

А. Тасболат, Р. Омаров, С. Жангазин, А. Курманбаева, А. Акбасова

*Евразийский Национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: tasbolatova_a@bk.ru, aj.alua@yohoo.com)*

Структурная организация генома вируса полосатой мозаики ячменя (BSMV) и его идентификация

Аннотация: Вирусы - мельчайшие возбудители множественных болезней человека, животных и растений. Вирус состоит из молекулы ДНК или РНК и капсидной оболочки. Несмотря на наличие генетического материала, вне живой клетки вирусы размножаться не могут. Как известно, вирусы вездесущи, их можно найти повсюду, где есть жизнь. Вирус полосатой мозаики ячменя (англ. Barley stripe mosaic hordeivirus [BSMV]) - вирус палочковидной формы со спиральным капсидом, которая заражает кормовые и злаковые растения. Потери урожая, обусловленные присутствием BSMV, составляют по разным источникам от 20 до 35%. Общие симптомы для BSMV - желтые полосы и замедленный рост. Он распространяется через инфицированное семя. Статья посвящена описанию структурной организации генома вируса полосатой мозаики ячменя (BSMV) и его идентификации. Были рассмотрены структура BSMV и функции его белков. Представлено описание симптомов заражения BSMV культурных и злаковых растений.

Ключевые слова: вирус полосатой мозаики ячменя (BSMV), иммуноферментная тест - система, пшеница, ячмень, зерновые культуры.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-42-49>

Вирусные болезни зерновых, а также кормовых и пастбищных злаковых растений, обладают высокой вредоносностью и имеют широкий ареал распространения. Однако растениеводы с трудом диагностируют эти вирусы, а их вредоносное действие часто связывают с факторами абиотической и иной природы. В настоящее время в мире известно около 3000 паразиты растений, из них к началу XXI века было описано и в разной степени представлено более 100 вирусных и вирусоподобных заболеваний зерновых и кормовых растений. В Европе на злаковых растениях установлено распространение около 60 вирусов, которые принадлежат к 23 родам из 8 семейств. Учитывая это, необходимо дать характеристику наиболее распространенным возбудителям вирусных заболеваний культур в целях первичной диагностики.

Один из самых распространенных возбудителей средизерновых культур является вирус полосатой мозаики ячменя (*BSMV*). Род *Hordeivirus*, семейство *Virgaviridae*. Вирионы палочковидные, длиной 110–160 нм. Это заболевание выявлено впервые в США в 1951 г., после этого в Московской области в 1960 г., позднее – и в других странах расположенных на территории России, после этого аналогичный возбудитель был зарегистрирован в таких странах как Узбекистан, Молдавия и Эстония. Симптомы BSMV включают белые и желтые штрихи, прерывистые пятна или полосы и обесцвечивание листьев [1].

BSMV - это растительный вирус, образующий жесткие палочкообразные вирионы со спиральной упаковкой белка оболочки и включает в себя три генома, представленных в виде РНК. Геном упакован в отдельные вирусные частицы. Вирус передается через семена, пыльцу а также при контакте между растениями вызывает заболевания от легкой мозаики до летального некроза. Вирусная инфекция приводит к потере до 20% урожая ячменя [3,2]. BSMV имеет три разновидности геномной РНК (гРНК): α , β , и γ , которые индивидуально упакованы в короткие жесткие стержни, состоящие из 96% белка и 4% РНК [4].

Геномная РНК представителей *Hordeivirus* кодируют семь основных белков α (метилтрансферазная / хеликазная субъединица репликазы), β (белок оболочки) и γ (полимеразная субъединица репликазы). Белки, закодированные в РНК транслируются непосредственно с геномной РНК, [5,2].

Функции белков BSMV. Все три разновидности геномной РНК BSMV, то есть α , β , и γ принимают участие в заражении растений. РНК β причастна к распространению вируса.

Белки $\alpha\alpha$ и γa у гордеивирусов являются важными субъединицами *RdRp* (RNA-dependent RNA-polymerase), и размножаются в протопластах.

Белок βa транслируется с гРНК β и является наиболее распространенным вирусным белком в зараженных растениях. β состоит из 196 аминокислот. Во время исследования BSMV было выявлено, что в его составе присутствует белок TGB. Каждый из TGB (*Triple gene block*) белков имеет значение для передвижения в растениях.

Белок TGB1 участвует в движении вирусов на большие расстояния. N-концевая часть белка богат лизином и аргинином. Масса TGB1 белка составляет от 50 до 63 кДа. Эти белки проявляют РНК – хеликазную активность.

Трансляция белка TGB2 происходит в сгРНК β . Белок состоит из двух гидрофобных трансмембранных участков и имеет центральную гидрофильную петлю, разделяющую эти участки. Гидрофобные участки белка TGB2 интегрируются в мембрану с образованием U-образной структуры. Согласно этой структуре концевые участки белков направлены к цитоплазматической стороне мембраны, а центральная гидрофильная часть белка ориентирована в эндоплазматический ретикулум (ЭПР).

Белок TGB3. Белок TGB3 кодируется на 3'-концевой ОРС (открытая рамка считывания) на сгРНК β и транслируется после того, как 40S рибосомные субъединицы "проскакивают" AUG кодон, относящийся к TGB2. TGB3 имеют размер от 18 до 24 кДа и содержат два мембранные области так, что N- и C-концы выступают в просвет ЭПР, а петля находится с цитоплазматической стороны ЭПР [2].

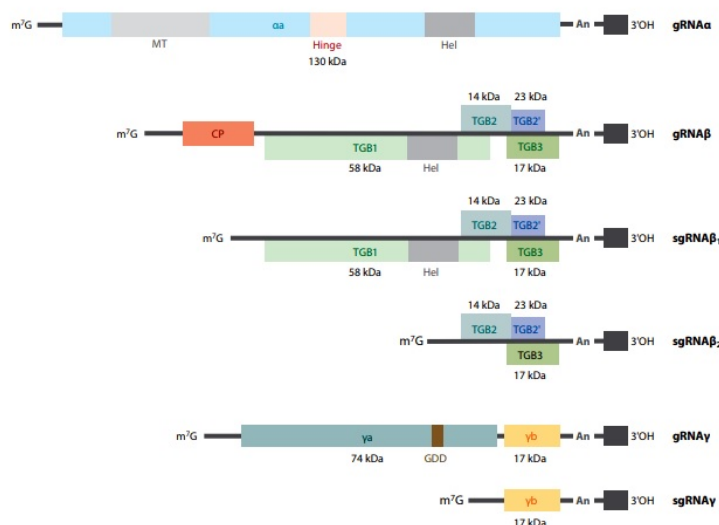


Рисунок 1 – Организация генома BSMV [3]

Примечание. Геномная РНК экпирована. Открытые и сплошные прямоугольники представляют ОРС. Серые прямоугольники это 3'-концевые гРНК-подобные структуры. РНК α кодирует белок αa , который содержит N-концевые метилтрансферазные (MT) и C-концевые геликазные (Hel) домены, разделенные шарнирным элементом. РНК β кодирует пять основных белков: белок оболочки (БО) транслируется с гРНК β ; белок TGB1 транслируется с гРНК β 1; перекрывающиеся белки TGB2, TGB3 и TGB2'. На гРНК γ закодированы 2 белка: γa и γb . Белок γa является полимеразной субъединицей репликазы. Обогащенный цистеином. Белок патогенности γb , (белок патогенности) богат цистеином и экспрессируется с гРНК β [3,2].

Все три геномные РНК требуются для заражения растений. Субчастицы РНК α и γ могут размножаться в протопластах. РНК β причастна к распространению вируса по растению, но ген белка оболочки βa (БО) не является обязательным для системной инфекции, движения от клетки к клетке и по проводящим тканям [2,4,6].

Размножение BSMV. Как и для других вирусов, BSMV требует живую клетку для размножения. Процесс начинается проникновением мвируса в клетку через повреждение клеточной стенки. После отделения белковой оболочки от РНК в цитоплазме начинается трансляция $\alpha\alpha$ и $\gamma\alpha$ субъединиц. $\alpha\alpha$ связывается с РНК α и притягивает белок $\gamma\alpha$, гРНК γ и β из клетки хозяина к мембранам хлоропластов. В мембранно – защищенных везикулах происходит процесс удвоения ДНК, то есть репликация. RdR P присоединяется к 3'-концам гРНК для начала транскрипции субчастиц РНК α, β и γ , а также для инициации транскрипции на внутренних стартовых участках транскрипции отрицательных цепей РНК с образованием сгРНК. TGB2 и γb направляются в везикулы, которые расположены вокруг ядра клетки, и после этого они могут полноценно выполнять свои функции. Белок оболочки транслируется с гРНК β и связывается с положительными цепями геномной РНК, что в итоге образует зрелые вирусные частицы. (Рисунок 2)[2].

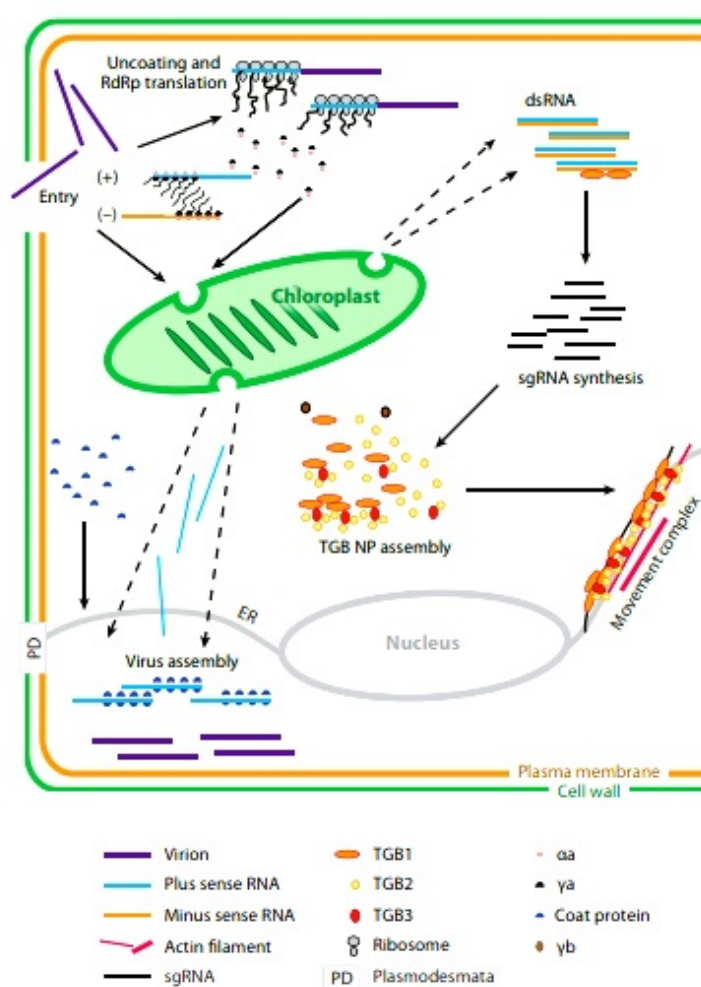


Рисунок 2 – Схема репликации и сборки BSMV [4]

BSMV имеет всемирное распространение, включая европейский и средиземноморские регионы, Азию, Африку, Северную и Южную Америку. В 1969 году вирус был зафиксирован в Квинсленде на посевах ячменя[7]. Вирус также был обнаружен в Тасмании, Виктории и Западной Австралии[8]

В 60-е годы XX века были начаты исследовательские работы по структуре и функции вируса полосатой мозаики ячменя. В результате этих работ было выявлено форма и приблизительные размеры внешней оболочки вируса. Параметры капсида: спирали 2,5 – 2,6 нм, примерно 24 субчастицами на оборот [14, 15, 16]. Кроме этого, обнаружены полочковидные и дискообразные структуры, которые появляются при реагировании белка оболочки вируса полосатой мозаики

ячменя. Эти структуры могут сохранять жизнеспособность и свободно, и в виде различных агрегатов. [17,18,19].

Исследования BSMV, которые были сфокусированы на описании биохимических и молекулярно-биологических особенностей вируса, структуры и экспрессии генома проводились неоднократно, однако информация о структуре капсида стала появляться только 6 лет назад. Исследования структуры BSMV методами дифракции на волокнах и при криогенной температуре с помощью электронной криомикроскопии. В результате было зафиксировано, что подъем спирали за один оборот составляет $25,8 \pm 0,2$ Е. (Рисунок 3).

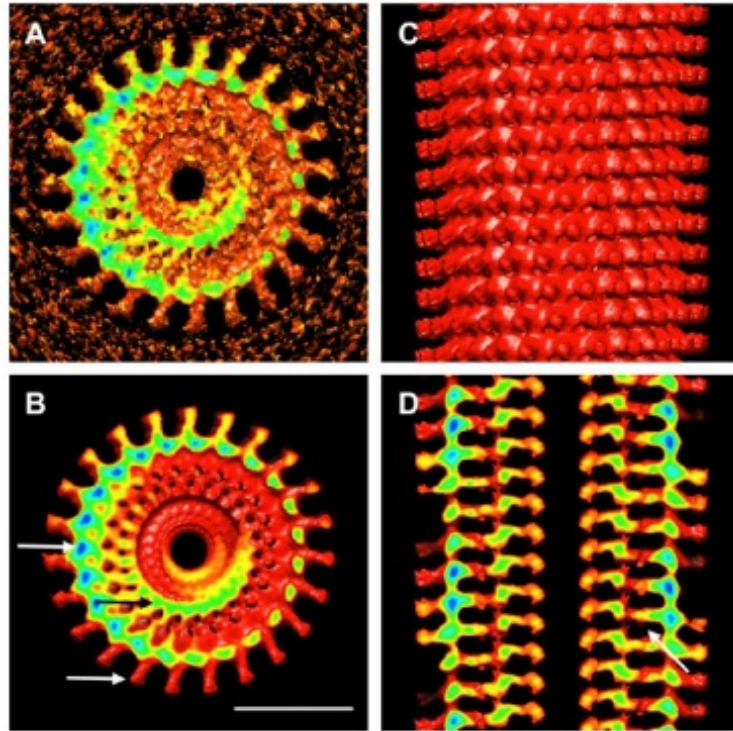


Рисунок 3 – Реконструкция BSMVc низким разширением. Цвета отражают плотность: красный — низкая плотность, синий — высокая

- а) Поперечный срез модели без учета симметрии;
- в) Поперечный срез модели с учетом симметрии. Белые стрелки – плотность, расположенная на расстоянии 91 Е от центра и выросты на поверхности. Черная стрелка – плотность, расположенная на расстоянии 50 Е;
- с) Внешняя поверхность.
- д) Вертикальный срез. Стрелкой показан канал между субъединицами [20]

Полосатая мозаика ячменя - это заболевание, вызываемое BSMV. Оно было открыто и названо ложной полосатостью ячменя почти 100 лет назад, а в 1924 году было предположено, что это заболевание имеет вирусную природу[9]. Естественные хозяева – ячмень, пшеница, овсюг и другие виды. Существуют многочисленные штаммы BSMV, вызывающие различные симптомы болезни. Легкость механической передачи вируса от растения к растению в поле способствует быстрому попаданию вируса к молодым проросткам, а также может привести к высокой доле зараженных семян и серьезным потерям урожая [4,9].

Другим предполагаемым способом передачи вируса является зараженная пыльца. Этот способ может заразить растения, растущие даже на удаленных участках от источника вируса [7] Однако в непосредственных полевых испытаниях и в лабораторных опытах, передача через пыльцу не была обнаружена и, следовательно, не может представляться существенным фактором в распространении вируса [10].

Проявление симптомов на растениях может меняться в зависимости от штамма вируса, сорта растений-хозяина и условий окружающей среды [11]. Проявление симптомов усиливается



Рисунок 4 – Симптомы заражения BSMV [19]

в тепле (температура 24-30°C). В зависимости от штамма вируса симптомы коротких до коротких до длинных полос, которые покрывают всю поверхность листа. Растения, выращенные из зараженных семян могут быть низкорослыми. Семена растений, зараженных BSMV, мелкие и сморщенные. Так же симптомы болезни зависят от сорта растения, то есть пшеницы или ячменя, штамма вируса, времени инфекции и условий окружающей среды. Симптомы не всегда проявляются при осеннем посеве или ранней весной, но становятся заметными, когда температура поднимается выше 10° С [12].

Идентификация и диагностика BSMV. Существует несколько видов метода с помощью иммуноферментной тест-системы, идентифицирующей вирус полосатой мозаики ячменя.

Определение BSMV методом прямого сэндвича – ИФА. В лунки 96-луночных планшетов последовательно вносят:

1. 50 мкл сенсibiliзирующих антител инкубируются в течение ночи при 40 С
2. 100 мкл 1% раствора бычьего сывороточного альбумина (BSA) в фосфатно-солевой буфер (PBS) инкубируются 1ч;
3. 50 мкл вируссодержащего материала, последовательно разведенного PSB, содержащим 0,05% Твин – 20 (PSB –Твин), инкубируются 1ч;
4. 50 мкл конъюгата моноклональных антителас пероксидазой хрена в рабочем разведении в PSB – Твин, инкубируются 1ч;
5. 50 мкл субстратного раствора, содержащего 1 мг/мл орто – финиленадиамина в 0,1 М цитратном буфере (рН 5.0) и 0,06 % перекиси водорода.

Все этапы, начиная со второго, проводятся при 20° С. Между стадиями планшеты промываются 3-4 раза PBS– Твин. Развитие окраски останавливают добавлением 50 мкл 1Н H_2SO_4 .

Определение BSMV с использованием стрептавидин – биотиновой системы. Первые три стадии проводятся так же, как и при постановке прямого сэндвич – ИФА. Затем в лунки вносятся по 50 мкл биотинилированных моноклональных антител в PSB – Твин с 1% BSA, инкубируются 1 ч при 20° С. Промываются 3-4 раза PSB – Твин, после чего инкубируются 1ч при 20° с конъюгатом стрептавидина с пероксидазой хрена [13].

В странах СНГ, в том числе и в Казахстане, хорошо развито выращивание зерновых культур. Известно, что именно эти зерновые культуры являются объектом заражения вируса BSMV. Мы должны учитывать, что своевременная диагностика вируса поможет предотвратить заражение этих культур и позволит сократить экономические потери.

Список литературы

- 1 Bogoutdinov D.Z., Castalia T. B., Girsova Viral N. In. diseases of grain crops in the Samara region, Bulletin of Orenburg state University . – 2017. – Vol. 204. № 4. – P. 46-49.
- 2 Pechnikova E. V. the Structure of the virus of the streaky mosaic of barley and giant bacteriophages EL and Lin68 according to cryoelectronic microscopy: Abstract of the dissertation. – Moscow, 2015. – P 18-27.
- 3 Timian, R.G., Sisler W.W. Prevalence, sources of resistance, and inheritance of resistance to barley stripe mosaic (false stripe), Plant Repr. – 1955. – Vol. 39. №7. – P 550– 552.
- 4 Jackson A O, Lim H S, Bragg J, Ganesan U, Lee M Y. Hordeivirus replication, movement, and pathogenesis, Annual Review of Phytopathology. – 2009. – Vol. 47. № 47. – P. 385-422.
- 5 Gustafson G, Armour S.L. The complete nucleotide sequence of RNA from the type strain of barley stripe mosaic virus, NuclAcidsRes, – 1986 – Vol. 14. № 9. – P. 3895-3909.
- 6 Petty I.T, Jackson A.O. Mutational analysis of barley stripe mosaic virus RNA, Virology. – 1990. – Vol. 179. № 2. – P. 712.
- 7 Greber R.S. Barley stripe mosaic virus on cape barley in Queensland, Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences. – 1971. – Vol. 14. № 28 – P. 1-22.
- 8 Johnstone G.R, Munro D, Sampson P. The current understanding of plant virus diseases in Tasmania, Australasian Plant Pathology. – 1983. – Vol. 12. №2. – P. 24-28.
- 9 Arnaud C., Mario H., A New Barley Stripe Mosaic Virus Allows Large Protein Overexpression for Rapid Function Analysis, Plant Physiol, – 1986. – Vol. 176. № 3. – P. 1919-1931.
- 10 Slack S.A, Shepherd R.J, Hall D.H Spread of seed-borne barley stripe mosaic virus and effects of the virus on barley in California, Phytopathology. – 1975. – Vol. 65. №5. – P. 1218-1223.
- 11 McKinney H.H, Greeley L.W. Biological characteristics of barley stripe mosaic virus strains and their evolution, USDA Technical Bulletin. – 1965. – Vol. 1324. № 1324. – P. 16-82.
- 12 McKinney H.H. New evidence on barley disease in barley, Plant Disease Reporter, – 1953. – Vol. 37. – №1. – P. 292-295.
- 13 Sukhacheva E.A., Novikov V.K., Plaksin D.Yu., Pavlova I.S. ELISA test system based on monoclonal antibodies for detection of the striped barley mosaic virus, Bioorganic chemistry . – 1995. – Vol. 21. № 2, – P. 819– 824.
- 14 Chiko, A.W. Evidence of multiple virion components in leaf-dip preparations of barley stripe mosaic virus, Virology. – 1975. – Vol. 63. №1, – P. 115–122.
- 15 Harrison, B, Nixon, H., and Woods, R.. Lengths and structure of particles of barley stripe mosaic virus, Virology. – 1965. – Vol. 26. №2, – P. 284-289.
- 16 Finch, J.T. Preliminary X-ray diffraction studies on tobacco rattle and barley stripe mosaic viruses, J. Mol. Biol. – 1965. – Vol. 12. №3, – P. 612-619.
- 17 Atabekov, J.G., Novikov, V.K., Kiselev, N.A., Kaftanova, A.S., and Egorov, A.M. Stable intermediate aggregates formed by the polymerization of barley stripe mosaic virus protein, Virology. – 1968. – Vol. 36. №4, – P. 620-638.
- 18 Kiselev, N.A., DeRosier, D.J., and Atabekov, J.G. A double-helical structure found on the re-aggregation of the protein of barley stripe mosaic virus, J. Mol. Biol. – 1969. – Vol. 39. №3, – P. 673-674.
- 19 Veerisetty, V. Relationships among structural parameters of virions of helical symmetry, Virology. – 1978. – Vol. 84. №2, – P. 523-529.
- 20 Kendall, A., Williams, D., Bian, W., Stewart, P.L., Stubbs, G. Barley stripe mosaic virus: structure and relationship to the tobamoviruses, Virology . – 2013. – Vol. 443. №2, – P. 42.

Ә. Тасболат, Р. Омаров, С. Жангазин, А. Курманбаева, Ә. Акбасова

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Арпаның жолақ мозаика вирусының (BSMV) геномының құрылымдық ұйымдасуы және оның идентификациясы

Аннотация. Вирустар - адамның, жануарлар мен өсімдіктердің көптеген ауруларының қоздырғыштары. Вирус ДНҚ немесе РНҚ молекуласынан және капсидті қабықтан тұрады. Генетикалық материалдың болуына қарамастан, тірі жасушадан тыс вирустар көбейе алмайды. Вирустарды тіршілік бар кез келген жерден кездестіруге болады.

Арпаның жолақ мозаика вирусы (ағыл. Barley stripe mosaic hordeivirus [BSMV]) - таяқша пішінді, спиральды капсиды бар вирус, ол жем-шөп және астық тұқымдас өсімдіктерді зақымдайды. BSMV зақымдауынан өнім шығыны әртүрлі ақпарат бойынша 20-дан 35% - ға дейін құрайды. BSMV үшін жалпы белгілері-сары жолақтар және баяу өсу. Ол вируспен зақымданған тұқым арқылы таралады.

Мақала арпаның жолақ мозаика вирусының құрылымдық ұйымдасуының сипаттамасы мен оның идентификациясына негізделген. Сонымен қатар, вирус ақуызының құрылымы мен функциялары қарастырылды. BSMV мен жұқтырылған мәдени өсімдіктердің және астық тұқымдастардың симптомдарының сипаттамасы ұсынылды.

Түйін сөздер: арпаның жолақ мозаика вирусы, иммуноферментті тест - жүйе, арпа, бидай, астық тұқымдастар.

A. Tasbolat, R. Omarov, A. Kurmanbayeva, S. Zhangazin, A. Akbassova

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Genome structural organization of the barley stripe mosaic virus (BSMV) and its identification

Abstract. Viruses are the smallest pathogens of multiple diseases of humans, animals and plants. Viruses consists of a DNA or RNA molecule and a capsid shell. Despite the presence of genetic material, the replication of the virus outside living cell is impossible. Barley stripe mosaic virus (BSMV) is a rod-shaped virus with a spiral capsid that infects forage and cereal plants. Crop losses due to the presence of BSMV are from 20 to 35% according to the different sources. Common symptoms for BSMV are yellow stripes and slow growth. It spreads through infected seed. The article describes the structural organization of the genome of the Barley stripe mosaic virus (BSMV) and its identification. The structure of BSMV and functions of its proteins were considered. The description of symptoms of BSMV infection of cultivated and cereal plants are presented.

Keywords: Barley Striped Mosaic Virus (BSMV), enzyme immunoassay system, wheat, barley, crops.

References

- 1 Bogoutdinov D.Z., Castalia T. B., Girsova N. In. Viral diseases of grain crops in the Samara region, Bulletin of Orenburg state University (4), 46-49.(2017).
- 2 Pechnikova E. V. the Structure of the virus of the streaky mosaic of barley and giant bacteriophages EL and Lin68 according to cryoelectronic microscopy: Abstract of the dissertation. Moscow, 2015. P 18-27.
- 3 Timian, R.G., Sisler W.W. Prevalence, sources of resistance, and inheritance of resistance to barley stripe mosaic (false stripe), Plant Repr. 39. (7), 550– 552.(1955).
- 4 Jackson A O, Lim H S, Bragg J, Ganesan U, Lee M Y. Hordeivirus replication, movement, and pathogenesis, Annual Review of Phytopathology. 47. (47), 385-422.(2009).
- 5 Gustafson G, Armour S.L. The complete nucleotide sequence of RNA from the type strain of barley stripe mosaic virus, NuclAcidsRes, 14. (9), 3895-3909.(2009).
- 6 Petty I.T, Jackson A.O. Mutational analysis of barley stripe mosaic virus RNA, Virology. 179. (2) 712.(2009).
- 7 Greber R.S. Barley stripe mosaic virus on cape barley in Queensland, Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences. 14. (28), 1-22.(1971).
- 8 Johnstone G.R, Munro D, Sampson P. The current understanding of plant virus diseases in Tasmania, Australasian Plant Pathology. 12. (2), 24-28.(1983).
- 9 Arnaud C., Mario H., A New Barley Stripe Mosaic Virus Allows Large Protein Overexpression for Rapid Function Analysis, Plant Physiol, 176.(3), 1919-1931.(1986).
- 10 Slack S.A, Shepherd R.J, Hall D.H Spread of seed-borne barley stripe mosaic virus and effects of the virus on barley in California, Phytopathology. 65 (5), 1218-1223.(1983).
- 11 McKinney H.H, Greeley L.W. Biological characteristics of barley stripe mosaic virus strains and their evolution, USDA Technical Bulletin. 1324.(1324), 16-82. (1965).
- 12 McKinney H.H. New evidence on barley disease in barley, Plant Disease Reporter, 37. (1), 292-295. (1953).
- 13 Sukhacheva E.A., Novikov V.K., Plaksin D.Yu., Pavlova I.S. ELISA test system based on monoclonal antibodies for detection of the striped barley mosaic virus, Bioorganic chemistry. 21. (2), 819– 824.(1951).
- 14 Chiko, A.W. Evidence of multiple virion components in leaf-dip preparations of barley stripe mosaic virus, Virology. 63. (1), 115–122.(1975).
- 15 Harrison, B, Nixon, H., and Woods, R. Lengths and structure of particles of barley stripe mosaic virus, Virology. 26. (2), P.284-289.(1965).
- 16 Finch, J.T. Preliminary X-ray diffraction studies on tobacco rattle and barley stripe mosaic viruses, J. Mol. Biol. 12. (3), P.612-619.(1965).
- 17 Atabekov, J.G., Novikov, V.K., Kiselev, N.A., Kaftanova, A.S., and Egorov, A.M. Stable intermediate aggregates formed by the polymerization of barley stripe mosaic virus protein, Virology. 36. (4), 620-638.(1968).
- 18 Kiselev, N.A., DeRosier, D.J., and Atabekov, J.G. A double-helical structure found on the re-aggregation of the protein of barley stripe mosaic virus, J. Mol. Biol. – 1969. – Vol.39. №3,– P.673-674.
- 19 Veerisetty, V. Relationships among structural parameters of virions of helical symmetry, Virology. 84. (2), 523-529.(1978).
- 20 Kendall, A., Williams, D., Bian, W., Stewart, P.L., Stubbs, G. Barley stripe mosaic virus: structure and relationship to the tobamoviruses, Virology. 443.(2), (1978).

Сведения об авторах:

Тасболат А.А. - студентка 3-го курса Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Омаров Р.Т. - заведующий кафедрой биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Курманбаева А.Б. - старший преподаватель кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Жангазин С.Б. - старший преподаватель кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Акбасова А.Ж. - и.о.доцента кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, корпус 3 (ЦИСИ), Нур-Султан, Казахстан.

Tasbolat A.A. – a student of the 4th course of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, st.Kazhimukan, 13, building 3, Astana, Kazakhstan.

Omarov R.T. -Head of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Kurmanbayeva A.B. -senior teacher of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Zhangazin S.B. -senior teacher of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building 3, Nur-Sultan, Kazakhstan

Akbassova A.Z. -acting associate Professor of the Department of "Biotechnology and Microbiology" of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhimukan, 13, building, Nur-Sultan, Kazakhstan

Поступила в редакцию 12.08.2019