

ПРЕДПОСЫЛКИ К РАЗРАБОТКЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ХМЕЛЬНИКОВ**С. Л. Лукаев, К. В. Егоров, А. О. Васильев, Р. В. Андреев***Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Обжигание полей высокой температурой широко используется для борьбы с вертициллезным увяданием и прочими фитопатогенными грибами, но мало что известно о температуре, необходимой для эффективной борьбы с ними. Цель настоящей статьи – измерение температур под поверхностью почвы на хмельниках во время обработки пламенем и поиски ответа на вопрос, могут ли они повлиять на выживаемость корневищ хмеля обыкновенного. Полевые эксперименты показали, что скорость трактора в 3,0 и 4,0 километра в час при давлении газа в 2,38 атм. приводила к кратковременному повышению температуры до значений, способствующих уничтожению грибка. Также замечено, что при использовании данного способа обработки эффективно удаляются зараженные растительные остатки. Меньшую скорость следует использовать прохладным утром или днем, а более высокую – в теплые и сухие дни. Регрессионный анализ данных, полученных в ходе полевых испытаний, показал, что оптимальная скорость является тем фактором, который поможет достигнуть намеченной цели. Пиковая температура коррелировала как со скоростью, так и с погодными условиями на уровне 1 %. Записи температуры почвы показали, что она понижалась в зависимости от глубины. При скорости 3,0 километра в час наблюдалось ее увеличение на 11,8°C на глубине 0,1 см, и она изменялась только на 0,1°C на глубине 1,0 см. При скорости 4,0 километра в час изменения температуры на этих глубинах были еще меньше. На глубине около 1,0 см, где имеются корневища, перепады температуры не были настолько велики, чтобы повредить их в процессе сжигания топлива.

Ключевые слова: хмель, обработка почвы, хмелеводство.

Введение. На нижних листьях хмеля иногда появляется небольшой белый порошачий налет в виде разбросанных пятен. Постепенно он распространяется на листья, черенки и побеги, позже – на шишки, рост которых прекращается. На налете затем появляются черные точки — клейстотеции [2].

Одним из наиболее распространенных грибковых заболеваний растений хмеля является мучнистая роса. Возбудитель болезни гриб *Sphaerotheca macularis* P. Magn. f. *humuli* Lev. из порядка Erysiphales. Его грибница укрепляется на поверхности пораженных органов растений. При этом в клетки растений проникают гаустории, с помощью которых гриб извлекает питательные вещества. При вегетации формируется обильное спороношение. Постепенно образуются эллиптические бесцветные конидии размером 20...40 x 12...20 мкм. С их помощью возбудитель инфекции постепенно распространяется от растения к растению.

К осени грибница бурееет и на ней формируются клейстотеции с сумками и сумкоспорами. Сумкоспоры светло-серые, размером 15...25x12...18 мкм. Созревают они и освобождаются из сумок и клейстотециев весной преимущественно из отмерших тканей растения, когда и происходит первое заражение.

Вредоносность мучнистой росы выражается в уменьшении ассимиляционной деятельности растений. Пораженные листья преждевременно отмирают и опадают, побеги не развиваются до конца, а шишки становятся непригодными для использования. При активном развитии данного заболевания урожай может снизиться до 50 % [4].

Фумигация почвы эффективна, но экономически не всегда оправдана для больших площадей. Производство устойчивых к грибковым заболеваниям сортов является потенциально полезным нововведением, но в настоящее время работы в данном направлении не ведутся активно. Поскольку споры могут находиться в состоянии покоя в полевых условиях в течение многих лет, сертификация здорового посадочного материала, которая проводится в настоящее время, не может использоваться как способ контроля в течение длительного периода времени. Таким образом, обработка пламенем, которая широко используется в настоящее время и остается одним из ценных методов борьбы с исследуемыми заболеваниями [3].

С помощью нагревания ведется борьба с вертициллезным увяданием картофеля и некоторых других культур. Учеными были проведены исследования, доказывающие эффективность использования этого метода в борьбе со спорами и микросклероциями многих штаммов [5]. Также проводились опыты, во время которых изучалось использование постоянных температур, полученных на горячей водяной бане, и было установлено, что существует значительная разница между устойчивостью спор и микросклероций к влажному теплу. При температуре в 49°C через 20 мин жизнеспособные споры погибали, но при той же температуре потребовалось 40 мин для уничтожения всех микросклероций. В то же время при значениях температуры в 80-95°C на уничтожение спор возбудителя инфекции требуется лишь 3-5 сек.

Материалы и методы исследования. Начальной точкой исследований послужили данные о губительном воздействии высоких значений температур и времени их воздействия на споры грибка *Sphaerotheca macularis* P. Magn. f. *humuli* Lev [6].

Для проведения опытов использовалась горелка, функционирующая по принципу сжигания смеси воздуха и пропан-бутана, или же переносной факел. Она работает от газового баллона, имеет несложную конструкцию, компактные габариты и малый вес. Помимо этого, не вызывает и сложностей в эксплуатации. Ручная инжекторная горелка вентильного типа помогает справиться практически со всеми видами работ, требующих газопламенной обработки на хмельниках.

Рабочие характеристики:

масса устройства – 0,42 кг;

длина изделия – 93 см;

горючее вещество – пропан;

расход газа – 2,2 м³/ч;

рабочее давление – 0,25 МПа;

входное соединение – 0,6-0,9 см;

диаметр стакана – 5 см.

При проведении опытов было выявлено, что ее недостатком является достаточно высокий расход газа, отсутствие пьез розжига.

Насадка покрыта металлической пластиной размером 1,4 x 1,8 м, предназначенной для удержания пламени близко к земле и сдерживания тепла вокруг корневищ хмеля. Горелки удерживаются на высоте около 18,0 см над землей с помощью металлических салазок, а газовая стрела шарнирно закреплена, чтобы выпускаемое пламя могло ударять о землю с довольно постоянной высоты и угла. Была использована только одна горелка из-за большого количества других переменных.

Для измерения внутренней температуры ствола использовали «телетермометр» (Yellow Springs Instrument Model 42SC) с соответствующими датчиками. Этот прибор имеет нижний диапазон от -40 до +30°C, средний диапазон – от +20 до +80°C и верхний диапазон – от +70 до +150°C. По данным производителя, этот прибор имеет точность до -0,5°C при температуре от -20 до +120°C. Разборчивость в этом диапазоне составляет 0,2°C, а воспроизводимость – ±0,5°C.

Вместе с регистратором использовались датчики YSI серии 400, с проводами длиной в 3,1 м. Зонды из нержавеющей стали, герметизированные припоем, имели длину 7,6 см, а также термопару, расположенную на конце зонда. По данным производителя, постоянная времени датчиков составляет 0,6 секунды, а их температурный диапазон – от -40 до +150C [6].

Полевые эксперименты проводились следующим образом (рисунок 1). Асбестовая прокладка размером 0,0 1 x 0,3 1 x 0,0 1 м с отверстием диаметром в 3,0 мм помещалась в центре над неглубоким отверстием в земле. Зонд помещали так, чтобы он примерно на 3,0 см выступал вверх через отверстие в асбестовой прокладке. Затем его вставляли примерно на 3,0 см в сердцевину стебля длиной 15,0 см. Стебель – в отверстие в асбестовой прокладке, чтобы предотвратить прямое воздействие пламени пропановой горелки на какую-либо часть зонда, а провод был закопан от зонда к указателю температуры примерно на 2,5 см под поверхность почвы. Затем по этому устройству проводили пропановой горелкой и любые изменения температуры внутри ствола отмечались на указателе температуры через определенные промежутки времени. Пропановая горелка перемещалась трактором со скоростью от 1,0 до 6,5 км в час. Поддерживалось постоянное давление газа.

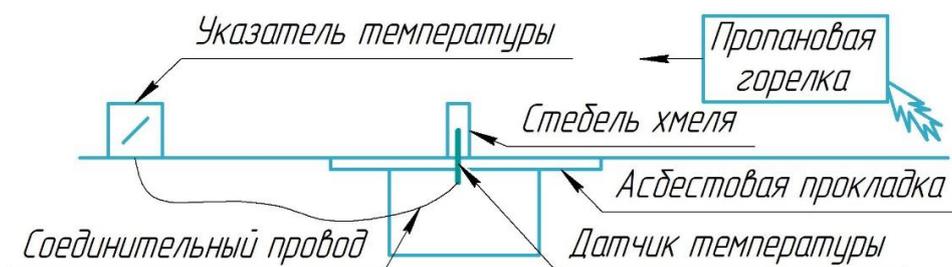


Рис. 1. Схема установки во время полевых экспериментов.

Для определения изменений температуры под поверхностью почвы во время огневой обработки использовался датчик с плоским наконечником из нержавеющей стали. По данным производителя, этот датчик способен измерять температуру от -40 до +100C. Его помещали на глубину от 1,0 до 10,0 мм под поверхность почвы, где при прохождении с разной скоростью трактора, оснащённого пропановой горелкой, регистрировалась температура.

Статистический анализ данных.

Применялся компьютерный анализ собранных данных с помощью специализированных программных продуктов. Наиболее полезными оказались расчеты простых коэффициентов корреляции и значения F критерия, полученные в результате множественного регрессионного анализа. Для множественного регрессионного анализа компьютер находит независимые переменные, которые лучше всего соответствуют

уравнению $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$. Когда каждая независимая переменная входит в уравнение, компьютер выдает значение F-критерия. Это значение показывает, имеет ли независимая переменная, входящая в уравнение, какое-либо значение для прогнозирования значения зависимой переменной. Таким образом, например, можно определить, что больше всего влияет на сокращение ростков хмеля: скорость пропановой горелки или внутренняя температура почвы.

Результаты исследований и их обсуждение.

Полевые эксперименты проводились в три разные даты:

26 сентября 2021 г.

24 июля 2021 г.

18 августа 2021 г.

Трактор, оснащенный пропановой горелкой, работал на скоростях 1,0, 1,5, 2,0, 2,7, 3,6, и 4,8 км в час. Внутренние температуры лозы регистрировались в начале каждого воспламенения, а затем с интервалом в пять или десять секунд после того, как горелка прошла над лозой. Затем анализировали состояние обожженных стеблей и их необожженных аналогов, чтобы определить, насколько уменьшилось содержание гриба, вызванное обжиганием. На основании этих данных для всех 77 наблюдений были определены температуры почвы в зависимости от скорости движения трактора с горелкой (таблица 1). Показаны средние значения этих данных.

Во всех случаях, кроме одного, на скорости от 1,0 до 2,7 км в час достигается оптимальная температура, необходимая для уничтожения не менее 95 % грибка. На скорости выше 2,7 км в час наблюдался разброс этих значений от 17,0 до 100 %. Внутренняя температура ствола, по-видимому, более тесно связана со скоростью движения трактора с пропановой горелкой, чем с процентом глушения.

Результаты полевых экспериментов показали, что переменная скорость лучше, чем постоянная, коррелирует с данными, но все простые коэффициенты корреляции скорости значимы для всех 77 наблюдений.

Таблица 1 – Пиковые температуры и процент уничтожения *Verticillium* в три разные даты и при шести различных скоростях трактора.

Скорость (км/ч)	Дата	Средняя пиковая температура (°C)
1.0	9-26-2021	100
	7-24-2021	70,4
	8-18-2021	77,4
1.5	9-26-2021	73,7
	7-24-2021	55,4
	8-18-2021	79,0
2.0	9-26-2021	79,8
	7-24-2021	55. 8
	8-18-2021	69,4
2.7	9-26-2021	71,2
	7-24-2021	55,1
	8-18-2021	69,8
3.0	9-26-2021	59,3
	7-24-2021	47,5
	8-18-2021	57,0
4.8	7-24-2021	41,0

Отношение скорости к проценту гибели гриба в три разные даты графически показано на рисунке 2.

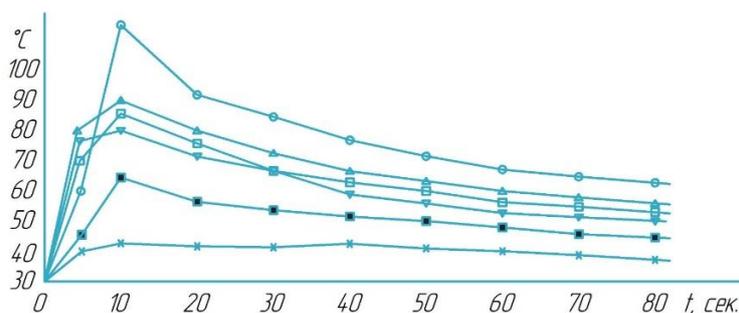


Рис. 2. График изменений внутренней температуры почвы на хмельниках в течение 80-секундного периода времени.

Была выявлена меньшая корреляция между пиковой температурой и процентом гибели гриба.

Выводы. На основании опубликованной информации было экспериментально доказано, что около 95 % возбудителей грибка погибают при воздействии пропановой горелки. Предварительные лабораторные эксперименты с пламенем помогли определить внутреннюю температуру лозы хмеля, необходимую для снижения популяции грибка на 95 %.

Погодные условия после обработки могут повлиять на выживание остаточной популяции. Погода в период проведения первых пяти остаточных анализов была в основном сухой и теплой, поэтому у 3 из 24 обработанных лоз сохранилась остаточная популяция грибков. Если бы погода была прохладной и влажной, выживаемость могла бы быть выше. Однако перед каждым из последних трех анализов в течение нескольких дней шел сильный дождь, и поэтому ни на одном из 14 стеблей не сохранилось остаточной популяции.

Поскольку большинство лоз над поверхностью почвы не выдерживает зимних погодных условий, не имеет большого значения то, что происходит с ними во время термического воздействия пламени. Сохранение корневищ, находящихся ниже поверхности почвы, имеет большое значение для дальнейшего роста хмеля в следующий сезон. Данные показывают, что при скорости 2,0 км/ч изменение температуры на глубине 1,0 см составило 1,0, а при скорости 2,5 км/ч на той же глубине – 0,3°C. На этой глубине изменения, вызванные пламенем, не имеют никакого значения для корневищ, они также должны иметь хорошие шансы на выживание и на меньших глубинах. Таким образом, пламя на скорости 2,0 или 2,5 км в час не оказывает никакого влияния на будущий урожай хмеля.

Литература

1. Егоров, В. П. Энергетическая и экономическая эффективность рыхления подпахотного слоя почвы одновременно с основной обработкой при возделывании картофеля / В. П. Егоров, Н. Н. Пушкаренко, Е. П. Алексеев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (15). – С. 100-104.
2. Инженерно-технологические резервы интенсификации возделывания хмеля в Чувашской Республике / Н. Н. Пушкаренко, П. А. Смирнов, А. В. Коротков [и др.]. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – 356 с.
3. Коротков, А. В. Влияние сроков посадки и видов посадочного материала на приживаемость и продуктивность хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) / А. В. Коротков, З. П. Короткова, Н. Н. Пушкаренко // Нива Поволжья. – 2019. – № 2 (51). – С. 19-23.
4. Коротков, А. В. Особенности использования агрегатов при проведении химической рамовки и пасынковании хмеля / А. В. Коротков, Н. Н. Пушкаренко, Ю. П. Дмитриев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 137-142.
5. Challenges to implement strategies of import substitution in the field of hop supplying to breweries and factors to intensify hop production / L. M. Kornilova, A. Y. Makushev, N. N. Pushkarenko [et al.] // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth : 32, Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth, Seville. – Seville, 2018. – P. 1855-1858.
6. Combined units for mowing and sealing of siderates / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Latypov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary. – Cheboksary, 2020. – P. 012028.

Сведения об авторах

1. **Лукаев Сергей Львович**, студент инженерного факультета, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: boss.lukaev@mail.ru, тел. 8-999-145-28-28;
2. **Егоров Кирилл Викентиевич**, студент инженерного факультета, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: egorovkirill2018@mail.ru, тел. 8-937-013-76-46;
3. **Васильев Александр Олегович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: 3777222@bk.ru, тел. 8-937-377-72-22;
4. **Андреев Роман Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: rv_andreev@mail.ru, тел. 8-927-858-60-82.

BACKGROUND TO THE DEVELOPMENT OF THERMAL CULTIVATOR FOR HOP YARD

S.L. Lukaev, K.V. Egorov, A.O. Vasiliev, R.V. Andreev

Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. Burning fields at high temperatures is widely used to control verticillium wilt and other phytopathogenic fungi, but little is known about the temperature required to effectively control them. The purpose of this article is to measure subsoil temperatures in hop stands during flame treatment and to find out if they can affect the survival of common hop rhizomes. Field experiments have shown that the speed of the tractor is 3.0 and 4.0 kilometers per hour at a gas pressure of 2.38 atm. led to a short-term increase in temperature to values that contribute to the destruction of the fungus. It has also been observed that when using this method of treatment, infected plant residues are effectively removed. A slower speed should be used on cool mornings or afternoons, and a higher speed on warm, dry days. A regression analysis of the data obtained during the field trials showed that the optimal speed is the factor that will help to achieve the intended goal. Peak temperature correlated with both speed and weather conditions at a level of 1%. Soil temperature records showed that it decreased with depth. At a speed of 3.0 kilometers per hour, it increased by 11.8°C at a depth of 0.1 cm, and it changed only by 0.1°C at a depth of 1.0 cm. At a speed of 4.0 kilometers per hour, temperature changes at these depths were even less. At a depth of about 1.0 cm, where there are rhizomes, temperature differences were not so great as to damage them during the combustion process.

Key words: hop, tillage, hop growing.

References

1. Egorov, V. P. Energeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' ryhleniya podpahotnogo sloya pochvy odnovremennno s osnovnoj obrabotkoj pri vozdeleyvanii kartofelya / V. P. Egorov, N. N. Pushkarenko, E. P. Alekseev // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 4(15). – S. 100-104.
2. Inzhenerno-tehnologicheskie rezervy intensivifikacii vozdeleyvaniya hmelya v CHuvashskoj Respublike / N. N. Pushkarenko, P. A. Smirnov, A. V. Korotkov [idr.]. – Cheboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2018. – 356 s.
3. Korotkov, A. V. Vliyanie srokov posadki i vidov posadochnogo materiala na prizhivaemost' i produktivnost' hmelya obyknovennogo (*Humulus lupulus L.*) / A. V. Korotkov, Z. P. Korotkova, N. N. Pushkarenko // Niva Povolzh'ya. – 2019. – № 2(51). – S. 19-23.
4. Korotkov, A. V. Osobennosti ispol'zovaniya agregatov pri provedenii himicheskoy ramovki i pasynkovanii hmelya / A. V. Korotkov, N. N. Pushkarenko, YU. P. Dmitriev // Perspektivy razvitiya mekhanizacii, elektrifikacii i avtomatizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Cheboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2019. – S. 137-142.
5. Challenges to implement strategies of import substitution in the field of hop supplying to breweries and factors to intensify hop production / L. M. Kornilova, A. Y. Makushev, N. N. Pushkarenko [et al.] // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth : 32, Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth, Seville. – Seville, 2018. – P. 1855-1858.
6. Combined units for mowing and sealing of siderates / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Latypov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary. – Cheboksary, 2020. – P. 012028.

Information about authors

1. **Lukaev Sergey Lvovich**, student of the Faculty of Engineering, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: boss.lukaev@mail.ru, tel. 8-999-145-28-28;
2. **Egorov Kirill Vikentievich**, student of the Faculty of Engineering, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: egorovkirill2018@mail.ru, tel. 8-937-013-76-46;
3. **Vasiliev Alexander Olegovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: 3777222@bk.ru, tel. 8-937-377-72-22;
4. **Andreev Roman Viktorovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: rv_andreev@mail.ru, tel. 8-927-858-60-82.