

Лабораторная р а б о т а 10. ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОХРАННОСТЬ ОВОЩЕЙ И ИХ КАЧЕСТВО

К настоящему времени доказана возможность применения ионизирующего излучения в различных отраслях растениеводства и пищевой промышленности с целью:

- стимуляции процессов роста и развития, повышения урожайности сельскохозяйственных культур;
- получения мутантных форм для нужд селекции;
- стерилизации различных материалов и борьбы с насекомыми-вредителями;
- продления сроков хранения пищевых продуктов и лучевого консервирования;
- изменения качества сырья для улучшения его технологической обработки;
- ускорения медленно идущих процессов в пищевой технологии.

Достижение этих целей базируется на различных процессах, вызываемых ионизирующим излучением. Использование ионизирующего излучения для продления сроков хранения пищевых продуктов привлекает внимание как ученых, так и специалистов сельского хозяйства. Актуальность проблемы хранения вытекает из того, что потери сочной продукции в результате порчи после уборки урожая достигают 25-30% всей продукции. Методы обработки пищевых продуктов гамма-излучением экономически выгодны, технически осуществимы и не несут дополнительной опасности при употреблении в пищу человеком и при скармливании животным.

Цель работы: определить влияние гамма-облучения на сохранность клубней картофеля и корнеплодов моркови, а также на содержание в них питательных веществ.

З а д а н и е 1. Влияние радиационной обработки клубней картофеля на их сохранность и содержание витамина С

Радиационное облучение клубней картофеля проводят в период глубокого физиологического покоя. Оно приводит к продлению этого периода, улучшению сохранности клубней и сохранению в них питательных веществ.

Состояние покоя обусловлено тем, что в свежесобраных клубнях в точках роста отсутствуют эффекторы – вещества, необходимые для активации генома, и в избытке находятся ингибиторы – вещества, блокирующие его активацию. Во время хранения клубней (медленно при низкой положительной температуре (2–4° С) и быстрее при более высокой) в них начинаются процессы распада ингибиторов и синтеза эффекторов. Как только соотношение этих веществ нарушается в сторону увеличения эффектора, происходит активация ряда участков генома, синтез ферментов, связанных с подготовкой клеток к митозу. Последующее деление и растяжение клеток вызывает рост глазков.

В качестве ингибитора ростовых процессов выступает абсцизовая кислота, в качестве эффекторов – гиббереллиновая кислота и кинетин. Большую роль играют находящиеся в клубне полифенолы, продукты окисления которых (хиноиды) являются регуляторами активности генома. В очень малых концентрациях (10^{-7} – 10^{-8} М) они действуют как эффекторы, выводя геном из состояния покоя, а в больших (10^{-4} – 10^{-3} М) – как типичные ингибиторы развития.

При облучении клубней картофеля в малых дозах (100–300 рад) наблюдается ускоренное прорастание, а при увеличении дозы облучения возрастает концентрация продуктов окисления полифенолов и отмечается ингибирующий эффект их действия. Облучение в дозе 3–5 крад вызывает задержку прорастания в весеннее время на 1–2 месяца. При дозе 8–10 крад наряду с накоплением ингибиторов деления клеток происходит непосредственное повреждение ДНК в клетках глазков. В сумме эти два эффекта вызывают длительную остановку развития. Облучение в этих дозах позволяет

хранить картофель в течение всех летних месяцев без прорастания и потери питательных и технологически ценных свойств.

Хиноидные ингибиторы при облучении образуются непосредственно в клетках глазков, а также в окружающей глазок ткани, из которой они мигрируют в глазок. Эти ингибиторы являются сильными нарушителями окислительного фосфорилирования, что приводит к дефициту энергии, необходимой для роста и развития.

Доза облучения более 8–10 крад увеличивает чувствительность к механическим повреждениям, поскольку в этом случае у клубней снижается способность образовывать раневую перидерму. В связи с этим клубни следует облучать не сразу после уборки, когда они имеют механические поверхностные повреждения, а через 2–3 недели после уборки. За это время на поверхности травмированных участков образуется раневая перидерма, которая надежно защитит клубень от проникновения инфекции.

Благодаря задержке прорастания в облучённых клубнях к весне сохраняется гораздо больше питательных веществ, чем в необлученных. Особенно велико значение сохранения витаминов. Установлено, что через 7,5 месяцев хранения облученные клубни содержат на 14% больше крахмала и в 4 раза больше витамина С по сравнению с необлучёнными.

Поскольку задержка прорастания клубней связана с образованием радиотоксинов, может возникнуть вопрос о возможности употребления такого картофеля в пищу. Исследование радиотоксинов показало, что они обладают мутагенными свойствами. Однако эти свойства обнаруживаются лишь у веществ, выделенных из сырого картофеля сразу после облучения. Хранение облученного картофеля приводит к быстрому падению мутагенных свойств радиотоксина, и через 3–4 месяца они исчезают полностью. Кроме того, при варке картофеля мутагены разрушаются.

Материалы и оборудование: облученные и необлученные клубни картофеля, находившиеся на хранении несколько месяцев в одинаковых условиях; 1%-ный раствор соляной кислоты; 2%-ный раствор щавелевой кислоты; 0,001 н. раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола; 0,01 н. раствор едкого натра (NaOH); бюретки для титрования; пипетки; мерные конические колбы на 100 и 200 мл; стаканчики на 50 и 100 мл; воронки и стеклянные палочки; фарфоровые ступки с пестиком; весы; электроплитка; ножи и терки (пластмассовые); дистиллированная вода; бумажные фильтры.

Выполнение работы: 1. Сравнить внешний вид и физиологическое состояние облучённых и необлучённых клубней после их длительного хранения. 2. Определить общее количество витамина С (аскорбиновой кислоты). Метод определения содержания витамина С основан на способности 2,6-дихлорфенолиндофенола восстанавливаться аскорбиновой кислотой, содержащейся в экстрактах растений. Для приготовления раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола отвесить 60 мг красителя, перенести в мерную колбу на 200 мл, добавить 100–150 мл теплой дистиллированной воды и 4–5 капель 0,01 н. раствора NaOH. Колбу закрыть и сильно взбалтывать в течение 10 минут. После охлаждения раствор долить водой до метки, хорошо перемешать и профильтровать через плотный фильтр в сухую колбу. Реактив можно использовать в течение 8 дней при хранении в холодильнике и при проверке титра в день употребления. Титр устанавливают аскорбиновой кислотой. Для извлечения из растительных тканей свободной и связанной с биокolloидами цитоплазмы аскорбиновой кислоты используют соляную кислоту. Определение содержания аскорбиновой кислоты проводят одновременно у облученных и необлученных клубней. 3. Кусочек клубня измельчить на терке. Из полученного материала взять навеску 5–10 г и поместить в ступку, растереть пестиком до однородной массы, постепенно приливая 20 мл 1%-ного раствора HCl. 4. Растертую массу перенести через воронку по стеклянной палочке в мерную колбу на 100 мл. Ступку и пестик несколько раз обмыть в ту же колбу 2%-ным раствором щавелевой кислоты. Объем довести до метки (100 мл) щавелевой кислотой, хорошо перемешать и

оставить на 5 минут. **5.** Содержимое колбы профильтровать через сухой фильтр. Из фильтра взять две пробы по 10 мл и перенести в стаканчики на 50 мл. Протитровать 2,6-дихлорфенолиндофенолом до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты. **6.** Одновременно проводят контрольное титрование кислот, использованных для экстракции аскорбиновой кислоты. Для этого в сухой стаканчик на 50 мл налить 2 мл соляной и 8 мл щавелевой кислоты и протитровать 2,6-дихлорфенолиндофенолом. **7.** Рассчитать содержание аскорбиновой кислоты по формуле:

$$X = (A - B) \text{ТС}100 / \text{ВН},$$

где X – содержание аскорбиновой кислоты в мг/100 г исследуемого материала;

A – объем 2,6-дихлорфенолиндофенола, пошедший на титрование опытного раствора, мл;

B – объем 2,6-дихлорфенолиндофенола, пошедший на контрольное титрование;

T – титр 2,6-дихлорфенолиндофенола;

C – объем вытяжки, полученной из взятой навески, мл;

V – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

N – масса навески исследуемого материала, г;

100 – коэффициент для перевода результатов на 100 г растительного материала. **8.** Полученные результаты записать в таблицу 15.

Т а б л и ц а 15. **Определение содержания витамина С в клубнях картофеля**

Вариант	Масса навески, г	Затрачено 2,6-дихлорфенолиндофенола на титрование раствора, мл		Содержание витамина С, %
		опытного	контрольного	
Необлученные клубни				
Облученные клубни				

З а д а н и е 2. Влияние радиационной обработки корнеплодов моркови на их сохранность и содержание каротина.

При обработке корнеплодов моркови и сахарной свеклы, а также луковиц лука и чеснока гамма-излучением отмечается задержка прорастания покоящихся почек в весенне-летний период. Задержка прорастания увеличивает сохранность сочной продукции, уменьшает расходование запасных питательных веществ на дыхание. Для обработки корнеплодов свеклы и моркови рекомендуются дозы 8–10 крад, для лука – 7–10, чеснока – 10–12 крад.

Облучение сочной продукции способствует также сохранению каротина – пигмента пластид, который в организме человека и животных превращается в витамин А. Витамин А ценен многогранностью действия. Он участвует в регулировании роста и развития организма, стимулирует сумеречное зрение и работу желез внутренней секреции. В связи с этим содержание каротина является важным показателем качества растениеводческой продукции.

Материалы и оборудование: облученные и необлученные корнеплоды моркови, находившиеся на хранении несколько месяцев; фотоэлектрокалориметр (ФЭК-М); кварцевый песок; весы; нож и терка (пластмассовые); фарфоровая ступка с пестиком; воронки; маленькие фарфоровые чашечки и чашки Петри; фильтровальная бумага; пипетки; стеклянные палочки; конические колбы на 50 мл; бензин.

Выполнение работы: **1.** Описать внешнее состояние корнеплодов. Отметить наличие гнилей. **2.** Определить содержание каротина в необлученных и облученных корнеплодах. **2.1.** Очищенные, вымытые и просушенные корнеплоды натереть на терке. Взять 0,5–1 г измельченной массы и перенести без потерь в ступку, где пестиком растереть с кварцевым песком. **2.2.** В ступку постепенно прилить 10 мл бензина и

растереть навеску с ним. Смесь оставить на 15 мин для извлечения каротина. **2.3.** Содержимое ступки перенести в воронку на фильтр и промывать перенесенную массу небольшими порциями бензина до полного обесцвечивания фильтруемого материала. Объем фильтрата довести бензином до 25–30 мл. **2.4.** Определить оптическую плотность фильтрата на ФЭК-М, используя для работы красный светофильтр. Порядок работы на ФЭК-М описан в работе 1. Наиболее точные результаты получаются, если оптическая плотность растворов находится в пределах значений 0,1 – 0,4. Если она окажется выше 0,5, то рекомендуется разбавить испытуемый раствор в два раза. Если же показания ФЭК-М окажутся ниже 0,08, то работу выполняют с начала, увеличив навеску исходного материала. **2.5.** Определить содержание каротина в вытяжке (мг/л) по калибровочному графику. Для этого на оси ординат находят установленную на ФЭК-М величину оптической плотности и от нее проводят горизонтальную прямую до пересечения с калибровочной кривой. Из точки пересечения опускают перпендикуляр на абсциссу, где определяют концентрацию каротина (мг/л). **2.6.** Произвести расчет содержания каротина в полученном объеме вытяжки и записать в таблицу 16.

Т а б л и ц а 16. **Определение содержания каротина в корнеплодах моркови**

Вариант опыта	Повторность	Оптическая плотность	Количество каротина в полученном объеме вытяжки, мг/л	Содержание каротина в корнеплоде, мг/100 г
Необлученные корнеплоды	I			
	II			
	III			
	IV			
	Среднее			
Облученные корнеплоды	I			
	II			
	III			
	IV			
	Среднее			

Содержание каротина выражают в мг/100 г растительного материала и определяют по формуле:

$$P = CV/N10,$$

где P – содержание каротина в растительном материале;

C – концентрация каротина по калибровочному графику (мг/л);

V – объем исследуемого фильтрата (мл);

N – навеска растительного материала (г).

3. Сделать выводы по работе и записать в отчет.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяется ионизирующее излучение в растениеводстве и пищевой промышленности?
2. Чем обусловлено применение ионизирующей радиации в этих отраслях?
3. Когда и почему лучше облучать картофель и корнеплоды, предназначенные для длительного хранения?
4. Какие вещества называются ингибиторами и эффекторами?
5. Какую функцию они выполняют в клетках точек роста?
6. Где формируются хиноидные ингибиторы? Какой жизненно важный процесс в клетке они нарушают?

7. Какие вещества в клетке являются регуляторами активности генома и от чего зависит их регуляторная способность?
8. Какие дозы облучения применяются для ускорения и замедления прорастания клубней картофеля?
9. В каких случаях применяют высокие дозы облучения сочной продукции?
10. Почему более высокие дозы способствуют более длительному хранению?
11. Что происходит с радиотоксинами, возникающими в клубнях при их облучении высокими дозами?
12. Как влияет облучение на содержание аскорбиновой кислоты?
13. На чем основан метод определения аскорбиновой кислоты?
14. Как произвести расчет содержания аскорбиновой кислоты в клубнях?
15. На каких культурах применяют ионизирующее излучение с целью продления сроков хранения продукции?
16. Как влияет радиационная обработка на содержание каротина в моркови при хранении?
17. На чем основан колориметрический метод определения каротина?
18. Как рассчитывается содержание каротина в корнеплодах?
19. Какой вывод можно сделать, исходя из результатов проведенного опыта по определению содержания каротина?