

Таблица 6 – Влияние гербицида Квикстеп, МКЭ на засоренность и урожайность картофеля (полевой мелкоделаяночный опыт, ГП «Племзавод «Красная звезда», сорт Бриз, 2013 г.)

| Вариант | Снижение численности (1) и массы (2) пырея ползучего, % | | Урожайность, ц/га | Сохраненный урожай | |
|-------------------------------------|---|--------|-------------------|--------------------|-------|
| | 1 | 2 | | ц/га | % |
| Контроль (без обработки) | 64,0 | 1185,0 | 237,5 | – | – |
| Зеллек супер, КЭ, 1,0 л/га (эталон) | 90,6 | 95,6 | 398,4 | 160,9 | 167,7 |
| Квикстеп, МКЭ, 0,4 л/га | 78,1 | 84,4 | 301,7 | 64,2 | 127,0 |
| Квикстеп, МКЭ, 0,6 л/га | 90,6 | 93,1 | 378,3 | 140,8 | 159,3 |
| Квикстеп, МКЭ, 0,8 л/га | 93,8 | 94,4 | 400,8 | 163,3 | 168,8 |
| НСР ₀₅ | | | 53,0 | | |

Примечание – В контроле – численность стеблей/м²; масса, г/м².

на 90,6 и 93,1 %, в норме расхода 0,8 л/га – на 93,8 и 94,4 % соответственно (таблица 6).

Применение граминицида Квикстеп, МКЭ обеспечило сохранение от 64,2 до 163,3 ц/га урожая клубней картофеля (таблица 6).

Заключение

Полученные результаты исследований свидетельствуют о высокой биологической и хозяйственной эффективности граминицидов Малибу 104 КЭ, Шедоу, КЭ и Квикстеп, МКЭ при применении их в период вегетации картофеля, при высоте пырея ползучего 10–15 см и в фазе 2–6 листьев у однолетних злаковых сорняков.

Численность однолетних злаковых сорных растений через 30 суток после применения перечисленных гербицидов снижалась на 90,9–98,5 %, многолетних злаковых – на 90,6–97,5 %, что обеспечило сохранение от 66,7 до 198,4 ц/га клубней картофеля.

Литература

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Волчкевич, И. Г. Эффективность граминицидов в посадках картофеля / И. Г. Волчкевич // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. статей по материалам XXI Междунар. науч.–практ. конф. (Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г.): Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, агрономия, защита растений / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; УО "Гродненский государственный аграрный университет". – Гродно, 2018. – С. 282–284.

3. Методические указания по полемому испытанию гербицидов в растениеводстве / ВНИИЗР. – М., 1981. – 46 с.

4. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / сост. С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж, 2007. – 58 с.

5. Сонкина, Н. В. Сорная растительность агроценозов картофеля и пути снижения ее вредоносности: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Н. В. Сонкина; РУП «Институт защиты растений». – Прилуки, 2007. – 23 с.

6. Сорочинский, Л. В. Экономическое обоснование применения средств защиты растений / Л. В. Сорочинский, А. П. Будревич, Т. И. Валькевич. – Минск, 1999. – 12 с.

7. Редюк, С. И. Защита картофеля от сорных растений / С. И. Редюк // Вестник защиты растений. – 2017. – № 2 (92). – С. 54–58.

УДК 635.21:632.38:631

Перспективность изучения вирусоустойчивости картофеля в условиях изменения климата

Ю. В. Харченко, Р. А. Бондус, кандидаты с.-х. наук
Устимовская опытная станция растениеводства, Украина
Л. Т. Мищенко, доктор биологических наук
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 26.09.2018 г.)

В статье изложены результаты многолетних исследований вирусоустойчивости картофеля в условиях южной части лесостепи Украины. Проведено изучение коллекции картофеля, которая сформирована на Устимовской опытной станции в количестве 645 образцов. В Киевском национальном университете им. Тараса Шевченко с целью идентификации и изучения морфологии вирусов использовали методы ИФА, ЗТ-ПЛР, электронной микроскопии. В результате была сформирована рабочая признаковая коллекция сортов картофеля по устойчивости к вирусным болезням, которая насчитывает 34 образца из 10 стран мира. Данная коллекция включает источники и доноры

The article presents the results of many years of research on virus resistance of potatoes in the conditions of the southern part of the forest-steppe of Ukraine. A collection of potatoes was developed on the Ustyim research station of plant growing in the amount of 645 varieties. In the Kyiv National Taras Shevchenko University, in order to identify and study the morphology of viruses, IFA, ZT-PCR, and electron microscopy methods were used. As a result, a working collection of potato varieties was established for resistance to viral diseases, which includes 34 samples from 10 countries of the world. This collection includes sources and donors of virus-susceptibility and is valuable for use in breeding, scientific and educational programs.

признаков вирусоустойчивости, ценные для использования в селекционных, научных и учебных программах.

Введение

Значительная часть территории Украины относится к зоне широкого распространения вирусных болезней, что вместе с низкой вирусоустойчивостью подавляющего большинства сортов картофеля приводит к их массовому инфицированию. Очевидно, что в дальнейшем глобальное потепление климата еще больше будет усугублять ситуацию.

Существует два четких механизма, благодаря которым изменение климата может влиять на взаимоотношения между вирусами и растениями. Во-первых, изменение климата имеет прямое влияние на биологию насекомых, в том числе векторов, их выживание, репродукцию и распространение. Во-вторых, наблюдаются предпосылки к изменениям в сельскохозяйственной практике, которые будут иметь место в результате изменения климата, например, введение новых видов культур и генотипов растений [1]. В частности, тли активно реагируют на изменения окружающей среды в связи с коротким временем отрождения новых поколений, низкими пороговыми температурами для развития и способностью выдержать теплые зимы. Увеличение численности разных видов насекомых как векторов неизбежно будет способствовать повышению риска появления и распространения фитовирусных инфекций [2].

Известно, что многие экономически важные фитовирусы передаются почвенными организмами, как например, грибами и нематодами. Болезни, вызванные такими вирусами, особенно сложны в контроле. В умеренных регионах, в том числе северной Европе, ожидается, что увеличение влагоемкости почв и высокая температура повысят активность зооспор и нематод, при помощи которых распространяются вирусы [3]. Так, *Potato mop-top virus* (PMTV) передается грибом *Spongospora subterranea*. Недавно установлено, что эти виды векторов распространены в Швеции [32]. Вероятно, наиболее важным фактором их распространения является перемещение зараженного растительного материала и почвы, при этом не последнюю роль играют климатические факторы. В Нидерландах за последние двенадцать лет под влиянием существенных изменений климата появилось много новых штаммов PVY (PVY^{NTN}, PVY^{NW}) [4]. В Канаде по частоте выявления зарегистрирована вспышка PLRV в связи с увеличением числа векторов, что связано с повышенными температурами зимой [5, 6].

На современном этапе "начала экологических кризисов", обусловленных глобальными изменениями климата и трансформацией окружающей среды под влиянием человеческой деятельности, мониторинг вирусных инфекций в эко- и агроценозах является одной из первоочередных мер по предотвращению их уничтожения, сохранения устойчивого развития и функционирования агроэкосистем [7]. Следует заметить, что ряд вирусологов (В. Л. Рыжков, 1946; Х. Браун, 1954; Б. Х. Нурмисте, 1965) предостерегали о недооценке экологических факторов в развитии и распространении вирусных болезней картофеля. Они считали, что недопустимо игнорировать меры борьбы, предложенные экологами [8]. Болезни растений могут иметь как абиотическую, так и биотическую природу, а их проявление сложно идентифицировать, опираясь лишь на визуальные симптомы. Вирусные патологии растений имеют неспецифический характер, поскольку эта ин-

фекция воздействует на базовые метаболические процессы, а фенотипические изменения, происходящие при этом, имеют сходство с проявлением стрессовых состояний у растений под влиянием неблагоприятных факторов среды: высоких либо низких температур, негативных эдафических факторов и т. д. [9]. Известно, что при пониженных температурах могут проявляться симптомы покраснения листьев, которые визуально напоминают симптомы вирусного инфицирования, однако являются физиологической реакцией на абиотические стрессы [10, 11]. В общем, симптоматика вирусных болезней требует выявления всех связей, которые влияют на их проявление: природно-экологические условия и агротехнические особенности ухода за растениями, физиологическое состояние растений, взаимодействие генотипа растения с генотипом возбудителя и т. д. [12].

Цель исследований – изучение в коллекции картофеля поражаемости сортов вирусами в условиях южной части лесостепи Украины, их идентификация и выделение устойчивых образцов для дальнейшего использования в селекционных, научных и учебных программах.

Материал, методика и условия проведения исследований

Исследования проводили на Устимовской опытной станции растениеводства Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины, которая является базовой станцией Национального центра генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ), и в Киевском национальном университете им. Тараса Шевченко. Материалом исследований были сорта картофеля из коллекции в количестве 645 образцов. Биологическое и генетическое разнообразие культуры картофеля представлено образцами из 30 стран мира. Подавляющее большинство образцов представлено из Европы – 58,9 %.

Устимовская опытная станция растениеводства, которая размещена в центральной части Левобережной Украины на границе лесостепной и степной зон в юго-восточной части Полтавской области, является уникальной зоной для поиска источников устойчивости картофеля к негативным биотическим и абиотическим факторам окружающей внешней среды сразу для двух зон – степи и лесостепи Украины [13]. Характеристика погодных условий за период исследований 1995–2017 гг. выполнена на основании данных метеорологического пункта Устимовской опытной станции растениеводства. Изучение коллекционных образцов на устойчивость к вирусным болезням проводилось в соответствии с общепринятыми методиками в картофелеводстве [14, 15, 16, 17] в условиях естественного инфекционного фона. Определялась устойчивость к вирусам мозаичного типа, которые размножаются в паренхиме, и к вирусу скручивания листьев, что проникает в сосудистую систему. Образцы, которые в результате полевой оценки были выделены как устойчивые к вирусным болезням, тестировали на пораженность вирусами с использованием современных методов диагностики [18, 19]. Идентификацию вирусов и очистку вирусных препаратов, определение физических, иммунологических и молекулярно-биологических свойств вирусов, а также электронно-микроскопическое иссле-

дование проводили в лаборатории экологии вирусов и диагностики вирусных болезней ННЦ "Институт биологии и медицины" Киевского национального университета им. Тараса Шевченко. Идентификацию вирусов осуществляли с помощью твердофазного иммуоферментного анализа (сэндвич-вариант) [28] с использованием коммерческих тест-систем фирмы LOEWE (Германия). Результаты реакции регистрировали на ридере Termo Labsystems Opsis MR (США) с программным обеспечением Dynex Revelation Quicklink при длинах волн 405/630 нм. Как достоверные принимали значения, превышающие негативный контроль в три раза [20]. Морфологию вирусных частиц изучали методом трансмиссионной электронной микроскопии (ЭМ). Препараты исследовали с помощью электронных микроскопов JEM 1230 (JEOL, Япония) и ЭМ-125 (Сумы, Украина).

Результаты исследований и их обсуждение

Симптомы вирусных болезней наблюдались нами ежегодно при любых погодных условиях, но вспышки отмечались периодически при массовом размножении насекомых-переносчиков и длительном их питании на растениях в условиях теплых затяжных осенних периодов. Учитывая, что большинство вирусов картофеля передаются векторами (тлями), изменение метеорологических условий косвенно способствует их интенсивному развитию и распространению путем воздействия на размножение и зимовку насекомых. В связи с этим нами проанализированы температура воздуха и количество осадков за весь период изучения (рисунок 1).

По температурному режиму и количеству осадков условия подавляющего большинства лет приближаются к средним многолетним, однако в отдельные годы отмечены существенные отклонения, в частности в 2001 и 2011 г. (рисунок 1).

Характер развития, распространение и вредоносность вирусов картофеля определялись биологическими и генетическими особенностями сортов, но значительное влияние на интенсивность поражения образцов и, как следствие, снижение продуктивности

растений имели также и погодные условия (рисунок 2).

Наличие вирусов в растениях картофеля не всегда приводило к снижению их продуктивности. Лишь под воздействием неблагоприятных условий внешней среды в 2007, 2009, 2012, 2013, 2017 г. (рисунок 2) вирусы, находящиеся в предыдущие годы в латентной форме, вызывали тяжелые болезни, что оказывало влияние на урожайность (таблица 1).

Нами было установлено различие в распределении сортов по урожайности в годы изучения. Чаще всего (1995, 1996, 1998, 1999, 2000, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 г.) модальным классом был <300,0 г/куст. В то же время в отдельные годы (2001, 2002, 2003, 2006, 2014) таким является второй класс – 300,1–500,0 г/куст. Данные распределения свидетельствуют о значительном влиянии на урожайность погодных условий вегетационного периода. Например, сорта с проявлением урожайности >900 г/куст не были выделены в 1996, 1998, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013, 2017 г. Однако в 2004 г. такой высокий показатель урожайности отмечен у значительной части сортов – 34,6 %. Неблагоприятные экзогенные факторы в 2012 г. обусловили отсутствие сортов в классах 500,1–700,0 и 700,1–900,0 г/куст. Подобное относительно класса продуктивности 700,1–900,0 г/куст наблюдалось в 1998 и 1999 г., что свидетельствует о специфической реакции генотипов сортов на выращивание в указанные годы.

Первопричиной вырождения картофеля в южной части Украины являются неблагоприятные погодноклиматические условия, которые складываются во время весенней посадки, в результате чего ослабленные растения быстрее оказываются под депрессивным воздействием вирусной инфекции [8]. В результате проведенных нами исследований было установлено, что значительные отклонения от средней многолетней нормы температуры и количества осадков способствовали интенсивному массовому проявлению вирусных болезней, или при благоприятных почвенно-климатических условиях, наоборот, вирусные болезни визуально не проявлялись. Одной из особенностей вирусов является их способность к поражению организма

хозяина без проявления симптомов заболевания. Различают латентную и скрытую формы [21]. В латентной форме вирус можно обнаружить, пользуясь определенными методами диагностики: он сохраняет инфекционность и, поражая другие растения, способен вызвать у них симптомы заболевания. В скрытом состоянии вирусные частицы в организме хозяина найти не удается. Они неинфекционны и находятся в особом физическом состоянии. Их инфекционность может проявиться после воздействия определенного провоцирующего фактора [28], когда степень поражения растений проявляется изменениями морфологического, анатомического и физиологического характера.

Следует отметить, что в годы (1997, 1998, 2001, 2004, 2005, 2011) с достаточным влагообеспечением (рисунок 1) только у

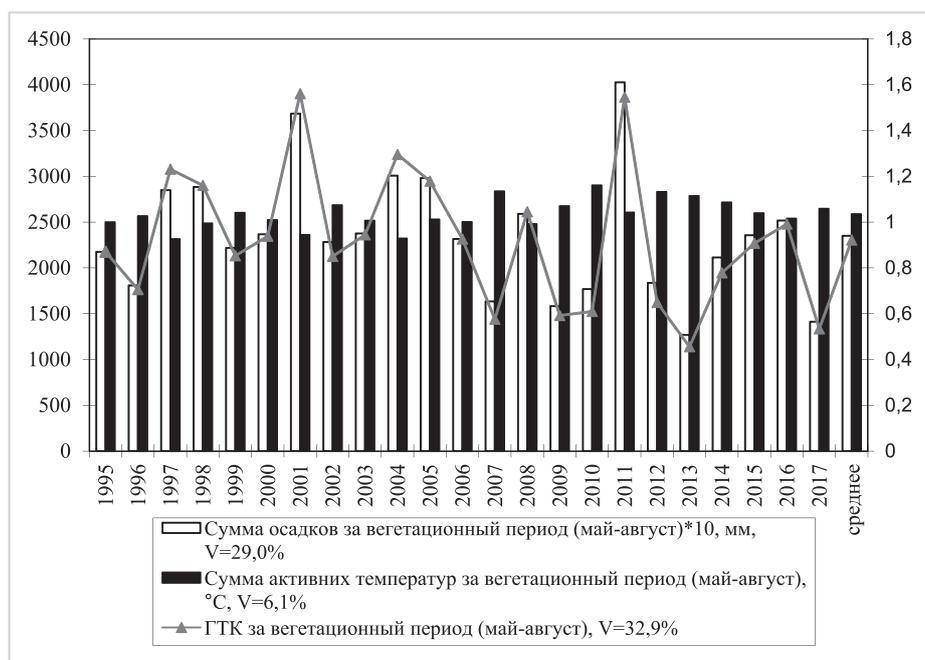


Рисунок 1 – Метеорологические условия периодов вегетации картофеля (1995–2017 гг.)

20 % сортов отмечены симптомы вирусных болезней. В 2001 г., например, сумма осадков за июнь, составившая 200,5 мм и в три раза превысившая среднюю многолетнюю (57 мм), высокая относительная влажность воздуха – 92 % при средней 69 % и среднемесячная температура воздуха 17,6 °С (на 2,5 °С ниже средней многолетней) способствовали хорошему росту и развитию растений картофеля.

По распространенности и развитию болезни распределялись следующим образом: скручивание листьев – 47 %, морщинистая мозаика – 35 %, полосчатая мозаика – 18 %. Возбудителем скручивания листьев является сферический персистентный вирус L, *Potato leaf roll virus*. Морщинистую мозаику вызывает смешанная инфекция вируса *Potato virus Y* в комбинациях с вирусами *Potato virus X*, *Potato virus S*, *Potato virus A*, *Potato virus M*. Также у растений, пораженных морщинистой мозаикой, можно выявить два или несколько мозаичных вирусов – Y, X, S, A, M в разных комбинациях, однако вирус Y присутствует постоянно. Реже встречается одинарная инфекция вируса Y. Основным возбудителем полосчатой мозаики (стрик) является *Potato virus Y*, который имеет много-

численные штаммы, что различаются между собой вирулентностью и симптомами проявления на растениях картофеля и индикаторных растениях. В сочетании с другими вирусами картофеля, такими как A, X, S, M, вирус Y вызывает тяжелые заболевания. Однако эффект совместного действия патогенов во многом зависит от комбинации вирусов и сортовых особенностей картофеля [22].

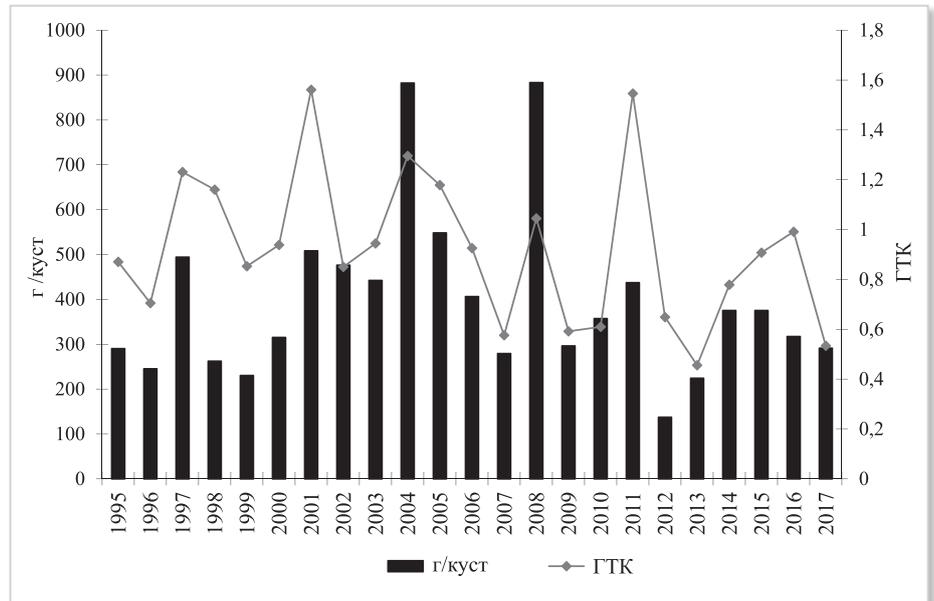


Рисунок 2 – Влияние погодных условий на продуктивность растений картофеля

Таблица 1 – Распределение сортов картофеля по урожайности

| Год | Масса клубней (среднее), г/куст | Отнесено к классам, % | | | | |
|------|---------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| | | < 300,0 | 300,1–500,0 | 500,1–700,0 | 700,1–900,0 | > 900,1 |
| 1995 | 290 | 55,5 | 35,7 | 7,6 | 0,5 | 0,7 |
| 1996 | 245 | 53,7 | 38,2 | 7,5 | 0,6 | 0 |
| 1997 | 494 | 20,4 | 26,4 | 32,3 | 17,0 | 3,9 |
| 1998 | 262 | 59,5 | 32,7 | 7,8 | 0 | 0 |
| 1999 | 230 | 72,6 | 25,6 | 1,5 | 0 | 0,3 |
| 2000 | 315 | 52,1 | 33,3 | 10,3 | 2,9 | 1,4 |
| 2001 | 508 | 21,3 | 31,6 | 28,1 | 13,9 | 5,1 |
| 2002 | 746 | 25,4 | 35,1 | 26,0 | 9,8 | 3,7 |
| 2003 | 442 | 25,0 | 45,3 | 22,0 | 5,6 | 2,1 |
| 2004 | 882 | 3,1 | 11,5 | 24,0 | 26,8 | 34,6 |
| 2005 | 548 | 16,4 | 29,8 | 32,4 | 14,5 | 6,9 |
| 2006 | 406 | 33,7 | 40,7 | 20,2 | 4,1 | 1,3 |
| 2007 | 279 | 57,7 | 37,2 | 5,0 | 0,1 | 0 |
| 2008 | 883 | 7,5 | 16,4 | 19,4 | 13,4 | 43,3 |
| 2009 | 296 | 54,3 | 37,1 | 6,7 | 1,9 | 0 |
| 2010 | 357 | 42,0 | 40,0 | 16,0 | 2,0 | 0 |
| 2011 | 437 | 39,0 | 30,0 | 12,0 | 12,0 | 7,0 |
| 2012 | 137 | 94,8 | 5,2 | 0 | 0 | 0 |
| 2013 | 224 | 80,4 | 16,1 | 2,9 | 0,6 | 0 |
| 2014 | 375 | 37,1 | 40,8 | 18 | 4,0 | 0,1 |
| 2015 | 375 | 44,1 | 30,4 | 14,8 | 8,0 | 2,7 |
| 2016 | 317 | 52,8 | 32,0 | 12,0 | 2,4 | 0,8 |
| 2017 | 291 | 55,1 | 37,8 | 6,7 | 0,5 | 0 |

В 1996, 2002, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013, 2017 г. в основном выпадали дожди по 1–5 мм, которые при высоких летних температурах воздуха и почвы не могли быть источником пополнения влаги в почве. Осадки по 5–10 мм и более отмечались редко. В частности, в 2002 г. в период значительной засухи (ГТК – 0,2) сумма осадков за июль составила 36,4 мм при средней многолетней 72,0 мм, а отклонение температуры воздуха от средней многолетней (22,7 °С) составило +3,9 °С или 26,6 °С в абсолютных величинах. Такое существенное отклонение от средней многолетней нормы способствовало массовому проявлению вирусных болезней, так как при температурном режиме 28 °С процесс накопления вируса в растении является интенсивным [23]. Известно также, что увеличение численности тлей обусловлено главным образом гидротермическими условиями, которые существенно влияют на цикл развития насекомых.

Прохладная и дождливая погода летом 2001, 2011 г. ограничила размножение тлей, и, как следствие, детектировалось меньше вирусов. В свою очередь, жаркая и сухая погода, например, в 1996, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013 г. способствовала их более раннему появлению на растениях и интенсивному размножению, что обусловило увеличение количества инфицированных растений и, как следствие, снижение урожайности. В годы с подобными погодными условиями выделялось, как правило, более 70 % сортов, у которых отмечалось уменьшение габитуса куста, стеблестоя и листовой поверхности, что явилось следствием влияния экологической депрессии и вирусных болезней. Симптомы вирусных болезней на растениях и клубнях часто были нетипичными, поэтому визуальной диагностики было недостаточно для определения пораженности образцов картофеля. Также осложнение в проведении визуальной оценки вызывалось сходством некоторых симптомов вирусных инфекций с признаками грибных и бактериальных болезней. Максимально симптомы вирусных болезней проявлялись в разные периоды вегетации: обычная и морщинистая мозаика, скручивание листьев легко диагностировались в первой половине вегетации (до цветения); скручивание листьев, полосчатая мозаика – во второй половине вегетации. В результате изучения была установлена значительная роль генотипа сорта, прежде всего его устойчивость к вирусам, а также реакция на условия внешней среды.

У 35 % сортов картофеля мы отмечали на одном растении признаки двух и более вирусных заболеваний, в частности у сортов Adretta, Finka, Ariel, Anosta, Esta, Frieslander, Astrid, Fortuna, Атлант и др. Такое явление называется смешанными инфекциями [21]. Также было установлено, что вирусы, которые вызывали лишь незначительное снижение урожайности (легкие вирусные болезни), такие как S, X в образцах Krostar, Herold, Dextra, Pamir, Sinora, Жеран, Повишь, Фантазия, Зарево и др. при смешанной инфекции с другими вирусами (L, Y, A) в результате эффекта синергизма значительно повышали свою вредоносность. Это приводило к резкому снижению урожайности клубней (до 30 %) у сортов Ada, Bronka, Carola, Adema, Dextra, Dorisa, Alegria, Frezia, Alka и др.

Аналогичные данные были получены другими исследователями, которые установили положительную корреляцию между инфекцией *Potato virus X* (PVX), *Potato virus Y* (PVY), *Potato virus S* (PVS), *Potato virus A* (PVA), *Potato virus M* (PVM) и *Potato leaf roll virus*

(PLRV) и существенное увеличение титров вирусов, что указывает на синергизм между ними [24].

В результате проведенных нами исследований было установлено, что интенсивному развитию полосчатой мозаики способствовала недостаточная обеспеченность растений влагой на фоне высоких температур. В период умеренной влажной погоды болезнь встречалась реже. С эпидемиологической точки зрения особое значение приобретает группа штаммов PVY^N, которые вызывают лишь легкие симптомы либо латентную инфекцию. Пораженные ими растения трудно выявить. Вирусы группы штаммов PVY^N быстрее переходят в клубни по сравнению с другими группами штаммов вируса [25]. В год заражения PVY проникает не во все клубни на растении. По данным исследований, в зависимости от момента заражения он содержится в 30–70 % клубней. Внешне симптомы не проявляются или почти незаметны. Когда такие клубни попадают в посадочный материал, урожай у пораженных растений с каждой следующей репродукцией снижается [26, 27].

Согласно данным визуального обследования, были выделены сорта с высокой (9,0 баллов) и повышенной (7,0 баллов) устойчивостью к полосчатой мозаике: Ракурс, Ada, Sprint, Apta, Agwila, Augusta, Carla, Eros, Grata, Lori, Luna, Oda, Ponta, Shwalbe, Feldeslohn, Desiree, Ostara, Radoza, Saturna, Electre, Maritta и др.

При изучении устойчивости к морщинистой мозаике нами было отмечено, что симптомы поражения проявлялись в начале вегетации. Пораженные растения оставали в росте и развитии. На поверхности листовой пластинки между жилками образовывались вздутия, вследствие чего листья приобретали морщинистость. Верхушка и края листовой пластинки закручивались книзу. В результате проведенных исследований как устойчивые к морщинистой мозаике были выделены сорта: Kardula, Pamir, Iskra, Galina, Magura, Igor, Marijke, Desiree, Ostara, Debora, Radosa, Resy и др.

Известно, что созданные в последнее время сорта картофеля имеют лишь относительную или полевую устойчивость к вирусу скручивания листьев картофеля. Генетическая природа такой устойчивости обуславливается полигенным комплексом, позволяет повысить устойчивость картофеля к болезни путем получения трансгрессий. Последовательным скрещиванием трех–четырёх устойчивых форм можно получить потомство с высокой устойчивостью к вирусу скручивания листьев. Симптомы болезни зависят от штамма вируса, сорта, внешних факторов, но в основном однотипны. В результате проведенных исследований в полевых условиях нами были выделены сорта с относительной (7,0 баллов) и высокой (9,0 баллов) устойчивостью к вирусу скручивания листьев картофеля: Кристалл, Ada, Bzura, Sprint, Aguila, Roxy, Shwalbe, Tempora, Turbella, Apta, Kardula, Iskra, Galina, Jaerla, Sante, Grata, Kardinal, Bintij, Ostara, Debora, Resy, Bintje, Buesa, Capella, Dryf, Grata, Ilse, Leda, Lutetia, Mansour, Runo, Петровский, Степяк, Ягодка. Отмечено, что основной составляющей устойчивости к вырождению данных сортов картофеля является генотип. Даже при влиянии неблагоприятных экзогенных факторов генотип некоторых сортов был способен реализовать свои потенциальные возможности и противодействовать вирусным болезням.

Данные многолетних визуальных исследований были подтверждены инструментальными методами диагностики вирусной инфекции. Методами иммуно-

ферментного анализа, полимеразной цепной реакции обнаружили наличие вирусов МВК и УВК, что также было подтверждено с помощью электронной микроскопии (рисунок 3).

Вирионы УВК нитевидные, модалная длина составляет 750 нм [29], согласно другим данным – 730 × 11 нм [30]. Вирус существует в виде комплекса штаммов, которые вызывают широкое многообразие симптомов на листьях и клубнях картофеля, что приводит к снижению урожая и потери качества клубней. УВК отличается способностью быстро развиваться с накоплением в популяциях мутаций и рекомбинаций между штаммами, приспосабливаясь к новым сортам картофеля в различных условиях внешней среды [31, 32]. Для МВК характерны вирионы длиной 650 нм и шириной 12 нм. Вирус также имеет много штаммов, которые отличаются вирулентностью и могут существовать длительное время в виде латентной инфекции.

По результатам исследований с целью целенаправленного вовлечения, эффективного использования и сохранения ценного генофонда, оптимизации состава и объема Национального генетического банка растений Украины была сформирована рабочая признаковая коллекция сортов картофеля по устойчивости к вирусным болезням, включающая 34 образца, которые происходят из 10 стран мира. Данная коллекция под № 85 зарегистрирована в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины. Такой тип коллекции, включающей источники и доноры ценных признаков вирусоустойчивости, создан для выполнения применительно к конкретным условиям селекционных, научных и учебных программ.

Заключение

В южной части лесостепи Украины для культуры картофеля наиболее вредоносными являются вирусные болезни. Проведенные исследования доказывают, что генотип является основным фактором устойчивости к вырождению сортов картофеля, а его развитие и проявление зависят от условий выращивания. Наибольший вред в данной зоне наносят вирусы L и Y. Следует учитывать смешанные инфекции, которые могут быть вызваны комплексом вирусов X, S, A, M. Имеет значение накопление вируса в растении.

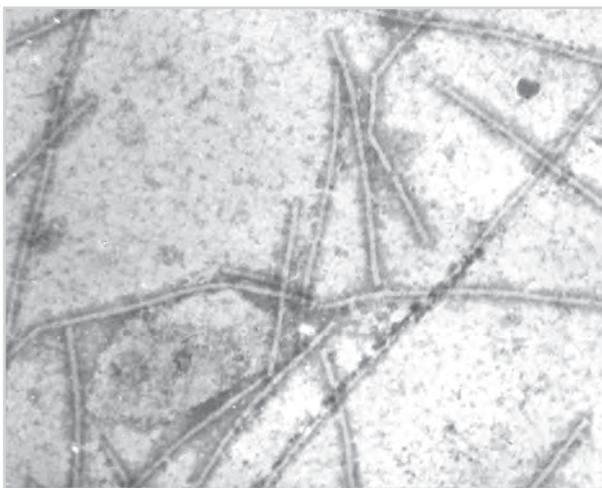
Методами электронной микроскопии, полимеразной цепной реакции и иммуноферментного анализа

подтверждены данные многолетних визуальных наблюдений и выделены сорта с высокой полевой устойчивостью к вирусному скручиванию листьев, морщинистой и полосчатой мозаике. С помощью генеалогического анализа выделен сорт *Sarella* не только как источник, но и донор высокой устойчивости к вирусу L. Для выполнения селекционных, научных и других программ сформирована рабочая признаковая коллекция сортов картофеля по устойчивости к вирусным болезням, насчитывающая 34 образца, которые происходят из 10 стран. Коллекция содержит источники и доноры ценных признаков вирусоустойчивости.

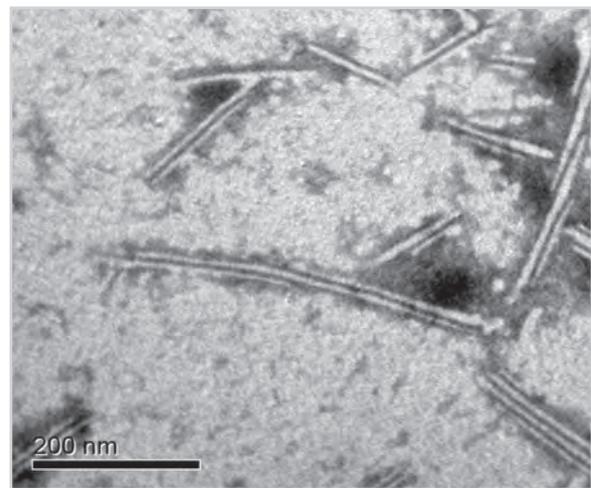
Появление новых заболеваний требует непрерывного вирусологического контроля и селекции сортов картофеля на комплексную устойчивость к наиболее вредоносным патогенам. Результаты проведенных исследований дают основание для дальнейшего поиска источников устойчивости к L, Y, M, X, A, S вирусам картофеля и создания, дополнения и расширения признаковых коллекций сортов картофеля, устойчивых к вирусному скручиванию листьев, морщинистой и полосчатой мозаике с целью дальнейшего практического использования в селекционных и других программах.

Литература

1. Jones, R. A. C Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications, rationalizing virus strain nomenclature and addressing the Potato virus Y issue. Navarre R., Pavek, M. J. (Eds.), *The Potato: Botany, Production and Uses*. CABI, Wallingford, UK, 2014. – P. 202–224.
2. High temperature, high ambient CO₂, affect the interactions between three positive-sense RNA viruses and a compatible host differentially, but not their silencing suppression efficiencies / F. Del Torro [et al.] // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 8 [e0136062].
3. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden / J. Roos [et al.] // *European Journal of Plant Pathology*. – 2011. – Vol. 129, № 1. – P. 9–19.
4. Impact of Global Climate Change on Potato Diseases and Strategies for Their Mitigation / M. Lal [et al.] / In: *Climate change and environmental concerns: Breakthroughs in research and practice*. – IGI-Global, USA, 2018. – P. 134–150.
5. Boland, G. J. Climate change and plant diseases in Ontario / G. J. Boland // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2004. – Vol. 26. – P. 335–350.
6. Росс, X. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Пер. с англ. В. А. Лебедева; под ред. И. М. Яшиной. – М.: Агропромиздат, 1989. – 183 с.
7. Міщенко, Л. Т. Вірусні хвороби озимої пшениці / Л. Т. Міщенко. – К.: Фітосоціоцентр, 2009. – 352 с.



Сорт Fausta (Германия)



Сорт Roslau (Германия)

Рисунок 3 – Электронограммы вирионов МВК и УВК, обнаруженные в листьях картофеля

8. Бондарчук, А. А. Виродження картоплі та прийоми боротьби з ним / А. А. Бондарчук. – Біла Церква: БДАУ, 2007. – 104 с.
9. Барабой, В. А. Стесс: природа, біологічна роль, механізми, исходы / В. А. Барабой. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 424 с.
10. Міщенко, Л. Т. Причини і наслідки почервоніння листків озимої пшениці на початку колосіння у Лісостепу України / Л. Т. Міщенко / Наук.-тех. Бюлетень Миронівського Ін-ту пшениці ім. В. М. Ремесла. – 2007. – Вип. 6–7. – С. 262–277.
11. Решетник, Г. В. Діагностика вірусних інфекцій пшениці за дії абіотичних чинників: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.06 / Г. В. Решетник; Нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К., 2010. – 21 с.
12. Мінливість прояву вірусних інфекцій рослин картоплі / О. П. Таран [та інш.] // Карантин і захист рослин. – 2015. – № 2. – С. 10–14.
13. Бондус, Р. О. Оцінка вірусостійкості сортів картоплі на штучному інфекційному фоні та в колекційному розсаднику Устимівської дослідної станції рослинництва / Р. О. Бондус // Вивчення онтогенезу рослин природних і культурних флор у ботанічних закладах і дендропарках Євразії: матеріали 12 міжнар. наук. конф. – Полтава, 2000. – С. 44–45.
14. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / Під ред. В. В. Кононученко [та інш.]. – Немішаєво, ІК, 2002. – 183 с.
15. Методические рекомендации по проведению исследований с картофелем / Под ред. Н. А. Пика. – К.: УНИИСХ, 1983. – 216 с.
16. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. Рода *Solanum* L. / Сост. И. Задина [и др.]. – Ленинград, 1984. – 43 с.
17. Изучение и поддержание образцов мировой коллекции картофеля / Под ред. К. З. Будина. – Ленинград, ВИР, 1986. – 23 с.
18. Вірусні інфекції картоплі та їх перебіг за умов модельованої мікрогравітації / Л. Т. Міщенко [та інш.]. – К.: Фітосоціоцентр, 2011. – 144 с.
19. Clark, M. F. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses / M. F. Clark, A. N. Adams // J. Gen. Virology. – 1977. – V. 34, № 2. – P. 475–483.
20. Crowther, J. R. ELISA. Theory and practice / J. R. Crowther. – New York: Hamana Press, 1995.
21. Куценко, В. С. Картопля. Хвороби і шкідники / В. С. Куценко. – К., 2003. – Т. 2. – 240 с.
22. Амбросов, А. Л. Вирусные болезни картофеля и меры борьбы с ними. – Минск: Урожай, 1975. – 198 с.
23. Рейфман, В. Г. Вирусные болезни картофеля / В. Г. Рейфман, Л. Г. Брежетова. – М.: "Наука", 1966. – 211 с.
24. Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan / A. Hameed [et al.]. // The Plant Pathology Journal. – 2014. – Vol. 30, № 4. – P. 407–415.
25. Шпаар, Д. Новый штамм вируса у картофеля / Д. Шпаар // Защита растений. – 1995. – № 6. – С. 43.
26. Капица, О. С. Проникновение Y-вируса в клубни первично зараженных растений картофеля / О. С. Капица, З. Н. Андреева // Труды Ин-та генетики АН СССР. – 1964. – № 31. – С. 47–53.
27. Lacomme, C. General Characteristics of *Potato virus Y* (PVY) and Its Impact on Potato Production: An Overview / C. Lacomme, E. Jacquot / *Potato virus Y: biodiversity, pathogenicity, epidemiology and management.* – Springer, Cham, 2017.
28. Використання колекційного матеріалу томатів і картоплі для пошуку джерел стійкості до вірусних хвороб / Л. Т. Міщенко [та інш.] // Генетичні ресурси рослин. – 2011. – № 9. – С. 100–111.
29. Virus taxonomy. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses // A. M. Q. King [et al.]. – Elsevier, 2012. – 1327 p.
30. Brunt, A. A. Potiviruses / *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes* (eds. G. Loebenshtein) / A. A. Brunt // Klumer Academic Publisher, 2001. – P. 77–87.
31. Karasev, A. V. Continuous and Emerging Challenges of Potato virus Y in Potato / A. V. Karasev, S. M. Gray // *Annual Review of Phytopathology.* – 2013. – Vol. 51. – P. 571–586.
32. Detection, distribution and control of *Potato mop-top virus*, a soil-borne virus, in northern Europe / J. Santala [et al.] // *Annals of Applied Biology.* – 2010. – Vol. 157. – P. 163–178.

УДК 633.2.03+634]:632.954

Действие метсульфурон-метила на травянистые и древесно-кустарниковые растения

О. А. Шкляревская, научный сотрудник
Института защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 25.08.2018 г.)

Наряду с высокой эффективностью против борщевика Сосновского (до 98–99 %) излагаются результаты исследований по влиянию гербицида Магнум, ВДГ на травянистые и древесно-кустарниковые растения. Установлено, что по отношению к двудольным травянистым видам гербицид Магнум, ВДГ обеспечивает достаточно высокую биологическую эффективность, однако в естественных фитоценозах угнетение трав составляет 33–67 %, и со временем наблюдается активное зарастание участков. В борьбе с древесно-кустарниковой растительностью Магнум, ВДГ уничтожает иву козью, рябину обыкновенную, ольху серую и осину на 80–100 %, наиболее устойчивой оказалась береза повислая – до 10 %.

Введение

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в Республике Беларусь начали изучать с 1955 г. как кормовое растение. Однако из-за содержания в нем фурукумаринов, вызывающих дерматиты по типу ожогов, борщевик перестали культивировать. Отсутствие контроля по распространению привело к тому, что борщевик начал произрастать на различных

*Along with high efficacy against the *Heracleum sosnowskyi* (up to 98–99 %), the results of studies on the effect of the herbicide Magnum, WDG on herbaceous and woody-bush plants are presented. It is determined that, in relation to herbaceous dicotyledonous species, the herbicide Magnum, WDG provides with rather high biological efficiency, however, in natural phytocenoses the inhibition of grasses makes 33–67 %, and over time there is an active plots overgrowing. To control woody-bush vegetation Magnum, WDG kills goat willow, mountain ash, gray alder and aspen for 80–100 %, hanging birch turned out to be the most resistant – up to 10 %.*

категориях земель, вдоль дорог и рек, возле ферм и заброшенных зданий. Данный инвазивный вид интенсивно размножается семенами и расселяется, захватывая новые территории. Растения борщевика Сосновского оказывают негативное действие на биоразнообразие, наиболее восприимчивыми являются луговые растения, которые быстро исчезают из фитоценоза, а также вытесняет кормовые и лекарственные растения, проис-