

**Иммунитет и защита растений картофеля**

УДК 633.491:632.651:632.935.12

**ЭФФЕКТ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ  
КАРТОФЕЛЬНОЙ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДОЙ\***

**В.В. ЛАВРОВА, Е.М. МАТВЕЕВА, М.И. СЫСОЕВА**

Картофельная цистообразующая нематода относится к числу наиболее опасных вредителей картофеля и причиняет наибольший урон в личных и подсобных хозяйствах, ее численность с каждым годом увеличивается. Мы исследовали влияние предпосадочной обработки клубней ежесуточными снижениями температуры (ДРОП, +5 °C на 2 ч в течение 6 сут) на продуктивность и качество урожая картофеля сорта Невский в условиях зараженности почвы картофельной цистообразующей нематодой (21 циста/100 г почвы). Показано, что ДРОП-обработка способствует ускорению развития растений картофеля, большему накоплению биомассы надземных и подземных органов, повышению продуктивности и улучшению качества урожая (в частности, увеличивается содержание крахмала и витамина С). Кроме того, уменьшается численность самок нематоды и снижается возможность для личинок закончить жизненный цикл в корнях картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, картофельная цистообразующая нематода, продуктивность, нематодоустойчивость.

К числу наиболее опасных вредителей картофеля в Северо-Западном регионе Российской Федерации относится картофельная цистообразующая нематода (КЦН, *Globodera rostochiensis* Woll.), в результате поражения которой теряется до 70 % урожая и ухудшается качество клубней. Снижение урожая зависит от предпосевной плотности популяций нематод в почве, сорта картофеля, погодных условий, типа почвы и ее плодородия (1-4). В Республике Карелия первые очаги заражения были обнаружены в 1976 году в южных и юго-западных районах на приусадебных участках (5). За 35 лет ареал КЦН расширился до 67° с.ш. (6), что свидетельствует о прогрессивном увеличении ее численности. В настоящее время, по данным Госкомстата, в республике заражено более 60 % сельскохозяйственных полей, на которых возделывается картофель. Особенно вредоносна нематода в личных и подсобных хозяйствах, поскольку картофель выращивается там или как монокультура, или в очень коротких плодосменах, что в сочетании с использованием восприимчивых сортов приводит к накоплению вредителя в почве и увеличению ежегодных потерь урожая (7).

Применение химических средств для защиты картофеля запрещено в РФ из-за их высокой токсичности для человека, животных и растений. Чтобы предотвратить быстрое размножение паразита и его накопление в почве, используют агротехнические приемы, такие как противонематодные севообороты и возделывание нематодоустойчивых сортов. Однако рекомендации по осуществлению беспасленового севооборота оказывают положительный эффект только на больших площадях и мало приемлемы на приусадебных участках. В тоже время нематодоустойчивые сорта зарубежной и отечественной селекции в большинстве своем не приспособлены к агроклиматическим условиям севера и не всегда обладают полным набором хозяйствственно полезных признаков (8). В связи с этим важное практическое значение приобретает разработка способов повышения устойчиво-

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России...» (№ г.р. 01201262103) и проекта Министерства образования и науки (соглашение № 8050).

сти растений к заражению нематодой, которые были бы эффективны для районированных сортов картофеля.

Один из приемов повышения урожайности картофеля — использование температурного фактора. Существующие в настоящее время способы температурной обработки семенных клубней позволяют повысить урожайность, однако они применимы только в отсутствие заражения паразитами (9). В современном растениеводстве широко используются ежесуточные кратковременные снижения температуры (ДРОП), приводящие к развитию у растений кросс-адаптации, то есть одновременной устойчивости к стресс-факторам разной природы (10).

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния предпосадочного низкотемпературного воздействия на клубни картофеля на продуктивность и качество урожая при заражении картофельной цистообразующей нематодой.

**Методика.** Работа выполнена на клубнях семенного картофеля (категория элиты) (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский, восприимчивого к заражению картофельной цистообразующей нематодой. Клубни массой  $75 \pm 5$  г, полученные на Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции, прорачивали стандартным способом на свету при комнатной температуре в течение 3 нед. Затем часть клубней оставляли в тех же условиях (контроль), а остальные подвергали ежесуточному кратковременному воздействию пониженной температуры (ДРОП, +5 °C на 2 ч в течение 6 сут; опыт). На следующие сутки после завершения температурных обработок все клубни высаживали в почву со средней степенью зараженности нематодой (21 циста/100 г почвы).

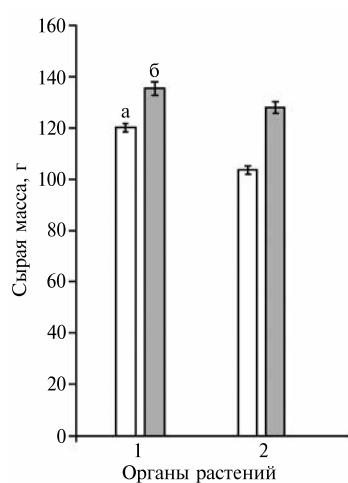
Эксперимент выполняли в полевых условиях (вегетационный период 2009–2010 годов) на опытных участках с дерново-подзолистой суглинистой почвой (содержание гумуса 2,3 %, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O — соответственно 18 и 16 мг/100 г почвы, pH 5,3), расположенных на Агробиологической станции Института биологии Карельского научного центра РАН (г. Петрозаводск) с использованием общепринятых агротехнических приемов. Удобрения Исполин картофельный и ОМУ универсал (Россия) вносили однократно перед посадкой в расчете соответственно 15 и 20 г на лунку. Повторность опыта 2-кратная, в каждом варианте опыта — 20-кратная.

В течение вегетационного периода наблюдали за цветением растений. В начале августа учитывали сырью массу надземных органов (ботвы). По окончании эксперимента (в начале сентября) измеряли сырью массу корневой системы, массу клубней, определяли содержание в клубнях крахмала (11) и витамина С (12), оценивали зараженность растений цистами нематоды (13).

Статистическую обработку данных проводили с применением дисперсионного анализа. Достоверность различий между вариантами (контроль и опыт) оценивали с использованием критерия Стьюдента при 5 % уровне значимости (14).

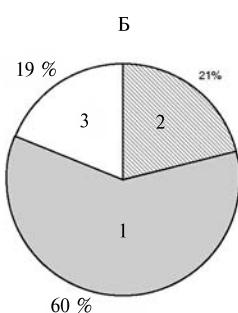
**Результаты.** Воздействие периодическими кратковременными снижениями температуры ускорило наступление у растений фазы массового цветения по сравнению с контролем. Температурная обработка семенных клубней способствовала большему накоплению биомассы надземных и подземных органов (рис. 1) и привела к 2-кратному увеличению хозяйственной продуктивности растений. Несмотря на то, что по числу клубней различий между вариантами не выявили (10–11 шт/куст), их средняя масса на куст в опыте составляла 450 г, в контроле — 236 г. Эти различия были получены за счет большей средней массы клубня у растений в опытном

варианте (62,2 г) по сравнению с контролем (26,6 г). У контрольных растений урожай был представлен мелкими и средними фракциями клубней, в опыте — преимущественно средними и крупными фракциями (рис. 2). Содержание крахмала в клубнях у растений из этих групп равнялось соответственно 19 и 25 %, количество витамина С — 5 и 19 мг% (рис. 3).



**Рис. 1.** Накопление сырой массы (1) надземными (1) и подземными (2) органами растений картофеля сорта Невский в полевых условиях в контроле (а) и после предпосадочного ежесуточного низкотемпературного воздействия на клубни (б) (Республика Карелия, 2009–2010 годы).

тонематоду, снижая ее численность.



**Рис. 2.** Фракционный состав клубней картофеля сорта Невский, выращенного в полевых условиях, в контролльном варианте (А) и после предпосадочного ежесуточного низкотемпературного воздействия на клубни (Б): 1 — мелкие, 2 — средние, 3 — крупные клубни (Республика Карелия, 2009–2010 годы).

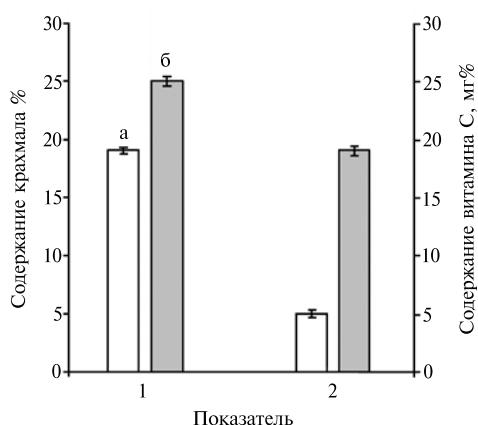
стуление фазы цветения может свидетельствовать о более быстром завершении периода клубнеобразования и начале роста (налива) клубней. Кроме того, в этот период важную роль играет фотосинтетический потенциал растения (17), что связано с необходимостью формирования достаточной по размерам площади ассимиляционного аппарата и накопления определенной массы ботвы, способной обеспечить ассимилятами все жизненно важные процессы. Существует положительная связь между макси-

Заражение контрольных растений КЦН составило более 600 цист/растение, в опытном варианте этот показатель был значительно меньше (263 цисты/растение), то есть предпосадочная обработка клубней (кратковременное ежесуточное снижение температуры) способствовала уменьшению заражения растений более чем в 2 раза.

Численность самок нематоды, которые были обнаружены на корнях растений, выращенных из обработанных ДРОП семенных клубней, оказалась в 2,4 раза ниже, чем в контроле. Следовательно, у картофеля развивалась неспецифическая устойчивость к биотрофному паразиту. Известно, что условия размножения нематод ухудшаются при высокой интенсивности метаболизма растений (15). При периодических низкотемпературных воздействиях растения находятся в функционально активном состоянии, которое характеризуется стимуляцией метаболических процессов (10), а следовательно, температурный фактор опосредованно (через растение) влияет на фитонематоду, снижая ее численность.

Увеличение урожайности в опытном варианте происходило в основном за счет изменения фракционного состава клубней, чему могло способствовать как более раннее наступление цветения растений, так и большая масса надземных органов. Известно, что конец этапа бутонизации и цветение совпадают с периодом интенсивного роста клубней (16). Ускоренное наступление фазы цветения может свидетельствовать о более быстром завершении периода клубнеобразования и начале роста (налива) клубней. Кроме того, в этот период важную роль играет фотосинтетический потенциал растения (17), что связано с необходимостью формирования достаточной по размерам площади ассимиляционного аппарата и накопления определенной массы ботвы, способной обеспечить ассимилятами все жизненно важные процессы. Существует положительная связь между макси-

мальной массой ботвы (а соответственно, и площадью ассимиляционного аппарата) и урожайностью клубней в момент перехода от клубнеобразования к активному росту, совпадающему со временем цветения (16-18).



**Рис. 3. Содержание крахмала (1) и витамина С (2) в клубнях картофеля сорта Невский, выращенного в полевых условиях, в контроле (а) и после предпосадочного ежесуточного низкотемпературного воздействия на клубни (Республика Калелия, 2009-2010 годы).**

с необработанными клубнями при выращивании растений на зараженных почвах.

Для населения многих районов нашей страны картофель служит важным источником витамина С. В свежеубранном картофеле сорта Невский содержится в среднем 16 мг% витамина С, почти целиком представленного восстановленной формой аскорбиновой кислоты (18, 22, 23). В условиях заражения нематодой его доля снизилась в 3 раза, тогда как ДРОП-обработка предотвратила эту тенденцию: содержание аскорбиновой кислоты в клубнях несколько повысилось.

Таким образом, предпосадочное низкотемпературное кратковременное воздействие на семенные клубни повышает продуктивность картофеля и улучшает качество урожая за счет увеличения содержания крахмала и витамина С. Кроме того, ДРОП-обработка снижает возможность для личинок нематоды закончить жизненный цикл в корнях картофеля и может быть рекомендована для выращивания этой культуры в условиях зараженных нематодой полей. Предлагаемая технология особенно эффективна для применения в мелких фермерских хозяйствах и частном секторе, где используются небольшие объемы семенного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

- Шамонин М.Г. Организация мероприятий по выявлению картофельной нематоды и борьбе с ней в СССР. Мат. симп. «Борьба с картофельной нематодой». Тарту, 1973: 3-5.
- Инструкция по выявлению золотистой и бледной картофельных нематод и мерам борьбы с ними. М., 1988.
- Тихонова Л.В., Марьяновская М.В., Масюк Ю.А., Яшина И.М. Биоэкологический метод борьбы с глободерозом картофеля — эффективное звено интегрированной защиты растений. Аграрная Россия, 1999, 3/4: 22-28.
- Матвеева Е.М. Диагностика цистообразующих нематод рода *Globodera* (*Nematoda: Tylenchida*). Паразитические нематоды растений и насекомых. М., 2004: 119-136.
- Соловьёва Г.И., Потаевич Е.В., Кучко Л.А., Васильева А.П. Цистообразующая картофельная нематода и меры борьбы с ней. Петрозаводск, 1980.
- Груздева Л.И., Матвеева Е.М. Расширение ареала картофельной цистообразующей

Предпосадочная температурная обработка клубней картофеля оказала влияние не только на количественные показатели урожая, но и на его качество. Высокое содержание крахмала в значительной мере определяет вкусовые свойства картофеля и лежкость при хранении (19). В литературе имеются единичные данные о влиянии заражения нематодой на содержание крахмала в клубнях. Показано, что при средней дозе заражения этот показатель снижается на 1,7 % (20), при высокой дозе — на 4-5 % (21). Мы установили, что ДРОП-обработка семенного материала приводила к повышению содержания крахмала в 1,3 раза по сравнению с необработанными клубнями при выращивании растений на зараженных почвах.

Для населения многих районов нашей страны картофель служит важным источником витамина С. В свежеубранном картофеле сорта Невский содержится в среднем 16 мг% витамина С, почти целиком представленного восстановленной формой аскорбиновой кислоты (18, 22, 23). В условиях заражения нематодой его доля снизилась в 3 раза, тогда как ДРОП-обработка предотвратила эту тенденцию: содержание аскорбиновой кислоты в клубнях несколько повысилось.

Таким образом, предпосадочное низкотемпературное кратковременное воздействие на семенные клубни повышает продуктивность картофеля и улучшает качество урожая за счет увеличения содержания крахмала и витамина С. Кроме того, ДРОП-обработка снижает возможность для личинок нематоды закончить жизненный цикл в корнях картофеля и может быть рекомендована для выращивания этой культуры в условиях зараженных нематодой полей. Предлагаемая технология особенно эффективна для применения в мелких фермерских хозяйствах и частном секторе, где используются небольшие объемы семенного материала.

- нematоды на Северо-Западе России. Тр. центра паразитологии ИПЭЭ РАН, 2010: 71-80.
7. Назарова Н.В. Вредоносность золотистой картофельной нематоды. Защита и карантин растений, 2003, 12: 34.
  8. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Склярова Н.П., Яшина И.М., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России: ежегодн. справ. изд. М., 2009.
  9. Еремеев В., Lohmus A., Laaniste P., Jouda J., Talgre L., Lauringson E. The influence of thermal shock pre-sprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. Acta Agriculture Scandinavica Section B — Soil and Plant Science, 2008, 58: 35-42.
  10. Марковская Е.Ф., Сысоева М.И., Шерудило Е.Г. Феномен ежесуточного кратковременного влияния низких закаливающих температур на жизнедеятельность растения. Онтогенез, 2008, 39(5): 323-332.
  11. Прищепина Г.А. Технология хранения и переработки продукции растениеводства с основами стандартизации. Ч. 1. Картофель, плоды и овощи: уч. пос. Барнаул, 2007.
  12. Физиологические и биохимические методы анализа растений. Калининград, 2000.
  13. Seinhorst J.W. Methods for the extraction of *Heterodera* cysts from not previously dried soil samples. Nematologica, 1964, 10: 87-94.
  14. Любичев А.А. Дисперсионный анализ в биологии. М., 1986.
  15. Рийспере У.Р., Рийспере А.Ю. О влиянии некоторых экзогенных факторов на развитие и формирование соотношения полов у картофельной нематоды Мат. симп. «Борьба с картофельной нематодой». Тарту, 1973: 67-70.
  16. Табаленкова Г.Н., Головко Т.К. Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. СПб, 2010.
  17. Маркаров А.М., Головко Т.К., Табаленкова Г.Н. Морфофизиология клубнеобразующих растений. СПб, 2001.
  18. Мельничук Г.Д., Костюк В.И., Куликова Н.Т. Физиология и биохимия картофеля на Кольском севере. Апатиты, 1997.
  19. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. М., 2007.
  20. Соловьева Г.И., Богданова А.П., Потаевич Е.В., Макарычева И.В., Клыкова В.В. Комплекс мероприятий по защите картофеля от картофельной цистообразующей нематоды: метод. реком. Петрозаводск, 1987.
  21. Понин И.Я., Гладкая Р.М. Порог вредоносности картофельной нематоды. Мат. симпозиума «Борьба с картофельной нематодой». Тарту, 1973: 37-38.
  22. Тектониди И.П., Михалин С.Е. Влияние микроорганизмов на урожайность и качество картофеля. Научные труды ВНИИКХ им. А.Г. Лорха «Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики» (М.), 2006: 431-436.
  23. Пшечников К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В. Технологии хранения картофеля. М., 2007.

Учреждение Российской академии наук Институт  
биологии Карельского научного центра РАН,  
185910 Россия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11,  
e-mail: info@bio.krc.karelia.ru, vvlavrova@mail.ru

Поступила в редакцию  
15 ноября 2011 года

## SHORT PRE-SOWING TREATMENT OF POTATO TUBERS WITH LOW TEMPERATURE TO SUPPRESS *Globodera rostochiensis* INVASION

V.V. Lavrova, E.M. Matveeva, M.I. Sysoeva

Institute of Biology of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 11, ul. Pushkinskaya, Petrozavodsk, 185910 Russia, e-mail info@bio.krc.karelia.ru, vvlavrova@mail.ru

### Abstract

Nematode *Globodera rostochiensis* is considered one of the most damaging potato pest which causes significant yield losses, and its population increases progressively, especially at small private farms due to use of sensitive varieties and improper crop rotation. We studied the effect of exposing seed potato tubers of Nevskiy variety to low temperature (+5 °C for 6 days, 2 hours each day) before sowing. The treated tubers were planted into soil infected with *Globodera rostochiensis* at the rate of 21 cysts per 100 g, and the yield structure elements and quality of production obtained were evaluated. It was shown the treatment stimulated plant growth and development, increased the biomass of both above and underground parts in plants, and increased the commercial yield. It also improved the quality of yielded tubers, in particular the starch and vitamin C contents increased. Besides, the number of nematode males decreased resulting in lower ability of larva to complete living cycle in potato roots.

Keywords: potato, potato cyst-forming nematode, plant productivity, nematode resistance.