

Температурные условия зимовки винограда в Подмосковье. Аспекты сезона 2015 – 2016 г.г.

Сопин А.И., к.т.н., член МОИП

(Солнечногорский район, Московская область)

1. Введение

Настоящая работа является продолжением цикла исследований по влиянию температурных условий на параметры развития винограда на моем участке(<http://sad-moip.ru/news/2016-02-16/sopin-a-i-temperaturnye-usloviya-razvitiya-vinograda-v-severnom->), проводимых автором с апреля 2015 г. Предыдущая работа охватывала весенне-осенний период с начала вегетации до снятия урожая винограда в сентябре-октябре 2015 г.

Подробно проанализированы причины позднего срока созревания винограда 2015 года в Подмосковье в зависимости от температуры воздуха и почвы в корнеобитаемых горизонтах.

По окончанию работ по сбору винограда в октябре наступил период подготовки винограда к наступающей зиме: обрезка, пригибание лоз к земле и укрытие теплоизолирующими материалами.

2. Постановка задачи и методика

2.1. Технология сухого укрытия

В течение многих лет (а виноградарством в Подмосковье я занимаюсь с 2000-го года) зимнее укрытие провожу с применением испытанных материалов: вспененного полиэтилена

(подложка под ламинат 4 мм толщиной) и ПЭТ-пленки (далее – стандартное укрытие).

Технология укрытия следующая: обрезанные и подготовленные лозы прищипываются к земле таким образом, чтобы пучок лоз висел над землей примерно на высоте 5 - 10 см. Над пучком лоз устанавливается дугообразное сооружение из сварной оцинкованной сетки с ячейкой 25X25 мм, а на нее укладывается вспененный полиэтилен. Этот полиэтилен, в свою очередь, накрывается ПЭТ-пленкой толщиной 100 мкм и фиксируется по краям ряда арматурой на всю длину укрытия.

Высота такого укрытия должна быть не более 30 см (если возможно, то и ниже) для более компактного объема подпленочного пространства с лозой: тогда оно лучше прогревается зимой от единственного источника тепла – земли. Кроме того, над этим низким укрытием в большей степени задерживается выпадающий зимой снег.

Такой вариант укрытия испытывается как основной, хотя есть и другие варианты укрытия: листами пенопласта, баннерами, синтепоновым одеялом. В таких вариациях объединяющим бывает одно – они все сверху укрыты ПЭТ-пленкой.

2.2. Система измерений

В систему измерений входили датчики на основе термисторов, отградуированные по образцовым приборам в диапазоне температур $-34^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$. Измерения проводились ежедневно в первой половине дня с 8-00 до 9-00 (другое время оговаривается).

Датчики были расположены на глубинах 0, 20, 40, 60, 80 и 100 см в ряду винограда в одной вертикали. Для измерения температуры воздуха использовался датчик, расположенный под укрытием на высоте 10 см от поверхности почвы (в зоне лозы).

Пересчет показаний мультиметра из единиц сопротивления производился с помощью таблицы пересчета в градусы и таким

образом, в конечном счете, проводилось построение графиков температурного профиля почвы и воздуха под укрытием в течение всего периода измерений.

2.3. Цель измерений

Целью настоящей работы я считал определение температурного режима зимовки винограда в ОГ с выбранным типом укрытия и определения эффективности как базового укрытия, так и других вариантов, в условиях конкретной зимовки.

Отдельным фрагментом исследования ставилась цель измерения температуры почвы под укрытием винограда в теплице.

Таким образом, предпринята попытка исследования температурного режима почвы в условиях зимнего периода 2015 – 2016 г.г. в наиболее корнеобитаемых горизонтах моего виноградника, а также выработка рекомендаций по зимнему укрытию винограда в применяемых вариантах.

3. Температура почвы и воздуха в укрытии в период зимовки винограда

3.1. Октябрь 2015 г.

Вслед за небывало жарким окончанием сентября следующий месяц осени тенденция снижения температуры почвы во всех горизонтах продолжилась. При этом скорость снижения температуры стала заметно больше и в иные дни падение температуры достигало $0,5^{\circ}\text{C} \dots 1^{\circ}\text{C}$.

В течение месяца минимальная температура воздуха 10 раз пересекала нулевую отметку, а средняя температура воздуха трижды опускалась ниже нуля. А последовавшие один за другим заморозки с 7 октября поразили листву и еще не успевшие вызреть лозы винограда. Такое явление обычно для октября и означает наступление листопада и перехода винограда в период органического покоя. Небольшие отрицательные температуры

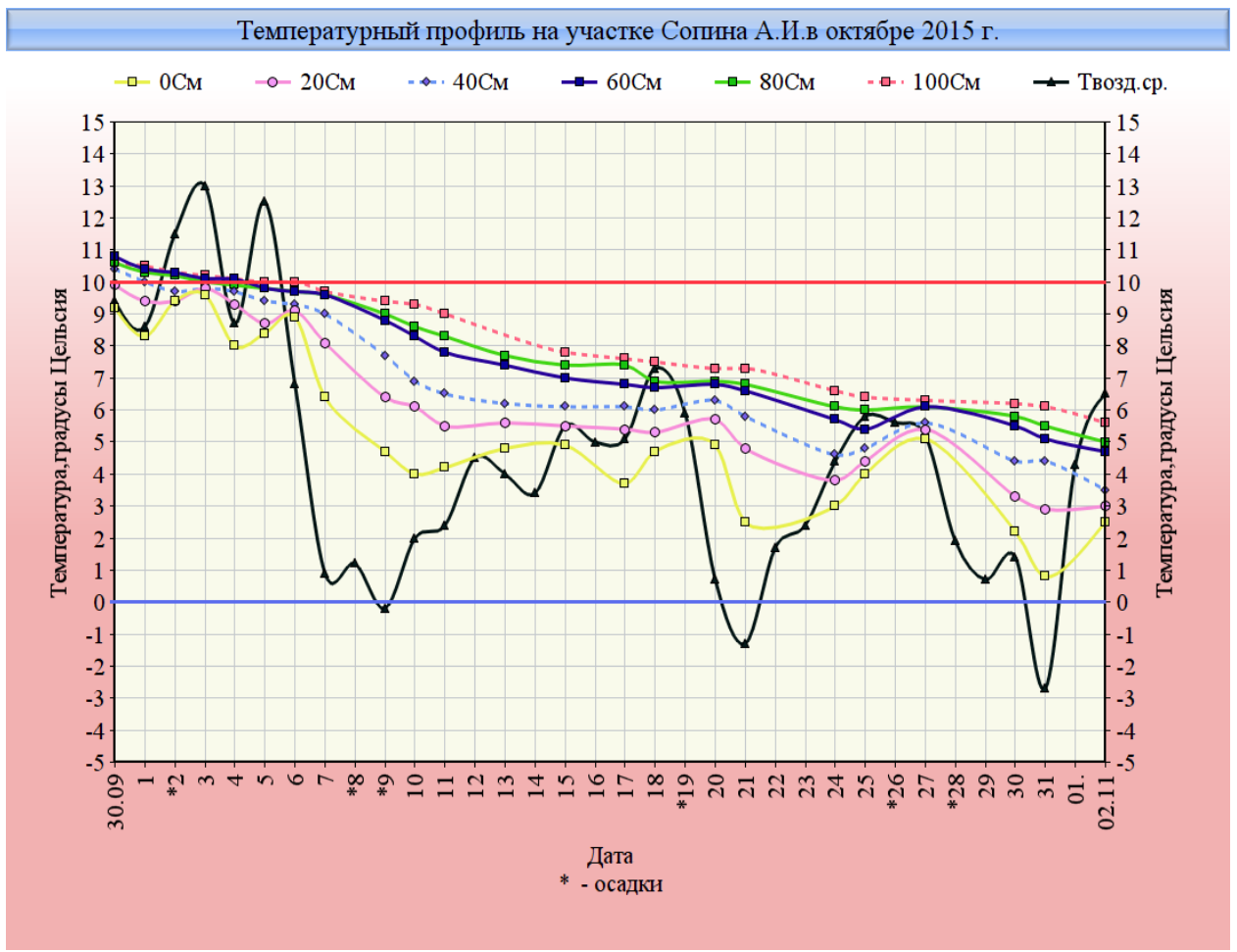


Рис.1 Температурный профиль почвы в октябре 2015 г.

положительно воздействуют на вызревшие части лозы – начинается процесс закалки и подготовки к успешной зимовке. Пластические вещества переходят в форму, обеспечивающую зимний период покоя винограда.

С точки зрения температурного режима в начале месяца окончательно оформилась инверсия температур, когда температура воздуха стала ниже температуры почвы. Этот важный этап ознаменовал окончательный переход тепловых процессов в почве в зимний режим.

Между тем, метеостатистика отмечает, что норма среднемесячной температуры октября: **5.6°**. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: **4.4°** Норма суммы осадков в октябре: **71 мм**. Выпало осадков: **21 мм**. Эта сумма

составляет **30%** от нормы. Данные с сайта

<http://pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27612&month=10&year=2015>

Это говорит о том, что октябрь 2015 года выдался сухой и холодный. Запасы воды в почве, так необходимые в зимовке, было в дефиците.

3.2. Ноябрь 2015 г.

Снижение температуры почвы в ноябре продолжилось. При перепадах температуры воздуха и ее тенденции к снижению, температура почвы за месяц снизилась вдвое в разных горизонтах.

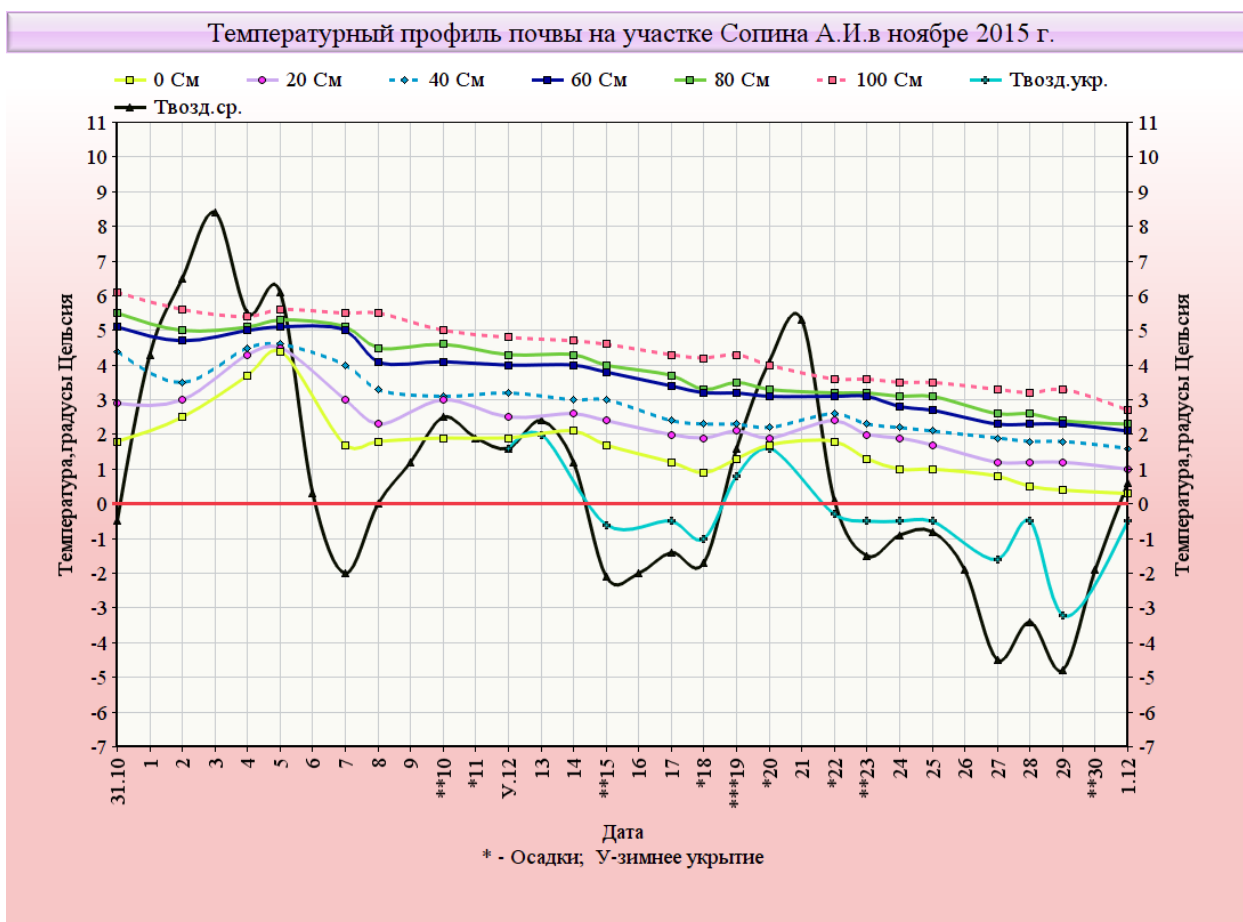


Рис.2 Температурный профиль почвы в ноябре 2015 г.

Этому способствовало общее похолодание: средняя температура воздуха в ноябре опускалась до -5°C , а минимальная еще ниже – до минус 9°C .

В ноябре у меня обычные сроки укрытия винограда; так было и на этот раз. Укрытие провел с 12 ноября: ряд с датчиками температуры укрыл по базовой методике (вспененный полиэтилен+ПЭТ-пленка). Большую часть винограда укрыл так же, а часть с вариациями: некоторые укрыл поликарбонатом (толщ. 16 мм)+ПЭТ-пленка, некоторые – листами пенопласта (толщ.40 мм)+ПЭТ-пленка. На графике (Рис.2) дата укрытия помечена буквой «У».

Экспериментальным было сухое укрытие из комбинации синтепона и баннера. Это укрытие использовано впервые, датчики там отсутствуют, а результат будем оценивать по итогам зимовки этих кустов.

Статистика ноября свидетельствует о том, что норма среднемесячной температуры ноября: **-1.2°**. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: **0.8°**. Отклонение от нормы: **+2.0°**.

Норма суммы осадков в ноябре: **55 мм**. Выпало осадков: **42 мм**. Эта сумма составляет **76%** от нормы.

Заметно, что второй месяц подряд в почву не поступает нормативное количество осадков, что может отразиться на зимовке. Чтобы восполнить запасы влаги в районе кустов винограда принял решение о поливе под каждый куст от 5 до 10 ведер воды.

3.3 Декабрь 2015 г

Декабрь выдался очень теплым. При норме среднемесячной температуры декабря: **-5.2°**, фактическая температура месяца по данным наблюдений составила **0.2°**. Отклонение от нормы: **+5.4°**. Норма суммы осадков в декабре: **52 мм**. Выпало осадков: **62 мм**. Эта сумма составляет **119%** от нормы.

Такой необычно теплый декабрь позволил серьезно увеличить содержание влаги в почве и создать лучшие условия зимовки винограда. Лишь пришедшие в конце месяца морозы сковали почву

и снег уже лег на промороженную землю. В течение месяца осадки распределились довольно равномерно, хотя большая их часть пришлась на вторую половину месяца.

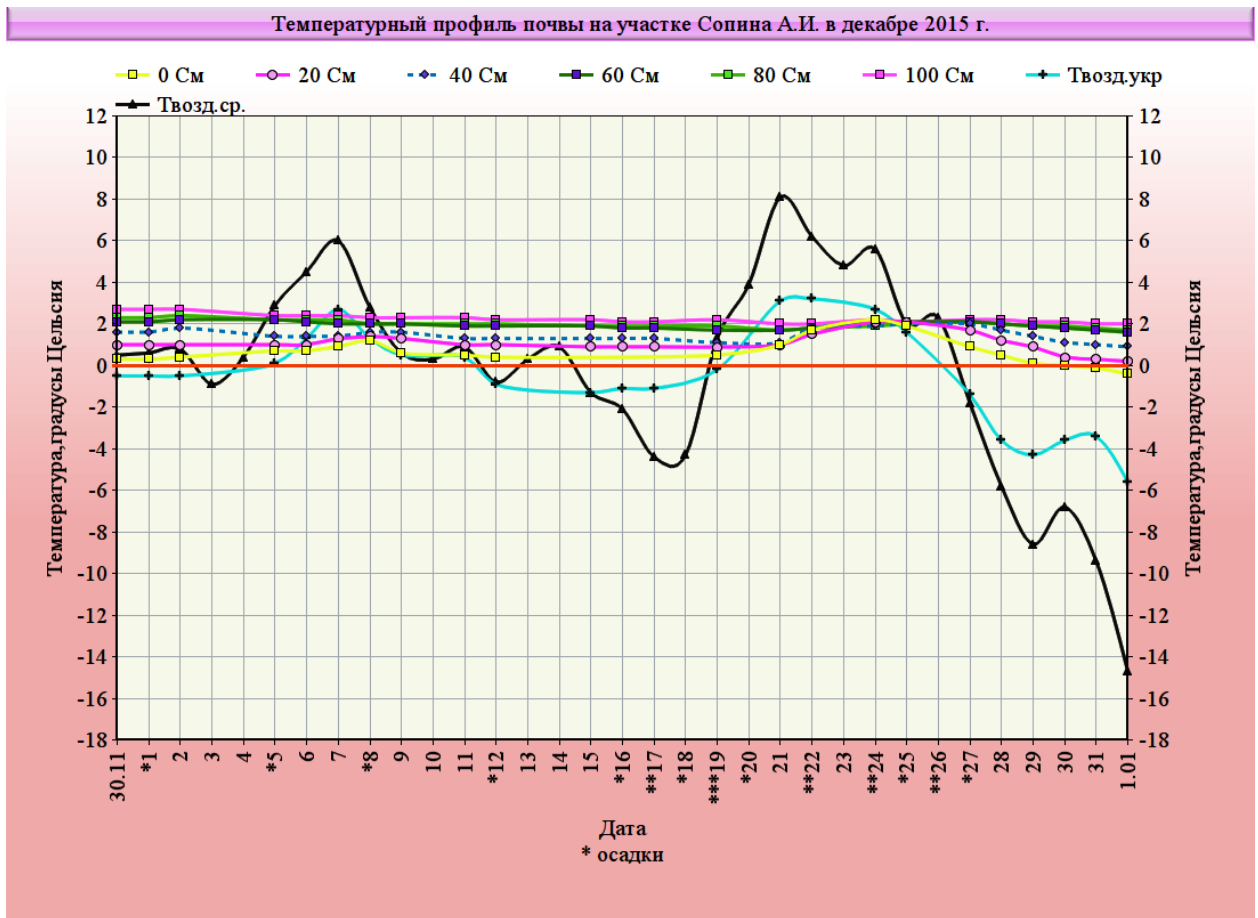


Рис.3 Температурный профиль почвы в декабре

Примечательно, что весь декабрь температура почвы была в области положительных значений и лишь серьезное похолодание, начавшееся 27 декабря, смогло переломить ход событий. В отсутствие снега почва начала быстро охлаждаться и верхние горизонты перешли нулевую отметку уже к концу месяца.

Отметим также тепловую аномалию двадцатых чисел декабря, когда воздух прогревался до $+8^{\circ}\text{C}$ и температура почвы к 25 декабря во всех горизонтах сравнялась в пределах около $+2^{\circ}\text{C}$.

Такой ход отрицательных температур в воздухе привел к резкому снижению температуры почвы в январе 2016 г., что не замедлило сказаться на измеряемых параметрах.

3.4 Январь 2016 г

Начало января было морозным и бесснежным. Самым опасным представлялось отсутствие снега в ОГ и в теплице (я всегда заносу снег в теплицу для лучшего укрытия винограда). Напомню, что для корневой системы винограда существуют критические температуры, ниже которых корни погибают.

Для корней европейских сортов критическими являются температуры $-5...-6^{\circ}\text{C}$. Американские виды выдерживают от -8°C до -12°C (в зависимости от сорта). Морозостойкость корней амурского винограда, по некоторым данным, достигает -17°C .

Поскольку на моем участке представлены все виды винограда, то были основания при бесснежной зиме и низких температурах опасаться за состояние корневой системы многих кустов. Слишком быстро начала снижаться температура в наиболее корнеобитаемых

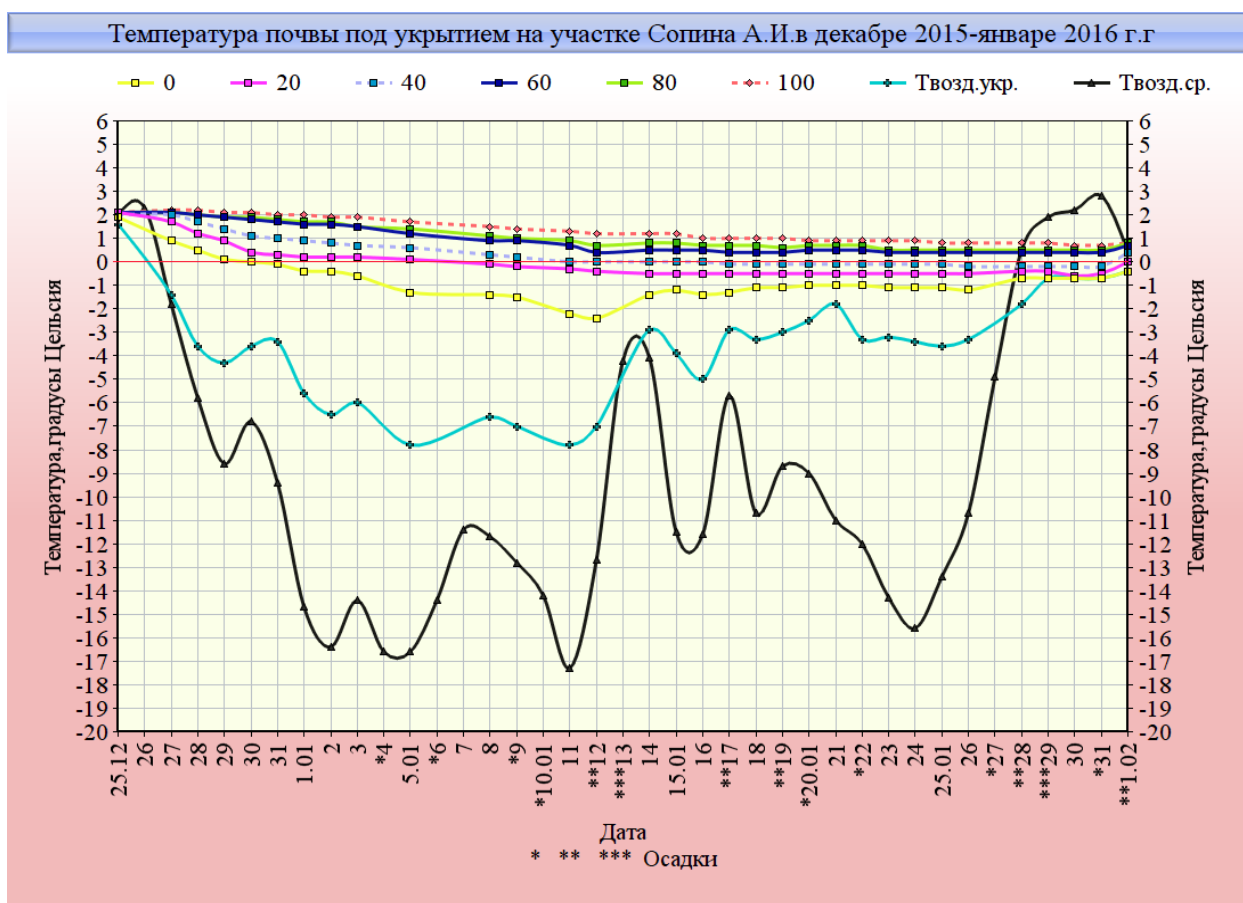


Рис.4 Температурный профиль почвы в конце декабря 2015 – январе 2016 г.г.

горизонтах почвы (20 и 40 см).

Так продолжалось до 12 января, когда выпал обильный снег и на некоторое время резко потеплело. Укрытая снегом почва прекратила промораживаться и температура почвы в дальнейшем стабилизировалась на уровне не ниже $-1,5^{\circ}\text{C}$. Важнейшую роль при дальнейших морозах января 2016 года сыграло укрытие снегом.

При этом произошла и стабилизация температуры воздуха в укрытии – всю вторую половину января в укрытии температура не опускалась ниже -4°C , что вполне комфортно для зимующей лозы.

В целом, хоть и пришлось поволноваться в бесснежный период января за состояние винограда в ОГ, но до критических температур в корнеобитаемых горизонтах дело не дошло. Хотя сам по себе этот период был весьма поучительным.

В теплице ситуация складывалась другим образом. Здесь

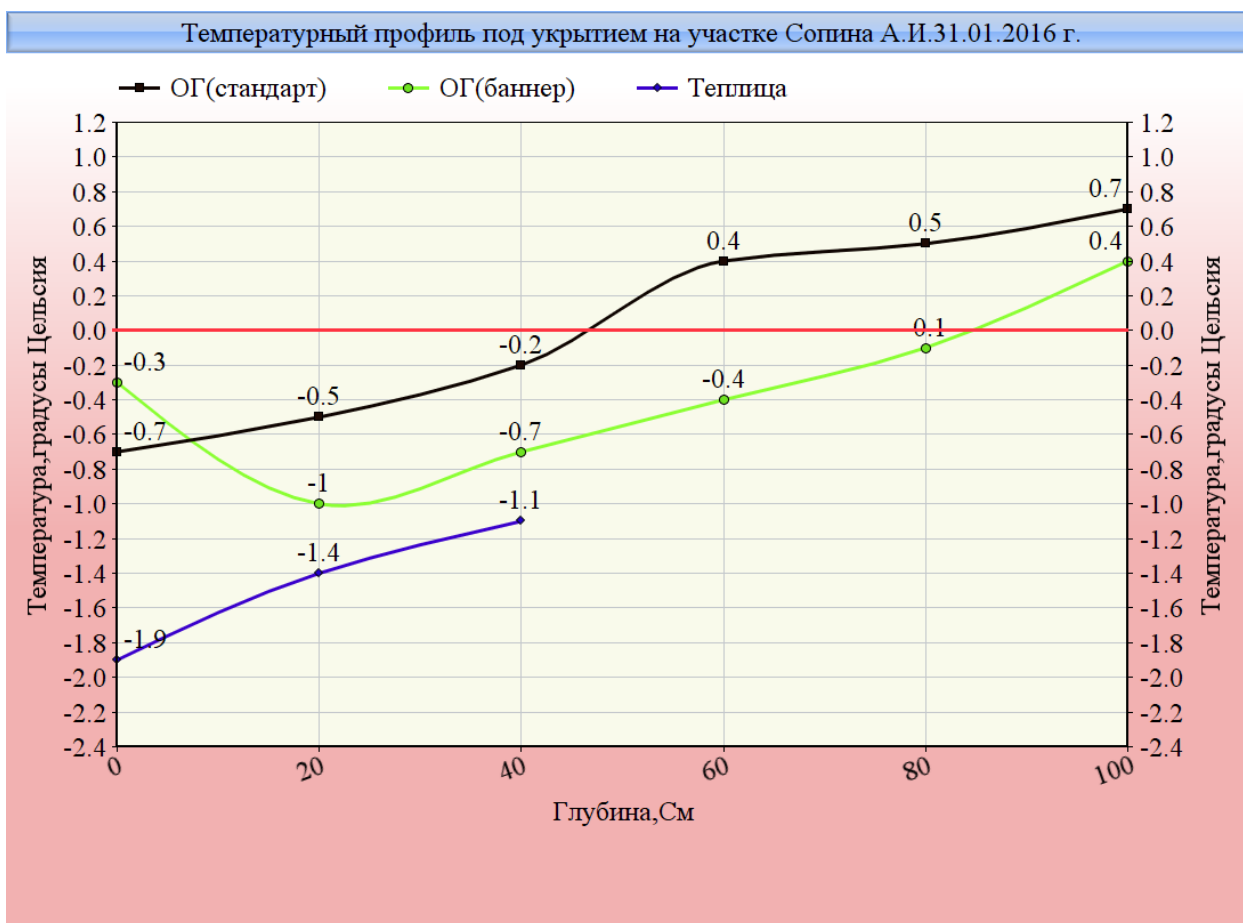


Рис.5 Температурный профиль почвы в различных укрытиях.

помогло тоже только дополнительное укрытие снегом поверх базового утепления. Но до укрытия снегом температура в горизонте «20 См» успела опуститься до значения $-1,4^{\circ}\text{C}$ и в дальнейшем застabilизировалась на этом уровне (см. Рис.5).

Под укрытием виноградной лозы баннером по земле температура почвы была во всех горизонтах ниже примерно на $0,5^{\circ}\text{C}$ и промерзание почвы там достигало 80 см, тогда как под базовым укрытием в ОГ промерзание составило около 50 См.

Осадков в январе выпало больше нормы – 148%, а сам месяц оказался холоднее номинала на $-3,6^{\circ}\text{C}$.

3.5 Февраль 2016 г

Конец января принес потепление и даже плюсовые температуры. Эстафету января принял неожиданно теплый февраль.

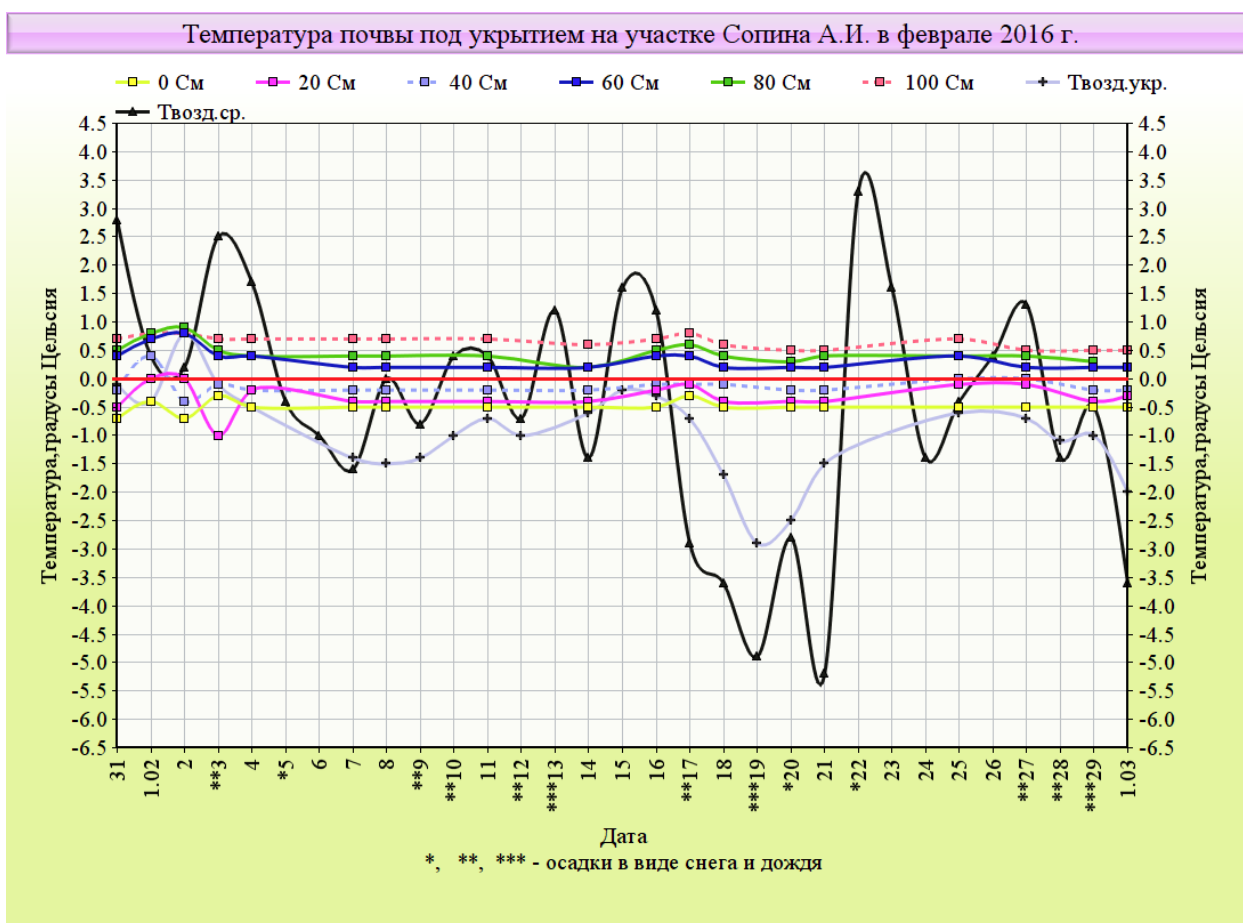


Рис.6 Температурный профиль почвы в феврале 2016 г.

Фактическая температура месяца по данным наблюдений: 0.6° . Отклонение от нормы: $+6.1^{\circ}$. Выпало осадков: 65 мм. Эта сумма составляет 159% от нормы.

Средняя температура воздуха в течение месяца колебалась от -6°C до $+4^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в укрытии также была в пределах -3°C . В таких условиях и температура почвы менялась несущественно и не опускалась ниже -0.5°C .

Осадки в виде дождя и снега довольно сильно изменили структуру снежного укрытия – оно стало жестким и при подмораживании легко выдерживало вес человека. Часть осадков в виде воды просочилась через снег и дополнила корку льда непосредственно над промороженной землей. Такой панцирь может сыграть отрицательную роль при сходе снега весной – это будет препятствием для поглощения влаги почвой на месте таяния.

3.6 Март 2016 г

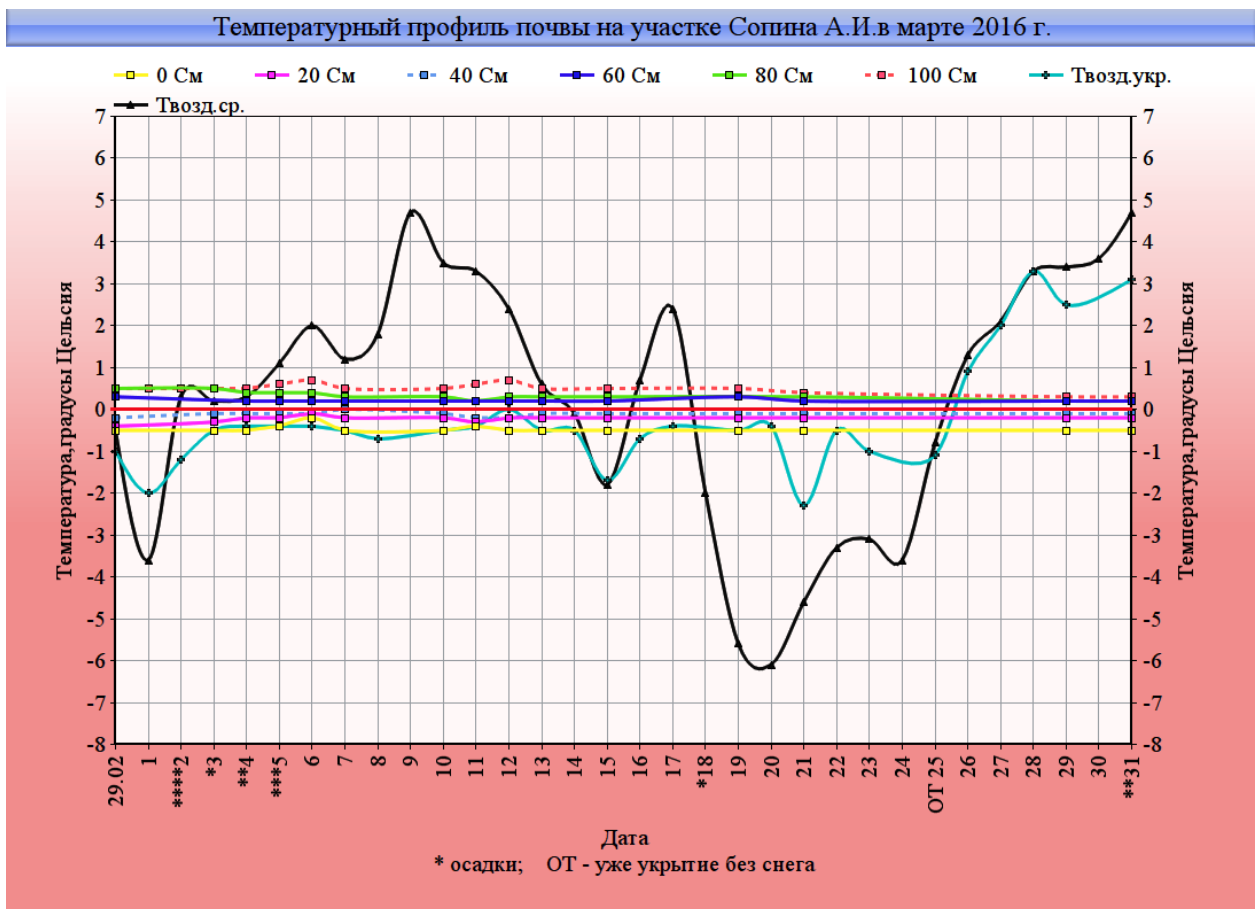


Рис.7 Температурный профиль почвы в марте 2016 г.

Норма среднемесячной температуры марта: -1.0° . Фактическая температура месяца по данным наблюдений: $+0.3^{\circ}$. Отклонение от нормы: $+1.3^{\circ}$. Норма суммы осадков в марте: 35 мм. Выпало осадков: 50 мм. Эта сумма составляет 143% от нормы.

Март показал себя почти зимним (если судить по февралю этого года) месяцем. За весь месяц было всего два пика небольших похолоданий с минимальной температурой до $-9,5^{\circ}\text{C}$ и потепление с максимальной температурой $+10,7^{\circ}\text{C}$. Это не экстремальные значения для марта и особого влияния на температуру почвы они не произвели: в течение всего месяца минимальная температура в корнеобитаемых горизонтах не снижалась ниже $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Небольшие отклонения в температурном фоне в укрытии сохранялись вплоть до 25 марта, когда над укрытиями в ОГ растаял снег. После этого пропали демпфирующие температуру в укрытии свойства снега и обе кривые (средняя температура воздуха и температура воздуха в укрытии) стали повторять друг друга с небольшим коэффициентом подобия.

Установившийся в конце марта антициклон с довольно высокими дневными температурами, сразу поднял и температуру внутри укрытий. Пришлось срочно открывать продухи, чтобы не спровоцировать развитие грибковых заболеваний на лозах при довольно высоких температурах в укрытии.

В теплице тоже в конце марта пришлось снимать укрытие винограда. Там ситуация развивалась по несколько иному сценарию: укрытия из-за высоких дневных температур (до $+30^{\circ}\text{C}$) обнажились рано и в теплице началось сильное прогревание как пространства под укрытием, так и почвы. Это, в свою очередь, спровоцировало два процесса: плач лозы и покрытие ее плесенью. Это выяснилось 29 марта, когда я открыл примерзшие концы укрытий и взглянул на общую картину зимовки.

Лозы все оказались покрыты легким пушком, который через пару часов после раскрытия пропал, но оставил напоминание, что открывать надо было раньше.

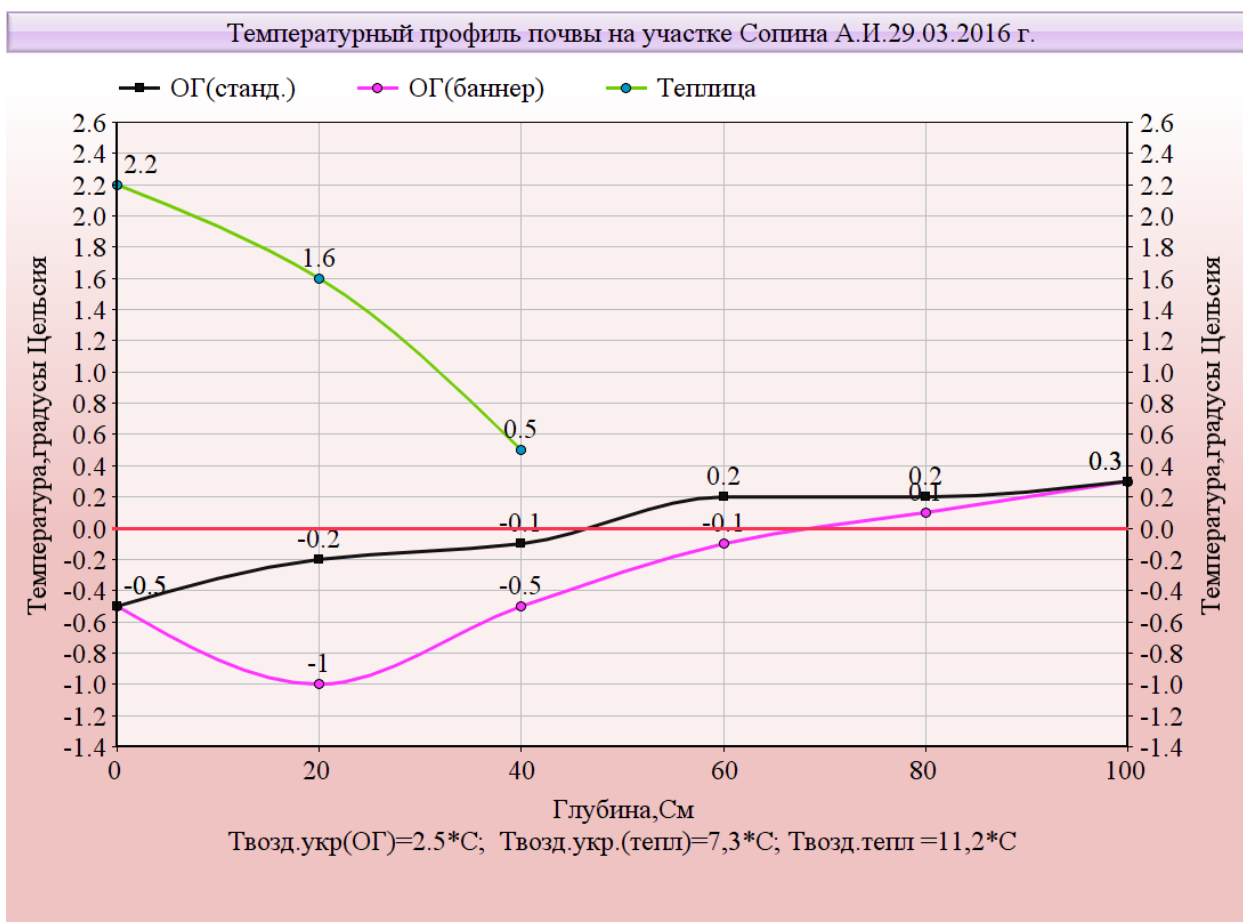


Рис.8 Температурный профиль почвы в ОГ и теплице 29 марта

Плач лозы был неожиданным открытием: пасока истекала с прошлогодних срезов однолетних побегов на сортах: Ливия, Махаон, Ромео, Кишмиш Столетие, Гармония КЛА и других. Несколько сортов: Талисман-1, Кишмиш лучистый, Виктория, Монарх, Ландыш, Элегант сверххранний находились еще в зоне с замороженной землей (крайние ряды) и наличие плача на них не отмечено.

Температура почвы в теплице быстро росла при солнечной погоде и 31 марта в горизонтах была следующая: $T(0 \text{ см}) = +8,6^{\circ}\text{C}$; $T(20 \text{ см}) = +2,4^{\circ}\text{C}$; $T(40 \text{ см}) = +1,2^{\circ}\text{C}$. Это позволило росяным корням начать работу и запустить процесс набухания почек и кое-какие из них начали уже зеленеть на кончиках. Тем

более это интересно, что среди начавших процесс сокодвижения оказалась совсем не ранняя ГФ Ромео.



Рис.9 Истечение пасоки в теплице на лозе ГФ Ромео 31 марта

Тщательный осмотр лоз, перезимовавших в теплице, показал очень высокий процент живых почек. Даже на сортах с перегрузом в предыдущий сезон (таких как Ливия) все почки на лозах оказались живыми, набухшими и готовыми к вегетации.

Важно теперь сохранить от морозов эти лозы и почки на них. Для этого я не убираю до устойчивых положительных температур часть укрывного материала: ПЭТ-пленку, синтепоновое одеяло и дорнит. Пока они немного сдвинуты в сторону, но всегда наготове для укрытия от понижения температуры в теплице. Все это нужно будет складировать на лето позже, когда минует угроза сильных морозов, способных понизить температуру ниже нуля даже в поликарбонатной теплице.

В целом же, зимовка винограда может быть оценена позже, - после раскрытия почек и учета соцветий на плодовых почках.

Для наглядности температурных условий зимовки винограда в сезоне 2015 - 2016 г. г., я свел три помесячных графика в единый, на котором прекрасно видны периоды похолоданий и потеплений. Зима для укрытого винограда оказалась несложной –экстремальных ситуаций в районе корневой системы или зимующих лоз не наблюдалось.

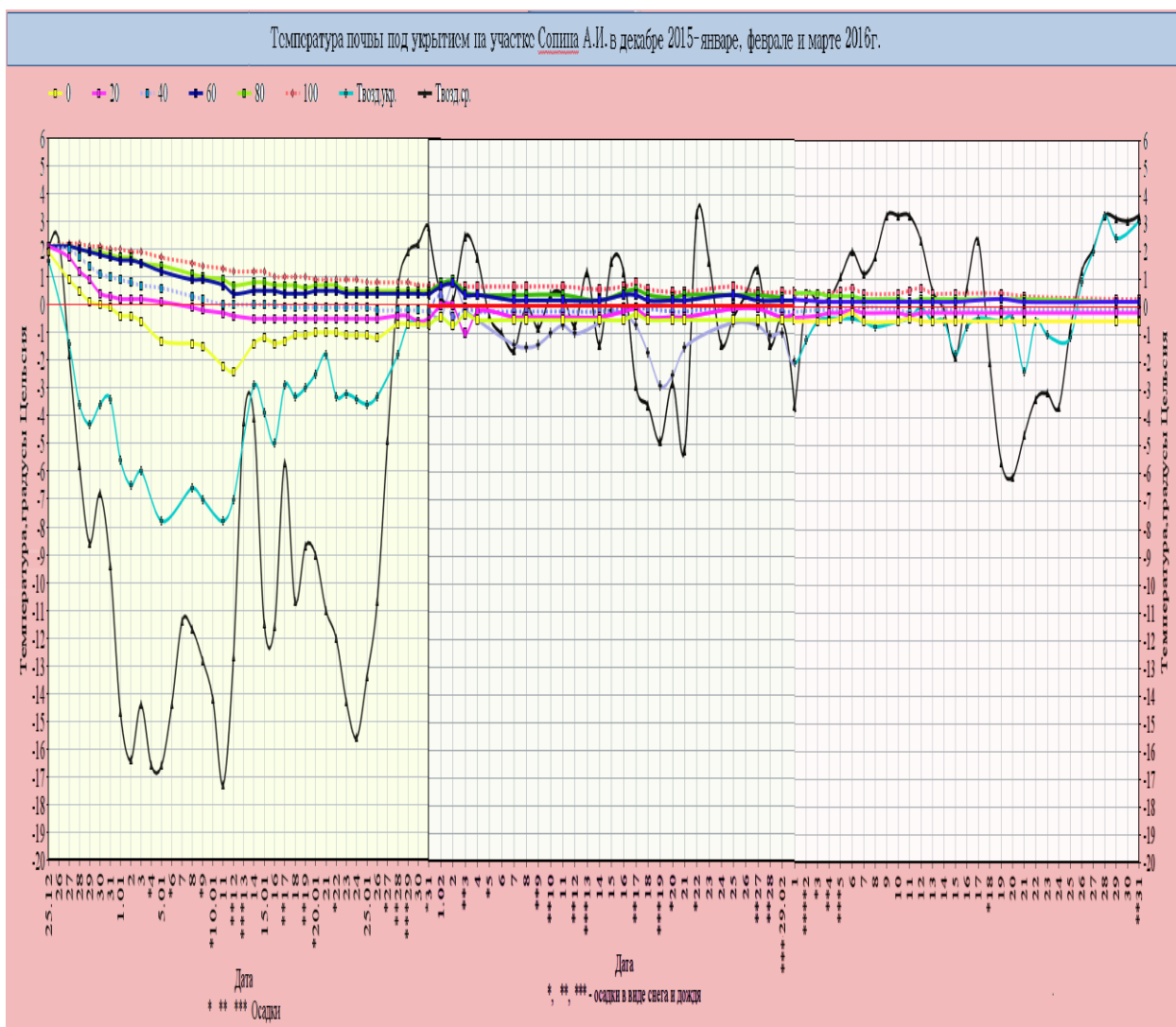


Рис.10 Температурный профиль почвы в январе, феврале и марте

Из графика хорошо видно, что средняя температура воздуха в зимний период (включая март) значительно изменялась только в январе. Февраль и март были необычно теплыми, но с превышением суммы осадков.

Были серьезные ситуации, которые нам предстоит изучить, а именно: частые оттепели, осадки в виде дождя, промезшая земля и лед над нею – все это может затянуть прогрев корнеобитаемых горизонтов почвы. Очень многое будет зависеть от температурного режима в апреле.

Как показывают источники в метеослужбах, февраль и март были очень теплыми на фоне статистики среднемесячных температур (<http://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/12376-02042016->) и с весьма заметной нормой превышения осадков. Будем надеяться, что вся эта влага не уйдет бесследно в реки и водоемы, а часть останется и восполнит недобор трех последних лет по запасам влаги в почве.

3.7 Апрель 2016

Поскольку лекция назначена на 12 апреля с.г., то ограничимся рассмотрением событий в воздухе и почве в первую декаду апреля. Это очень важный месяц года, когда тепловые процессы в почве должны перейти на летний вариант, а именно: произойдет инверсия температур почвенных горизонтов – верхние слои должны стать теплее нижних.

К 10 апреля температура воздуха поднималась до $+17,8^{\circ}\text{C}$, но и опускалась до $-2,5^{\circ}\text{C}$. Осадков пока выпало всего 19% от нормы апреля.

Температура почвы начала медленно подниматься и на 10 апреля достигла: $T(0\text{см}) = -0,2^{\circ}\text{C}$, а также $T(20,40\text{см}) = -0,1^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в первой декаде апреля на моем участке началось оттаивание промороженной за зиму почвы.

В теплице почва прогрелась лучше и температура 8 апреля в полдень составила: $T(0\text{ см}) = +16,6^{\circ}\text{C}$; $T(20\text{ См}) = +2,7^{\circ}\text{C}$; $T(40\text{См}) = +1,9^{\circ}\text{C}$.

Лозы таких сортов(ГФ), как Ливия, Ромео, Махаон, Кишмиш лучистый, Талисман-1, Гармония КЛА на сегодня продолжают

сокодвижение и плач пасоки. На некоторых сортах почки набухли и скоро начнут распускаться.

Температура воздуха в солнечный день в теплице достигает +30*С. Но, пока возможны возвратные заморозки, подвязку лоз еще не провожу, а укрывной материал держу наготове.

В ОГ проведена инспекция лоз и установлена отличная зимовка кустов: все срезы лоз и почек зеленые. Укрытие с лоз снято и виноград открыт солнцу. В ближайшие дни планируется обработка винограда 3%-м железным купоросом(проведена 11 апреля).

4. Математическое моделирование тепловых процессов в почве

4.1 Поверхность почвы

Уравнение теплового баланса на поверхности почвы имеет вид:

$T_c + T_v + T_i + T_p = 0$, где

$T_c = T_r * \cos L * (1 - K_o)$ – солнечная энергия, зависящая от широты (T_r), угла наклона поверхности (L), и K_o – коэффициент характеризующий отражательную способность поверхности почвы (альбедо);

T_v – теплообмен между почвой и воздухом;

T_i – энергия, затраченная на испарение и конденсацию воды (до 30% всего теплообмена);

T_p - теплообмен с нижними слоями почвы (в соответствии с общими законами теплотехники)

Радиационная составляющая излучения T_r зависит от широты местности и времени года. Так, для Москвы

среднемесячное напряжение солнечной радиации (в Дж/ м²* сек) меняется следующим образом:

январь — 643; февраль — 741; март—825; апрель— 860; май — 853; июнь — 825; июль — 818; август — 769; Сентябрь — 818; октябрь —769; ноябрь — 671; декабрь — 559.

Коэффициент отражения **К_о** (альбедо) – доля отраженной от поверхности солнечной энергии

Альбедо различных почв.

Объект	К _о , %
Чернозем сухой	14
Чернозем влажный	8
Серозем сухой	25-30
Серозем влажный	10-12
Глина сухая	23
Глина влажная	16
Песок белый	16
Песок желтый	34-40
Песчаная пустыня	30
Травы зеленые	26
Лиственный лес	18
Хвойный лес	14
Водная поверхность	10

Выводы : Увеличение почвенного САТ возможно за счет использования гребней (склонов), уменьшения отражающих свойств поверхности и уменьшения испарений влаги. Повышенная влажность почвы увеличивает САТ воздуха и может использоваться для снижения угроз весеннего похолодания(1).

4.2 Теплообмен в почвенных горизонтах.

Два источника тепла:

- периодический - солнечная энергия (дневной и годовой циклы);
- постоянный: энергия глубинных слоев земли; для МО

постоянная температура 7,5-8 град, уровень постоянных температур – 4,5-5,5 метров.

4.3 Математические модели процессов теплообмена в почве.

В общем виде процессы теплообмена описываются с помощью уравнения теплопроводности Фурье, которое использует следующие характеристики почвы :

Теплоемкость — количество тепла, затрачиваемое для нагревания 1 единицы (объем или вес) на 1 градус ;

Теплопроводность — количество тепла, протекающее через слой почвы площадью 1 см² и толщиной 1 см в перпендикулярном к ней направлении при разнице температур в 1 °С.

Теплоемкость и коэффициент теплопроводности составных частей сухой почвы (2).

	Теплоемкость объемная Дж/(см ³ -град)	Коэффициент теплопроводности Вт/(см*град)
Песок и глина	2,05—2,43	0,84—1,26
Торф	2,51	0,84
Почвенный воздух	0,0013	0,02
Почвенная вода	4,19	0,50

Зависимость теплопроводности грунтов от влажности

Вид грунта	Влажность	Плотность сухого грунта, кг/см ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*°С)	
глинистые и суглинки	W=5% сухие	1600	0,87	
		2000	1,74	
	W=10-20% влажные	1600	1,74	
		2000	2,34	
	W=23,8% водонасыщенные	1600	1,86	
Пески и песчаные	W=5% сухие	1600	1,1	
		2000	2,03	
	W=15% влажные	1600	1,9	
		2000	-	
	W=23,8% водонасыщенные	1600	2,4	
		2000	3,4	

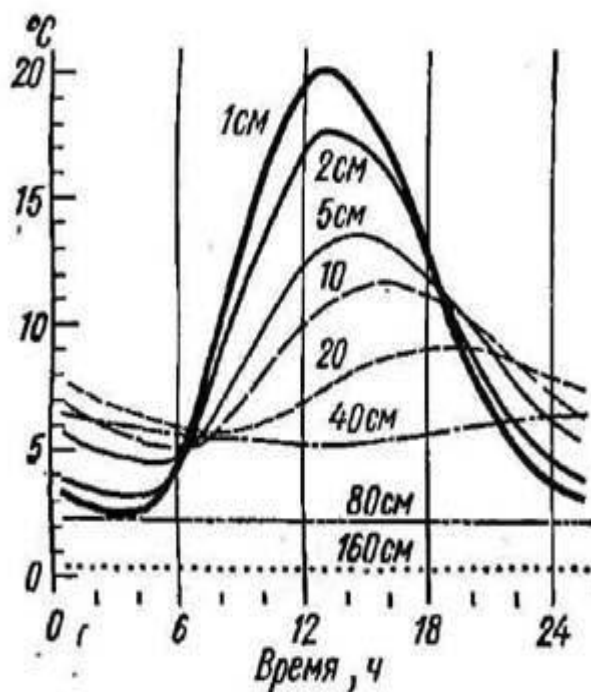
Вычислить конкретные значения этих показателей возможно либо путем прямого измерения, что требует наличия специальных приборов; либо на основе математических моделей, учитывающих структуру почвы; либо аналитическим путем с использованием моделей и статистических данных по температуре различных почвенных слоев.

Для аналитического моделирования важным является коэффициент **температуропроводности**, который представляет собой частное от деления теплопроводности на теплоемкость.

4.4 Дневные колебания температур

Среднедневные колебания температуры поверхностного слоя почвы практически совпадают с колебаниями температуры воздуха, если исключить из рассмотрения случаи резкой смены температурных фронтов. Это связано с тем определяющим фактором нагрева воздуха, которым является теплоотдача поверхности. В то же время дневные колебания температур не проникают в почву глубже 40-50 см (амплитуда колебаний 1-2 град), то есть оказывают влияния на жизнедеятельность корневой системы винограда, расположенной в этих почвенных горизонтах.

Поэтому из общей модели распределения температур по глубинным горизонтам влияние дневных колебаний нельзя исключать.



4.5 Основная (годовая) модель.

Суть этой модели (3)– поиск решения дифференциального уравнения Фурье в виде суммы функций гармонического ряда из которого мы оставляем только основную гармонику – годовую. На основе статистических годовых данных метеостанций методом подбора параметров можно провести аппроксимацию основных теплофизических параметров грунта и в дальнейшем моделировать с высокой точностью среднемесячные температуры в любых горизонтах и в любые периоды.

4.6 Моделирование влияния кратковременных пиков температуры.

Особый интерес представляет модель влияния кратковременных пиковых (отрицательных) температур на температуру верхних слоев почвы (до 2 м). В данной модели мы

имеем дело с нестационарным случаем и решение уравнения теплопроводности можно получить лишь численным конечно разностным методом (МКР).

Взяв в качестве исходных начальных данных фактическое распределение температур по дням и горизонтам получить в дальнейшем температуры горизонтов в случае изменения температуры верхнего слоя.

Так, при изменении фактической температуры поверхности с -5 до -12 на 3 дня (рассмотрен вариант бесснежной зимы) температура на глубине 20 см снизилась с (-2,2 град) до (-6,4 град), а на глубине 40 см с (-0,3) до (-2,5 град). Это свидетельствует о том, что кратковременные снижения температуры в осенний период не критичны для корневой системы даже при отсутствии снега.

Снеговой покров является отличным теплоизолятором, так в самую холодную зиму 2010 года, когда средняя температура воздуха доходила до -25,6 град, а минимальная до -30 град (18 января), при высоте снежного покрова 21 см температура на глубине 0,4 метра не опускалась ниже -3,7 град.

Более детальное рассмотрение методов математического моделирования тепловых процессов в почве для данного участка с его конкретными значениями теплофизических величин выходит за рамки настоящей статьи и будет обобщено в отдельной работе.

В ее рамках будут даны рекомендации по прогнозированию температуры почвы в тех или иных вариациях погодных условий.

5. Выводы и рекомендации

1. В прошедший период зимовки винограда температура почвы не опускалась ниже $-0,5^{\circ}\text{C}$ в корнеобитаемых уровнях почвы в ОГ и была не ниже -2°C в почве теплицы.

2.Промерзание почвы в ОГ под стандартным укрытием не превышало 50 См, а под баннером по лежащей на земле лозе – до 80 См.

3.Температура воздуха под укрытием даже в бесснежный период (январь) не опускалась ниже -7°C .

4.Критические температуры в зоне корней и лоз не достигались, что может свидетельствовать о правильном выборе типа укрытия в данном сезоне зимовки винограда.

5.Следует обращать особое внимание на сроки поднятия укрытий винограда для обеспечения вентиляции и стабилизации температурного режима под укрытием при сходе снега.

6.Разработанная в рамках настоящей работы математическая модель позволяет с высокой степенью точности прогнозировать температуру почвы на конкретном участке.

7.Зимовка 2015-2016 г.г. показала эффективность данного типа укрытий, критерием которого оказалась полная сохранность кустов и лоз зимовавшего винограда.

8.По состоянию почвы на 10 апреля инверсия почвенных температур еще не наступила.

9.Продолжается минимальный прогрев почвы в корнеобитаемых горизонтах, но промораживание почвы еще не преодолено.

6.Источники

(1) <http://prostoflora.ru/ekologiy/14.html>

(2) <http://enc.sci-lib.com/article0001120.html>

<http://agro-archive.ru/pochvovedenie/1968-teplovye-svoystva-pochvy.html>

<http://agro-portal24.ru/dinamika-svoystv-pochvy/4131-dinamika-fizicheskikh-svoystv-pochv-chast-2.html>

(3) <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/61503/16-Nakorchevsky.pdf?sequence=1>

Выражаю глубокую благодарность нашему коллеге Алексею Бабинскому за тщательную проработку фактического материала по тепловым измерениям на моем участке и создания основ математической модели для конкретной ситуации.

Зеленоград, 10 апреля 2016 г.