

## **БІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІРУСІВ, ЩО УРАЖУЮТЬ ЦУКРОВІ БУРЯКИ**

І. М. Андрусик, І. О. Антіпов

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Представлено основні характеристики вірусів, що уражують цукрові буряки: таксономія, морфологія і будова віріонів, склад геному, біологічні властивості та спричинені ними захворювання, симптоми вірусного ураження і особливості перенесення вірусу

*Beta vulgaris*, вірус, геном, РНК

**Постановка проблеми.** Віруси рослин здатні швидкими темпами розповсюджуватися в агроценозах, завдаючи значних збитків сільському господарству. Вони призводять до значних втрат урожаю культурних рослин і погіршення якості продукції. При цьому спостерігаються значні патологічні зміни.

Цукровий буряк – одна із найбільш високопродуктивних технічних культур, що використовується в якості сировини для цукрової промисловості і має важливе економічне значення. Цукрові буряки для України є стратегічною сільськогосподарською культурою. Разом із тим, відбувається скорочення виробництва цукрових буряків і зниження врожайності культури і однією з причин цього стало поширення вірусних хвороб [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Згідно з класифікацією Міжнародного комітету з таксономії вірусів (МКТВ) [2] серед вірусів, які уражують цукрові буряки, найбільш розповсюдженими є: вірус мозаїки буряка, вірус жовтяниці буряка, вірус некротичного пожовтіння жилок буряка, вірус скручування листків буряка, вірус західної жовтяниці буряка, вірус жовтої карликовості буряка, вірус ґрунтової мозаїки буряка, ґрунтовий вірус буряка, вірус чорних опіків буряка, вірус слабкої жовтяниці буряка, вірус скручування верхівки буряка, криптичні віруси, що викликають такі симптоми на рослинах, як жовтяниця, мозаїка, слабе пожовтіння, кучерявість листя, карликовість, кільцева плямистість, некротична плямистість.

Для зниження розповсюдження вірусів необхідно проводити моніторинг вірусних захворювань і їх переносників з метою прогнозу можливої появи епіфітотій, розробити науково- і економічно обґрунтовані рекомендації щодо заходів попередження появи вірусних інфекцій. Для своєчасного виявлення вірусних захворювань і проведення захисних заходів необхідно встановити причини виникнення хвороби на всій території вирощування, визначити фактори, що негативно впливають на рослину, розробити та впровадити чутливі, надійні діагностичні тест-системи для виявлення та ідентифікації патогенів [1].

**Мета досліджень.** Систематизація існуючих даних щодо біологічних характеристик вірусів, що уражують цукрові буряки.

**Матеріали і методика досліджень.** Нами було проаналізовано і описано 12 збудників вірусного захворювання, які входять в склад 11 родів і дев'ять родин.

**Результати досліджень та їх обговорення.** *Вірус жовтяниці цукрового буряка* (Beet yellows virus, BYV) належить до родини Closteroviridae, рід Closterovirus. Вірус вперше було описано в Бельгії ще у 1936 році Роландом на рослинах буряка – *Beta vulgaris* L. Геном представлений однією молекулою ондониткової РНК з молекулярною масою  $2,2-4,7 \times 10^3$  Да, розміром 14,5 kb. Розмір віріону  $1250 \times 10$  нм. Температура інактивації в соку до  $55^\circ\text{C}$ , тривалість вистоювання в соку при кімнатній температурі до 3 діб. З'ясувалося, що у великих РНК геномах ВЖБ та інших представників роду Closterovirus заковані білкові послідовності, гомології яких відображають декілька рівнів консервації [3].

Вірус ефективно передається напівперсистентним шляхом. Переносники – різного виду попелиці, серед яких основними є персикова (*Myzodes persicae*) і бурякова (*Aphis fabae*). Перенесення вірусу жовтяниці буряка персиковою попелицею було досліджено в Англії Уотсоном [4], а Сильвестром [5] проведено аналогічні дослідження в США. Досить складно вірус передається механічною інокуляцією і не передається простим контактом між рослинами, насінням та пилком. Чисельність вірусу в значній мірі визначається розвитком попелиць – векторів вірусної інфекції і ступенем заселеності ними маточного буряка, а також ступенем ураження жовтяницею посівів буряків, що залишаються на насіння [6].

Види рослин, чутливих до ураження вірусом жовтяниці буряка, відносяться до родин Лободові, Шорстколисті, Гвоздикові, Бобові, Резедові.

Вірус жовтяниці буряка викликає досить широкий спектр симптомів на цукрових буряках. Перші симптоми вірусного ураження проявляються у просвітлінні жилок в молодих листках, починаючи вже через шість діб після поширення інфекції. Зазвичай листя, інфіковане цим вірусом, набуває світло-жовтого кольору, інколи проявляються червоно-коричневі краплення. Цей вірус більш суттєво впливає на рослину, зменшуючи листову поверхню, що викликає дуже великі втрати кореневої системи і урожаю. У деяких випадках це супроводжується появою некрозу клітин уздовж жилок [7]. Неможливо передбачити чи зменшити вплив вірусу на рослину.

Вірус викликає захворювання – жовтяницю цукрових буряків, яка широко розповсюджена у різних країнах світу. Дане захворювання є одним із найбільш небезпечних для цукрових буряків. У середньому урожай коренеплодів хворих рослин знижується на 20 %, а їх цукристість – на 0,5–1 %. Погіршується і якість насіння, що пов'язано з порушенням азотного обміну в коренеплодах. Підвищується вміст у коренеплодах загального, амідоміачного і білкового азоту, а також кількість пектинових речовин і золи. У листках різко зменшується вміст хлорофілу і збільшується вміст вуглеводів: крохмалю і репродукованих цукрів. При змішаній інфекції жовтяниці і мозаїки шкідливість захворювання збільшується.

**Вірус мозаїки буряка** (Beet mosaic virus, BtMV) відноситься до роду Potyvirus, родини і має ниткоподібну форму віріонів. BtMV вперше описаний Ліндом у 1915 році. В уражених клітинах утворюються паракристалічні включення, помітні в світловий мікроскоп. Геном BtMV містить 9591 нуклеотидів та одну відкриту рамку зчитування. Температура інактивації до 70<sup>0</sup>С, тривалість вистоювання в соку при кімнатній температурі до чотирьох діб. Нуклеокапсид має спіральний тип симетрії, ниткуватий, звивистий, крок спіралі 3,4 нм. Вірус має два структурних білки молекулярною масою 36 кДа і 35 кДа. Геном представлений лінійною одноланцюговою РНК, більша частина геному складає 10 кв. Листковий сік містить декілька вібріонів [8].

При цитологічному дослідженні вірус мозаїки буряка в інфікованих клітинах рослин можна знайти у цитоплазмі, ядрі, хлоропластах. В інфікованих клітинах включення мають вигляд кристалів, які знаходять у цитоплазмі і ядрі. Є й інші клітинні включення, які спостерігаються у рослин буряка (*B. vulgaris*) та гомфрени кулястої (*Gomphrena globosa*), для яких характерні цитопатологічні зміни форми і розміру ядра [8].

При ураженні рослин на ранній стадії розвитку втрати врожаю коренеплодів можуть складати близько 50 %, а насіння – 30–70 %, цукристість зменшується на 0,4–1 % [9]. Інші вчені дотримуються думки, що вірус не є економічно шкідливим. Проте у випадку змішаної інфекції з вірусом жовтяниці, втрати врожаю насіння можуть сягати 45–65 % [10].

При температурі вище 21<sup>0</sup>С і нижче 10<sup>0</sup>С симптоми захворювання маскуються [6]. Встановлено, що в світло-зелених ділянках листків міститься до 70–80 % інфікованих вірусом клітин, у той час як у темно-зелених тканинах тільки 2–7 %, при цьому було відмічено, що темно-зелені ділянки мозаїчного листка мають певний рівень стійкості як до гомологічного вірусу, так і до гетерологічного вірусу [11].

Найкращими діагностичними видами рослин вважаються *B. vulgaris* (*sugar beet*) та *Spinacea oleracea* (*spinach*), які є добрими господарями для тестування і для механічного за-

раження. *Beta patellaris* є корисним для спостереження за локальним ураженням. *Amaranthus retroflexus* і *Amaranthus caudatus* також дають локальні симптоми ураження. Багато хлоротичних локальних уражень виробляються в *Chenopodium quinoa* і *Gomphrena globosa* [7].

Поширюється цей вірус за допомогою комах. Однак попелиці *M. persicae* та *A. fabae* є головними переносниками вірусу в полі. Передача здійснюється неперсистентним або напівперсистентним шляхом. Перебування вірусу у векторі залежить від різновиду комахи і цей термін може складати від однієї до чотирьох годин. Вірус не зберігається після линьки комахи і не передається її потомству [12].

**Вірус скручування листків буряка** (Beet leaf curl virus, BLCV) відноситься до рабдовирусів (Rhabdovirus). Частки вірусу в загальному паличкоподібної форми, проте куляста форма частинок також зустрічається. Віріони мають розміри: діаметр 80 нм, довжина 225 нм у тканині листків і 350 нм у коренях. Геном вірусу складається з однієї молекули (-) РНК з молекулярною масою 4x10<sup>6</sup> Да. В оболонці віріону присутній білок М, молекулярна маса якого 145-170x10<sup>3</sup> Да. У складі вірусу виявлено ліпіди та вуглеводи клітинного походження. Інкубаційний період вірусу в рослині 21 - 65 діб.

Beet leaf curl virus не дуже стійкий, ТТІ складає – 54-58 °С, інфекційність у соку зберігається протягом однієї доби. Коефіцієнт седиментації 285 S.

При цитологічному дослідженні вірус виявляється у цитоплазмі, в ядрі, а також у клітинних вакуолях. BLCV не передаються механічно, але передається щепленням, наприклад шпинат (*S. oleracea*) і *Tetragonia tetragonioides*. Інфекційність вірусу зберігається до семи діб у листках у повітряно-сухому стані і протягом 12 тижнів при -20 °С. Інфекційність соку зберігається протягом 24 год. при 25 °С.

Симптоми проявляються у просвічуванні жилок листка і паростка, які потім набрякають і, оскільки вони не ростуть швидше, ніж у іншій частині листка, набувають значного зморшкуватого вигляду. З часом, при ефективному поширенні вірусу старі листки відмирають. Проте загибель рослини до збору урожаю відбувається рідко [13].

Передається вірус за допомогою векторів: кліщів, попелиць, цикадок, не передається контактом між рослинами, насінням і пилком. На рослинах-індикаторах з родини Лободових (*Chenopodium quinoa*) спостерігаються системні просвітління жилок і затримка росту. Вірус добре накопичується на рослинах буряка (*B. vulgaris*). Хвороба зустрічається на цукрових, кормових і столових буряках [2].

Захворювання розповсюджене в основному в центральній Європі в районах з легкими піщаними ґрунтами, де умови відповідають вектору. Урожай коренеплодів уражених рослин може знижуватися на 50–60 %, вміст цукру – 2 %. Проте відомо, що в останні роки вірус вже не має економічного значення у вирощуванні цукрових буряків [14].

**Вірус західної жовтяниці буряка** (Beet western yellows virus, BWYV) відноситься до родини Luteoviridae, роду – Polerovirus. Віріони мають ізометричну форму, діаметром близько 26 нм. Флоемотропний вірус, який уражує близько 100 видів із 21 родини дводольних рослин, широко розповсюджений на економічно важливих культурах. Передається персистентно кількома видами попелиць, не передається інокуляцією соку, спричиняє відставання рослин у рості і розвитку та хлороз. Діапазон ураження вірусом широкий, більше 100 видів у 21 сім'ї дводольних рослин сприйнятливі до різних штамів вірусу. *M. persicae* (Sulzer) є ефективним вектором передачі BWYV. Латентний період вірусу 12–30 годин, у попелиці зберігається протягом 17 днів. Вірус західної жовтяниці буряка спричиняє уповільнення росту листків, спостерігається почервоніння або пожовтіння міжжилкових листків, що поєднується з потовщенням і ламкістю листя. У більшості ураження нижніх, а іноді і проміжних листків є більш серйозним, ніж верхніх [15].

**Вірус жовтої карликовості буряка** (Beet yellow stunt virus, BYSV) було описано в 1963 році в США як руйнівне вірусне захворювання типу жовтяниці на цукровому буряку і також на салаті. Beet yellow stunt virus належить до родини Closteroviridae, роду Closterovirus і має хвилясту ниткоподібну форму довжиною 1400 нм. Геном містить щонайменше дев'ять відкритих рамок зчитування, які кодують білки від шести до 66 кДа. BYSV пере-

дається декількома видами попелиць напівперсистентним шляхом. Вірус викликає скручування листя у цукрового буряка, салата і латука, а також викликає важкий хлороз. В основному ВЖКБ уражує види дводольних рослин сімей Лободових, Пасльонових та Складноцвітих. На пошкоджених рослинах зазвичай спостерігається міжжилкове пожовтіння або почервоніння нижніх і проміжних листків, а в деяких випадках на рослинах спостерігаються важкі симптоми: затримка росту і некроз [16].

**Вірус некротичного пожовтіння жилок буряка** (Beet necrotic yellow vein virus, BNYYVV) належить до роду *Betuvirus* і вперше описаний на буряках в Італії. Вірус паличкоподібної форми зі спіральною симетрією, діаметром 20 нм. У соку цукрових буряків вірус інактивується протягом 10 хв. при 65–70°C. До складу вірусу входить єдиний білок оболонки з молекулярною масою 21 Kda, що складається із 188 амінокислот.

Геном ВНПЖБ являє собою одноланцюгову лінійну молекулу (-) РНК. У складі всіх ізолятів відомі чотири молекули РНК: РНК 1 (6,7 kb), РНК 2 (4,7 kb), РНК 3 (1,8 kb), РНК 4 (1,5). Віріони складаються із 5 % нуклеїнової кислоти і 95 % білка. Базовий склад РНК BNYYVV: 24 % G, 26 % A, 15 % C, 34 % U [17].

BNYYVV має відносно вузьке коло рослин-господарів. До числа чутливих видів відносяться всі культивовані форми буряка (*B. vulgaris*) – цукровий буряк, кормовий буряк, мангольд, шпинат. Вірус уражає рослини родин *Chenopodiaceae*, *Aizoaceae*, *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae*, *Solanaceae*. Різні види лободи, щириці і деякі види буряка є рослинами-господарями і резерваторами переносника вірусу – ґрунтового гриба *Polymyxa betae*. Поширюється гриб цистосорусами і зооспорами.

При вирощуванні цукрових буряків на інфікованих вірусом ділянках зооспори гриба проникають у кореневі волоски – ризоїди і в епідермальні клітини коренеплоду, після чого він заражується ВНПЖБ. Спори *P. betae* можуть легко поширюватись з поливною водою, рослинними рештками, грудочками ґрунту. Головними факторами для зараження і розвитку гриба, проходження всього циклу розвитку і подальшого його відновлення є висока температура і вологість ґрунту. Оптимальними для розвитку гриба є температури від 20 до 28 °C.

Рослинами-індикаторами для ідентифікації BNYYVV є:

– *Chenopodium quinoa* і *Chenopodium amaranticolor* – хлоротичні чи некротичні симптоми на інокульованих листках через 5–7 днів після інокуляції, відсутність системної інфекції.

– *Tetragonia Expansa* – через 5–7 днів після зараження на листках зазвичай розвиваються яскраво-жовті плями, однак можуть з'являтися також симптоми хлороза, жовтяниці чи некроза.

– *Beta vulgaris* – на інокульованих листках через 6–8 днів після зараження розвиваються хлоротичні плями, які потім стають яскраво-жовтими [18].

**Вірус ґрунтової мозаїки буряка** (Beet soil borne mosaic virus, BSBMV) є типовим паличкоподібним вірусом, який належить до роду *Betuvirus* і передається через *Polymyxa betae*. Геномна організація BSBMV ідентична вірусу некротичного пожовтіння жилок буряка (BNYYVV), який відноситься до роду *Betuvirus*. Розмір частинок 19 нм в ширину і коливається від 50 до 400 нм. Молекулярна маса BSBMV 22,5 кДа.

BSBMV RNA1 кодує одну велику відкриту рамку зчитування, що подібне BNYYVV. BSBMV РНК2 має шість потенційних ORF з організацією, що нагадує BNYYVV РНК2. RNA3 і РНК4 нагадують аналогічні BNYYVV РНК, які кодують білки. На основі аналізу послідовності BSBMV є новим *betuvirus*, який можна відрізнити від BNYYVV. Симптоми на листках у цукрових буряків викликаних BSBMV включають невелике спотворення листя, спостерігаються тонкі вкраплення і світло-жовті жилки. При вирощуванні цукрових буряків у полі симптоми на рослинах проявляються частіше, ніж ті, які викликані BNYYVV. Хоча на корінні цукрових буряків інфекція протікає безсимптомно, на деяких буряках, інфікованих BSBMV, симптоми зазвичай пов'язані більш з ризоманією. Захворювання може викликати затримку росту, розповсюдження бічних коренів і звуження основ-

ного стрижневого кореня. Чутливими до ураження ВГМБ є 27 видів рослин, серед яких найпоширенішими є *Tetragonia tetragonioides*, *Amaranthus hybridus* L., *Cichorium endivia* L., *Brassica oleracea* L., *Chenopodium album* L. [19].

**Грунтовий вірус буряка** (Beet soil-borne virus, BSBV) та **вірус Q буряка** (Beet virus Q, BVQ) належать до родини *Virgaviridae*, роду *Pomovirus*. Beet soil-borne virus є слабо вивченим паличкоподібним вірусом буряка. Грунтовий вірус буряка і вірус Q буряка є двома членами роду *Pomovirus*, які передаються *P. betae* [17]. У природі він уражує цукровий буряк, кормовий буряк, мангольд і шпинат. Частки *Pomovirus* є порожнистими, 18–20 нм в діаметрі, містять кілька копій однієї великої білкової оболонки (СР; С 19–20 кДа) і складаються з трьох видів РНК. Він передається при щепленні в більшість видів родини *Chenopodiaceae* і в деякі види, що відносяться до *Aizoaceae*, *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae* і *Solanaceae*. У *Ch. quinoa*, *C. amaranticolor* і *T. Expansa* спостерігалися тільки місцеві ураження. *Pomoviruses* мають обмежене коло господарів і передаються в ґрунті *Zoosporic plasmodiophorid* [20].

BSBV був ідентифікований вперше на цукрових буряках у 1982 році у США [21]. З тих пір про вірус стало відомо в багатьох європейських країнах [22] та Ірані [17]. Lesemann D. E та співавтори описали два серотипи BSBV – Ahlum і Wierthe, другий з яких (Wierthe) був пізніше класифікований як окремий вид вірусу буряка і отримав назву вірус Q буряка (BVQ).

**Вірус чорних опіків буряка** (Beet black scorch virus, BBSV) належить до роду *Betanecrovirus*, родини *Tombusviridae*, викликає важкі, системні симптоми захворювання у вигляді чорного випаленого листа, затримки росту цукрових буряків. Вірус передається ефективно через ґрунт та неперсистентним способом зооспорами *Olpidium brassicae*. Beet black scorch virus як *Necrovirus* включає розмір частинок 28 нм і складається з одноланцюгової геномної РНК (3644 нуклеотидів). Повна послідовність нуклеотидів (NT) геному показує наявність семи відкритих рамок зчитування, організований аналогічно в інших вірусів роду *Necrovirus* [23]. Вірус передається механічно і після механічної інокуляції BBSV місцеві некротичні ураження з'являються на листках *Chenopodium spp.*, *Tetragonia Expansa* і *Spinacia oleracea*, безсимптомні інфекції спостерігаються на багатьох рослинах: *Nicotiana spp.*, *Solanum lycopersicum*, *Physalis floridana*, *Lactuca sativa*. Точний вплив цього вірусу на цукровий буряк до цих пір не з'ясовано, але патогенність цього вірусу висока [24].

**Криптичні віруси 1,2,3** (Beet cryptic virus 1,2,3) широко поширені і належать до родини *Partitiviridae*, роду *Alphacryptovirus*. Наприклад, у *B. vulgaris* вони можуть бути присутніми практично в кожному підвиді і сорті, не будучи виявленими. У цукрових буряків криптичні віруси (BCV 1, -2, -3) ідентифіковані і виділені серологічно. Вірус *Alphacryptovirus* має лінійну двоспіральну РНК, який був вперше виявлений у буряках. Віріони криптичних вірусів мають ізометричну будову 30 нм у діаметрі. Вірус передається через пилок і насіння, не передається щепленням та контактом між рослинами. *Cryptoviruses* зберігають латентну форму і мають певні особливості, які відрізняють їх від інших вірусів рослин.

Криптичні віруси симптоматично не проявляються зовні на рослинах господарях, тобто на *B. vulgaris*, ні на інших рослинах [25].

**Вірус слабкої жовтяниці буряка** (Beet mild yellowing virus, BMYV) вперше було описано в Англії на буряках, належить до родини *Luteoviridae*, роду *Polerovirus*. Віріони ізометричної форми 26 нм в діаметрі. Температура інактивації 65 °С. У рослинах вірус зберігається протягом 16 днів. При ураженні на інфікованих рослинах спостерігаються симптоми пожовтіння старого листа, яке стає товстим і ламким. ВСЖБ передається векторами – *M. persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus (Phorodon) humuli*, *Brachycaudus helichrysi*, не передається механічною інокуляцією, шляхом щеплення, при контакті між рослинами, насінням та пилом. Чутливими до вірусу є *Beta macrocarpa*, *Beta patellaris*, *Beta vulgaris*, *Cucumis sativus*, *Gomphrena globosa*, *Montia perfoliata*, *Physalis floridana*, *Spinacia oleracea*, *Tetragonia tetragonioides*. Стійкими проти вірусного ураження є *Amaranthus*

*caudatus*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chenopodium amaranticolor*, *Chenopodium foliosum*, *Chenopodium quinoa*, *Cucumis melo*, *Nicotiana tabacum* [26].

**Вірус скручування верхівки буряка** (Beet curly top virus, BCTV) належить до родини Geminiviridae, роду Curtovirus. Вірус має ізометричну форму, розмір частинок приблизно 20 нм в діаметрі. Великий історичний і економічний вплив вірус мав у західних регіонах США. ВСВБ диференційно організовано уражує багато рослин, включаючи люцерну, помідори, перець та багато бур'янів. Заражені бур'яни і рослини люцерни є безсимптомними. Рослини шпинату відстають у рості, їх листя хлоротичні і спотворені. BCTV має надзвичайно широке коло господарів, серед яких найважливішими є картопля, цукровий буряк і помідори. Крім того, вірус уражує й інші види рослин, що відносяться до родин Chenopodiaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Linaceae. Вірус важко передається механічним шляхом. Основними векторами передачі є цикадки, такі як *Circulifer tenellus* в Північній Америці і *C. oracipennis* у районі Середземного моря. Цикадки можуть утримувати вірус протягом місяця або навіть більше. У цілому симптоми ураження BCTV, як правило, однакові в усіх рослин-господарів. У цукрових буряків, уражених вірусом, листя набуває темного, тьмяно-зеленого кольору, стає товстим, крихким і ламким. Молоді рослини цукрових буряків менш схильні до зараження, ніж дорослі рослини [27].

**Висновки.** Вивчення вірусів цукрових буряків обумовлено серйозною загрозою рослинам, яким віруси завдають подвійної шкоди: викликають суттєве зменшення урожаю через пригнічений розвиток уражених рослин, а також є причиною значних змін вмісту цукру, що в кінцевому результаті призводить до погіршення якості сировини.

У підсумку слід зазначити, що для встановлення темпів поширення вірусних хвороб цукрових буряків та розробки захисних заходів необхідна ретельна діагностика вірусів у рослинах цукрових буряків, бур'янах і в ґрунті.

#### Список використаних джерел

1. Роїк М. В. Хвороби коренеплодів цукрових буряків / М. Роїк, А. Нурмухаммедов, А. Корнієнко, – К. : Поліграфколсантінг, 2004. – 224 с.
2. Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses / [Andrew King M., Michael J. Adams, Elliot J. Lefkowitz, Eric B. Carstens] // Elsevier Academic Press. – 2012. – 1327 p.
3. Rogov V. V. Purification and some properties of an isolate of beet yellows virus from Ukraine / V. V. Rogov, A. V. Karasev, A. A. Agranovsky // Journal of Phytopathology. – 1993. – № 137. – P. 79–88.
4. Watson M. A. The transmission of Beet mosaic and beet yellows virus by aphids; a comparative study of a non-persistent and a persistent virus having host plants and vectors in common / M. A. Watson // Proc R Soc Med. – 1946. – № 133. – P. 200–219.
5. Sylvester E. S. Beet yellows virus transmission by the green peach aphid / E. S. Sylvester // Jour. Econ. Ent. – 1956. – № 49. – P. 789–800.
6. Власов Ю. И. Сельскохозяйственная вирусология / Ю. И. Власов, Э. И. Ларина. – М.: Колос, 1982. – 237 с.
7. Bennett C.W. Sugar Beet Yellows Disease in the United States / C. W. Bennett. – Washington : U. S. Dept. of Agriculture. – 1960. – 63 pp.
8. Milne R. G. The Filamentous plant viruses / Robert G. Milne. – New York : Plenum Press. – 1988. – V. 4. – 325 p.
9. Рогов В. В. Изучение свойств вирусов сахарной свеклы и разработка методов их иммунодиагностики: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.06 «Вирусология» / В. В. Рогов. – К.: Урожай, 1991. – 12 с.
10. Шнаар Д. Сахарная свекла. Выращивание, уборка и хранение / Д. Шнаар. – М.: DLV АГРОДЕЛО, 2006. – 207 с.

11. Власов Д. Ю. Изучение цикла развития *Polymyxa betae* / Д. Ю. Власов // Микология и фитопатология. – 1986. – Вып. 20. – № 5. – С. 350–353.
12. Гиббс А., Харрисон Б. Основы вирусологии растений / А. Гиббс, Б. Харрисон. – М.: Мир, 1978. – 429 с.
13. Proeseler G. Relationships between *Piesma quadratum* and beet leaf curl virus. I. Experiments of virus transmissibility and rearing of the vector / G. Proeseler // Phytopathologische Zeitschrift. – 1966. – № 56. – P. 191–211.
14. Hoffmann G. H. Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen / G. H. Hoffmann, H. Schmitterer. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1983. – 488 p.
15. Duffus J. E. Beet western yellows virus / J. E. Duffus // Database of plant viruses [Association of Applied Biologists]. – <http://www.dpvweb.net>. – DPV 89 (1972).
16. Martelli G.P. The family Closteroviridae revised / G. P. Martelli, A. A. Agronovsky, M. Bar-Joseph, D. Boscia // Arch. Virol. – 2002. – 147/10. – P. 2039–2044.
17. Surveys of Beet necrotic yellow vein virus, Beet soil-borne virus, Beet virus Q and *Polymyxa betae* in sugar beet fields in Iran / [S. Farzadfar, R. Pourrahim, A. R. Golnaraghi, A. Ahoonmanesh] // Plant Pathol. – 2007. – № 89. – P. 277–281.
18. Asher M. J. C. Rhizomania. [In: Cooke D. A., Scott R. K. The sugar beet crop, Science into practice]. Chapman and Hall, London, 1993. – 311–346 p.
19. Kaufmann A. Influence of beet soil-borne virus on mechanically inoculated sugar beet / A. Kaufmann, R. Koenig and, H. Rohloff // Plant Pathol. – 1993. – №42. – P. 413–417.
20. Lesemann D. E. Serotypes of beet soil-borne furovirus from FRG and Sweden. D. E. Lesemann, R. Koenig, K Lindsten, C Henry // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. – 1989. – P. 539–540.
21. Henry C. M. Occurrence of a soil-borne virus of sugar beet in England / C. M. Henry, R. A. C. Jones, R. H. A. Coutts // Plant pathology. – 1986. – № 35. – P. 585–591.
22. Multiplex reverse transcription-PCR for simultaneous detection of beet necrotic yellow vein virus, Beet soilborne virus, and Beet virus Q and their vector *Polymyxa betae* on sugar beet / A. Meunie, J. F. Schmit, A. Stas, N. Kutluk, C. Bragard // Appl Environ Microbiol. – 2003. – № 69. – P. 2356–2360.
23. Analysis of the subgenomic RNAs and the small open reading frames of Beet black scorch virus / X Yuan, Y Cao, D Xi, L Guo, C Han, D Li, Y Zhai, J Yu // J. Gen. Virol. – 2006. – № 87 – P. 3077–086.
24. Characterization of a U.S. Isolate of Beet black scorch virus / J. J. Weiland, D Van Winkle, M. C. Edwards, R. L. Larson, W. L. Shelver, T. P. Freeman, H. Y. Liu // Phytopathology. – 2007. – № 97. – P. 1245–1254.
25. Anita Szego. Distribution, persistence and molecular characterization of cryptic and endornaviruses Supervisor: Noémi Lukács, PhD. – University of Budapest Department of Plant Physiology and Plant Biochemistry. – Budapest, 2009.
26. Russell G. E. Sugar beet yellows: a preliminary study of the distribution and interrelationships of viruses, and virus strains found in East Anglia / G. E. Russell // Ann. appl. Biol. – 1958. – № 46. – P. 393.
27. Creamer R. Epidemiology and incidence of Beet curly top geminivirus in naturally infected weed hosts / R. Creamer, M. Luque-Williams, M. Howo // Plant Disease. – 1996. – № 80. – P. 533–535.

## References

1. Roik MV, Nurmukhammedov A, Kornienko A. 2004. Diseases of sugar beetroots. Kiev : Poligrafkonsalting, p. 224.
2. King Andrew M, Michael Adams J, Elliot Lefkowitz J, Eric B. 2012. Carstens Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press, p. 1327
3. Rogov VV, Karasev AV, Agranovsky AA. 1993. Purification and some properties of an isolate of beet yellows virus from Ukraine. Journal of Phytopathology 137:79–88.
4. Watson MA. 1946. The transmission of Beet mosaic and beet yellows virus by aphids; a comparative study of a non-persistent and a persistent virus having host plants and vectors in common. Proc R Soc Med 133:200–219.
5. Sylvester ES. 1956. Beet yellows virus transmission by the green peach aphid. Jour. Econ Ent 49:789–800.
6. Vlasov YuI, Larina EI. 1982. Agricultural virology. Moskva : Kolos, p. 237.
7. Bennett CW. 1960. Sugar beet yellows disease in the United States. Washington : U.S. Dept. of Agriculture : p. 63.
8. Milne RG. 1988. The Filamentous plant viruses. New York : Plenum Press 4:325.
9. Rogov VV. 1991. Studies of properties of sugar beet viruses and methods for their immunodiagnosics [abstract dissertation]. Kiev: Urozhay, p. 12.
10. Shpaar D. 2006. Sugar beet. Growing, harvesting and storage. Moskva : DLV Agrodelo, p. 207.
11. Vlasov DYu. 1986. Studies of the development cycle *Polymyxa betae*. Mikologia i fitopatologia 20(5):350–353.
12. Hibbs A, Harrison B. Fundamentals of plant. Moskva: Mir, p. 429.
13. Proeseler G. 1966. Relationships between Piesma quadratum and beet leaf curl virus. I. Experiments of virus transmissibility and rearing of the vector. Phytopathologische Zeitschrift 56:191–211.
14. Hoffmann GH, Schmutterer H. 1983. Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Stuttgart : Verlag Eugen Ulmer: p. 488.
15. Duffus JE. 1972. Beet western yellows virus. Database of plant viruses Association of Applied Biologist. Available from: <http://www.dpvweb.net>. — DPV 89.
16. Martelli GP, Agranovsky AA, Bar-Joseph M, Boscia D. 2002. The family Closteroviridae revised. Arch Virol 147(10):2039–2044.
17. Farzadfar S, Pourrahim R, Golnaraghi AR, Ahoonmanesh A. 2007. Surveys of Beet necrotic yellow vein virus, Beet soil-borne virus, Beet virus Q and *Polymyxa betae* in sugar beet fields in Iran. Plant Pathol 89:277–281.
18. Asher MJC. 1993. Rhizomania. In: Cooke DA, Scott RK. The sugar beet crop, Science into practice. Chapman and Hall, London, p. 311–346.
19. Kaufmann A, Koenig R, Rohloff H. 1993. Influence of beet soil-borne virus on mechanically inoculated sugar beet. Plant Pathol 42:413–417.
20. Lesemann DE, Koenig R, Lindsten K, Henry C. 1989. Serotypes of beet soil-borne furovirus from FRG and Sweden. Buttetin OEPP/EPPO Bulletin : p. 539–540.
21. Henry CM, Jones RAC, Coutts RHA. 1986. Occurrence of a soil-borne virus of sugar beet in England. Plant pathology 35:585–591.
22. Meunier A, Schmit JF, Stas A, Kutluk N, Bragard C. 2003. Multiplex reverse transcription-PCR for simultaneous detection of beet necrotic yellow vein virus, Beet soilborne virus, and Beet virus Q and their vector *Polymyxa betae* on sugar beet. Appl Environ Microbiol 69:2356–2360.
23. Yuan X, Cao Y, Xi D, Guo L, Han C, Li D, Zhai Y, Yu J. 2006. Analysis of the subgenomic RNAs and the small open reading frames of Beet black scorch virus. Jour Gen Virol 87:3077–3086.
24. Weiland JJ, Van Winkle D, Edwards MC, Larson RL, Shelver WL, Freeman TP, Liu HY. 2007. Characterization of a U.S. Isolate of Beet black scorch virus. Phytopathology 97:1245–1254.



25. Szego A. 2009. Distribution, persistence and molecular characterization of cryptic and endornaviruses. In: Supervisor Noémi Lukács (PhD): University of Budapest Department of Plant Physiology and Plant Biochemistry; Budapest.
26. Russell GE. 1958. Sugar beet yellows: a preliminary study of the distribution and interrelationships of viruses, and virus strains found in East Anglia. *Ann appl Biol* 46:393.
27. Creamer R, Luque-Williams M, Howo M. 1996. Epidemiology and incidence of Beet curly top geminivirus in naturally infected weed hosts. *Plant Disease* 80:533–535.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРУСОВ, КОТОРЫЕ ПОРАЖАЮТ САХАРНУЮ СВЕКЛУ**

Андрусик И. Н., Антипов И. О.

Национальный университет биоресурсов и природопользования

Одной из причин сокращения производства сахарной свеклы в Украине является распространение вирусных заболеваний.

**Цель.** Систематизация существующих данных по биологическим характеристикам вирусов, поражающих сахарную свеклу.

**Методы.** Анализ современных литературных источников по 12 возбудителям вирусных заболеваний, относящихся к 11 родам и девяти семействам.

**Результаты и обсуждение.** Проанализированы литературные источники по вирусам.

**Выводы.** Для установления темпов распространения вирусных заболеваний сахарной свеклы и разработки защитных мероприятий необходима тщательная диагностика вирусов в растениях свеклы, сорняках и почве.

*Beta vulgaris, вирус, геном, РНК*

## **BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF VIRUSES THAT INFECT SUGAR BEET**

Andrusik I. M., Antipov I. O.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

One of the causes of reduction in sugar beet production in Ukraine is viral disease extension.

**Aim.** Classification of available data on biological features of viruses affecting sugar beet.

**Methods.** Analysis of recent literature on 12 agents of viral diseases belonging to 11 genera and 9 families.

**Results and Discussion.** Literature sources on viruses have been analyzed.

**Conclusions.** A thorough diagnostics of viruses in beet plants, weeds and soil is necessary to determine rates of viral disease extension in sugar beet and to develop protective measures.

*Beta vulgaris, virus, gene, RNA*