

Хаханина Татьяна Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Общая химия и экология»

Тел. 8-915-422-62-57

Петухов Иван Николаевич, ст. преподаватель

Тел. 8-905-575-05-54

Кузьмичев Николай Юрьевич, ст. преподаватель

Тел. 8-903-618-91-54

Кольцова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент

Тел. 8-963-603-94-06

УДК 502/504:631.62

Е. С. КОЖАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ОСУШАЕМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ РЕКИ ДУБНЫ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРЕБНЕЙ

Рассмотрена практическая возможность улучшения теплового режима верхнего слоя холодных пойменных почв (40 см) за счет создания гребнеориентированной поверхности (на примере выращивания кормовой свеклы).

Тепловые условия, пойменные почвы, экспозиция и крутизна склона гребня, термический эффект, разность и сумма температур почвы.

There is considered a practical possibility of improving a thermal regime of the upper layer of cold floodplain soils (40 cm) due to creation of the ridge oriented surface (by the example of growing fodder beet).

Thermal conditions, floodplain soils, exposition and steepness of ridge slope, thermal effect, difference and sum of soil temperatures.

Изменять тепловые условия роста культурных растений в открытом грунте достаточно сложно. Это связано с тем, что возможности человека изменять приток солнечной энергии к земной поверхности ограничены. Активные способы обогрева почвы позволяют обеспечить дополнительный, термический эффект порядка 10...20 °С даже при неблагоприятных погодных условиях. Экономически это оправдано в случае близкого расположения мощного источника тепла промышленного или энергетического предприятия, например в виде циркулирующих теплообменных вод, охлаждающих конденсаторы турбин. Поэтому полностью управлять тепловым режимом пойменных почв, т. е. «вести» его по оптимальному для растений температурному диапазону, не имея доступных искусственных источников тепла,

мы пока не можем. Однако некоторым тепловым потенциалом, позволяющим смещать температуру почвы в ту или иную сторону, аграрии располагают. Это особенно важно при комплексном регулировании условий роста сельскохозяйственных культур, когда недостаточная теплообеспеченность становится лимитирующим фактором развития. Наиболее доступными в производстве остаются пассивные способы воздействия, зависящие от климатических, морфологических, гидрологических, экспозиционных, биологических, почвенных и других условий. К ним относятся: гидромелиоративные (орошение, осушение), агротехнические (рыхление, уплотнение, профилирование), мульчирование (нанесение на поверхность почвы различных материалов), агрономические (преобразование микроклиматических условий

высокостебельными растениями или кустарниковыми кулисами), лесные полосы и др. Положительный или отрицательный термический эффект зависит от способа воздействия, количества поступающей на поверхность почвы солнечной энергии в радиационном балансе, условий ее трансформации в тепловую, перераспределения составляющих в тепловом балансе, поглощения, аккумулирующей способности и т. д.

Физиологами растений установлено, что оптимальные тепловые условия для формирования корневой системы корнеплодов создаются при температуре почвы 15...20 °С [1]. Пониженная температура почвы приводит к депрессии в формировании корневой системы и сопровождается подавлением роста всего растения. Наблюдаемое при этом отставание в развитии растений сохраняется до конца вегетации даже при оптимальных температурных условиях на последующих стадиях развития.

Анализ тепловых условий почв в пойме реки Дубны Московской области показывает, что они не полностью соответствуют требованиям для выращивания кормовых корнеплодов [2]. В средние и холодные по теплообеспеченности годы температура почвы выходит из оптимального диапазона в начале и конце вегетации. В холодные годы температура почвы ниже оптимальной в мае и сентябре на 7...10 °С, в июне и августе на 3...4 °С. В средние по теплообеспеченности годы в эти месяцы температуру почвы необходимо повышать на 6...7 °С, а в июне и августе – на 2 °С. Даже в жаркие годы температура почвы в мае и сентябре ниже оптимальной на 5 °С.

Целесообразность улучшения тепловых условий при возделывании кормовых корнеплодов на пойме определяется потенциально высоким плодородием пойменных почв. Повысить их температуру можно искусственным изменением микрорельефа с помощью гребнистой поверхности. Гребневание поверхности почвы улучшает прогреваемость пахотного слоя, способствует ускорению отвода избыточной влаги при выпадении ливневых дождей. При гребневании можно дополнительно повысить эффективность использования солнечной энергии, опре-

делив выгодную ориентацию гребня в пространстве и установив оптимальную крутизну склона гребня с учетом широты места. Л. А. Синякова отмечает, что на склонах с оптимальной экспозицией и крутизной склона количество прямой радиации за период с апреля по август может увеличиваться до 50...60 % по сравнению с горизонтальной поверхностью [1]. Для выбора экспозиции поверхности, получающей максимальную инсоляцию, целесообразно воспользоваться вспомогательными графиками и таблицами [3–5].

Исследования теплового режима были проведены в два этапа. На первом этапе оценку термической эффективности гребневания изучали на пойме без сельскохозяйственной культуры. Для увеличения поглощающей способности поверхности гребня было определено наиболее выгодное его направление в пространстве и геометрические параметры откосов. По рекомендации А. А. Терентьева установлено направление гребня: запад – восток [4]. Угол склона, получающий максимальное количество солнечной радиации, выбран на основании рекомендаций В. А. Паталеева – 32° [5]. Высота гребней в опытах 15...20 см, ширина основания 40...50 см, площадки 10 x 10 м без растений. Гребни на двух площадках ориентированы по направлениям: север – юг и запад – восток. Контролем служил третий участок с ровной поверхностью. Направление трассы с севера на юг имеет самые невыгодные условия прогрева гребня для данной широты. Нарезка гребней на вариантах осуществлялась вручную. Температура почвы измерялась ежедневно термометрами ТМ-5 на глубинах 5, 10, 15, 20 см, установленными в гряде, борозде и на ровной поверхности. Измерения проводились в 7, 13 и 17 ч. Температурный эффект гребневой поверхности оценивали разностью температуры почвы на варианте с профилированной и горизонтальной поверхностью:

$$\delta T_{\text{гр.}} = T_{\text{гр.}} - T_{\text{контр.}},$$

где $\delta T_{\text{гр.}}$ – измененные температуры почвы по сравнению с контрольным вариантом; $T_{\text{гр.}}$ – температура почвы гребня; $T_{\text{контр.}}$ – температура почвы на контрольном варианте.

Опыты показали, что гребневание повышает температуру пойменной

почвы. На рис. 1 приведены сравнительные графики разности среднедневных пентадных температур почвы в жаркий год 4%-й теплообеспеченности под паром между ровной, гребневой и гребнеориентированной поверхностями на глубине 10 см.

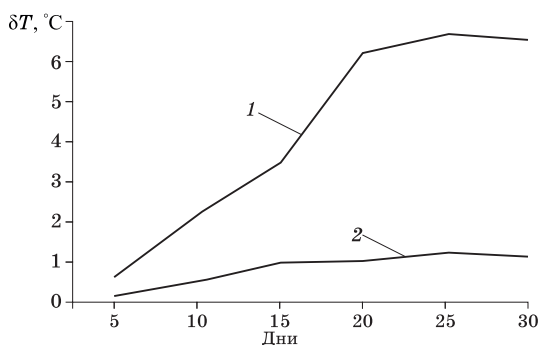


Рис. 1. Влияние гребневания на изменение температуры почвы на глубине 10 см в течение t суток после создания гребневой поверхности: 1 – разность температур между гребневой поверхностью север – юг и контролем; 2 – разность температур между гребневой поверхностью запад – восток и север – юг

Из графиков видно, что создание гребневой поверхности повышает температуру верхнего десятисантиметрового слоя почвы до 6 °C по сравнению с ровной поверхностью. Целенаправленная ориентация гребней по направлению запад – восток позволяет дополнительно повысить температуру почвы на 1 °C. Температура почвы в гребне на 0,5...4 °C выше, чем в борозде.

На втором этапе полевые исследования проводились в теплый по теплообеспеченности год (33 %) на двух поливных вариантах размером 20 x 20 м с посевом кормовой свеклы. В опытах определяли влияние температурных условий корнеобитаемого слоя почвы на сроки прохождения фенологических фаз кормовой свеклы и урожай при оптимальных водно-воздушном и питательном режимах. Достоверность результатов обеспечивалась соблюдением принципа единственного различия между двумя вариантами, т. е. климатические условия, почва, площадь, культура, сорт, агротехническое и агрохимическое обслуживание посевов,

время посева и уборки, водный режим расчетного слоя почвы поддерживались в течение вегетационного периода одинаковыми. Температуру почвы измеряли на глубине 10 см в 7, 13 и 17 ч. Температура на глубине 10 см в 7 ч характеризует суточный минимум, в 17 ч – суточный максимум, а в 13 ч – среднее суточное значение. Температуру почвы на глубине 40 см регистрировали в 7, 13 и 16 ч. Измерения в 7 и 13 ч проводили для выявления взаимосвязи температуры на глубинах 10 и 40 см. Температура в 16 ч характеризует среднесуточное значение. Температуру почвы измеряли электротермометром конструкции АФИ (Агрофизического института) ВАСХНИЛ. Перед установкой в почву датчики электротермометра тарировали в интервалах 0...10 °C, 10...20 °C и 20...30 °C. Погрешность измерения температуры составляла 0,25 °C. Температурный эффект оценивали по разности значений температуры почвы между вариантами. Оптимальный диапазон влажности в расчетном слое почвы 0...30 см поддерживался поливами дождеванием в диапазоне 0,67...0,78 ПВ. Влажность почвы измеряли влагомером ВПГР-1 в гребне и между гребнями. Учет урожая кормовой свеклы проводили сплошным методом.

На рисунке 2 показан ход разности среднедекадных температур почвы $\delta T_{гр.}$ на глубине 10 и 40 см в период вегетации кормовой свеклы в теплый по теплообеспеченности год.

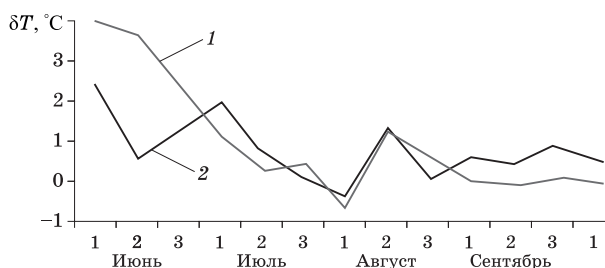


Рис. 2. Разность температур почвы на варианте с ориентированными по направлению запад – восток гребнями $T_{гр.ор}$ и контроле с ровной поверхностью $T_{к.}$ под посевом кормовой свеклы: 1 – на глубине 10 см; 2 – на глубине 40 см

Из графиков видно, что тепловой эффект ориентированного гребня проявляется особенно отчетливо в первой половине

вегетации, до смыкания листьев кормовой свеклы в междурядьях, и составляет 1...3 °С. Это приводит к более быстрому прорастанию семян (на 9 дней раньше по сравнению с контролем) и положительно влияет на дальнейший ход развития свеклы.

Все фазы развития растений наступали на несколько дней раньше, чем на контрольном варианте, хотя влажность почвы и уровень грунтовых вод в сравниваемых вариантах опытов были одинаковыми (табл. 1).

Таблица 1

Сроки прохождения фенологических фаз кормовой свеклы на вариантах с различным тепловым режимом почвы в пойме реки Дубны (теплый год)

Фаза развития	Контрольный вариант (ровная поверхность)	Вариант с гребнями, ориентированными в направлении запад – восток
Посадка	28 мая	28 мая
Полные всходы	13 июня	4 июня
Первая пара листьев	23 июня	20 июня
Третья пара листьев	9 июля	6 июля
Смыкание листьев в междурядьях	17 августа	10 августа
Появление сухих листьев	20 сентября	17 сентября
Уборка урожая	12 октября	12 октября

В первой декаде августа на варианте с гребневой поверхностью происходит смыкание листьев в междурядьях и температура почвы на глубине 10 см становится на 0,5 °С ниже, чем на контроле с ровной поверхностью, где смыкания листьев еще не произошло. Во второй декаде августа, после смыкания листьев на контрольном варианте, температура почвы на гребнях опять становится выше.

Сумма температур почвы верхнего слоя (40 см) на участке с гребневанием за период вегетации составила 1896 °С и была на 125 °С выше, чем на контроле. Интересно отметить, что температура в сентябре на глубине 10 см в гребне ниже, чем на глубине 40 см из-за сезонного охлаждения.

В зависимости от теплообеспеченности года термический эффект в слое почвы 40 см в среднем за период вегетации может изменяться от 1 °С в холодные годы до 2...3 °С в жаркие. Преимущества гребневой поверхности во влажные годы проявляются в улучшении состояния водно-воздушного режима пахотного слоя почвы за счет предохранения его от переувлажнения, дополнительного проветривания и снижения плотности почвы среднесуглинистого гранулометрического состава. На рис. 3 приведена температура почвы гребня в направлении запад – восток и контроля на глубине 10 см и в слое 10...40 см.

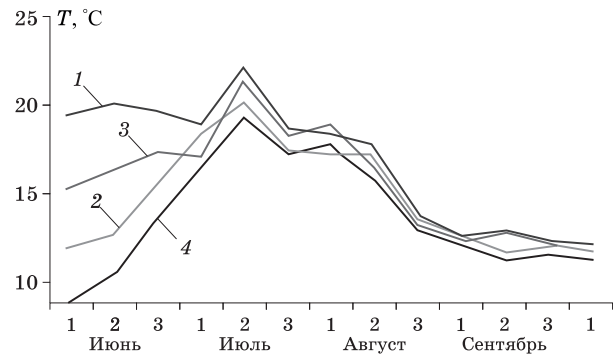


Рис. 3. Температура почвы на участке с ориентированными гребнями в направлении запад – восток $T_{гр.ор.}$ и контроле под ровной поверхностью T_k под посевом кормовой свеклы в теплый год 33% -й теплообеспеченности: 1 – на глубине 10 см ($T_{гр. ор.}$); 2 – в слое 10...40 см ($T_{гр. ор.}$); 3 – на глубине 10 см (T_k); 4 – в слое 10 ... 40 см (T_k)

Горизонтальными линиями обозначены границы оптимального температурного диапазона почвы 15...20 °С для корневой системы кормовой свеклы. Температура почвы с третьей декады июня и до третьей декады августа при гребневании была оптимальной. В конце вегетации она оказалась ниже оптимума примерно на 3 °С. На участке с ровной поверхностью температура почвы с первой декады июля и до третьей декады августа была оптимальной. В июне она ниже в среднем на 4,1 °С, а в конце – на 3,4 °С.

Выращивание кормовой свеклы на ориентированных гребнях повысило урожай корнеплодов на 50 ц/га, или на 10 % (табл. 2).

Таблица 2
Урожайность кормовой свеклы в опытах с ориентированным гребневанием поверхности почвы в пойме реки Дубны

Урожайность	Вариант	Корень	Ботва
Абсолютная, ц/ га	Ориентированные гребни	573,8	185,7
	Контрольный (ровная поверхность)	523,5	153,6
Относительная, %	Ориентированные гребни	110	121
	Контрольный	100	100

Выводы

Ориентированное гребневание улучшает температурный режим верхнего сороксантиметрового слоя холодных пойменных почв в теплый год в среднем на 1 °С и повышает урожай кормовой свеклы на 10 %.

1. Синякова Л. А. Формирование урожая кормовых корнеплодов в условия северо-западной зоны: дис. ... д-ра с.-х.

наук. – Л. – Пушкин: Ленинградский СХИ, 1974. – 376 с.

2. Кожанов Е. С. Определение потребности в тепловой мелиорации осушаемых суглинистых пойменных земель. Основные мероприятия по повышению эффективности мелиораций: Сб. науч. трудов МГМИ. – М.: МГМИ, 1984. – 138 с.

3. Аверкиев М. С. Вспомогательные графики и таблицы для расчета инсоляции различно ориентированных поверхностей: Труды Московского гидрометеорологического института. – М.: Гидрометеорологическое изд-во, 1939. – Вып. I. – С. 15–25.

4. Терентьев А. А. Расчеты поступления прямой солнечной радиации на склоны различной крутизны и экспозиции для широты города Горького: Ученые записки Горьковского пед. ин-та. – Горький: ГПИ, 1970. – Вып. 106. – С. 43–56.

5. Паталеев В. А. Определение угла склона, получающего максимальное количество прямой солнечной радиации: Труды Дальневосточного научно-исследов. гидрометеорол. ин-та. – Владивосток: ДНИГИ, 1974. – Вып. 48 – С. 99–103.

Материал поступил в редакцию 11.02.13.
Кожанов Евгений Степанович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»
Тел. 8-916-469-37-04

УДК 502/504:631.423.2

А. М. ЗЕЙЛИГЕР, М. Л. ТУЛУЗАКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИНДУКТОМЕТР ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВЛАГОЗАПАСОВ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ

Рассматривается методика измерения влагосодержания в почве с помощью электромагнитного индуктометра EM38 и необходимая для этого подготовка.

Влажность почвы, влагоперенос, калибровка, электромагнитный индуктометр.

There is considered a measuring methodology of moisture content in soil by means of the electromagnetic inductometer EM38 and the necessary for this preparation.

Soil moisture, moisture transfer, calibration, electromagnetic inductometer.