

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
НАУК БЕЛАРУСИ  
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА»

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

# БОТАНИКА

## (ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск XXXVIII

*Посвящается Международному году  
биологического разнообразия*

Минск  
«Право и экономика»  
2010

УДК 582  
ББК 65.1  
Б86

**Б86 Ботаника (исследования):** Сборник научных трудов. Выпуск 38 /Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: Право и экономика, 2010. - 465 с. ISBN 978-985-442-812-3

В сборнике представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых – представителей научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Публикуемые в сборнике научные статьи рецензируются ведущими специалистами в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан  
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов  
к.б.н. Г.Н.Алексеичук  
к.б.н. Д.Г.Груммо  
д.б.н. А.И.Заболотный  
к.б.н. Н.А.Копылова  
д.б.н. В.Н.Прохоров  
д.б.н., проф. Л.М.Сапегин  
член-корр. НАН Беларуси, проф. Е.А.Сидорович  
д.б.н. В.В.Сарнацкий  
д.б.н. Г.Ф.Рыковский  
д.б.н., проф. А.Т.Федорук  
к.б.н. Е.О.Юрченко

Научные редакторы:

акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан  
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов

Ответственный секретарь

к.б.н. Т.А.Будкевич

ISBN 978-985-442-812-3

ГНУ «Институт экспериментальной  
ботаники имени В.Ф.Купревича», 2010  
Оформление. ИООО «Право и экономика», 2010

---

Адрес редакции: 220072, г.Минск, ул.Академическая, 27, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси.

Факс +375 (17) 284-18-53, E-mail: exp-bot@biobel.bas-net.by

**ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ЧАЭС НА РАЗМЕРЫ КЛЕТОК И  
ЯДЕР РАСТЕНИЙ ЛЮПИНА И ТРИТИКАЛЕ**

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси*

**Введение.** В результате исследований воздействия на растения ряда факторов аварийного выброса радионуклидов ЧАЭС накоплен обширный объём информации [1-3]. По прошествии многих лет после аварии продолжают обобщение и накопление фактов по распределению и динамике содержания радионуклидов в растениях, а также по связанным с этим уровнями хромосомных повреждений в клетках [4,5,6].

Одним из интегральных показателей физиологического состояния растений считается размер клетки [7] и клеточного ядра [8]. Объём клеток и их масса видоспецифичны, и чем мельче клетки в единице объёма ткани растения, тем больше их суммарная поверхность. Поэтому более активные клетки относительно мелкие. Чем выше метаболическая активность клеток, тем более развитая поверхность обмена метаболитами между клетками должна быть обеспечена. Быстро делящиеся клетки гораздо мельче, чем клетки запасующей паренхимы. В различных частях растений размеры ядер не всегда находятся в зависимости от размеров клеток.

Размер клеток коррелирует с размером органа, и их размеры управляются генетически [9]. Так, в зародышах тритикале, как наиболее активных частях зерновок, усредненная масса клетки составляет 7 мкг, масса клетки осевых частей проростков – 34 мкг, масса клетки флагового листа – 80 мкг. Подобные соотношения масс клеток определены в зародышах и растениях пшеницы и ржи [10]. Сравнительные исследования размеров клеток многочисленных культурных растений и соответствующих диких видов показали, что у культурных растений клетки значительно крупнее, однако высокая продуктивность и жизнеспособность «старых» полиплоидных культурных растений объясняется тем, что эти формы произошли непосредственно от диких мелкоклеточных видов. Мелкоклеточность растений сочетается с устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям [11].

При выращивании растений люпина с использованием пакетного метода в условиях повышенной загрязненности почвы радионуклидами было выявлено формирование относительной мелкоклеточности в конце вегетационного периода, как в семядолях, так и в зародышах [10]. Учитывая достаточно длительное время, прошедшее после Чернобыльской катастрофы, целью настоящей работы было сравнительное изучение последствий радиологических факторов на растения люпина и тритикале. Мы использовали семена люпина и тритикале от растений, вегетировавших на почве в 30-км зоне ЧАЭС (опыт) и в условно чистой зоне (контроль) и сравнивали параметры клеток и ядер из зародышей и проростков, выращенных из опытных и контрольных семян в лабораторных условиях.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов служили семена люпина узколистного (*Lupinus angustifloris* L.) сорт Першацвет и тритикале яровой (*Triticosecale* Wittuv) сорт Иннеса. Участок, на котором выращивали растения опытного варианта, находился в 30-км зоне радиоактивного выброса Чернобыльской АЭС (д.Бабчин Хойникского района Гомельской области). Удельная  $\gamma$ -активность почвы опытного участка составляла 2,16 кБк/м<sup>2</sup>. Контрольные семена выращивали на участке в условно чистой зоне (г. Минск, ЦБС НАН Беларуси).

Степень загрязнения семян, семядолей, эндоспермов, зародышей и высечек листьев радионуклидами определяли на спектрометре  $\gamma$ -излучения ADCAM 300 (Artec, США). Семена люпина и тритикале калибровали, замачивали в дистиллированной воде и отделяли зародыши от семядолей и эндоспермов для последующей мацерации и измерения размера клеток и ядер. Калиброванные семена проращивали в чашках Петри. Через 48 ч проклюнувшиеся семена переносили в сосуды с почвой, отобранной в условно чистой зоне, которые размещали в люминостае при освещенности 6000 люкс в режиме свет-темнота 18 и 6 ч и по мере роста растений фиксировали их габитус. Для получения отдельных клеток растительный материал фиксировали 4 %-ным глутаровым альдегидом в 30 %-ном водном этаноле и мацерировали в смеси 50 % глицерина и 50 % 12 н HCl при нагревании в кипящей водяной бане в течение 35-45 секунд. Величину и площадь разделенных клеток и их ядер измеряли с использованием микроскопа с окулярной сеткой (Carl Zeiss, Jena) и

окуляр-микрометра МОВ-1-15. Для обработки данных пользовались пакетом программы Statistica 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** Определение уровня  $\gamma$ -активности органов проростков люпина и тритикале показало, что у растений, выращиваемых из семян, полученных в 30-км зоне, накопление радионуклидов в зародышах происходит гораздо интенсивнее, чем в запасающих органах. Удельная радиоактивность зародышей люпина составила по  $^{137}\text{Cs}$  490 Бк/кг, по  $^{134}\text{Cs}$  – 96 Бк/кг, семядолей - 71,7 и 13,2 Бк/кг, зародышей тритикале - 226,0 и 41,1 Бк/кг, эндоспермов тритикале – 29,9 и 5,1 Бк/кг соответственно. Поскольку в зародышах сосредоточена основная информация о развитии будущего растения, влияние инкорпорированных в них радионуклидов на начальных этапах развития проростка может быть существенным. Произведя расчет на основе данных, что масса клетки зародыша тритикале составляет 7 мкг, число клеток в нем –  $1 \times 10^5$ , содержание радиоцезия - 267 Бк/кг, можно заключить, что каждый зародыш содержит около  $2 \times 10^{-3}$  Бк.

Масса семядолей и эндоспермов в десятки раз превышает массу зародышей, но они содержат относительно небольшое количество радионуклидов на единицу массы запасающих органов. Поэтому при распределении органических веществ, макро- и микроэлементов в проростках даже малые дозы излучения за счет инкорпорированных радионуклидов в запасающих органах могут вносить дополнительный вклад в облучение развивающегося из зародыша растения. Следовательно, изменения изучаемых нами характеристик развивающихся из семян растений можно рассматривать как результат совместного воздействия радионуклидов как в семядолях и эндоспермах, так и зародышах.

Используемые в наших опытах семена люпина и тритикале получены от растений с участков, достаточно удалённых друг от друга (Гомельская обл. и г. Минск). Однако по урожайности и массе 1000 семян достоверных различий в опытном и контрольном вариантах не было обнаружено. Для изучения эффекта последствия облучения на проростки использовали почву, свободную от радионуклидов, при контролируемом световом и температурном режимах. Уже на начальных этапах прорастания семян люпина в опытном и контрольном вариантах наблюдались морфологические отличия в развитии растений (рис.1). Семена

люпина опытного варианта (облученные) прорастали более интенсивно, чем контрольного. При перенесении проростков в почву опытные растения в процессе роста визуально выглядели утолщенными по сравнению с более вытянутыми контрольными. К 10 дням прорастания опытные растения характеризовались большей, по отношению к контрольным растениям, площадью листовой поверхности.

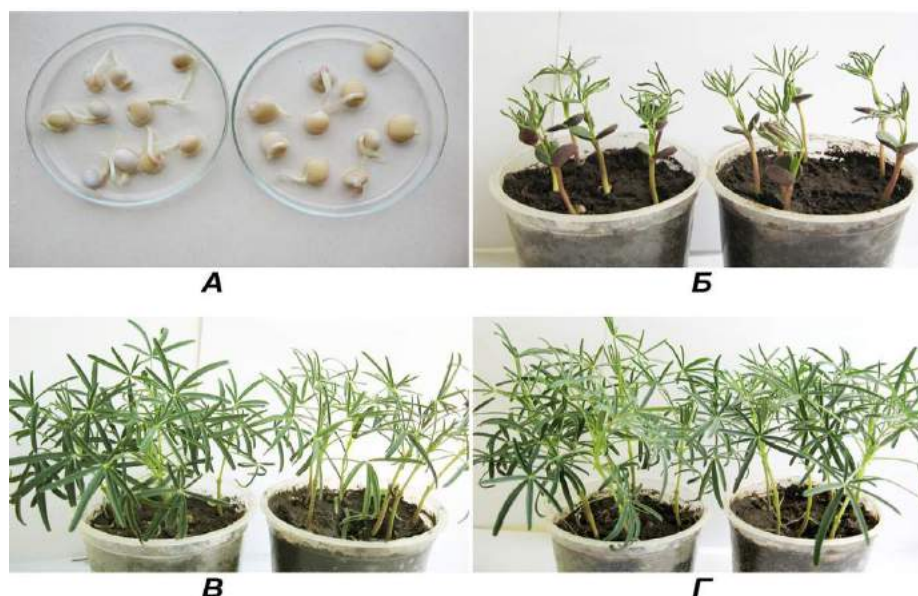


Рис. 1. Рост и развитие растений люпина, полученных из опытных (слева) и контрольных (справа) семян: А – проклюнувшиеся семена, Б – после 10-ти, В – 14-ти и Г – 16-ти дней роста в грунте

Скорость прорастания контрольных семян тритикале, в отличие от люпина, была выше опытных (рис.2). Наблюдали также менее интенсивный рост опытных растений, но к 7-10 дням прорастания высота растений в опытном и контрольном вариантах была одинаковой. Таким образом, скорость начального роста у опытных растений люпина и тритикале характеризовалась противоположно направленными тенденциями, однако по мере развития растений отмечалось выравнивание их по высоте в опытном и контрольном вариантах.

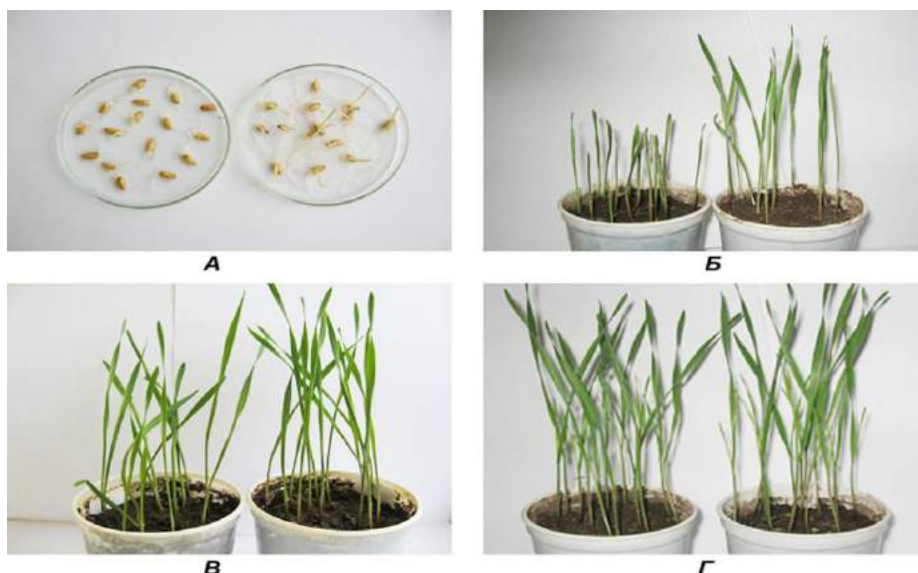


Рис. 2. Рост и развитие растений тритикале, полученных из опытных (слева), и контрольных (справа) семян: А – проросшие семена, Б – после 4-х, В – 7-ти, Г – 10-ти дней роста в грунте

В зародышах семян люпина и тритикале видимая под микроскопом площадь клеток опытных и контрольных вариантов достоверно отличаются. Площадь фокального сечения клеточных ядер зародышей семян люпина и тритикале из загрязнённой радионуклидами зоны превышает площадь ядер зародышей семян условно чистой зоны (рис.3).

Выше было отмечено замедленное прорастание семян тритикале, сформированных в условиях хронического облучения растений при выращивании в 30-км зоне ЧАЭС. Во всех повторностях эксперимента размер клеток тритикале в опыте был меньше, чем в контроле. Это может означать, что замедление скорости прорастания семян, облучаемых за счет инкорпорированных радионуклидов, связано не с ограничением межклеточного транспорта метаболитов, а с уменьшенным, по сравнению с контролем, размером клеточного ядра в клетках coleoptilya проростков тритикале. Это подтверждается сравнительным анализом данных, представленных на рис. 3 и 4.

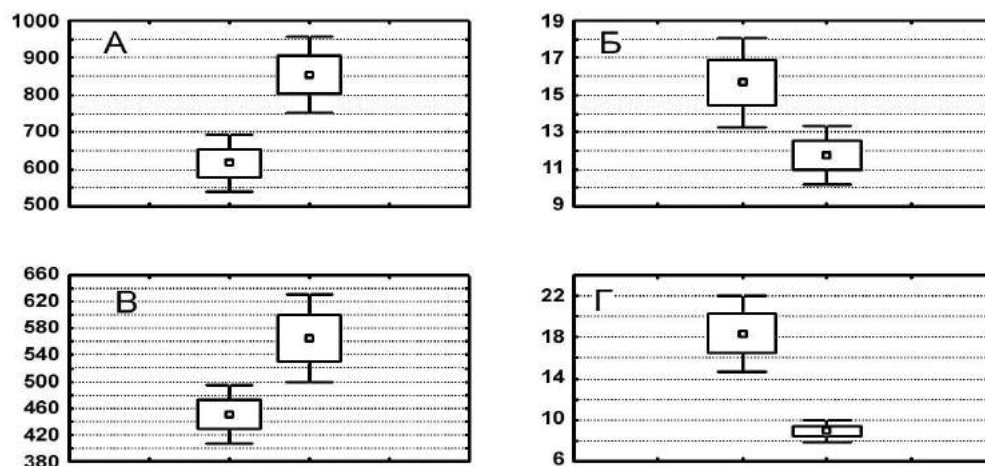


Рис. 3. Площадь клетки (А) и ядра (Б) зародышей люпина, клетки (В) и ядра (Г) зародышей тритикале в  $\mu\text{m}^2$  : слева – опыт, справа - контроль

К 96 часам прорастания семян тритикале coleoptile был отделён от первого листа. И в этом случае, аналогично клеткам зародышей, в опытном варианте сохраняется мелкоклеточность. Площадь же клеточных ядер растений из условно чистой зоны превышала показатели опытных растений.

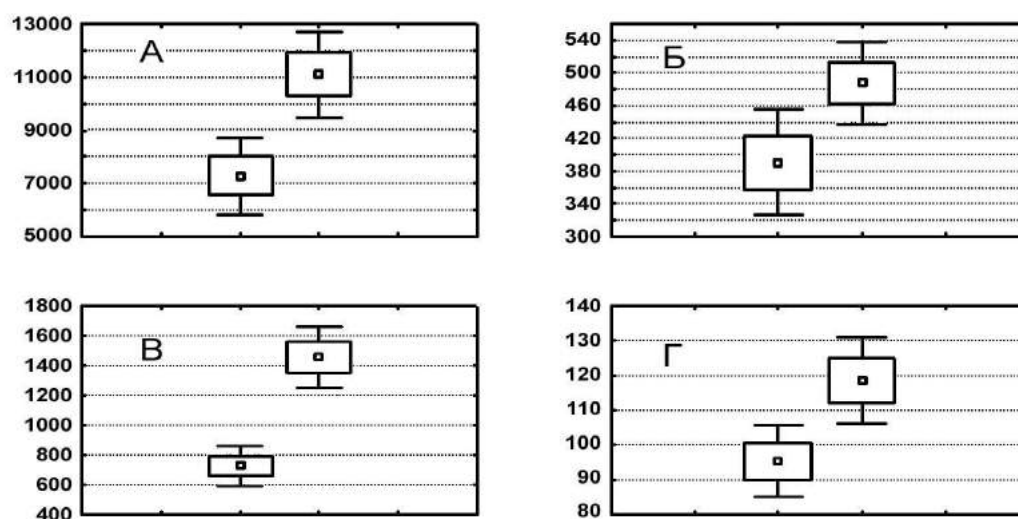


Рис. 4. Площадь клеток (А) и ядер (Б) coleoptile, клеток(В) и ядер (Г) первого листа растений тритикале в  $\mu\text{m}^2$ : слева – опыт, справа - контроль

В листьях эпикотилей люпина (рис. 5), как и в coleoptile проростков тритикале (рис. 4), клетки опытного варианта мельче, чем контроле. В то же время у проростков люпина клеточные ядра эпикотиля в опытном варианте отличаются от контрольных растений большей площадью. При анализе показателей размера ядер в coleoptile тритикале (рис.4) отмечается обратная



закономерность. Данные выявленные различия в характеристиках опытных растений люпина и тритикале согласуются с различиями в скоростях прорастания облучаемых семян этих видов, что может служить дополнительным аргументом в пользу предположения о связи скорости начального этапа прорастания опытных семян с размером ядра.

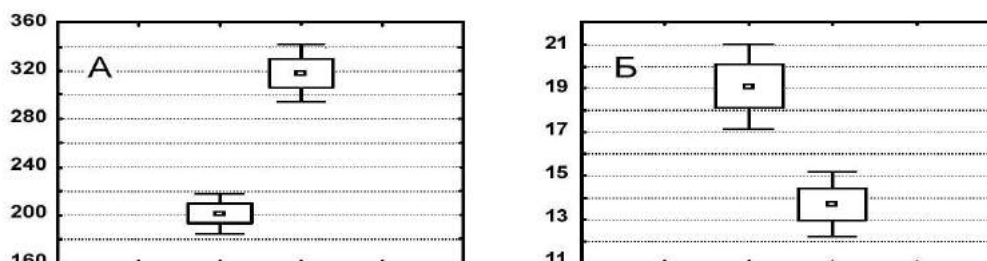


Рис. 5. Размер клеток (А) и ядер (Б) эпикотиля растений люпина в мкм<sup>2</sup>: справа – опыт, слева - контроль

**Заключение.** Растения люпина, выросшие в зоне отчуждения ЧАЭС (опыт) и в условно чистой зоне (контроль), не отличались по продуктивности и массе семян, однако проростки из семян этих растений различались по размеру клеток и их ядер в зародышах и в эпикотилях. Опытные растения имели меньший размер клеток и больший, чем в контроле, размер ядер. Более мелкие клетки в опыте обеспечивают более развитую, чем в контроле, общую поверхность клеток на единицу объёма ткани, что соответствует более развитой поверхности межклеточных контактов и может способствовать более активному прорастанию опытных семян.

Растения тритикале, выросшие в таких же условиях, также не отличались по продуктивности, но их семена прорастали медленнее, чем в контроле, и их проростки отставали на первых этапах роста от контрольных. Размеры клеток в опыте были меньше, чем в контроле, как в зародышах, так и в coleoptile и первом листе проростков. Однако размеры ядер были больше, чем в контроле, только в клетках зародышей. Это позволяет предположить, что замедление прорастания опытных растений тритикале каким-то образом связано с уменьшением размеров ядра клеток coleoptile и первого листа. В опытах при внутриклеточной локализации инкорпорированных радионуклидов в листьях бобовых растений было показано [12], что уровень радиоактивности ядерной фракции превышает таковой в остальной

клеточной массе в 20 и более раз, что может привести к нестабильности генетического аппарата и повышению уровня мутирования. Семядоли и эндоспермы семян, использованных в наших экспериментах, характеризуются относительно невысоким содержанием радионуклидов. Более высокая их концентрация найдена в зародышах. Вероятно, что еще более высокий уровень радиоактивности в ядрах клеток может привести к изменению морфологии клетки, что мы и наблюдаем в зародышах семян 30-км зоны. Эти неблагоприятные для растительных тканей условия среды могут индуцировать мелкоклеточность зародышей. Способность к быстрому выравниванию роста растений люпина и тритикале можно объяснить их пострадиационным восстановлением, охватывающим все уровни организации – от молекулярного до организменного, которое может осуществляться путем ускоренного воспроизводства клеток а, следовательно, габитуса растений [13]. Нельзя исключить также в данном случае влияние на формирование семян внешних факторов, связанных со значительной удаленностью друг от друга опытного и контрольного участков. Однако, ранее нами в полевых экспериментах (1995-1996 гг.) с выращиваем люпина пакетным способом в зоне отчуждения было показано [14], что возникновение относительной мелкоклеточности у семян люпина тесно коррелировало с уровнем радиоактивного загрязнения почвы и количеством инкорпорированных в семенах радионуклидов. Все это свидетельствует о постоянстве радиобиологического эффекта в течение 20-ти лет после Чернобыльской катастрофы и о значительном влиянии малых доз инкорпорированных радионуклидов на морфологические изменения клеток и органов растений.

### Литература

1. Алексахин Р. М., Васильев А.В., Дикарев В. Г. Сельскохозяйственная радиобиология. М.: Экология, 1992. 400 с.
2. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / Под ред. В.И.Парфенова и Б.И.Якушева. Минск:Навука і тэхніка, 1995. 582 с.
3. Агеец В.Ю. Система радиозэкологических контрмер в агрофосфере Беларуси. Минск: РНУП «Институт радиозэкологии», 2001.- 250 с.
4. Гродзинский Д.М., Гудков И.Н. //Радиационная биология. Радиозэкология. 2006. Т. 46. №2. С.189-199.

5. Гапоненко В.В. Конопля Е.Ф. Радиация, хлорофилл и защита растений. Радиация и Чернобыль. Том 3. Гомель: РНИУП «Институт радиоэкологии», 2007. 266 с.
6. Шевцова Н.Л. Цитогенетические последствия действия малых доз хронического облучения на природные популяции высших водных растений. Гомель: РНИУП "Институт радиологии", 2008. С. 228-232.
7. Синнот Э. Морфогенез растений. Клеточная основа роста. Размер клетки. М.: Изд. иностр. лит. , 1963. С. 38-50.
8. Решетников В.Н. Клеточные ядра высших растений. Минск:Навука і гэхніка. 1992. 88 с.
9. Булко А.П., Гардзей І.А. //Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1985, №2. С. 44-47.
10. Шванитц Ф. // Полиплоидия. М.: Изд иностр.лит, 1956. - С. 130-152.
- 11.Бормотов В.Е., Лопатина Т.И. Полиплоидия и полиморфизм растений по величине клеток. Минск:Наука и техника, 1986. 156 с.
12. Коломиец К.Д., Гродзинский Д.М., Фалинская Т.П., Василенко Л.М. // Радиационные аспекты Чернобыльской аварии. Ч.2. Экологические и радиобиологические проблемы. Киев: Изд- во АН УССР. С. 77- 82.
13. Филипас А.С., Моргунова Е.А., Дикарев В.Г. // Сельскохозяйственная радиобиология. 1991. С. 156-162.
14. Булко О.П., Заболотный А.И. //Проблемы экспериментальной ботаники: к 110-летию со дня рождения В.Ф.Купревича. Минск: Беларуская навука, 1997. С. 100-104.

O.P.BULKO, V.L.KALER  
**AFTERACTION OF CHRONIC IRRADIATION IN  
 CHERNOBYL ZONE ON CELL AND NUCLEUS SIZES OF  
 LUPINE AND TRITICALE PLANTS**

**Summary**

The embryos of lupine and triticale seeds obtained in Chernobyl zone are shown to have smaller cells as compared to ones obtained in pure soil. The seeds from Chernobyl zone planted in pure soil given seedlings with smaller cells in the 1-st leaf and hypocotyls of lupine and in coleoptiles of triticale as compared to seeds from pure soil. The growth of stressed seedlings was somewhat accelerated as well. The activation of growth is assumed to be a result of increased specific intercellular contacts area needed for metabolite transfer.