



Наиболее эрозионно опасными являются пропашные культуры и пар, поверхность почвы под которыми открыта для разрушающих агентов до 10 месяцев в году. Если коэффициент водно- и ветроэрозионной опасности на пару принять за единицу, то в посевах свеклы он будет соответственно 0,90 и 0,95, кукурузы на зерно – 0,75 и 0,85, подсолнечника 0,80 и 0,85, картофеля – 0,75 и 0,85, а на культурах сплошного сева, таких как яровые колосовые – 0,40 и 0,70, озимые зерновые – 0,30 и 0,30, многолетние травы – 0,08 и 0,08 [1].

Анализ эколого-технологических основ возделывания сельско-хозяйственных культур позволяет обобщить, что именно под пропашными культурами наиболее интенсивная эрозия почв, перегревание ее поверхности и эвапотранспирация, переуплотнение, больше расходуется техногенных ресурсов (жидкого топлива, пестицидов, удобрений), чем под культурами сплошного сева, а формирование хозяйственно-ценной части урожая происходит в период наименьшего количества осадков [10].

Прогнозируется становление двух стабильных агроэкосистем: 1) агроэкосистемы исключительно из пропашных культур и органометным укрытием почв крупностебельными остатками – мульчепластом; 2) агроэкосистемы с культурами сплошного сева, насыщением многолетними бобовыми травами и озимой пшеницей до 50–60% площади севооборотов.

Последняя агроэкосистема формируется в условиях резкого снижения привносимых техногенных ресурсов. Наиболее урожайные культуры – озимая пшеница и ячмень формируют хозяйственно-ценную часть урожая в июне – июле, когда максимум тепла и осадков [10].

В 1997 г. был заложен микрополевым полигон с целью изучения физических, химических и биологических процессов в условиях полного устранения эрозии в посевах исключительно пропашных культур под воздействием мульчепласта. В 1998 г. мульчепласт из стеблей кукурузы составлял 15 т/га, а в 1999 г. – 18,65 т/га. Потери мульчи за год составили соответственно 3 и 4 т/га.

Все исторически существовавшие системы земледелия основывались на привнесении органических веществ, продуцентом которых являлись растения иных природных экосистем [9]. При трехполье это были луга и сенокосы, при подсечно-огневой – деревья лесов, при залежной и переложной – растительность степей. Прогнозируется, что для быстрого формирования мульчепласта и поддержания его в стабильном режиме таким органометным источником, кроме стеблей кукурузы, станут кустарниковые полосы, которые займут все низкоплодородные и склоновые земли [11].

Следующим негативным агентом, который проявляется вследствие удаления растительного покрова и его остатков на больших пространствах, являются частые засухи. Черная поверхность почвы поглощает всю лучистую энергию Солнца, переводя ее в тепловую, в результате чего повышается эвапотранспирация, снижается относительная влажность воздуха. На 1 см<sup>2</sup> черной поверхности в течение одной минуты при прямом солнечном освещении излучается 1,31 кал. тепла, на участках с нарушенной поверхностью (альбедо 5–14%) – 1,17, в пустыне (альбедо 80–95%), – до 0,12 кал. [4]. Более 700 тыс. га черной поверхности под парами и пропашными культурами в весенне-летний период прогревается до 50–60 °С. Увеличение температуры на 1 °С эквивалентно испарению на 3 % [2]. Современными огромными площадями пахоты неосознанно создан колоссальный природный механизм аридизации ландшафтов Донбасса.

В условиях полигона мульчепласт снижал прогревание почвы, что приводило к удлинению сроков прорастания семян кукурузы и подсолнечника, изреживанию посевов, необходимости увеличивать норму высева. На глубине 5 и 10 см температура под мульчепластом, например, 11 мая 2000 г., в 9 и 12 часов дня была ниже на 3,6 – 6,5 °С и 3,3 – 5,0 °С, чем на пашне. В имитационном брикете, где прогнозируется создание оптимума условий для ювенильных культур, температура была выше соответственно на 0,5–2,5 °С и 0,2–3,0 °С, чем под мульчепластом. Однако это локальное прогревание на площади 3 % существенно ускорить прогревание почв весной не в состоянии. В летний период, когда температура открытой поверхности почвы повышается до 50–60 °С, многие растения в полуденные часы теряют тургор листьев, в то время как под воздействием мульчепласта этот процесс отсутствует или наступает кратковременно.

Следующим негативным процессом для атмосферы является сброс воды с полей весной вследствие промерзания пахотного слоя. Эти объемы выше в 2,0–2,5 раза, чем в летне-осенний период [10]. Под мульчепластом почва не замерзала в течение 3-х лет опыта. Возврат воды на поля техническими средствами привел к значительному засолению орошаемых земель, низкой окупаемости капитальных затрат. В 1987 г. переведено в богарное землепользование 22,6 тыс. га деградированных орошаемых земель, в 1994 г. – 3,5 тыс. га. В 1996 г. количество орошаемых земель уменьшилось на 43 тыс. га. Основная стратегия развития атмосферы состоит в более полной имитации условий девственных степей путем создания органогенного укрытия обрабатываемых почв, чтобы полностью устранить поверхностный сток и непродуктивное испарение.

Под мульчепластом весной на глубине 0–40 см в течение трех лет установлено превышение накопления влаги в объеме 200 м<sup>3</sup>/га, чем при открытой поверхности (на пашне). По профилю почвы отмечено большее накопление влаги в поверхностном слое, а с глубиной различия снижаются. Так, 19 мая 2000 г. под мульчепластом содержалось больше доступной растениям воды, чем на пахотном участке в слое 0–10 см на 83 м<sup>3</sup>/га, в слое 10–20 см – 42,8, 20–30 см – 50,5, 30–40 см – 42,2, 40–50 см – 24,4, 50–60 см – 16,6 и 60–70 см – 6,1 м<sup>3</sup>/га. 14 июля после дождей эти различия составляли в слое 0–10 см – 122,6 м<sup>3</sup>/га, 10–20 см – 94,4, 20–30 см – 96,8, 30–40 см – 89,4 м<sup>3</sup>/га. 4 сентября также после дождей различия в содержании доступной влаги составляли в слое 0–10 см – 48 м<sup>3</sup>/га, 10–20 см – 92, 20–30 см – 28,0, 30–40 см – 12,6, 40–50 см – 8,0 и 50–60 см – 0,0 м<sup>3</sup>/га.

Использование удобрений является важным условием повышения (до 40...50%) продуктивности севооборотов. Количество вносимых азотно-фосфорно-калийных удобрений (NPK) снизилось в области в 10–20 раз. На эродированных землях с полей сносится ежегодно с почвой в несколько раз больше NPK, чем вносится. В условиях мульчепласта не только исключены потери питательных веществ, но происходит накопление доступных форм. За три года изменения произошли только в слое 0–20 см. Так, содержание обменного калия 28 апреля 1999 г. составляло в контроле в слое 0–5 см 15,12 мг/100 г почвы, в слое 5–10 см – 13,33, 10–20 см – 11,3 мг/100 г почвы. Под мульчепластом соответственно 29,9; 27,7 и 17,2 мг/100 г почвы. В июле продолжало возрастать содержание обменного калия под мульчепластом и в слое 0–5 см составляло 42,2 мг/100 г почвы, в слое 5–10 см – 27,7, слое 10–20 см – 20,5 мг/100 г почвы.

Подвижных форм фосфора в конце апреля под мульчепластом было 15–16 мг/кг в слое 0–20 см при контроле 11,0–11,9 мг/100 г почвы. В начале июля количество подвижного фосфора под мульчепластом возросло до 18 и 27 мг/100 г почвы, а в контроле незначительно снизилось.

Установлено также возрастание легкогидролизуемого азота. Так, в контроле его уровень составлял 13,2 в слое 0–5 см, а под мульчепластом 18,1 мг/100 г почвы, в слое 5–10 см соответственно 10,9 и 13,8, слое 10–20 см – 10,15 и 11,6 мг/100 г почвы. В июле содержание легкогидролизуемого азота во всех вариантах опыта снизилось, что, вероятно, определяется его интенсивным поглощением как растениями, так и микроорганизмами.

Происходит значительная дифференциация по химическому составу в профиле почвы. На данном этапе содержание обменного калия под действием мульчепласта повысилось в слое 0–10 см до высокого и очень высокого уровня, подвижного фосфора до высокого, а легкогидролизуемого азота с очень низкого до низкого и кратковременно до среднего.

Второй макроэкологической проблемой после эрозии почв является утилизация отходов животноводства, растениеводства, людей. На крупных животноводческих фермах, где существует гидрослив, не решена задача внесения больших объемов воды на поля из-за дороговизны, кратковременности возможной утилизации, накопления нитратов в почве до глубины 3-х метров. С городских зон отходы удаляются и окисляются в аэротенках, а затем сбрасываются в поверхностные воды. Наиболее оптимальной технологией является полная и непрерывная переработка всех органических отходов до сыпца и использование его на полях, при локализации в брикетах. Анализ работы биореакторов показал, что при микробиологической переработке отходов за 7–10 дней до сыпца необходимо строго регулировать температуру, влажность, соотношение C:N, количество добавляемых макро- и микроэлементов и состав

микрофлоры. Нерешенным технологическим процессом является создание внутри компостируемой биомассы объема свободного воздушного пространства не менее 30 %. Таким структурным компонентом и одновременно источником энергии, углерода и биофильных элементов станут измельченные стебли кустарников. Не деревья, а кустарниковые полосы займут значительные пространства неудобий, низкоплодородных, склоновых и деградированных земель. Их функция не только стабилизировать почвенный покров, улучшить водный и воздушный режимы, быть резервацией большого разнообразия фауны, но и служить основным возобновляемым источником углерода и энергии для работы различных биореакторов, формирования мульчепласта на посевах из пропашных культур, для производства изделий целлюлозно-бумажной промышленности и т.д. [11].

Мульчепласт, кустарниковые полосы и биореакторы по переработке органических отходов позволят решить замкнутость биогеохимических циклов в системе почва – растения – сельскохозяйственные животные – человек – почва вызовут к жизни новые производства, основанные на воспроизводстве органогенных ресурсов. Качественное изменение для техники опорной поверхности нив – мульчепласта – позволит вносить органогенные ресурсы на поля практически круглогодично.

Технократический прогресс породил не только мощную промышленность по производству синтетических удобрений, но и средств защиты растений.

Стоимость пестицидов на 70–90 % состоит из стоимости нефти и газа – невозобновимых ресурсов. Поиски альтернативных путей защиты растений от вредных организмов будут составлять научную перспективу всего XXI века. Одним из таких направлений является создание мульчепласта, который позволяет не только устранить водную и ветровую эрозию почв, сохранить влагу для культур, создать высокий фон биофильных элементов за счет реутилизации и перераспределения их с других ландшафтов, но и сделать закрытую систему для развития сорняков.

В наших опытах (1999 г.) выявлены следующие различия. В начале мая на мульчепласте развивались одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) – 0,01 шт./м<sup>2</sup> и подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) – 0,1 шт./м<sup>2</sup>. При отвальной обработке их не было. На пашне преобладали чистец однолетний (*Stachys annua* L.) – 4,0 шт./м<sup>2</sup> и 0,0 на мульчепласте, горец выжовый (*Polygonum convolvulus* L.) – 3,6 и 0,1, горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.) – 1,0 и 0, марь белая (*Chenopodium album* L.) – 2,0 и 0,0 ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv) – 2,0 и 0,0 щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv) 3,0 и 0,0 шт./м<sup>2</sup>.

В начале июня возросла как биомасса, так и количество сорняков на контроле. После первой прополки были оставлены площадки для подсчета сорняков. На вспаханном участке преобладали горчица полевая – 9,0 шт./м<sup>2</sup>, а на мульчепласте – нуль, марь белая 2,0 и 0,02, щетинник зеленый 24,0 и 0,0 ежовник обыкновенный 16,0 и 0,0, щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) 12,0 и 0,0 шт./м<sup>2</sup>. Если при отвальной обработке преобладали горчица полевая (90%) всей сухой биомассы – 35,7 г/м<sup>2</sup>, то на мульчепласте осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) 0,15 г/м<sup>2</sup>, что составляет снижение биомассы сорняков на 99,6%. Проективное покрытие сорняками под мульчепластом составляло 0,7% площади, а при отвальной обработке – 15%. На перспективу возможно локальное внесение гербицидов на сорняки, что позволит в 10 и более раз снизить затраты на эти техногенные ресурсы.

В начале третьей декады июня (после второй прополки сорняков) в контроле осталась щирица запрокинутая – 30 шт./м<sup>2</sup>, а на мульчепласте 0,2 шт./м<sup>2</sup>, ежовник обыкновенный 10 и 2 шт./м<sup>2</sup>, марь белая 2 и 0,1 шт./м<sup>2</sup>. Сухая биомасса сорняков на контроле составляла 83 г/м<sup>2</sup>, на мульчепласте – 2,7 г/м<sup>2</sup>, т.е. меньше на 96,75%.

После третьей прополки посеvy имели незначительное количество сорняков и в начале уборки кукурузы в контроле преобладала щирица запрокинутая – 3 шт./м<sup>2</sup>, а на мульчепласте 5 шт./м<sup>2</sup>, ежовник обыкновенный 0,8 и 0,05, щетинник зеленый 0,0 и 1,5 шт./м<sup>2</sup>. Эти сорняки занимали нижний ярус фитоценоза, их высота была на уровне 5 см и только некоторые экземпляры щирицы запрокинутой достигали высоты 20 см. Количество выюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) и осота полевого на мульчепласте и на контроле было одинаковым и составляло 0,1 шт./м<sup>2</sup>.

Произошли изменения в составе мезофауны. Так, в контроле пауков не было, а на мульчепласте их количество составляло 2–3 шт./м<sup>2</sup>, дождевых червей соответственно 0,1 и 2,0 шт./м<sup>2</sup>, сверчка степного 0,01 и 2,0, проволочников 0,2 и 2,0, уховертки огородной 0,0 и 10,0, кивсяка песчаного 0,0 и 8,0 шт./м<sup>2</sup>. Пауки-хищники в природных угодьях регулируют численность фитофагов и других вредных организмов, иногда даже больше, чем птицы [7].

В дальнейших исследованиях, возможно, повысится количество и видовой состав мезофауны вследствие того, что мульчепласт является не только источником энергии и питания для сапрофауны, но и нишей (укрытием) многим представителям мезофауны и, в первую очередь, полезным зоофагам.

Мульчепласт при своем разложении продуцирует значительное количество водорастворимых органических соединений (маразминов), в т.ч. органических кислот, которые не только повышают содержание подвижных форм фосфора и калия, но и ингибируют прорастание семян культур. В строго контролируемых лабораторных опытах проращивали семена кукурузы и подсолнечника на почве, взятой с пахотного участка и под мульчепластом с глубины 0–5 см. Установлено при многократной проверке, что в среднем в контроле взошло в первый день кукурузы 61,6 %, а в опыте (почва мульчепласта) 43 %, на второй день – 83,3 и 61,6, пятый день – 90 и 68,3%. У подсолнечника соответственно в первый день – 63,3 и 11,6 %, второй день – 93,3 и 21,6, пятый день – 100 и 51,7 %.

Измерение высоты растений показало, что, вероятно, маразмины негативно влияют на темновую фазу прорастания семян, а те, что взошли и перешли на автотрофное питание, ингибируются в меньшей мере.

Использование различных видов кустарников в качестве мульчирующего материала для полей и для биореакторов по переработке органических отходов неизбежно выдвигает на первый план изучение этих растительных ресурсов на прорастание семян и видовой состав сорняков, репеллентные, инсектицидные и фунгицидные свойства.

Кукуруза, подсолнечник, свекла и ряд других культур под действием мульчепласта снижают всхожесть семян, удлиняют период прорастания на 5–10 дней. Отставание в росте кукурузы и подсолнечника сокращается к фазе цветения. Высота кукурузы в фазу молочно-восковой спелости в варианте с мульчепластом больше на 5 %, чем в контроле при ранних сроках посева и меньше на 2 % при поздних. У подсолнечника величина шляпок в варианте с мульчепластом возросла на 11 %. Величина урожая кукурузы в опыте в зависимости от технологии и сроков посева колеблется в пределах –10 ; +10 % от контроля. Подсолнечник повышал урожайность на 5–6% в варианте с мульчепластом, но при этом установлено снижение количества масла и незначительное повышение белка в семенах.

В 2000 г. проверено влияние мульчепласта на урожайность ряда пропашных культур. Положительное влияние установлено только для кормовой свеклы и лука-севка (урожайность выше контроля соответственно на 33 и 48 %). Три фактора, вероятно, определяют это явление: 1) более высокий уровень накопления подвижных форм NPK в поверхностном слое под мульчепластом; 2) большее содержание доступной влаги и 3) оптимальная температура почвы под мульчепластом в летний период.

### **Заключение**

- 1 Колоссальная деградация почв в Донецкой области, невозможность развивать сельскохозяйственное производство, основанное на привлечении извне невозобновимых энергоемких ресурсов, требует поиска принципиально новых путей развития, которые базируются на внутренних возобновимых ресурсах агроносферы и стабильных агроэкосистемах.
- 2 Прогнозируется становление двух стабильных агроэкосистем: а) агроэкосистемы с культурами сплошного сева, насыщением многолетними травами и озимой пшеницей; б) агроэкосистемы исключительно из пропашных культур и органоматрицей почв – мульчепластом.
- 3 В опытах установлено положительное влияние мульчепласта на накопление влаги и подвижных форм NPK в поверхностном слое (0–20 см) почвы, снижение засоренности

посевов более чем на порядок, интенсивное развитие мезофауны, сапрофагов и зоофагов в частности.

- 4 Установлено негативное влияние мульчепласта, связанное с более низкой температурой почвы и маразминов на прорастание семян и рост растений в первой половине вегетации.
- 5 Прогнозируется становление производства непрерывной утилизации органических отходов в биореакторах до сыпца, где важным структурным компонентом станут измельченные стебли кустарников. Кустарниковые полосы займут значительные площади низкоплодородных и склоновых земель, как новый источник возобновляемой энергии, углерода и биофильных элементов, как структурный компонент для формирования мульчепласта и работы биореакторов.
- 6 Преимущества мульчепласта в накоплении влаги и биофильных элементов почвой не отразились адекватно на повышении урожая кукурузы и подсолнечника, ведется поиск культур, которые могут существенно повысить урожайность в условиях мульчепласта.

- 1 Безручко Н.Н., Мальчевский Л.Я. Справочник по почвозащитному земледелию. – Киев: Урожай, 1990. – 280 с.
- 2 Буйко М.П. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 352 с.
- 3 Дмитриенко В.Л., Сирченко Д.П. Эколого-экономическая оценка комплекса противоэрозионных мероприятий. – Донецк: Б.и., 1992. – 192 с.
- 4 Золотарев П.Т., Золотарев С.П., Золотарев Н.П. О причинах засухи и путях ее преодоления // Земледелие. – 1990. – №3. – С. 73–76.
- 5 Лавровский А.Б., Уткин Д.И. Особенности проявления эрозионных процессов на территории Украинской ССР и некоторые аспекты повышения эффективности почвоохранных мер // Комплекс противоэрозионных мероприятий в действии. – Луганск: Б.и., 1995. – Т.1. – С. 12.
- 6 Молодцев С.Д. Электроэнергетика мира в 90 годах // Электрические станции. – 1999. – №5. – С. 58–67.
- 7 Прокопенко Е.В., Ярошенко Н.Н. Охрана и эколого-фаунистические исследования пауков естественных и техногенных ландшафтов Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: Б.и., 1999. – С. 102–108.
- 8 Стратегия формирования экологической безопасности Донбасса. Информационные материалы к международному симпозиуму 13–15 сент. 1993 г. – Донецк: ЦНГЭИ. – 56 с.
- 9 Тимофеев М.М. Исторические и биосферные особенности этапов развития агросферы и прогноз // История взаимодействия общества и природы: факты и концепции. – Донецк, 1990. – С. 112–114.
10. Тимофеев М.М., Филоненко Л.Г., Николенко В.И., Швиндлерман С.П. Стабильные агроэкосистемы: поиски оптимальной модели // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: Б.и., 1999. – С. 115–124.
11. Тимофеев М.М., Филоненко Л.Г. Концепция биогенного земледелия // Біоконверсія органічних відходів і охорона навколишнього середовища. Тез. доп. V конгресу. – Івано-Франківськ: Б.и., 1999. – С. 156–162.

Донецкий институт  
агропромышленного производства

Получено 21.01.2000

УДК 631.95:57.082:631.58

Средообразующие свойства растительных ресурсов в конструировании устойчивых агроэкосистем / Тимофеев М.М. // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып.1. – С. 32–37.

Изложены результаты по конструированию стабильных агроэкосистем, рассмотрены средообразующие и эколого-технологические свойства ряда растений. Приведены экспериментальные данные о влиянии мульчепласта на водный и температурный режимы почвы, засоренность посевов, распространение мезофауны. Прогнозировано создание кустарниковых полос на низкоплодородных и склоновых землях в качестве дополнительного источника для формирования мульчепласта, а также энергии, углерода и биофильных элементов для биореакторов по непрерывной утилизации всех органических отходов.

Библиогр.: 11 назв.

Medium forming properties of vegetable resources in modelling stable agrosystems. / Timofeev M.M. // Industrial botany. – 2001. – V.1. – P. 32–37.

The results of stable agrosystems, modelling and ecological and technological properties of certain plants are considered in the article. The experimental data on the impact of a mulch layer on water and temperature regimes of soil, weeds, distribution of mesofauna are presented. The creation of shrub belts on low productive soils and slopes has been prognosticated as an additional source for the formation of the mulch layer and also energy, carbon and biophilous elements for bioreactors for continuous utilization of all organic wastes.