

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.559:633.1:631.89

Г. М. Брескина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Курский федеральный аграрный научный центр», Россия, Курск

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Введение. В настоящее время основным источником для пополнения органического вещества в почве агроэкосистем является нетоварная часть растениеводческой продукции (солома, стебли и листья) [1, с. 89; 2, с. 34; 3, с. 11]. Сложный химический состав и широкое соотношение углерода к азоту затрудняют процесс разложения растительных остатков [4, с. 57; 5, с. 2]. Препараты-деструкторы способствуют разложению соломы, однако как интенсивно он проходит в течение вегетационного периода остается открытым.

Цель исследования — изучить влияние микробиологических препаратов (Трихоплант, СК и Биогор-Ж) и побочной продукции с участием азотных удобрений и извести на интенсивность разложения целлюлозы.

Основная часть. Полевой опыт по применению микробиологических препаратов (Трихоплант, СК и Биогор-Ж) и побочной продукции с участием азотных удобрений и извести для изучения влияния их на продуктивность культур был заложен в 2018 году на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенского района Курской области с. Панино), одновременно изучаются вопросы связанные с биологией почв. Исследования проводились с осени 2023 года по осень 2024 года в посевах озимой пшеницы и после ее уборки и внесения соломы в качестве органического удобрения в зернопропашном севообороте «кукуруза — гречиха — озимая пшеница — горох».

В опыте применяли микробиологические препараты Трихоплант, СК (на основе *Trichoderma*) и Биогор-Ж (на основе *Lactobacillus*).

Трихоплант, СК содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6) и продукты его жизнедеятельности, предназначен для обработки семян, почвы перед посевом, растений в период вегетации и растительных остатков после уборки предшествующей культуры. Биопрепарат снижает фитотоксичность и повышает агрохимические характеристики любого типа почв, стимулирует рост и повышает иммунитет растений. Биопрепарат не совместим с химическими фунгицидами, ртутьсодержащими и медьсодержащими препаратами. Производитель — ООО «НПО «БИОТЕХСОЮЗ». Государственная регистрация препарата № 228-02-2403-1.

Комплексный препарат «Биогор» — (Ж) серии «КМ» создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum* 34, *Lactobacillus fermentum* 27, *Lactobacillus lactis. subsp. lactis AMS*, *Saccharomyces cerevisiae (carlsbergensis)*, *Azotobacter chroococcum A-41*, *Bacillus megaterium Ф-3*, генетически не модифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями. Производитель — ООО «Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве». Государственная регистрация препарата № 232-19-754-1.

В качестве азотных минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, кальций содержащего компонента — известь.

На всех вариантах опыта после уборки предшествующих культур всю побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву в осенний период дисковыми боронами на глубину 10...12 см, кроме контроля, где послеуборочные остатки были удалены с поля без азотных удобрений, извести и микробиологических биопрепаратов. В течение 48 дней измельченные растительные остатки подвергались компостированию с добавками по схеме опыта, затем производили основную обработку почвы (вспашка на глубину 25...27 см).

Размер делянки — 240 м² (6×40), учетная площадь — 152 м² (4×38), количество вариантов — 7, повторность — 3-кратная. В опыте высевались оригинальные семена озимой пшеницы сорта Леонида, обработанные от болезней и вредителей производителем. Обработка микробиологическими препаратами производили по рекомендациям производителей. Споры используемых культур микроорганизмов устойчивы к химическим воздействиям.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений и измельченной побочной продукции культуры).
2. Измельченная побочная продукция культуры.
3. Измельченная побочная продукция культуры + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т соломы (в среднем 60...70 кг аммиачной селитры с учетом побочной продукции гречихи).

4. Измельченная побочная продукция культуры + известь 1,5 т / га.

5. Измельченная побочная продукция культуры обработанная (Трихоплант 5 л / га + Биогор-Ж 2 л / га)+ обработка семян микробиологическими препаратами (Трихоплант 2 л / т + Биогор-Ж 1 л / т) + обработка почвы перед посевом (Трихоплант 5 л / га + Биогор-Ж 2 л / га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации: в фазу развертывания первого листа и через 14 дней после первой обработки.

6. Измельченная побочная продукция культуры + микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж (по схеме варианта 5) + 10 кг д. в. N на 1 т побочной продукции.

7. Измельченная побочная продукция культуры + микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж (по схеме варианта 5) + известь 1,5 т / га.

Обработку почвы и побочной продукции культур микробиологическими препаратами проводили опрыскивателем ОП-2000-24. За день до посева семена культур обрабатывали микробиологическими препаратами при помощи ранцевого опрыскивателя и подсушивали в течение суток в затемненном помещении. Внесение аммиачной селитры осуществляли навесным разбрасывателем РН-0,8 перед заделкой послеуборочных остатков, извести — разбрасывателем РУ-06. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10...12 см. Через 50 дней после этого проводили основную отвальную обработку почвы под зерновые культуры на глубину 20...22 см.

Почва опытного поля — чернозем типичный малогумусный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке опыта в пахотном слое почвы среднее содержание гумуса (по Тюрину) составляло $4,98 \pm 0,15$ %. Реакция почвенной среды нейтральная или близкая к нейтральной ($pH_{\text{сол}} = 6,3...6,5$). Содержание обменного кальция составляло 22,0...23,3 мг / 100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия — 8,8...12,0 мг / 100 г почвы и 9,7...11,2 мг / 100 г почвы соответственно, общего азота (по Кьельдалю) — 0,22...0,23 %, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) — 10,9...13,2 мг / 100 г почвы, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) — 4,8...5,1 мг / 100 г почвы.

Целлюлозоразрушающая способность почвы — широко принятый показатель биологической активности, который определяется степенью распада и убылью сухой массы льняной ткани, выдержанной в почве определенный период времени [6, с. 375].

В течение двух лет в почву закладывали хлопчатобумажные полотна на глубину 0...20 см в трехкратной повторности. Целлюлозолитическая активность в посевах озимой пшеницы определялась 3 раза. Первый период — с 1 ноября 2023 года по 3 апреля 2024 года; второй период с 4 апреля по 25 июля (от фазы кушения до фазы полной спелости культуры); третий период со 2 сентября по 20 октября (после внесения измельченной побочной продукции на удобрение). Для закладки полотен использовали инструмент для закладки в почву ткани и фотобумаги при изучении биологической активности почвы [7, с. 73]. С его помощью в почве делали разрез, при этом, не нарушая целостность почвенного покрова. Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе *Microsoft Office Excel 2010*.

Целлюлозолитическая активность почвы при использовании микробиологических препаратов, азотных удобрений и извести на фоне применения побочной продукции на удобрение в посевах озимой пшеницы с 1 ноября 2023 года по 3 апреля 2024 года зависела от компонентов, применяемых для ускорения разложения растительных остатков гречихи. При применении биопрепаратов (вариант 5) разложение целлюлозы за 6 месяцев составило 6,25 %, что выше контроля на 17 % относительных процентов. При этом самым эффективным оказался прием совместного применения микробиологических препаратов с минеральным азотом. На данном варианте разложилось около 8 % целлюлозы, что выше варианта без инокулянтов или в нашем случае контроля в 1,5 раза. На вариантах 2 растительные остатки без инокулянтов, 4 — известь и контроле интенсивность разложение целлюлозы варианте находилось на одном уровне и в среднем составляло 5,42 % от исходного веса. На всех вариантах опыта за первый период интенсивность разложения целлюлозы характеризовалась, как очень слабая, согласно классификации Звягинцева Д. Г. [8, с. 224]. Интенсивность разложения целлюлозы в день изменялась от 0,03 % на контроле и варианте без инокулянтов (2) до 0,05 % при совместном внесении микробиологических препаратов с минеральным азотом (6) и только минеральных удобрений (3).

Следовательно, даже в период покоя (зимний период) происходит минерализации органических соединений, а применяемые микробиологические препараты, азотные удобрения и вариант совместного их внесение положительно влияет на общую биологическую активность. Ученым из Непала установлено, что разложение целлюлозы происходит в диапазоне температур от 0 °С до 65 °С, так как психрофильные и термофильные организмы способны гидролизовать целлюлозу, но оптимальна при мезофильном диапазоне температур 25—30 °С. [9].

Во второй период исследования (с 4 апреля по 25 июля) разложение хлопчатобумажного полотна проходило более интенсивно, чем в первый период на всех вариантах опыта, что связано с наступлением теплого периода и активным развитием почвенной микрофлоры. В среднем интенсивность разложения целлюлозы варьировала с 16,24 % на контроле до 27,02 % на варианте с минеральным азотом (таблица 1).

Использование в качестве инокулянтов микробиологические препараты способствовало минерализации целлюлозы. Так на варианте 5 разложилось 23,21 % хлопчатобумажного полотна, а при внесении их в комплексе с азотными удобрениями биологическая активность возросла до 24,79 %. При этом самым эффективным оказался прием совместного использования биопрепаратов с известью, на данном варианте убыль веса хлопчатобумажного полотна составила 26,32 %, что выше контроля на 10,08 % при НСР = 5,26 %.

Т а б л и ц а 1 — Целлюлозолитическая активность почвы (ЦАП) при использовании биопрепаратов, азотных удобрений и извести на фоне применения побочной продукции на удобрение в посевах озимой пшеницы

Вариант	Период проведения исследований					
	с 1 ноября 2023 года по 3 апреля 2024 года		с 4 апреля по 25 июля		с 2 сентября по 20 октября	
	ЦАП, % (155 дней)	ЦАП в день, %	ЦАП, % (112 дней)	ЦАП в день, %	ЦАП, % (48 дней)	ЦАП в день, %
Контроль	5,34	0,03	16,24	0,15	1,20	0,03
Измельчённая побочная продукция (ПП)	5,17	0,03	22,00	0,19	1,08	0,02
ПП + 10 кг д. в. N на 1 т соломы	7,13	0,05	27,02	0,24	2,58	0,05
ПП + известь 1,5 т / га	5,76	0,04	18,19	0,16	3,96	0,08
ПП + биологические препараты (БП)*	6,32	0,04	23,21	0,21	2,29	0,05
ПП + БП + 10 кг д. в. N на 1 т ПП	7,98	0,05	24,79	0,22	3,48	0,07
ПП+БП + известь 1,5 т / га	6,25	0,04	26,32	0,23	2,73	0,06
НСР ₀₅	0,08	—	5,26	—	1,30	—

Примечание — (БП)* — применение по схеме опыта.

Несмотря на активацию микробиологических процессов с апреля по июль, и интенсивное разложение целлюлозы во второй период исследования по сравнению с первым, значения изучаемого показателя по шкале Звягинцева Д. Г. характеризовались как — низкие.

Больше всего в день разлагалось целлюлозы, как и в первый период на варианте 3 (азотные удобрения) — 0,24 %, что выше контроля на 0,09 %. На всех вариантах с внесением микробиологических препаратов разложение целлюлозы в день в среднем составляло 0,22 %.

В третий период (после внесения измельченной побочной продукции озимой пшеницы на удобрение) не смотря на обеспеченность почвенной микрофлоры питательной средой и использованием компонентов усиливающих минерализации соломы, наблюдалось понижение микробиологической активности почвы, что связано с неблагоприятными гидротермическими условиями. Дефицит осадков и повышенная температура воздуха отрицательно сказались на развитии почвенной микрофлоры, вследствие чего, разложение целлюлозы на всех вариантах опыта характеризовалось как — очень слабое.

На контрольном варианте разложение хлопчатобумажного полотна составляло 1,2 % от исходного веса за 48 дней. При использовании микробиологических препаратов наблюдалась лишь тенденция увеличения целлюлозолитической активности почвы по сравнению с контролем, так как прибавка по отношению к контролю была меньше наименьшей существенной разности. Эффективным оказался прием совместного внесения микробиологических препаратов с азотными удобрениями или известью, где прибавка составила 2,28 и 1,53 % соответственно, при НСР₀₅ = 1,30 %. Интенсивнее всего хлопчатобумажное полотно разлагалось при заделке растительных остатков с известью. Так за 48 дней разложилось 3,96 % целлюлозы, что выше контроля на 2,76 %.

Показания уровня целлюлозолитической активности почвы в день не превышало значения 0,08 %, что свидетельствует о низкой активности почвенных целлюлитиков. При этом на вариантах без использования микробиологических препаратов, контроле и варианте 2, где вносились растительные остатки озимой пшеницы без инокулянтов, показания интенсивность разложения целлюлозы в день не отличались от значений первого периода исследования. На вариантах, где проводилась обработка соломы микробиологическими препаратами (5, 6 и 7) наблюдалось увеличение интенсивности разложения целлюлозы в день по сравнению с контрольным вариантом. То есть, не смотря на длительность периода экспозиции хлопчатобумажных полотен, при неблагоприятных гидротермических условиях вегетационного периода разложение целлюлозы имеет одинаковую интенсивность по дням.

Заключение. Применение микробиологических препаратов Трихоплант, СК (на основе *Trichoderma*) и Биогор-Ж (на основе *Lactobacillus*) положительно влияют на разложение целлюлозы. Эффективность микробиологических препаратов определяется гидротермическими условиями вегетационного периода.

Список цитируемых источников

1. Мудрых, Н. М. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор) / Н. М. Мудрых, И. А. Самофалова // Пермский аграрный вестник. — 2017. — №1(17). — С. 88—97.
2. Русакова, И. В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах / И. В. Русакова // Владимирский земледелец. — 2021. — № 2(96). — С. 34—40. — Doi: 10.24412/2225-2584-2021-2-34-40
3. Масютенко, Н. П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства : монография / Н. П. Масютенко. — Москва : Российская академия сельскохозяйственных наук, 2012. — 150 с.
4. Теплякова, О. И. Влияние обработки семян биопрепаратами и протравителем на распад целлюлозы в верхнем прикорневом слое яровой пшеницы / О. И. Теплякова, Н. Г. Власенко // Плодородие. — 2023. — № 6(135). — С. 55—58.

5. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. Курск : ВНИИЗиЗПЭ, 2005. — 20 с.
6. Мишустин, Е. В. Методика определения целлюлозоразрушающей активности почвы / Е. В. Мишустин, И. П. Востров, А. Н. Петрова. — М. : Наука, 1987. — 375 с.
7. Дудкина, Т. А. Инструмент для проведения исследований по биологизации почвы / Т. А. Дудкина, И. В. Дудкин // Агрохимический вестник. — 2018. — № 4. — С. 71—74. — Doi: 10.24411/0235-2516-2018-10033.
8. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Т. Г. Мирчинк. — М. : Изд-во Моск. Ун-та, 1980. — С. 224
9. Sapkota, A. Microbial degradation of cellulose. — URL: <https://microbenotes.com/microbial-degradation-of-cellulose/> (дата обращения 10.11.2024).

УДК [581.132.1:582.782.2]:633.1

А. В. Деревинский, А. А. Деревинская, Е. В. Жудрик

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН В ЛИСТЬЯХ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ СОРТОВ КАТЮША, БЕЛОРУССКАЯ СЛАДКАЯ, ДЕЛИКАТЕС

Введение. Смородина черная является одним из наиболее устойчивых к гипотермии сельскохозяйственных растений. Удельный вес его плодов в мировой плодово-ягодной продукции составляет около 40 %. В масштабах Республики Беларусь это сельскохозяйственное растение в настоящее время так же выращивается довольно в значительных объемах. Оно также является довольно пластичной культурой в отношении условий внешней среды и высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания. Одними из наиболее важных для черной смородины климатических факторов являются средний из абсолютных минимумов температуры воздуха и сумма активных температур воздуха выше 10 °С, отражающие условия морозоопасности и теплообеспеченности территории.

Поскольку в природных условиях растения подвергаются большому набору стрессовых факторов, предполагается, что сахара могут участвовать в процессе адаптации растений стрессовым условиям [1, с. 3—5].

Большинство ученых полагают, что успешное решение многих задач практической селекции зависит от изучения динамики содержания углеводов в растениях. Такой подход к исследованию процессов углеводного обмена позволил получить ряд ценных сведений, которые могут использоваться при разработке методик раннего отбора наиболее продуктивных растений [2, с. 143—152].

Основная часть. Целью исследований было оценить влияние низкой положительной температуры на процессы углеводного обмена в листьях однолетних приростов районированных сортов смородины черной сортов Катюша, Белорусская сладкая, Деликатес в период вегетации.

В настоящих исследованиях объектами изучения были растения смородины черной указанных выше сортов, выращенные в условиях открытого грунта в отделе ягодных культур РУП «Институт пловодства». У испытуемых растений отбирали черенки однолетних побегов с 1—2 листьями из средней части кроны в фазу активного созревания плодов (третья декада августа), которые помещали в стеклянные сосуды, заполненные водопроводной водой. Определение содержания сахаров в листьях однолетних приростов винограда проводили по общепринятой методике [1, с. 22] на спектрофотометре РВ 2201 Solar (Беларусь). Повторность опыта трехкратная.

Лабораторные опыты по моделированию холодового воздействия проводили в 2021 г. в лаборатории прикладной биофизики и биохимии ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси». С использованием климатической камеры достигнута продолжительность низкотемпературного воздействия +4 °С на растения в течение 24 ч, продолжительность светового периода составила 18 ч.

В процессе исследований было выявлено, что в фазу созревания плодов (третья декада августа) в условиях гипотермии происходит существенное снижение суммарного количества углеводов в листьях (% сырой массы) однолетних приростов смородины черной сорта Катюша в 1,8 раза. При этом в условиях контроля и при пониженной положительной температуре +4 °С в течение 24 ч достоверных отличий между растениями сортов Белорусская сладкая и Деликатес по данному показателю не выявлено. Так, в условиях контроля значения суммарного количества углеводов в листьях у этих двух сортов находятся в пределах $5,1 \pm 0,12$ (% сырой массы) и $5,5 \pm 0,11$ (% сырой массы) соответственно. В условиях гипотермии данный показатель принимает значения $4,4 \pm 0,38$ (% сырой массы) и $5,7 \pm 0,14$ (% сырой массы) соответственно (рисунок 1).

Обращает на себя внимание тот факт, что в условиях контроля в листьях сорта Катюша суммарное количество углеводов (% сырой массы) в среднем в 2 раза больше, чем у сортов Белорусская сладкая и Деликатес. В условиях гипотермии различия по этому показателю между тремя изученными сортами нивелируются.