**1. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур. Два направления анализа: степень адаптивности к агроэкологическим ресурсам среды, влияние культуры и технологии её возделывания на процессы воспроизводства ресурсов ландшафта, прежде всего – плодородия пахотных почв**

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур тесно связана с биологическими особенностями сельскохозяйственных растений, прежде всего с их требованиями к основным факторам жизни – свету, пище, воде, воздуху, с одной стороны, и с возможностями их удовлетворения в конкретных почвенно-климатических, экологических и других условиях, с другой стороны.

Эти возможности связаны, прежде всего, с агроклиматическими условиями, которые существенно различаются по основным регионам страны и являются основополагающими при определении набора сортов, гибридов, разновидностей тех или иных сельскохозяйственных культур. Возделываемые культуры могли бы быть пригодны и адаптированы по потребности в продолжительности вегетации растения, по сумме активных среднесуточных температур, по скороспелости, устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и другим агроклиматическим показателям. Требования и особенности использования факторов жизни растений отражены в основных законах научного земледелия. Однако проявление действия этих законов в системе «почва – растение – окружающая среда» многогранно и находится в большой зависимости от того, какими свойствами обладает растение.

Любое сельскохозяйственное растение может хорошо расти, развиваться и давать высокий урожай лишь в достаточно определенном диапазоне значений факторов жизни, которыми их обеспечивает окружающая среда. Каждое растение имеет свои требования к температурному, водному, воздушному, почвенному, световому, пищевому режимам. Любой природно-экологический фактор может положительно влиять на рост и развитие растений лишь при достаточном наличии всех остальных факторов.

Но в соответствии с законом минимума, оптимума и максимума рост растений и накопление урожая будут снижаться пропорционально отклонению от оптимума в сторону минимума или максимума любого фактора окружающей среды. В связи с этим выделяют лимитирующие факторы внешней среды, которые оказывают наибольшее влияние на продуктивность агроценозов. В каждом регионе имеются свои специфические лимитирующие факторы. Например, в условиях как засушливых, так и избыточно увлажненных районов таким фактором является вода, на малоплодородных или засоленных почвах – недостаток или избыток почвенных солей и т.д.

Отклонения условий жизни от оптимума, который для каждого вида, сорта, гибрида и по каждому фактору имеет свое значение, вызывают ответную реакцию растений – *экологический стресс.* Такой стресс является совокупностью защитных физиологических реакций, возникающих в организме растений в ответ на воздействие холода, обезвоживания, недостатка питательных веществ, пестицидов, облучения и других неблагоприятных факторов.

Отношение сельскохозяйственных растений к стрессу, их поведение в стрессовых ситуациях – один из важнейших показателей их агроэкологической оценки. Оно связано, прежде всего, с их адаптивным потенциалом, который изучает адаптивное растениеводство. Под *адаптивным потенциалом* высших растений понимают их способность к выживанию, воспроизведению и саморазвитию в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. Благодаря адаптивному потенциалу растений практическая селекция только за последнее столетие способствовала многократному увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Адаптация (приспособление к условиям существования) – очень важное свойство сельскохозяйственных растений, которое отражает большое многообразие их отношений с окружающей средой. Бесчисленное множество вариаций в биологических свойствах сельскохозяйственных растений, с одной стороны, и столь же большое многообразие условий окружающей среды, с другой стороны, определяют необходимость агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур по их основным адаптивным свойствам и признакам. Это позволяет найти наиболее оптимальное решение в определении научно обоснованной перспективной структуры посевных площадей, адаптированной к конкретным почвенно-климатическим и другим условиям хозяйства.

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур тесно связана с результатами целенаправленной селекции их основных видов, которая дала огромное разнообразие сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, и количество их постоянно возрастает. В настоящее время Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, насчитывает более 8 тыс. сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. И каждый из них отличается от других уровнем урожайности и качеством продукции, продолжительностью жизни, скороспелостью, отношением к длине светового дня, потреблением воды, тепла, питательных веществ и других факторов жизни не только суммарно за весь период их жизни, но и в разные периоды их роста и развития.

Сельскохозяйственные культуры обладают различной устойчивостью к засухе или переувлажнению, заморозкам, болезням, вредителям и сорнякам, уровню залегания грунтовых вод, кислотности или засоленности почвы и другим условиям окружающей среды.

С помощью зональной селекции растений региональное земледелие обеспечивается необходимым ассортиментом районированных сортов и гибридов, отвечающих требованиям оптимизацииструктуры посевных площадей. Это позволяет достаточно точно определять агроэкологические ареалы возделывания сельскохозяйственных культур, выбирать такие сорта и гибриды, которым наиболее соответствуют условия произрастания в данном хозяйстве.

Всем сортам и гибридам сельскохозяйственных культур после сортоиспытания и регистрации дают подробную характеристику по их биологическим особенностям и отношению к условиям произрастания. На этой основе местные научно-исследовательские учреждения разрабатывают сортовую агротехнику конкретного районированного сорта или гибрида той или иной сельскохозяйственной культуры в данных почвенно-климатических условиях. Это и лежит в основе принципа адаптивности при оптимизации структуры посевных площадей.

В зависимости от местных почвенно-климатических условий, особенностей технологии возделывания культур агроэкологическая оценка различных сортов и гибридов тех или иных сельскохозяйственных культур может различаться и по качеству урожая – содержанию белка, клейковины, крахмала, сахара, жира и т.д. Однако при агроэкологической оценке сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях необходимо использовать региональные справочные материалы, что позволит свести к минимуму ошибки в оптимизации структуры посевных площадей в конкретном хозяйстве. При этом необходимо добиться наибольшего соответствия агробиологических свойств растений агроэкологическим условиям конкретного хозяйства.

**Отношение растений к температурному и световому режимам.** Ареалы происхождения культурных растений определяют генетически заложенную в них потребность в тепле и отношение к свету. Потребность каждого растения в тепле выражается как в сумме среднесуточных температур, так и в его отношении к температурному режиму во время прорастания и появления всходов и на протяжении всего периода жизни вплоть до физиологической спелости семян.

Выходцы из жарких стран – кукуруза, просо, соя, фасоль, сорго, рис и другие растения – прорастают и дают всходы при температуре не ниже 10–15°С, тогда как культуры умеренного пояса – рожь, пшеница, ячмень, овес, клевер, горох, вика и др. – начинают прорастать и давать всходы уже при температуре от 1 до 3°С. Однако для теплолюбивых культур, которые обладают, как правило, низкой холодостойкостью и чувствительны к низким температурам, срок посева весной должен быть приурочен к достижению почвой оптимальной температуры. Это позволит получить дружные всходы в период, когда вероятность возврата весенних заморозков минимальна или исключена.

Таким образом, помимо общей потребности в тепле большое значение имеет оценка сельскохозяйственных культур по уровню минимальных температур, необходимых для прорастания их семян и появления всходов. И здесь установлен ряд параметров и закономерностей, определяющих поведение тех или иных видов, разновидностей, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур в конкретных условиях и позволяющих правильно оптимизировать структуру посевных площадей. В соответствии с законами научного земледелия для всех культур имеются свои минимумы, оптимумы и максимумы. Температурный оптимум обеспечивает быстрое прорастание семян и появление дружных всходов растений, тогда как при минимальных и максимальных температурах у большинства растений идет медленное прорастание семян при значительном изреживании всходов из-за гибели проростков.

Но и на последующих этапах жизни растений их отношение к температурному режиму имеет большое значение, что часто связано с возможностью не только нормального роста и развития, но и их существования. Это определяется прежде всего морозостойкостью растений, пороги которой существенно различаются как у различных видов сельскохозяйственных растений, так и на разных этапах развития одного и того же вида. Эти различия позволили основные виды сельскохозяйственных культур разделить по устойчивости к заморозкам на наиболее устойчивые, устойчивые, малоустойчивые и неустойчивые. Степень устойчивости к отрицательным температурам у различных растений определяется температурой замерзания клеточного сока, которая тесно связана с его концентрацией, и у большинства устойчивых растений повышается в период всходов. Это генетически обусловленное свойство растений выдерживать отрицательные температуры играет большую роль в их самосохранении прежде всего в период кратковременных весенних заморозков, которые для большинства районов нашей страны – обычное явление. Оно играет спасительную роль и во время ранних осенних заморозков, когда еще вегетируют поздние яровые культуры, дают всходы и кустятся озимые, растут пожнивные и другие промежуточные культуры.

Среди культурных растений имеются «рекордсмены» по устойчивости к многократным заморозкам в осенний период. Это, прежде всего, растения из семейства капустных. Например, капуста белокочанная в Нечерноземной зоне в сентябре–октябре может многократно выдерживать заморозки до –5… – 6°С и с возвращением теплых дней продолжать вегетацию, интенсивно наращивая большую массу урожая.

В связи с этим важно такое свойство, как *жаростойкость –* способность растений переносить жару без необратимого их повреждения.

Устойчивость растений против перегрева обусловлена целой системой физиологических и морфологических приспособлений. Среди них большую роль играют особые свойства протоплазмы обезвреживать накапливающийся в тканях аммиак, усиление транспирации, повышение отражательной способности листьев, их складывание, опускание, скручивание, расположение в плоскости падающего луча света и т.д. Жаростойкость растений можно повысить правильным расположением рядков, внесением цинка. Это свойство растений имеет большое агроэкологическое значение в районах с высокими температурами в летний период, с почвенной и атмосферной засухой, с суховеями, вызывающими захваты, запалы и даже гибель зерновых и других сельскохозяйственных культур.

*Свет* имеет прямое физиологическое воздействие на растение, и от интенсивности и продолжительности светового потока зависят продуктивность фотосинтеза, рост и развитие растений. В то же время в процессе эволюции растения приобрели различные свойства, связанные с реакцией на свет. Это реакции, сопряженные с приспособлением растений к сезонным изменениям режима освещения – цветение, формирование репродуктивных органов и др.

Установлено, что растения *длинного дня* хорошо растут, цветут и плодоносят при продолжительности светового дня не менее 12 ч. Эти растения происходят из средних широт с длинным летним днем. Растения *короткого дня* происходят из тропического и субтропического поясов с коротким световым днем, где продолжительность дня близка к продолжительности ночи.

**Отношение растений к водному режиму.** Вода имеет огромное физиологическое и экологическое значение в жизни растений: она является важнейшим исходным, промежуточным и конечным продуктом многих превращений и средой, в которой протекают обмены веществ. По отношению к водному режиму все сельскохозяйственные культуры являются *мезофитами* – растениями, хорошо приспособленными к водному режиму умеренных климатических зон.

Однако большая часть площади пахотных земель нашей страны находится в районах недостаточного увлажнения или крайне засушливого климата. Даже в Нечерноземной зоне, считающейся зоной достаточного увлажнения, растения часто страдают от недостатка влаги в отдельные периоды (майско-июньские засухи). Поэтому засухоустойчивость растений имеет большое значение при агроэкологической оценке сельскохозяйственных культур.

*Засухоустойчивость* – это способность растений переносить атмосферную и почвенную засуху благодаря наличию физиологических и морфологических механизмов, позволяющих добывать и экономно расходовать воду. Засухоустойчивость – наследственное свойство, сформировавшееся у растений на генетическом уровне в результате длительного эволюционного процесса в определенных условиях.

Наибольшей засухоустойчивостью обладают культуры – выходцы из жарких стран. Большой засухоустойчивостью отличаются, как правило, культуры со сравнительно низким транспирационным коэффициентом, который свидетельствует о более продуктивном и экономном использовании влаги этими растениями.

Однако сложные процессы водопотребления и оптимизация водного режима в системе «почва – растение – атмосфера» зависят от многих факторов. И эта зависимость выражается в водном балансе, который может неоднозначно влиять на жизнь живого растения. Для оптимизации водного режима особое значение имеют водно-физические свойства почвы – ее влагоемкость и водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность, максимальная гигроскопичность и др. Чаще всего для агроэкологической характеристики растений по их отношению к водному режиму приводят оптимальные для них показатели влажности корнеобитаемого слоя почвы, выраженные в процентах от наименьшей влагоёмкости (НВ).

Например, для пшеницы, ржи, ячменя, сахарной свеклы, подсолнечника, люцерны этот показатель составляет 60–70%, для овса, картофеля, гречихи, гороха, клевера, кукурузы, конопли, сои – 70 – 80, для огурца, мяты перечной, чая – 80–100, для риса более 100%.

Эти показатели позволяют давать агроэкологическую оценку сельскохозяйственным культурам по их отношению как к недостатку, так и к избытку влаги. При перенасыщении почвы влагой сверх указанных пределов большинство полевых культур испытывает угнетение в результате нарушения воздушного режима и отравления корней растений токсинами, накапливающимися в почве в условиях анаэробиозиса. По этой же причине большинство полевых культур не выдерживает длительного затопления. В то же время некоторые многолетние травы из лугового растительного сообщества, такие, как канареечник тростниковидный, овсяница высокая, лисохвост, кострец безостый, могут выдерживать длительное затопление.

В районах избыточного увлажнения и при близком залегании грунтовых вод для агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур большое значение имеет их отношение к подтоплению, к глубине залегания грунтовых вод. Играя большую положительную роль в обеспечении растений почвенной влагой, грунтовые воды при их близком залегании в зоне развития корневой системы могут создавать угрозу жизни растений из-за заболачивания (в гумидных условиях) или чрезмерного засоления почвы (в аридных условиях). Это начинает проявляться при критическом уровне грунтовых вод, когда растения угнетаются и погибают. Критический уровень грунтовых вод определяется капиллярным током воды в почве, образующим зону капиллярной каймы, в верхней части которой создается оптимальный для растений водно-воздушный режим. Глубина залегания верхней части капиллярной каймы, которая является зоной массового распространения корней растений, является оптимальной глубиной залегания грунтовых вод. Для различных сельскохозяйственных культур оптимальная глубина залегания пресных грунтовых вод неодинакова.

**Отношение растений к основным свойствам почвы.** Агроэкологическое соответствие основных свойств почвы требованиям растений к условиям произрастания предполагает реализацию принципа адаптивности при оптимизации структуры посевных площадей.

Почва как основной носитель земных факторов жизни растений и среда, в которой осуществляются многочисленные обменные процессы между почвой и растениями, должна обладать многими свойствами, способствующими оптимизации условий жизни растений, и в которых собирательно проявляется главное ее свойство – плодородие. К таким свойствам относятся прежде всего генетическое строение и гранулометрический состав почвы, от которых во многом зависят процессы ее водного, воздушного, теплового и пищевого режимов. Мощность гумусового и иллювиального горизонтов, свойства материнской породы, наличие подзолистого или карбонатного горизонта, их гранулометрический состав предопределяют весь комплекс физических, химических и биологических показателей плодородия почвы и агроэкологичес-кие условия, соответствующие требованиям тех или иных сельскохозяйственных растений.

Известно, что на песчаных и супесчаных в достаточном количестве удобренных почвах хорошо растут и дают высокие урожаи озимая рожь, картофель, арбуз, дыня, тыква, сераделла, эспарцет, люцерна желтая, житняк сибирский, овес песчаный. На средне- и легкосуглинистых почвах лучше удаются посевы овса, гороха, гречихи, ячменя, подсолнечника, сорго, сои, фасоли, клещевины. Структурные суглинистые и глинистые почвы больше подходят для возделывания пшеницы, кукурузы, льна, конопли, сахарной свеклы, вики, клевера, сахарного тростника, кориандра.

Бесструктурные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые почвы мало пригодны для большинства сельскохозяйственных культур, но на них возможно возделывание риса, кукурузы, сахарного тростника, люцерны синегибридной, донника и некоторых других культур.

Для большинства сельскохозяйственных культур благоприятна слабокислая и близкая к нейтральной реакция почвенного раствора. Однако среди них имеются растения, которые могут расти, развиваться и давать хороший урожай только при нейтральной или слабощелочной реакции (сахарная, столовая и кормовая свекла, капуста, люцерна, эспарцет и др.). В то же время люпин, сераделла хорошо растут на кислых почвах с рН 4,5–5,0 и отрицательно реагируют на щелочную и даже нейтральную реакцию почвенного раствора.

Значительная часть пахотных угодий на юге и востоке нашей страны имеет повышенную концентрацию солей в почвенном растворе, что вызывает засоление почвы разной степени. На этих почвах большое значение имеет *солеустойчивость* растений – их способность осуществлять полный цикл развития на засоленной почве и давать удовлетворительный урожай. По солеустойчивости растения делят на неустойчивые, среднеустойчивые и устойчивые.

Большинство сельскохозяйственных растений среднеустоичивы к засолению почвы, но особенно большой устойчивостью к высокой концентрации солей в почве обладают сахарная и столовая свекла, ячмень, рапс, хлопчатник, пырей бескорневищный, волоснец сибирский, донник желтый, житняк, овсяница высокая, лядвенец рогатый. В связи с высоким потреблением из почвы натриевых и других солей эти растения называют натрофилами, и некоторые из них, главным образом кормовые травы, используют для рассоления и биологического окультуривания засоленных почв.

Чувствительны и неустойчивы к засолению почвы фасоль, различные виды клевера, лисохвост, редис, сельдерей и некоторые другие культуры.

Такая реакция растений связана с уровнем плодородия почвы и прежде всего с наличием в ней элементов питания в доступной для растений форме – оксидов азота, фосфора, калия, кальция и др.

Запасы питательных веществ в почве в условиях бездефицитного баланса должны соответствовать потребности растений, в основе которой лежит вынос питательных веществ с урожаем.

Известно, что с урожаем сельскохозяйственных культур из почвы отчуждается большое количество питательных веществ, и их вынос существенно различается по видам сельскохозяйственных культур как по соотношению, так и по общему их количеству. С этим обстоятельством тесно связаны агрохимические причины чередования культур в севооборотах.

Но даже на хорошо окультуренных плодородных почвах запасов доступных для растений питательных веществ не хватает для получения высоких урожаев. Такие урожаи должны быть обеспечены за счет внесения органических и минеральных удобрений в расчете на запланированный уровень урожайности. В почве имеются большие запасы питательных веществ в недоступной для растений форме, и благодаря взаимодействию растений с почвой они могут быть переведены в растворимые формы. Вынос питательных веществ с урожаем является не только показателем потребления земных факторов жизни, но и важным фактором воздействия растений на почву.

**Влияние сельскохозяйственных культур на почву и другие элементы агроландшафта.** При агроэкологическом обосновании структуры посевных площадей сельскохозяйственные растения необходимо рассматривать как объекты, не только требующие удовлетворения их потребностей в основных факторах жизни, но и оказывающие с учетом особенностей биологии и технологии их возделывания многостороннее экологическое воздействие на почву, атмосферу, гидрологию и другие элементы окружающей среды. К тому же приемы оптимизации условий жизни растений – водного, теплового, светового, воздушного, пищевого режимов – в современном земледелии носят комплексный характер и воздействуют на всю систему «почва – растение – окружающая среда».

Чутко реагируя на изменение условий жизни, растения постоянно изменяют характер своего воздействия на окружающую среду. Потребление воды и питательных элементов, особенности процессов фотосинтеза, дыхания растений, их роста и развития, морфология растений, глубина проникновения, строение и масса корневой системы, интенсивность и характер воздействия корневых выделений на почву, симбиотическая и ассоциативная фиксация азота атмосферы и многие другие процессы и явления, связанные с жизнедеятельностью растений, вызывают существенные изменения в почве, атмосфере и в других элементах окружающей среды.

Эти изменения могут найти отражение в динамике интенсивности и качественного состава воздухообмена между почвой и атмосферой, химического состава почвенного поглотительного комплекса, физического состояния и биоты почвы, в степени ее устойчивости против эрозии и в конечном итоге в агроэкологической функции агроландшафта, в его способности сохранять длительное экологическое равновесие.

Во всем многообразии взаимодействия сельскохозяйственных растений с окружающей средой необходимо выделить их главную функцию – природоохранную (экологическую). Она тесно связана с реализацией принципа зелено-белого ковра.

Известно, что в естественных условиях почва надежно защищена от разрушения с помощью лесной, луговой или степной растительности, а в зимнее время – снежным покровом. Как и в естественном фитоценозе, в агроландшафте зеленый покров возделываемых растений должен защищать почву от эрозии и от ее пагубных для экологии последствий в течение всего теплого периода года.

Сельскохозяйственные культуры различаются по почвозащитной функции. Она определяется особенностями биологии и морфологии их надземных и подземных органов, началом и продолжительностью периода вегетации, технологией возделывания культур и связанной с ними продолжительностью и площадью проективного покрытия почвы растениями в эрозионно опасные периоды – во время снеготаяния и ливневых дождей.

Посевы многолетних трав в теплый период года надежно укрывают поля своим зеленым покровом, а мощная дернина цементирует и защищает почву от водной и ветровой эрозии круглый год. Несколько меньшей, но достаточно высокой почвозащитной функцией обладают посевы озимых, а также промежуточных культур. В то же время установлены полная беззащитность против водной эрозии и дефляции полей чистого пара, а также очень слабая защищенность полей с пропашными культурами. Эти поля, как и поля с посевами всех яровых культур, совершенно беззащитны в эрозионно-опасный период.

Группировка сельскохозяйственных культур по почвозащитной функции имеет большое значение для их агроэкологической оценки и размещения по соответствующим элементам агроландшафта. Руководствуясь этими данными, можно сделать вывод о недопустимости размещения на эрозионно-опасных склонах чистых паров и посевов пропашных культур, и о необходимости посева многолетних трав для защиты почвы от водной эрозии.

Для биологизации и экологизации земледелия большое значение имеет наличие в структуре посевных площадей посевов сельскохозяйственных культур из семейства бобовых, способных фиксировать и накапливать в почве атмосферный азот.

Люцерна, клевер и другие многолетние бобовые травы при высоком урожае надземной массы могут ежегодно фиксировать по 200–400 кг/га экологически чистого атмосферного азота, что может быть приравнено к внесению в почву от 0,5 до 1 т/га дорогостоящей аммиачной селитры. Несколько меньшей, но достаточно высокой азотофиксацией – 100–250 кг/га – обладают различные виды люпина, кормовые бобы, соя, донник, сераделла. Горох, фасоль, нут, чина, чечевица в зависимости от уровня урожайности могут фиксировать от 50 до 180 кг/га атмосферного азота.

По данным Г.С. Посыпанова, расширение площади посевов бобовых культур в структуре посевных площадей России до оптимальных размеров позволило бы включать в оборот земледелия страны свыше 5 млн т биологического азота, добытого растениями-азотфиксаторами из атмосферы.

Важную роль биологического азота в земледелии отмечал еще Д.Н. Прянишников, широко пропагандируя в первой половине XX в. идею люпинизации – обогащения почвы органическим азотом. С люпином, его способностью фиксировать атмосферный азот, расти на кислых почвах и давать большую вегетативную массу связана технология окультуривания песчаных и супесчаных почв Нечерноземной зоны. Эти почвы, расположенные, как правило, в зоне промывного водного режима, имеют высокую кислотность, малое содержание гумуса и низкую поглотительную способность. Все виды люпина помимо способности фиксировать атмосферный азот и накапливать его в почве могут усваивать фосфор труднодоступных фосфатов почвы и улучшать фосфорное питание культур, следующих за ними в севообороте.

Обладая высоким геотропизмом, люпин после прорастания быстро проникает своим стержневым корнем через верхний слой бесплодного песка в подстилающую его глинистую морену и образует там хорошо разветвленную корневую систему. Благодаря этому он использует влагу и растворенные в ней питательные вещества, вымытые из верхних слоев почвы, и формирует большую надземную массу (40–50 т/га), которая богата азотом, фосфором, калием и другими питательными веществами и используется в качестве зеленого удобрения.

Помимо источника азотного питания растений биологический азот имеет большое экологическое значение. Находясь в почве в составе органического вещества, он не вымывается и не загрязняет почву и грунтовые воды нитратами, как это часто происходит с минеральным азотом. А период наиболее активного разложения корневых остатков и клубеньков с выделением в почву аммиака, нитратов и других доступных для растений питательных веществ совпадает с периодом интенсивного роста большинства сельскохозяйственных культур (май–июнь), когда эти соединения азота могут быть поглощены растениями в больших количествах.

С важной агроэкологической функцией сельскохозяйственных культур связано и пополнение запасов органического вещества в почве за счет корневых, пожнивных или поукосных остатков растений. Здесь опять на первом месте оказываются посевы многолетних трав, особенно их злакобобовые смеси. В условиях Московской области после уборки клеверо-тимофеечной смеси 2‑го года пользования в дерново-подзолистой почве остается 7– 8 т/га сухих корневых и поукосных остатков, что и по количеству, и по качеству равноценно внесению 30–35 т/га хорошего навоза. В то же время после озимой пшеницы и озимой ржи остается 3–4 т/га, после ячменя и овса –2–3 т/га растительных остатков.

По накоплению растительных остатков в почве основные полевые культуры можно разместить в следующий убывающий ряд: многолетние травы – кукуруза на силос – озимые зерновые – яровые зерновые – зерновые бобовые – сахарная и кормовая свекла – картофель – лен-долгунец. Однако эта последовательность может изменяться в зависимости от местных почвенно-климатических условий, удобрений, обработки почвы, орошения и других факторов.

С накоплением растительных остатков в почве связано и влияние сельскохозяйственных культур на физическое состояние почвы–ее строение, структуру, плотность, водопроницаемость и др. Но особое агроэкологическое значение имеет воздействие сельскохозяйственных растений на структуру почвы, на содержание в ней водопрочных агрегатов. Это связано с тем, что водопрочные агрегаты не разрушаются водой, и между их количеством и водопроницаемостью почвы существует тесная прямая связь. На хорошо оструктуренных почвах с их высокой водопроницаемостью можно быстро перевести поверхностный сток во внутренний и устранить угрозу смыва и разрушения почвы. Большое агроэкологическое значение имеет и то обстоятельство, что структурные агрегаты размером больше 1 мм не подвергаются выдуванию и препятствуют развитию дефляции.

Известно, что в формировании водопрочной структуры почвы большое участие принимает почвенный гумус. Поэтому растительные остатки, различные виды органических удобрений или другой способ обогащения почвы органическим веществом повышают структурность и улучшают другие агрофизические свойства почвы. Хорошо известно положительное влияние на структуру почвы посевов многолетних трав. Их наличие в структуре посевных площадей отвечает задачам экологизации современных систем земледелия и имеет большое значение для разработки системы севооборотов, особенно в районах с благоприятными условиями возделывания многолетних трав.

**2. Агробиоценотические основы земледелия. Структура агробиоценоза. Компоненты, трофические связи**

Агробиоценоз – это совокупность различных групп почвенных организмов (бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, лишайников, простейших, беспозвоночных, насекомых, позвоночных).

Численность и активность различных групп почвенных организмов по-разному изменяется в зависимости от угодья, культуры, интенсивности и способа механической обработки почвы, применения органических и минеральных удобрений, мелиорантов, пестицидов, загрязнения тяжелыми металлами и другими токсикантами.

Проявление биологической активности почв в первую очередь связано с микрофлорой благодаря ее высокой численности, общей поверхности и активности. Количество микроорганизмов во всех почвах возрастает после распашки. Например, численность бактерий в выщелоченных черноземах по усредненным данным увеличивается с 3 млн. в 1 г почвы на целине до 5 млн. в 1 г почвы после освоения, численность актиномицетов – с 1,5 млн. до 3 млн в 1 г почвы. В выпаханных черноземах наблюдается уменьшение микронаселения.

Биогенность лесных почв сильно возрастает при внесении извести и навоза. Например, общая численность микробов при окультуривании дерново-подзолистых почв увеличивается с 2– 3 млн./г в горизонте А1 до 6–7 млн./г в пахотном слое. При этом усиливаются процессы аммонификации, нитрификации, азотофиксации.

Интенсивность почвенно-биологических процессов зависит помимо содержания гумуса и особенно детрита от качественного их состояния. В степной зоне, например, отчетливо прослеживается увеличение численности бактерий и актиномицетов (преобладающих в микробоценозе) от черноземов южных к солонцеватым черноземам и солонцам по мере повышения дисперсности гумуса при снижении общего его содержания в этом ряду. После распашки данная закономерность усиливается. Наиболее высокая интенсивность минерализационных процессов, подтверждаемая высокой скоростью разложения целлюлозы, нитрификации, увеличением численности микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, наблюдается в солонцах в связи с повышенной доступностью для микроорганизмов их органического вещества. Этим процессам способствуют карбонатность и щелочность среды.

При дефиците влаги, ограничивающем урожай растений в степной зоне, а следовательно, использование элементов питания, высокая интенсивность минерализационных процессов в карбонатных и солонцеватых почвах приводит к непроизводительному расходу органического вещества, потерям минерального азота вследствие нисходящей миграции избытка нитратов. Предотвращение этих процессов достигается, как уже отмечалось, за счет биологической аккумуляции азота при оставлении соломы и снижении темпов минерализации органического вещества при минимизации обработки почвы.

Наряду с микроскопическими грибами и бактериями определенный агрономический интерес представляют почвенные водоросли. Тем более, что в функциональном отношении они как фототрофные организмы являются продуцирующим компонентом, выполняющим определенную роль в образовании первичной продукции, служат дополнительным фактором аккумуляции энергии. Важной стороной жизнедеятельности почвенных водорослей является также фиксация молекулярного азота. Наиболее существенный вклад в накопление связанного азота они вносят на почвах степных и пустынных биогеоценозов, где широко распространены азотфиксирующие синезеленые водоросли, образующие значительную биомассу.

В агроценозах под влиянием смены растений и агротехнических мероприятий состав почвенных водорослей претерпевает существенные изменения, характер которых неодинаков в разных природных зонах. Так, в почвах лесной зоны, имеющих достаточное увлажнение, но относительно низкую биологическую активность, роль почвенных водорослей под влиянием культуры усиливается, особенно азотфиксирующих видов из синезеленых, нередко образующих видимые разрастания на поверхности почвы.

Ранее уже упоминалось о влиянии различных культур, севооборотов, систем обработки на почвенную микрофлору и биологическую активность почв. Обширная информация по этому поводу, накопленная для большинства регионов, позволяет использовать данные приемы для регулирования микробиологических процессов в почве.

Существенное влияние на эти процессы оказывают минеральные удобрения. Обогащая почву элементами минерального питания и стимулируя развитие растений, они способствуют повышению биологической активности почвы, увеличивают численность и активизируют деятельность почвенных микроорганизмов. Этим объясняется, в частности, усиление минерализации органического вещества. Дополнительно поглощенный растениями азот, высвобождающийся из почвенного гумуса под влиянием азотных удобрений, называют экстраазотом. Вопрос о количественной стороне этого процесса дискутируется. Имеются данные о том, что под влиянием азотных удобрений усиливается минерализация только бедных азотом (СгИ более 40) растительных остатков.

Серьезную агрономическую и экологическую проблему представляет регулирование процесса нитрификации в почвах. Приходится решать ее как в плане интенсификации этого процесса, так и в противоположном, учитывая потери самых дорогостоящих удобрений и последствия загрязнения окружающей среды нитратами и промежуточными продуктами нитрификации.

Нитрификация в почвах может протекать двумя путями. Автотрофная нитрификация осуществляется специфическими нитрифицирующими бактериями. Наиболее эффективно она протекает в почвах при хорошей аэрации, оптимальной для растений влажности, нейтральной реакции среды, в результате чего образуются нитраты и нитриты с возможным промежуточным образованием газообразных соединений азота. В последнее время установлено, что процесс нитрификации могут осуществлять и гетеротрофные почвенные микроорганизмы (бактерии, грибы). Это происходит при повышенном содержании органического вещества, слабокислой реакции и дефиците кислорода.

Помимо рассмотренных выше агротехнических средств регулирования нитрификации, которыми не всегда достигается решение этой задачи, особенно в интенсивных технологиях, применяются ингибиторы нитрификации (органические соединения из класса хлорпиридинов, пиримидинов и др.).

Применение высоких несбалансированных доз минеральных удобрений, особенно азотных, приводит к появлению ряда негативных для почвенной биоты эффектов. В кислых почвах происходит активное развитие грибов и снижение числа бактерий, повышается доля видов, способных выделять токсичные вещества, которые могут негативно влиять не только на растения, но и на беспозвоночных.

Азотные удобрения оказывают двоякое влияние на процессы фиксации атмосферного азота в почвах. В небольших дозах (до 60–70 кг/га) они способствуют повышению активности азотфиксации, а в высоких дозах снижают как симбиотическую, так и несимбиотическую азотфиксацию.

Особую проблему представляет взаимодействие почвенной биоты с пестицидами. Оно имеет два аспекта: влияние пестицидов на биоту и деградация пестицидов под влиянием почвенной биоты. И та и другая стороны проблемы пока что далеки от исчерпывающих оценок. Нередко имеют место противоречивые толкования, что связано с большим разнообразием пестицидов, условий их применения и превращения, недостатком информации.

При повышении пестицидной нагрузки почвенный микробный комплекс может претерпевать четыре стадии изменения:

в зоне гомеостаза биоцид не вызывает существенных изменений, наблюдается устойчивое колебание численности отдельных групп микроорганизмов или активности метаболических процессов около определенного среднего уровня;

в зоне стресса наблюдаются количественные изменения на уровне временного угнетения жизнедеятельности, обратимая депрессия;

в зоне изменения резистентности происходят устойчивые сдвиги, индуцирующие смену доминантных форм;

в зоне репрессии происходит разрушение микробного комплекса.

Реакция микробопеноза считается обратимой, если микробиологическая деятельность (численность и видовой состав) восстанавливается в течение 60 сут после воздействия, и необратимой, если ингибирование отдельных форм микроорганизмов более чем на 50%сохраняется до конца вегетационного периода.

Нарушение цикла в развитии отдельных групп микроорганизмов в течение 30 дней при любых стрессовых ситуациях расценивается как нормальное, естественное явление.

Рассматривая с этих позиций данные о влиянии на почвенные микробоценозы интенсивных технологий возделывания полевых культур с длительным (5-8 лет) и систематическим применением современных пестицидов, можно отметить, что изменения численности и активности основных групп микроорганизмов находятся в основном в пределах гомеостаза, реже – выходят в зону стресса. Однако имеется и другая точка зрения, согласно которой последствия применения пестицидов характеризуются выпадением наиболее чувствительных видов.

Опасные нарушения равновесия микробных ценозов возникают из-за высоких концентраций пестицидов вследствие нарушения технологий. Наиболее чувствительны к воздействию пестицидов микроводоросли, нитрификаторы, азотфиксаторы, деструкторы целлюлозы, симбионты. Эти организмы можно рассматривать в качестве индикаторов.

Другой аспект проблемы связан с интенсификацией очищающей способности почвенной биоты по отношению к пестицидам, большинство которых являются ксенобиотиками, т.е. чужеродными соединениями, ранее не присутствовавшими в биосфере. Они могут быть разрушены только микроорганизмами.

Способность к трансформации и детоксикации пестицидов показана для многих форм микроорганизмов. Наиболее велика в этом отношении роль бактерий, затем актиномицетов и грибов. Особое значение принадлежит микроорганизмам ризоплана. Соединения, которые в условиях чистой культуры микробов не подвергаются деградации, в природе все-таки деструктурируются микробиологическим путем вследствие кооперативного воздействия. Из всех групп пестицидов наиболее легко разлагаются гербициды, с наименьшей скоростью – фунгициды.

При необходимости остаточное токсическое действие пестицидов в почве можно продлить, если одновременно с ними вносить ингибиторы микробиологической активности.

Для разложения пестицидов в почве требуется сочетание определенных экологических условий (аэрации, температуры, реакции среды, наличия органического вещества и др.). Нередки случаи, когда необходимо вмешательство человека в естественные процессы очищения почвы. Это достигается в основном путем создания оптимальных условий для микроорганизмов-деструкторов. В особых случаях возможна инокуляция почвы некоторыми их видами. Поиск микроорганизмов-деструкторов ведется давно, их выделяют из природной среды либо конструируют генно-инженерными методами. Технологии ликвидации высокого уровня загрязнения почвы пестицидами в результате различных экстремальных ситуаций с помощью микроорганизмов-деструкторов пока еще не разработаны, но успешные примеры их применения имеются.

Большое и разнообразное влияние на развитие микробов могут оказывать тяжелые металлы. Низкие их дозы часто активизируют жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и интенсивность биологических процессов, а высокие дозы подавляют. Под влиянием загрязнения тяжелыми металлами изменяется структура сообществ микроорганизмов, в частности увеличивается разнообразие грибов, повышается роль видов с выраженным фитотоксическим действием на прорастание семян и развитие растений. Отмеченные изменения наиболее существенно проявляются на мало-гумусных малобуферных почвах.

Из других групп почвенных организмов, играющих важную роль в формировании почвенного плодородия, особого внимания заслуживают дождевые черви. В условиях достаточного увлажнения их вклад в почвообразование соизмерим с деятельностью почвенной микрофлоры. Влияние дождевых червей на продуктивность агроценозов изучено довольно широко. Они составляют наибольшую долю в биомассе почвенного зоонаселения и выделяются среди других видов размерами, продолжительным циклом жизни и активностью. В гумидных районах от тундры до лесостепи 30–90% зоомассы составляют дождевые черви. Численность дождевых червей колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен на 1 м2. Они живут 3–5 лет, а некоторые виды – до 10 лет. При высокой активности они мигрируют глубже многих других почвенных животных, некоторые виды проникают на глубину 1,5–2,0 м. Дождевые черви перемешивают слои почвы, прокладывают много ходов диаметром 3–7 мм, содействующих аэрации почвы, проникновению в нее влаги и корней.

Пропуская сквозь свой кишечник большое количество почвы, измеряемое сотнями тонн на 1 га, дождевые черви ускоряют разложение органических веществ, способствуют размножению микроорганизмов, увеличению количества ферментов, подвижных питательных веществ, в результате существенно возрастает урожайность сельскохозяйственных культур. Однако эффективное использование дождевых червей на практике требует соответствующей экологизации технологий.

Интенсивная обработка почвы, повторное возделывание зерновых, внесение пестицидов обедняют мезофауну почв. Нарушаются или выпадают полностью звенья нормальных пищевых цепей и биохимических циклов. Поэтому, например, в пашне биомасса дождевых червей колеблется в пределах 50–500 кг/га, в то время как на лугах она составляет 1–4 т/га.

Оптимизация севооборотов, минимизация обработки почвы, применение растительной мульчи, органических удобрений, орошение позволяют существенно увеличить численность и активность этих организмов.

В тех районах, где дождевых червей нет, а обитание определенных видов, возможно, практикуется их интродукция. Такой опыт имеется в России, Нидерландах, Австрии и других странах.

Дождевые черви могут быть использованы в качестве тестобъекта для оценки загрязненности почвы определенными токсикантами. Фирмой «Байер», в частности, разработан метод определения токсичности пестицидов с применением некоторых видов дождевых червей. Изменение их численности и состояния живых особей в почвенной пробе, в которую их помещают на определенное время, позволяет достаточно точно судить о степени загрязнения почвы. Во всяком случае, оптимальное состояние червей в почве, как и пчел в агроценозах, в определенной мере можно расценить как признак экологического благополучия.

**Литература**

1. В.И. Кирюшин «Экологические основы земледелия»

2. Учебник «Системы земледелия»