EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 21. KÖIDE
BIOLOOGIA. 1972, NR. 4

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 21
БИОЛОГИЯ. 1972, № 4

УДК 576.858.8/632.38 + 581.192/581.134.5

УЛЬРИХ ХЁДРЕЯРВ, ХЕЛЬВИ ХЁДРЕЯРВ

СОДЕРЖАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНОКУЛИРОВАННЫХ ЛИСТЬЯХ *NICOTIANA GLUTINOSA* L. ПРИ ИНФЕКЦИИ ВИРУСАМИ N И X КАРТОФЕЛЯ

Минеральные элементы в жизненных процессах растений выполняют разнообразные функции: регулируют физико-химическое состояние протоплазмы, нейтрализуют образующиеся в клетках органические кислоты, влияют на ультраструктуру клеточных органойдов, участвуют во многих каталитических процессах в составе ферментов и т. д.

В литературе имеется достаточное количество данных о содержании минеральных элементов в здоровых растениях, о их динамике, роли и участии в разных биохимических процессах. При этом соответствующие данные относительно зараженных вирусами растений весьма скудные. Отмечается увеличенное по сравнению со здоровыми растениями содержание калия, кальция и фосфора (Průša и др., 1965; Ramakrishnan и др., 1969) и в начальный период инфекции сухого вещества (Jensen, 1969) и золы (Wolffgang, 1969), а также уменьшенное содержание кальция и магния (Koen и др., 1970), марганца (Millikan и др., 1965), цинка (Průša и др., 1965).

Для некоторого заполнения этого пробела авторы настоящей статьи исследовали динамику концентрации неорганических элементов в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* L., зараженных вирусами N и X картофеля, с целью выявления возможной связи между этой динамикой и изменением концентрации инфекционного вируса.

Методика

В работе использовались форма N_R вируса N картофеля (BNK) (Agur, 1966) и форма X_3 вируса X картофеля (BXK) (Hödrejärv и др., 1971). Растения *Nicotiana glutinosa* инокулировали разбавленным водой в отношении 1:1 соком, полученным от зараженных вирусами растений этого же вида. Другую партию растений инокулировали таким же образом, но только соком, полученным от здоровых растений. После инокуляции листья растений промывали чистой водой.

Через каждые два-три дня, с третьего по семнадцатый, после заражения брали средние пробы инокулированных листьев (количество листьев с шести растений). Листья собирали утром в одно и то же время. Растения всех трех вариантов (зараженные вирусами N_R и X_3 картофеля и здоровые) выращивались и исследовались одновременно, чем обеспечивались одинаковые условия. С 17-го дня инокулированные листья начинали вянуть и сохнуть.

Для определения сухого вещества около 10 *г* листьев взвешивали и сушили в термостате при 105 °C до постоянного веса. Из разности веса вычислялось содержание сухого вещества в процентах.

Для определения содержания золы сухие листья (около 0,5 *г*) взвешивали и озоляли в платиновых тиглях предварительно на электрической плитке, затем в муфельной

печи при температуре 550° до постоянного веса. Из разности веса вычислялось содержание золы в процентах в расчете на сухое вещество.

Для определения элементов в минеральной части использовали спектральный анализ. Отверстия (глубина 7 *мм*, диаметр 2,5 *мм*) графитовых электродов (диаметр 6 *мм*) заполняли золой листьев растений. В качестве противоэлектрода использовали заточенный на конус графитовый стержень с вертикальным углом конуса 60°. Электроды устанавливали в штатив электродов ШТ-9 с расстоянием 4 *мм* между ними. Спектры получали высоковольтной искрой при помощи генератора ИГ-3 (емкость 0,01 *мкф*, индуктивность 0,15 *мгн*, сила тока 1,6 *а*), который обеспечивал хорошую интенсивность спектра с достаточной чувствительностью относительно всех исследуемых элементов.

Спектры фотографировали на спектрографе кварцевой оптикой и средней дисперсией ИСП-28 в спектральной области 2000—5000 Å. Щель спектрографа 0,015 *мм* была снабжена трехступенчатым платиновым ослабителем для расширения измерительной области. Для освещения щели спектрографа использовали стандартную трехлинзовую осветительную систему с промежуточной диафрагмой шириной 5 *мм*.

Спектры образцов фотографировали на спектральные пластинки СП-2 чувствительностью 16 ед. ГОСТ-а. Время экспозиции 90 *сек*.

Использовали следующие спектральные линии:

Na	3302,3 Å	Fe	2755,7 Å	Mo	2538,4 Å
K	4044,1 Å	Cu	3247,5 Å	P	2535,6 Å
Mg	2779,8 Å	Mn	2576,1 Å	B	2497,7 Å
Ca	3630,7 Å	Zn	3282,3 Å	Sr	4077,7 Å

Оптические плотности спектральных линий и фона вблизи них измеряли микрофотометром МФ-2. Для введения исправлений на фон значения оптических плотностей переводили в единицы интенсивности при помощи характеристической кривой спектральной пластинки (Прокофьев, 1951).

В качестве величины пропорциональной концентрации элементов в золе растений использовали соотношение интенсивностей спектральных линий и фона. Все данные, являющиеся средними двух серий опытов, пересчитаны на сухое вещество и выражены в отношении здоровых растений.

Для определения относительной концентрации ВNК и ВХК в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* через каждые два-три дня после заражения брали средние пробы. Пробы растирали в ступке и разбавляли водой (4 *мл* воды на 1 *г* листьев). Полученными растворами вирусов ВNК и ВХК заражали половинки листьев растений *Vigna sinensis* L. и *Gomphrena globosa* L. соответственно. Таким же способом инокулировали другие половинки тех же самых листьев, но только соком от здоровых растений вида *Nicotiana glutinosa* L. На пятый день после заражения подсчитывалось число некрозов.

Результаты

Содержание сухого вещества в зараженном растении в первые дни опыта находится на уровне здорового растения, имея незначительную тенденцию к увеличению (рис. 1). После пятого дня содержание сухого вещества значительно увеличивается, затем уменьшается, образуя на кривой острый пик.

Второй резкий подъем содержания сухого вещества начинается с 10-го дня, максимальное содержание наблюдается на 14-й день после заражения. Содержание сухого вещества в больных растениях остается, как правило, более высоким, чем в здоровых растениях. Это согласуется и с данными других авторов (Рейфман и др., 1966).

Содержание минеральной части зараженных растений колеблется в больших пределах (рис. 2), но имеет ярко выраженную тенденцию к уменьшению.

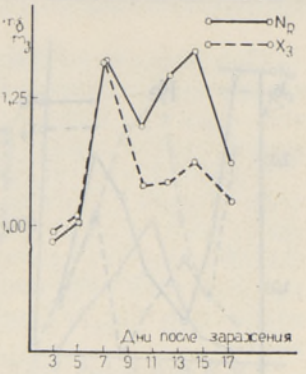

Рис. 1. Динамика содержания сухого вещества в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* при заражении вирусами N и X картофеля, $m_з$ — содержание сухого вещества в здоровых растениях, %; $m_б$ — содержание сухого вещества в зараженных вирусом растениях, %.

Высокое содержание калия, натрия, кальция, магния и фосфора (рис. 3) отмечается с 3-го дня после заражения для обоих вирусов. Это хорошо согласуется и с высоким содержанием минеральной части, в то время как содержание сухого вещества в здоровых и больных растениях остается почти одинаковым (см. рис. 1 и 2).

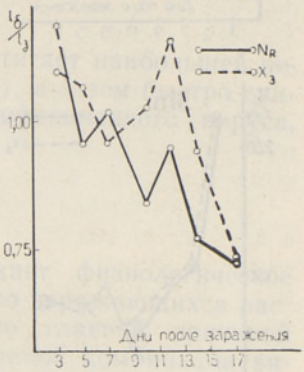

Рис. 2. Динамика содержания золы в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* в пересчете на сухое вещество при заражении вирусами N и X картофеля. $I_з$ — содержание золы в здоровых растениях, %; $I_б$ — содержание золы в зараженных вирусом растениях, %.

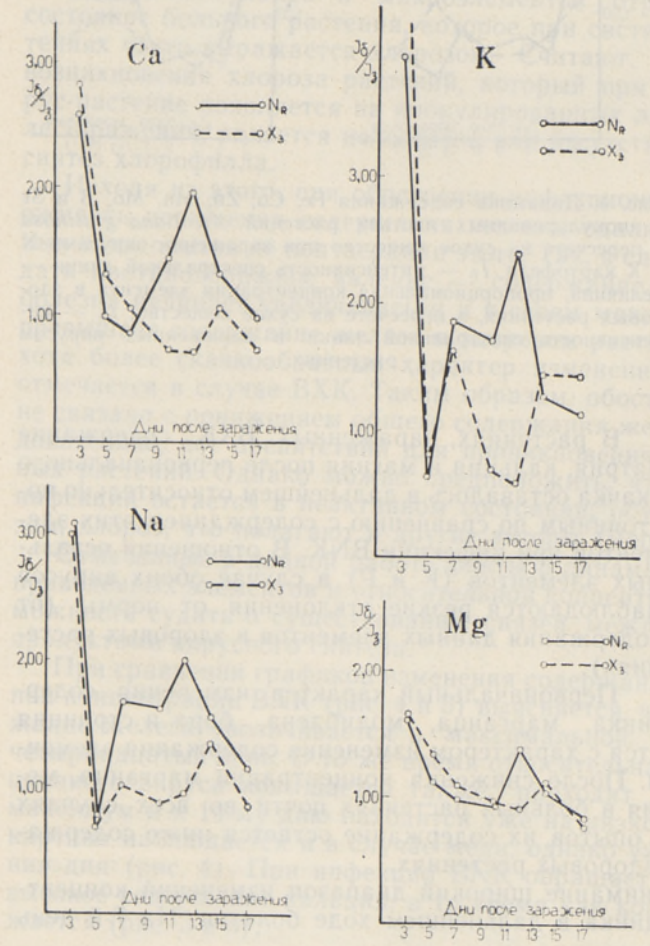

Рис. 3. Динамика содержания Na, K, Ca, Mg и P в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* в пересчете на сухое вещество при заражении вирусами N и X картофеля. $I_з$ — интенсивность спектральной линии — величина, пропорциональная концентрации элемента в здоровых растениях, в пересчете на сухое вещество; $I_б$ — интенсивность спектральной линии в зараженных вирусом растениях.

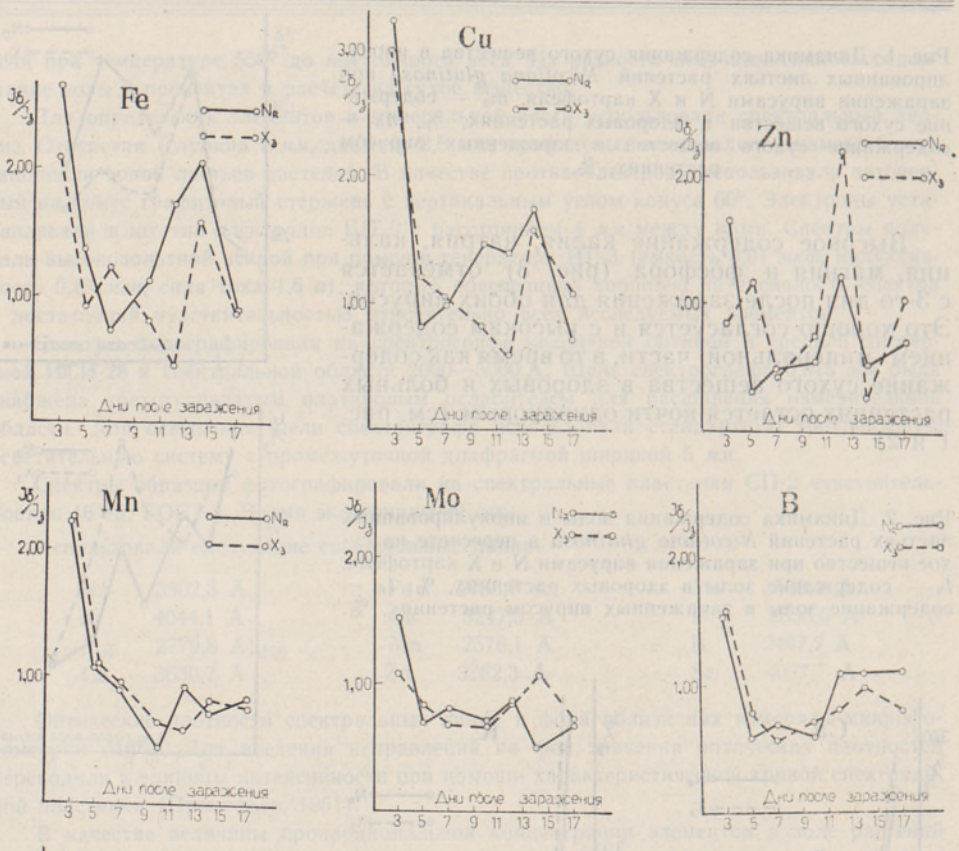

Рис. 4. Динамика содержания Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B и Sr в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa* в пересчете на сухое вещество при заражении вирусами N и X картофеля. $I_б$ — интенсивность спектральной линии — величина, пропорциональная концентрации элемента в здоровых растениях, в пересчете на сухое вещество; $I_б$ — интенсивность спектральной линии в зараженных вирусом растениях.

В растениях, зараженных ВХК, содержание натрия, кальция и магния после первоначального скачка оставалось в дальнейшем относительно постоянным по сравнению с содержанием этих элементов при инфекции ВNК. В отношении остальных элементов (К и Р) в случае обоих вирусов наблюдаются резкие отклонения от нормы (от содержания данных элементов в здоровых растениях).

Первоначальный характер изменения содержания железа, меди, цинка, марганца, молибдена, бора и стронция (рис. 4) вполне согласуется с характером изменения содержания элементов предыдущей группы. После снижения концентрации марганца, молибдена, бора и стронция в больных растениях почти во всех случаях в течение всего периода опытов их содержание остается ниже содержания тех же элементов в здоровых растениях.

Обращает на себя внимание широкий диапазон изменений концентраций железа, меди и цинка в дальнейшем ходе болезни. На 7-й день

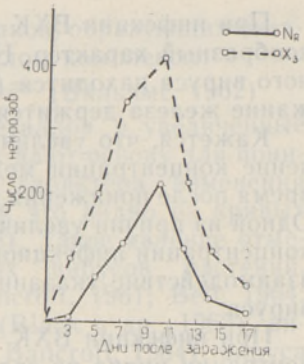

Рис. 5. Динамика относительной концентрации ВНК и ВХК в инокулированных листьях растений *Nicotiana glutinosa*.

болезни после снижения концентрации в случае обоих вирусов содержание железа и меди достигает пределов нормы (несколько ниже или выше ее), а максимума на 14-й день, содержание же цинка падает значительно ниже нормы и достигает нового максимума на 12-й день после заражения. Во время пиков содержание железа, меди и цинка в зараженных растениях превышает в 1,5—2,0 раза содержание указанных элементов в здоровых растениях.

Относительная концентрация ВНК и ВХК достигает наибольшей величины на десятый день после заражения (рис. 5), а затем быстро снижается. Несмотря на снижение концентрации инфекционного вируса, признаки болезни обостряются.

Обсуждение результатов

Содержание макро- и микроэлементов отражает физиологическое состояние больного растения, которое при системно заражающихся растениях часто выражается хлорозом. Считают, что главной причиной возникновения хлороза растений, который при данной комбинации вирус-растение появляется на инокулированных листьях на 5—6 день после заражения, является недостаток или отсутствие железа, что тормозит синтез хлорофилла.

Исходя из этого, при обострении инфекционного процесса следовало ожидать понижения содержания железа, однако результаты проведенных нами опытов не подтвердили этого. Так, в случае ВНК можно наблюдать противоположное явление — содержание железа при обострении болезни начинает увеличиваться и в своем максимуме почти в два раза превышает содержание железа в здоровом растении (рис. 4). Такой же, хотя более скачкообразный характер изменения концентрации железа отмечается в случае ВХК. Таким образом, обострение хлороза растений не связано с понижением общего содержания железа в растениях и, следовательно, нет препятствий для проникновения железа в клетки больных растений. Однако можно предположить, что железо при вирусной инфекции остается в неактивном состоянии, обусловливая, таким образом, хлороз, что полагают и другие авторы (Чернавина, 1970).

Отмеченные в данной работе факты о динамике концентрации вышеприведенных элементов и относительной концентрации вирусов дают возможность судить о существовании связей между этими элементами и продуктами вирусного синтеза.

При сравнении графиков изменения содержания железа и относительной концентрации ВНК (рис. 4 и 5) выясняется, что после 7-го дня содержание железа увеличивается и максимальной величины достигает на четырнадцатый день. В то же время относительная концентрация инфекционного вируса повышается также, проходит свой кратковременный максимум и к 14-му дню находится уже на низком уровне. Аналогичная картина наблюдается и в случае меди, однако уже с 5-го после заражения дня (рис. 4). При инфекции ВНК обращает еще на себя внимание высокое содержание кальция, в то время как концентрация вируса снижается (рис. 3 и 5).

При инфекции ВХК динамика содержания железа имеет более скачкообразный характер. Но к 14-му дню, когда концентрация инфекционного вируса находится (аналогично ВНК) уже на низком уровне, содержание железа держится приблизительно в 1,5 раза выше нормы.

Кажется, что увеличение концентрации вируса обусловливает увеличение концентрации меди и железа, что наблюдается также некоторое время после понижения концентрации инфекционного вируса (рис. 4 и 5). Одной из причин увеличения концентрации железа и меди и уменьшения концентрации инфекционного вируса при этом может быть, по-видимому, взаимодействие указанных металлов с вирусом или продуктами синтеза вируса.

При инфекции ВХК привлекает внимание обратный ход кривой концентрации цинка по сравнению с кривой концентрации железа (рис. 4). Максимальной величины (более, чем в 2 раза выше нормы) содержание цинка достигает на 12-й день, в то время как содержание железа и меди минимально, а концентрация инфекционного вируса начинает снижаться. Кажется, что в данном случае при взаимодействии металлов с вирусом или с продуктами синтеза вируса, низкое содержание железа и меди компенсируется высоким содержанием цинка.

О взаимоотношениях между вирусами и неорганическими элементами в литературе имеются лишь немногочисленные данные, например, данные анализа чистых препаратов растительных вирусов, которые показывают, что вирионы, кроме своих основных элементов, содержат и неорганические элементы (Тихоненко, 1971). Так, установлено, что после 4 циклов переосаждения в деионизированной воде одна частица вируса табачной мозаики (ВТМ) содержит K^+ 175, Na^+ 195, Ca^{2+} 4130, Mg^{2+} 1070, Fe^{2+} 130 и Mn^{2+} 36 атомов, которые прочно связаны с отрицательно зараженными группировками вирусной частицы (Loring и др., 1962).

В некоторых случаях неорганические катионы могут оказывать стабилизирующее действие на структуру вирионов, как, например, Ca^{2+} и Mg^{2+} у вируса мозаики костра (Brakke, 1963) и Mg^{2+} и Sr^{2+} у вируса желтой мозаики турнепса (Johnson, 1964).

В других случаях те же самые неорганические элементы могут оказывать инактивирующее и осаждающее действие на вирионы, как например K^+, Mg^{2+}, Zn^{2+} на ВТМ (Рыжков, Смирнова, 1947), Ba^{2+}, Ca^{2+} и Mg^{2+} на вирус некроза табака, вирус огуречной мозаики, вирус кольцевой пятнистости табака, вирус южной мозаики фасоли и вирус мозаики люцерны (Rossouw, Fulton, 1963; Francki и др., 1966; Hull, Johnson, 1968). В этом отношении представляют интерес опыты Ю. Таканами и К. Томару (Takanami, Tomaru, 1969), которые при очистке вируса огуречной мозаики установили, что с использованием хелатирующего агента — этилендиаминтетрауксусной кислоты — выход чистого вирусного препарата увеличивается в несколько раз. В опытах с этим же вирусом *in vitro* они установили, что вирус осаждается уже при концентрации 10^{-4} *M* Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+} или Zn^{2+}. Аналогичные результаты получены нами с ВНК.

К сожалению, отсутствуют данные сравнительного изучения действия приведенных катионов, т. е. не изучена конкурентность указанных металлов при осаждении вирусов. Однако проведены опыты, в которых установлено различное сродство металлов в отношении различных активных групп белка и РНК. Так, например, для фосфатных и азотистых групп РНК, образующих октаэдрические комплексы, имеется ряд убывающей устойчивости комплексов: $Ni^{2+} \geqslant Co^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+}$, $Cr^{3+} > Fe^{3+}$; для сульфидных и азотистых групп белков, образующих тетраэдрические или с меньшим координационным числом комплексы:

$$Hg^{2+} > Cd^{2+} = Pb^{2+} > Cu^{2+} = Zn^{2+};$$

а для азотистых и кислородсодержащих групп белков, образующих октаэдрические или с меньшим координационным числом комплексы:

$Cu^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+}$, $Co^{3+} > Cr^{3+} > Fe^{3+}$ (Вильямс, 1962)

Осаждающее и инактивирующее действие металлов и увеличенные содержания их в зараженных вирусами растениях дают основу для понимания пока не объяснимого скачкообразного характера изменения концентрации вирусов в процессе инфекции, как это видно из кривых относительной концентрации ВПК и ВХК (рис. 5). Такое явление отмечено многими исследователями и у других вирусов растений, таких как вируса мозаики люцерны (Kuhn, Bancroft, 1961; Bell, 1964; Havránek, 1967а), вируса бронзовости томатов (Black и др., 1963), вируса крапчатости боба обыкновенного (Kodama, Bancroft, 1964), вируса деформирующей мозаики гороха (Izadapanah, Shepherd, 1966), вирусов огуречной и табачной мозаики (Havránek, 1967б), вируса аспермии хризантем (Oertel, 1969) и вируса М картофеля (Hödrejärv и др., 1970).

Такое скачкообразное изменение концентрации инфекционного вируса, при котором отсутствует корреляция между концентрацией вирусов и интенсивностью признаков болезни (хлороз, деформации листьев и т. д.), которые часто при снижении концентрации инфекционного вируса обостряются, можно объяснить на основе данных об изменении концентрации металлов в зараженных растениях.

Исходя из сказанного и из экспериментальных данных, предлагаем гипотезу о взаимозависимости между ходом болезни, вызываемой вирусной инфекцией, скачкообразным характером изменения концентрации инфекционного вируса и динамикой содержания минеральных элементов в больном растении.

Главной причиной хлоротических явлений растений при вирусной инфекции может быть образование комплексов или солей между вирионами или продуктами синтеза вируса (вирусная РНК, вирусные белки и т. д.) и металлами. Такие соединения с металлами могут в конечном итоге, с одной стороны, вызывать кажущееся (а может быть и действительное) снижение концентрации вирионов в больном растении, а, с другой, выводить из процесса обмена веществ нужные для растения неорганические элементы. При этом признаки и ход болезни в растении при вирусной инфекции определяются сродством вирионов или продуктов синтеза вируса (или одновременно обоих) по отношению к определенным металлам.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс Р. Дж. П., 1962. Избирательное взаимодействие ионов металлов и функциональных групп белков. В сб.: Тр. Пятого междунар. биохимич. конгресса, симп. IV. М. : 160—180.

Прокофьев В. К., 1951. Фотографические методы количественного спектрального анализа металлов и сплавов, ч. II. М.—Л.

Рейфман В. Г., Крылов А. В., Андреева В. Л., 1966. Исследование картофеля, пораженного морщинистой мозаикой. В сб.: Вирусные болезни картофеля. М. : 86—93.

Рыжков В. А., Смирнова В. А., 1947. Влияние электролитов и анаэробных условий на некротическую реакцию у *Nicotiana glutinosa*. Докл. АН СССР **55** : 259—261.

Тихоненко Т. И., 1971. Биохимия вирусов и их компонентов. В кн.: Молекулярная биология вирусов. М. : 95.

Чернавина И. А., 1970. Физиология и биохимия микроэлементов. М. : 216.

Agur M., 1966. Ühest nn. N-viiruse puhul täheldatud mutatsioonnähtusest. ENSV TA Toimet., Biol. seeria **15** (4): 524—529.

Bell A. A., 1964. Respiratory metabolism of *Phaseolus vulgaris* infected with alfalfa mosaic and southern bean mosaic viruses. Phytopathology **54** : 914—922.

Black L. M., Brakke M. K., Vatter A. E., 1963. Purification and electron microscopy of tomato spotted-wilt virus. Virology **20** : 120—130.
Brakke M. K., 1963. Stabilization of brome mosaic virus by magnesium and calcium. Virology **19** : 367—374.
Francki R. I. B., Randles J. W., Chambers T. C., Wilson S. B., 1966. Some properties of purified cucumber mosaic virus (Q strain). Virology **28** : 729—741
Havránek P., 1967a. Влияние концентрации инокулята на размножение вируса в семядолях огурца. I. Вирус мозаики-люцерны. Acta virol. **11** : 444—452.
Havránek P., 1967б. Влияние концентрации инокулята на размножение вируса в семядолях огурца. II. Вирусы огуречной мозаики и табачной мозаики. Acta virol. **11** : 538—543.
Hull R., Johnson M. W., 1968. The precipitation of alfalfa mosaic virus by magnesium. Virology **34** : 388—390.
Hödrejärv U., Olspert K., Tarassova K., 1970. A method for purification of potato virus M. ENSV TA Toimet., Biol. **19** (3): 231—234.
Hödrejärv U., Tarassova K., Olspert K., 1971. Nn. Kartuli-N-viiruse elektroforeetilisest uurimisest. ENSV TA Toimet., Biol. **20** (1) : 79—83.
Izadapanah K., Shepherd R. J., 1966. Purification and properties of the pea enation mosaic virus. Virology **28** : 463—476.
Jensen S. G., 1969. Composition and metabolism of barley leaves infected with barley yellow dwarf virus. Phytopathology **59** : 1694—1698.
Johnson M. W., 1964. The binding of metal ions by turnip yellow mosaic virus. Virology **24** : 26—35.
Kodama T., Bancroft J. B., 1964. Some properties of infectious ribonucleic acid from broad bean mottle virus. Virology **22** : 23—32.
Koen T. J., Langenegger W., 1970. Effect of greening virus on the macro-element content of citrus leaves. Farm. S. Africa **45** : 65.
Kuhn C. W., Bancroft J. B., 1961. Concentration and specific infectivity changes of alfalfa mosaic virus during systemic infection. Virology **15** : 281—288.
Loring H. S., Fujimoto Y., Tu A. T., 1962. Tobacco mosaic virus — a calcium-magnesium coordination complex. Virology **16** : 30—40.
Millikan D. F., Koirtyohanu S. R., Upchurch W. J., 1965. Effect of varying levels of potassium and the leaf roll virus upon mineral content of grape leaf tissue. Plant Dis. Reptr **49** : 36—38.
Oertel C., 1969. Untersuchungen über die wirtschaftlich wichtigsten Viruskrankheiten an *Chrysanthemum indicum* L. in der DDR und die Möglichkeiten ihrer Bekämpfung. Nova acta Leopold **34** (189) : 1—92.
Průša V., Pirkl J., Bôhmova J., 1965. Nutritional effects on the hop curl disease and comparison of the chemical composition of diseased and healthy hop plants. Biol. plant. Acad. Scient. Bohemosl. **7** : 425—436.
Ramakrishnan K., Nambiar K. K., Alagianagalingam M. N., 1969. Physiology of virus-infected plants. Proc. Indian Acad. Sci. **B 69** : 104—114.
Rossouw D. J., Fulton R. W., 1963. The effect of certain monovalent and divalent cations on plant virus infection. S. African J. Agric. Sci. **6** : 193—204.
Takanami Y., Tomaru K., 1969. Effect of EDTA on cucumber mosaic virus and its application in purification. Virology **37** : 293—295.
Wolfgang H., 1969. Studies on the metabolism of virus-infected plants. VI. Ash content of virus-infected and healthy primary leaves of Phaseolus vulgaris. Acta biol. Acad. scient. Hung. **20** : 299—302.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР
Таллинский политехнический институт

Поступила в редакцию
7/IV 1972

ULRICH HÖDREJÄRV, HELVI HÖDREJÄRV

ANORGAANILISTE ELEMENTIDE SISALDUS KARTULI-N- JA -X-VIIRUSEGA NAKATATUD *NICOTIANA GLUTINOSA* L. INOKULATSIOONILEHTEDES

Resümee

Käsitletakse niiskuse, tuha ja anorgaaniliste elementide sisalduse dünaamikat kartuli-N-viiruse (KNV) ja kartuli-X-viirusega (KXV) nakatatud *Nicotiana glutinosa* L. inokulatsioonilehtedes, võrreldes seda terve taime lehtedes toimuvaga ja kõrvutades viiruste suhtelise kontsentratsiooni dünaamikaga.

Selgus, et viirusega nakatamine tingib suurenenud kuivainesisalduse ja hüppeliselt langeva tuhasisalduse.

Infektsiooni algul (3. päeval) sisaldasid inokulatsioonilehed kõiki määratud elemente rohkesti.

KNV-ga nakkuse puhul muutusid laias diapasoonis K-, Na-, Ca-, P-, Fe-, Cu- ja Zn-, KXV-ga nakkuse puhul aga K-, P-, Fe-, Cu- ja Zn-sisaldused.

Ca-, Fe-, Cu- ja Zn-sisalduse dünaamikat kasutatud viiruste suhtelise kontsentratsiooni dünaamikaga võrreldes selgus, et peale esialgset langust saavutavad nende elementide kontsentratsioonid oma maksimaalväärtuse selleks ajaks, kui viiruse kontsentratsioon peale hüpet üles on juba langemas või jõudnud madalseisu. Viiruse kontsentratsiooni langusele vaatamata tugevnevad kloroos ja teised haigustunnused.

Katse- ja kirjandusandmetele tuginedes esitavad autorid viirusnakkuse tagajärjel tekkinud haiguse kulu, viiruse kontsentratsiooni hüppelisuse ja metallisisalduse muutuse kohta haiges taimes järgmise hüpoteesi.

Viirusliku nakkuse korral esineva kloroosi peamiseks põhjuseks võib olla virioonide või viiruse sünteesi produktide seostumine metallidega. Taoliste komplekside või soolade teke võib haiges taimes esile kutsuda näiliku (aga võb-olla ka tegeliku) virioonide kontsentratsiooni languse.

Haigustunnused ja haiguse kulg sõltuvad virioonide või viiruse sünteesi produktide (või üheaegselt mõlema) aktiivsete rühmade afiinsusest teatud metallide suhtes.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut
Tallinna Polütehniline Instituut

Toimetusse saabunud
7. IV 1972

ULRICH HÖDREJÄRV, HELVI HÖDREJÄRV

THE CONTENT OF INORGANIC ELEMENTS IN INOCULATED LEAVES OF *NICOTIANA GLUTINOSA* L. IN CASE OF INFECTION WITH POTATO VIRUSES N AND X

Summary

This paper deals with the changes in the content of moisture, ash and inorganic elements in the inoculated leaves of *Nicotiana glutinosa* when infected with the potato virus N (PVN) and potato virus X (PVX) in comparison with healthy plants. These data are compared with the changes in the relative concentration of the virus.

The results presented here show an increased content of dry residue and a non-gradual falling content of ash, caused by the virus infection.

The high content of the elements investigated in this paper is noted in the primary period of the virus infection (on the third day).

The quantity of K, Na, Ca, P, Fe, Cu, Zn and K, P, Fe, Cu, Zn varies to a wide extent in the case of infection with PVN and PVX, respectively.

Special attention should be given to the changes in the contents of Ca, Fe, Cu and Zn in comparison with the changes in the relative concentration of the virus. It appears that the contents of these elements, after a preliminary fall, increase again, reaching their maximum at the time when the concentration of the infectious virus decreases after its peak or is already low. In spite of the drop in the virus concentration, chlorosis and other symptoms of the disease became stronger.

On the basis of the results of our experiments and a number of other studies, a hypothesis of connecting the process of the disease with the fluctuating nature of the virus concentration and change in the content of metals in the diseased plants is submitted.

The main cause for the chlorotic phenomenon in the virus-infected plants may be the binding of the virus particles or the products of the virus synthesis to the metals.

The formation of the complexes or salts may induce a likely (but perhaps also a real) fall of the virus concentration in the diseased plant.

The symptoms and the process of disease in virus-infected plants are determined by the affinity of the active groups of the virus particles or the products of virus synthesis (or both simultaneously) in respect to certain metals.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology
Tallinn Polytechnical Institute

Received
April 7, 1972