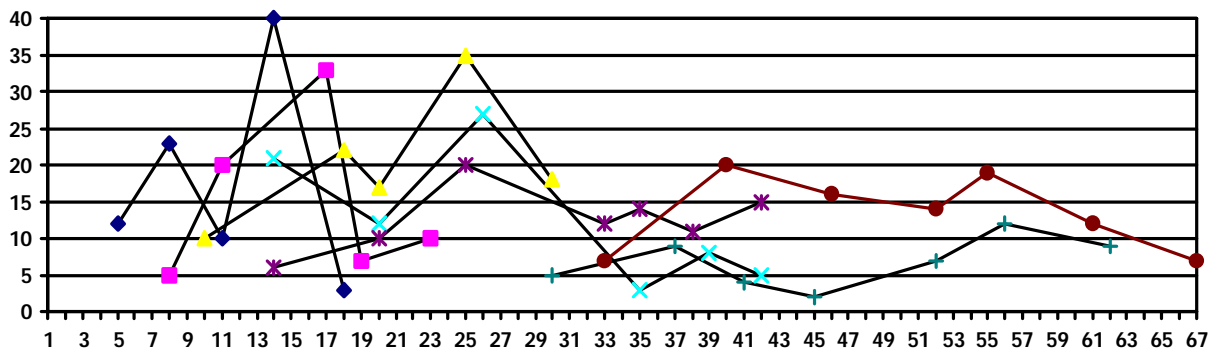
а)



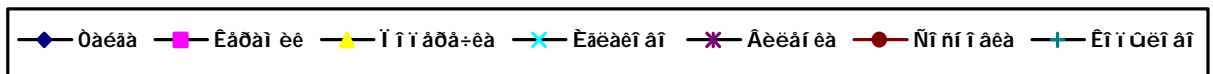
б)



в)



а)



–ис. 1

Динамика прорастания *Allium serra* L.:
 а)-1994г.; б)-1995г.; в)-1996г.; г)-1997

–результаты оценки продуктивности *Allium cepa* L. в агропопуляциях «айга, ерамик, s оперечка, » глаково, җиленка, опылово, —основка приведены в (табл.23).

«аблица 23

s родуктивность *Allium cepa* L.

җ агропопуляция	җод	оличество дочерних луковок	җ масса, г М	Диаметр, см М	Высота, см М
« айга	1995	41	17,85	3,00	-----
	1996	48	13,60	3,34	3,61
	1997	40	18,74	3,64	3,66
ерамик	1995	24	26,83	4,72	-----
	1996	20	10,49	2,97	3,19
	1997	26	3,72	1,97	2,55
s оперечка	1995	17	33,16	4,55	-----
	1996	11	10,28	3,10	3,34
	1997	34	4,44	2,14	3,40
» глаково	1995	12	31,76	4,88	-----
	1996	18	4,87	2,13	2,87
	1997	21	2,93	1,76	2,58
опылово	1995	35	58,53	5,70	-----
	1996	38	11,18	3,14	3,60
	1997	33	5,50	2,70	3,20
—основка	1995	5	30,66	4,58	-----
	1996	11	8,46	2,63	3,01
	1997	15	3,24	2,06	2,84
җиленка	1995	17	14,24	3,16	-----
	1996	15	9,86	2,98	3,50
	1997	15	4,01	2,01	2,91

s роведенный корреляционный анализ всех учитываемых элементов продуктивности показал, что существует положительная корреляция между массой луковицы и ее диаметром; массой луковицы и ее высотой; диаметром луковицы и ее высотой (табл.24). В тех случаях, когда $p < 0,05$ и полученные результаты не могут считаться достоверными, не было получено достаточно информации, т.е. выборка была слишком мала. Это, прежде всего, относится к популяциям, находящимся под постоянной антропогенной нагрузкой, когда отмечается снижение урожайности, прежде всего выражающееся в уменьшении количества дочерних луковок (табл.24).

корреляционные коэффициенты

j агропопуляция	год	коэффициенты корреляции		
		h масса & диаметр	h масса & высота	диаметр & высота
« айга	1995	1,0000		
	1996	0,4521	0,8090	0,1533*
	1997	0,9635	0,8218	0,6968
ерамик	1996	0,6439*		
	1996	0,8846	0,8164	0,8178
	1997	0,6038	0,6838	0,7143
s оперечка	1995	0,9661		
	1996	0,9545	0,8520	0,8739
	1997	0,6880	0,3937	0,4009
» глаково	1995	0,9562		
	1996	0,8145	0,6150	0,7236
	1997	0,9276	0,8803	0,7751
опылово	1995	0,9674		
	1996	0,9830	0,7015	0,7442
	1997	0,8861	0,9052	0,7668
—основка	1995	0,9107		
	1996	0,9027	0,8669	0,9223
	1997	0,9360	0,4100*	0,1868*
чиленка	1995	0,7457		
	1996	0,9495	-0,5097*	-0,4863
	1997	0,8410	0,6585	0,6631

s примечание: *- значени коэффициента корреляции с уровнем значимости $p > 0,05$.

Двухфакторный дисперсионный анализ (факторы - год и агропопуляция) для всех показателей продуктивности (масса, диаметр и высота луковиц) показал, что вариабельность по годам в целом выше, чем между популяциями, а эффект взаимодействия этих двух факторов достоверен для массы и диаметра луковиц (табл.25).

« аблица 25

«начени F-критери» ишера для двухфакторного дисперсионного анализа

Элементы	Эффекты		
	j агропопуляция	год	взаимодействие
h масса луковиц	12,781	273,257	10,984
диаметр луковиц	25,121	340,458	8,578
ысота луковиц	22,774	1000,000	2,706

«тенденции в изменении элементов продуктивности в течение трех лет нельзя объяснить только колебаниями погодных условий, так как в этом случае необходимо допустить, что разные популяции по-разному

реагируют на одинаковые изменения климатических факторов. “Таким образом, можно сделать предположение об изменении степени антропогенного воздействия на контрольные и опытные популяции в период 1995-1997 годов, что согласуется с анализом данных по изучению пыле-аэрозольных выбросов и снегового покрова, проведенных –ихвановым Т.с . (1995, 1996, 1997), где показано наличие различий в характере и степени выбросов, которые характеризуются разным составом и концентрацией химических веществ на изучаемой нами территории.

Выводы

1. Использование сравнения пропорций, показало достоверное увеличение в 3-5 раз частоты аберраций хромосом у *Allium* сера L. в популяциях 30-км зоны — по сравнению с контрольными группами.
2. Дискриминантный анализ подтвердил достоверное увеличение числа хромосомных мостов, двойных и множественных мостов, одиночных и двойных фрагментов в эксперименте по сравнению с условным контролем (в 1993, 1994, 1995, 1996 годах), выявленное ранее с помощью сравнения пропорций.
3. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что агропопуляции, расположенные в зоне влияния — и “К”, отличаются по элементам продуктивности (число луковиц в гнезде, масса и диаметр луковиц).
4. В популяциях, находящихся под антропогенной нагрузкой, наблюдается более позднее по срокам прорастание и более длительный период увеличения корневой массы.
5. Процент фертильности пыльцы достоверно выше в контрольной популяции по сравнению с популяциями находящимися под антропогенной нагрузкой, что позволяет рекомендовать его для включения в мониторинговые исследования *Allium* сера L.

Литература

Жданов Ж.И., Волкова Т.Т., Овечков Т.И. и др. Экология — верного промышленного узла г. Омск: проблемы и решения - Омск: "О", 1994.- 260с.

Жуфиди Ж., Эйзен —. — статистический анализ: подход с использованием ЭТН. - И.: ИИР, 1982.- 488с.

Митриева —Ж., Сарфенов Т.» . ареология флоры как основы цитогенетического мониторинга. На примере Серезинского заповедника. - ИИНС: Кавука і техника, 1991.- 260с.

Обинин К.С., Ювченко Т.Ж., Ольченко Т.Ж. и др. Генетические последствия действия ионизирующего излучения на популяции// И утагенез при действии физических факторов. - И.: Наука, 1980.- с. 5 Ц10.

Макс Т. — статистическое оценивание. - И.: — статистика, 1976.- 598с.

Олотарева О.К., Шакова Е.К., Блапенко К.О. » использование семян *Allium fistulosum* G. в качестве предварительного теста при изучении мутагенных факторов окружающей среды// Итология и генетика. - 1977.- т. 11.- с. 1.- с. 62 Ц65.

«Уев Т.Ж. » ран в природных водах «ападной —ибири: геохимия и техногенез // — радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, Омск, 22-24 мая 1996г.- Омск: "С", 1996.- с. 120 - 123.

Лекка Т.—. Искриминантный анализ// « факторный дискриминантный и кластерный анализ. - И.: ИИР, 1982.- с. 78 Ц138.

Теонов Т.С. К обработка экспериментальных данных на программируемых микрокалькуляторах. - Омск: "О", 1990.- 376с.

Теонов Т.С. — статистика в радиобиологии и радиэкологии (Ж анализ отечественных публикаций 1993-1995гг) / — радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. материалы международной конференции, посвященной столетию со дня открытия

«Изменения радиоактивности и столетию “омского политехнического университета. 22-24 мая 1996 г., “омск. —тр.488-490.

Тюбищев Г.И. Дисперсионный анализ в биологии. - М.: Наука, 1986.- 200с.

Беркулов Г.И., Плехов Г.И., Резчиков Г.И. Использование пылеаэрозольных выпадений для радиационного мониторинга окружающей среды // — радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, “омск, 22-24 мая 1996г.- “омск: “С”, 1996.- с.464 - 467.

Саушева С.С. Практикум по цитологии растений. - М.: Гропромиздат, 1988.- 263с.

Гао —. Линейные статистические методы и их применение. М.: Наука, 1968. - 548с.

Ихванов Г.С. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. - “омск: “С”, 1997.- 384с.

Ихванов Г.С. Оценка состояния территорий, прилегающих к — радиогеохимическими методами// После холодной войны: разоружение, конверсия, безопасность: материалы II международной радиэкологической конференции. - Красноярск, 1995.- с. 134 Ц139.

Ихванов Г.С. — радиоэкологическая обстановка на территории бассейна реки Кэбь // — радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, “омск, 22-24 мая 1996г.- “омск: “С”, 1996.- с. 270 Ц275.

Ихванов Г.С., Язиков Г.И., Арнаев —. — содержание тяжелых металлов в почвах. - “омск: “С”, 1993.- 83.

Околов Г.И. — развитие семени репчатого лука (*Allium cepa* L.) // «Земельный журнал» — биологическая - 1968.- № 4.- с. 21 Ц27.

Тождарова Г.И., Сидубина Г.И. Роль синергид при оплодотворении, эмбриоспермогенезе и эндоспермогенезе у *Allium nutans* L. // Служба главного ботанического сада — —. - 1977.- № 105.- с. 70 Ц78.

‘ерстер Ё., –енц S. Ё методы коррелационного и регрессионного анализа. - Ё .: ‘инансы и статистика, 1983.- 302с.

‘ишер –.j . –татистические методы длѡ исследователей Ё .: □осстатиздат, 1958.- 268с.

’аев Ё . ., ,, ижов –.□., –укорцева .□. и др. Ё вошеводство. - Ё .: –ельхозиз, 1947.- 405с.

□итленок –» ., с улькина –.∟. □итогенетические изменениѡ у некоторых сложноцветных под влиянием антропогенных факторов // с роблемы экологии “омской области “омск: “□”, 1982.- с.46 □47.

Ўеффе □. □исперсионный анализ Ё .: Каука, 1980. - 512с.

язиков □.□., –ихванов Ё.s . –одержание радиоактивных и редкоземельных элементов в аэрозольных выпадениѡх снегового покрова различных территорий «ападной –ибири // –адиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитаниѡ человека: Ё атериалы международной конференции, “омск, 22-24 маѡ 1996г.- “омск: “s ”, 1996.- с. 313 - 316.

Bradley D.I., Frank C.W., Mikerin Y. Nuclear contamination from weapons complex in the former Soviet Union and the United States // Physics Today.- 1996.- с 4.- p. 40 □45.

Chengen X., Tehsiu M. Valiclation of a newly improved Allium root micronucleus bissoey for environmental clastogens // Environ. and Mol. Mutagenes.- 1991.- vol. 19.- p. 78.

Dixit G.B., Nerber S.K. Cytotoxic effects of industrial effments of Allium cepa L. // Globios.- 1985.- vol. 12.- с 6.- p. 237 □240.

J.L. Fleiss. Statistical Methods for Rates and Proportions. John Wiley&Sons. New-York 1981.

Rathore H.S. Protection against ill effects aspirin on chromosomes in Allium root L. tips by acrobic acid of magnesium ions-pilot study // G. Med. Sci.- 1986.- vol. 40.- с 12.- p. 304 □306.