Здравствуйте, уважаемые читатели журнала «Зерно»!

Сотрудники аналитической лаборатории «Агротест» поздравляют всех вас с замечательными и волшебными праздниками – Новым годом и Рождеством Христовым! Желаем вам и вашим близким всего самого наилучшего: любви, счастья, удачи, просто везенья и мирного неба над головой!

Мы постоянно следим за новыми тенденциями в агрохимических исследованиях, и в качестве новогоднего подарка подготовили для вас серию статей о новом направлении в исследовании почвы под общим названием – «Здоровье почвы»!

В этих статьях речь пойдет о почвенных микроорганизмах (почвенные микробы, бактерии, грибы, нематоды и простейшие), об их роли и влиянии на доступность питательных элементов в почве. Исследования, которые легли в основу статей, успешно проводятся на протяжении последних лет на территории США, а также непосредственно в Вард лаборатории (Ward Laboratories, Inc., Ag Testing – Consulting, Kearney, Nebraska, USA)

Биология уплотненных почв

Олег Маслов,
ведущий специалист по анализу почв аналитической лаборатории «Агротест»

Уплотнение почвы

Уплотнение почвы является распространенной и постоянной проблемой для большинства аграриев. Тяжелые сельскохозяйственные машины могут создавать постоянное уплотнение подпочвы. Исследования показали, что уплотнение почвы приводит к:

- ограничению роста корней;
- плохой аэрации корневой зоны;
- плохому дренажу, что уменьшает аэрацию почвы, и к уменьшению кислорода в корневой зоне.

Обработка подпочвы может решить проблемы с уплотнением. Глубокорыхлители обычно работают на глубине 30-45 см, уменьшая уплотнение рыхлением и увеличивая инфильтрацию воды и аэрацию. Рыхление подпочвы, как правило, повышает урожайность, но лишь временно, так как в дальнейшем происходит повторное уплотнение в связи с движением тяжелой техники. Некоторые No-till-поля не требуют рыхления подпочвы, для других подобных полей рыхление увеличивает урожайность, особенно когда движение тяжелой техники происходит постоянно. Если рыхление удаляет уплотнение, то движение техники необходимо контролировать, иначе уплотнение будет образовываться снова.

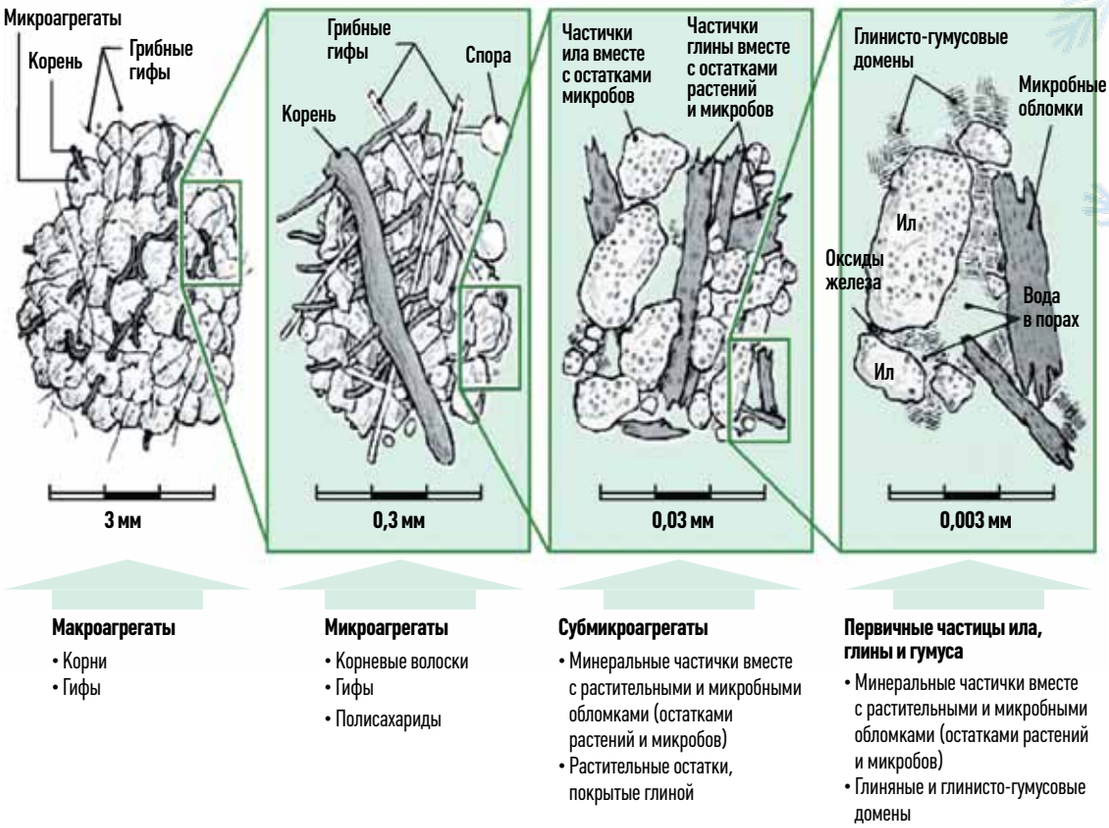
Дополнительное уплотнение почвы может произойти, если она влажная. В супесчаных почвах уплотнение образуется со временем. Два основных фактора, влияющих на ее уплотнение, – это воздействие осадков и сила тяжести. На действие осадков

приходится 70-90% всего повторного уплотнения за счет фильтрации воды через почву и действия силы тяжести. Стоимость топлива, рабочая сила, специальная техника и время работ делают процедуры по уменьшению уплотнения дорогостоящей операцией. Рыхление в сухих условиях требует еще больше топлива.

Низкое содержание органического вещества делает почву более восприимчивой к уплотнению. Органические остатки на поверхности почвы уменьшают последствия ее уплотнения. Поверхностные органические остатки способны сжиматься подобно губке, а затем возвращаться назад к своей нормальной форме. Усиленное движение техники будет разрушать органические остатки, а обработка почвы ускорит разложение органического вещества. Содержание органических остатков в почвенном профиле может быть даже важнее, чем поверхностные органические остатки. Органическое вещество (остатки растений), скрепленное с частицами почвы (глинистые частицы), защищает их от уплотнения. Органическое вещество связывает микро- и макроагрегаты в почве.

За последние сто лет обработка почвы уменьшила содержание органического вещества более чем на 60%. Это означает, что примерно 40% всех запасов органического углерода остаются доступными (доклад международной группы экспертов по изменению климата, 1996, 2004). Органический углерод обеспечивает энергию для почвенных микробов. Это хранилище для питательных веществ, которое способствует их рециркуляции в почве. Гумус является наиболее стабильной формой углерода в почве и связывает микрочастицы грунта вместе в микроагрегаты. Гумус нерастворим в воде, он более устойчив к обработке почвы и разложению, чем активный углерод. Активный углерод (растительные сахариды и полисахариды) потребляется микробами для получения энергии. Его восстанавливают с помощью обработки почвы. Он является частью клея, который связывает микроагрегаты в макроагрегаты. Пористость и аэрация почвы, инфильтрация воды, а также структура почвы увеличивают урожайность при нулевой обработке почвы в системах с постоянным присутствием покровной культуры. Повышение макроагрегатов почвы улучшает ее структуру и снижает объемную плотность, сохраняя частицы почвы от уплотнения.

Модель и иерархия макроагрегатов



Формирование микроагрегатов и макроагрегатов

Микроагрегаты – это частички размером 20-250 мкм, которые состоят из глинистых и илистых микроструктур, частиц органического вещества, остатков растений и грибов. Эти частички достаточно стабильны в размерах. Корни и микробы комбинируются с почвенными микроагрегатами для формирования макроагрегатов. Макроагрегаты в свою очередь комбинируются в основном с грибами, волокнами корней и полисахаридами; они менее устойчивы, чем микроагрегаты. Макроагрегаты по размеру больше, чем 250 мкм и именно они образуют структуру почвы. Уплотненные почвы, как правило, содержат больше микроагрегатов, чем макроагрегатов.

Гломалин (вещество, выполняющее функции клея и склеивающее частички между собой) цементирует микроагрегаты вместе для формирования макроагрегатов и улучшения структуры почвы. В его состав входит гликопротеин (аминокислотный полисахарид), который образуется путем объединения белков от микоризных грибов с сахарами от корней растений. Он защищает агрегаты от действия микроорганизмов, оставляя их неповрежденными.

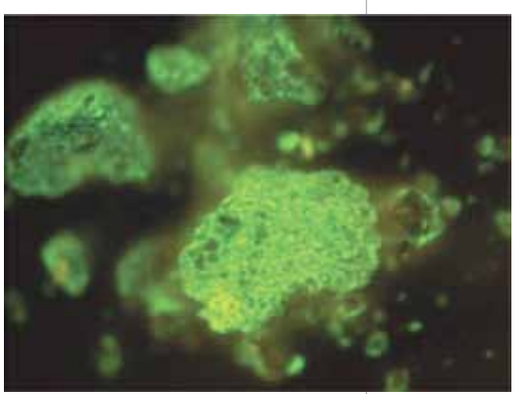
Вклад микоризных грибов в процесс агрегации включает три шага. Во-первых, грибы переплетаются с первичными почвенными частицами, организовывая и объединяя их. Во-вторых, грибы защищают физически глинистые частички и остатки органических соединений, которые образуют микроагрегаты. В-третьих, корни растений и

грибы формируют и склеивают микроагрегаты и некоторые более мелкие макроагрегаты вместе для формирования больших макроагрегатов.
Для того чтобы гломалин (клей) вырабатывался, растения и микоризные грибы должны существовать в почве вместе. Производство гломалина должно быть непрерывно, так как он легко потребляется бактериями и другими микроорганизмами почвы. Бактерии лучше развиваются в распаханных почвах, потому что они более выносливы и по размерам меньше, чем грибы. Грибы живут дольше и нуждаются в более стабильных условиях, чтобы выжить. Они растут лучше при нулевой обработке почвы с постоянным источником углерода и хорошей покровной культурой. Поскольку грибы не так хорошо растут в пропашных почвах, соответственно в них образуется меньше гломалина и макроагрегатов. Меньшее количество макроагрегатов связано с плохой структурой и уплотнением почвы. Таким образом, уплотнение грунта является биологической проблемой, связанной с сокращением производства полисахаридов и гломалина в почве, а также с отсутствием микоризных грибов в почве.

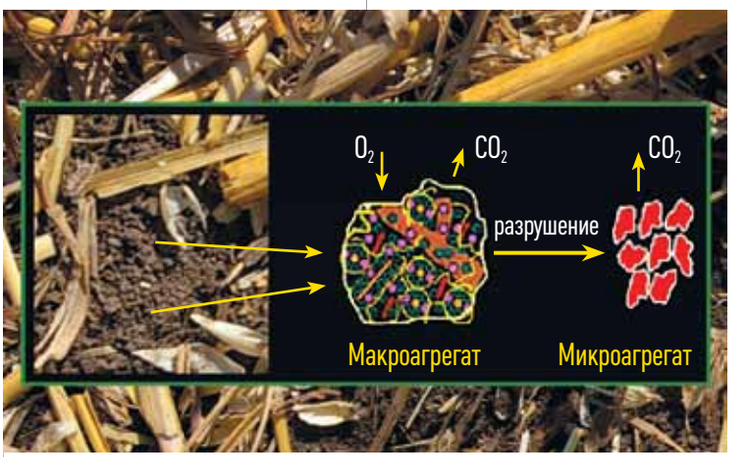
Корни, грибы и полисахариды стабилизируют почвенные макроагрегаты и способствуют образованию хорошей структуры почвы

На производство гломалина напрямую влияет и активность корней. В типичном севообороте кукуруза–соя активные корни присутствуют только треть времени. Добавление покровных культур повышает производство полисахаридов и гломалина, а также увеличивает микоризные популяции грибов в связи со стабильным источником питания.
Поверхностная и подпочвенная обработки могут лишь временно устранить уплотнение грунта. Обработка почвы увеличивает содержание кислорода в почве, при этом уменьшается производство гломалина и аминокислотных полисахаридов за счет снижения выделений корнями растений и микоризными грибами. Соответственно, уплотнение почвы является результатом отсутствия активных корней, а также микоризных грибов, производящих гломалин. В почве с хорошей структурой производство гломалина происходит каждые 5-7 дней, он обволакивает и склеивает почвенные частицы. Разрушенные почвы содержат меньше грибов и больше бактерий, и соответственно больше микроагрегатов, чем макроагрегатов. Тяжелая техника (машины) соединяет микроагрегаты вместе, при этом они могут связываться химически, уплотняя почву. Образование макроагрегатов улучшает структуру почвы, таким образом уплотнение грунта может быть сведено к минимуму. То есть уплотнение почвы имеет биологическую составляющую. Культивация почв и проливные дожди способствуют распаду макроагрегатов, которые образуют структуру почвы. Фермеры, использующие тяжелое дискование или вспашку, разрушают структуру почвы, разбивая макроагрегаты, и тем самым теряют из почвы гломалин, полисахариды и углерод. Более 90% углерода в почве связано с минеральной фракцией (Джастроу и Миллер, 1997). Гломалин и полисахариды потребляются популяциями бактерий, которые размножаются при высоком уровне кислорода в почве и наличии питательных веществ от органического вещества. Как результат, такая почва состоит в основном из микроагрегатов и уплотненных комков. Почвы, состоящие в основном из микроагрегатов, предотвращают инфильтрацию воды в связи с отсутствием макропор в почве; таким образом, вода имеет тенденцию к скоплению на поверхности почвы.
Сельскохозяйственная система, сочетающая в себе непрерывное использование покровных культур с постоянной долгосрочной No-till-технологией, – это система, которая точно имитирует естественную, природную систему и должна сама восстанавливать структуру и продуктивность почвы. Такая система защищает почвенный слой от уплотнения в пяти основных направлениях:

- поверхность почвы действует как губка для лучшего противодействия весу тяжелой техники;
- корни растений создают пустоты и макропоры в почве. Таким образом, воздух и вода могут продвигаться через почву. Корни растений действуют как биологический клапан для регулировки количества кислорода, который поступает в почву. Почва нуждается в кислороде для нормального дыхания корней и поддержки аэробных микробов в ней;
- корни растений являются пищей для микроорганизмов (особенно для грибов) и для представителей почвенной фауны, которые в процессе жизнедеятельности роют почву и таким образом защищают ее от уплотнения;
- органические остатки, образующиеся после распада растений, животных и микроорганизмов, легче и



Почвенные макроагрегаты



Обработка почвы разрушает макроагрегаты, превращая их в микроагрегаты, поглощая кислород и выпуская диоксид углерода

Органические остатки действуют как губка, поглощая воду и питательные вещества, а комья действуют как кирпичи, противодействуя водопоглощению, что делает почву уплотненной и жесткой

имеют меньшую плотность, чем частицы глины, ила и песка. Средняя объемная плотность органического вещества почвы примерно 0,3-0,6 кг/м^3, а средняя плотность почвы – 1,4-1,6 кг/м^3, поэтому добавление органических остатков в почву снижает ее плотность;

- уплотнение почвы уменьшается путем объединения микроагрегатов в макроагрегаты.

Микроагрегатные частицы почвы (глина, ил, частицы органического вещества) удерживаются вместе с помощью гумуса или остатков более старых фракций органического вещества, которые устойчивы к разложению.

Что такое ком?

Многие фермеры жалуются, что их почва комковатая и на ней трудно работать. Если взять мокрую глину из почвы, нагреть ее, а затем высушить, получаются кирпичи и керамическая черепица. Когда фермеры возделывают землю, они выполняют по сути те же процессы: подвергают глину почвы воздействию солнечного света, нагревают ее и сушат, пока она не становится жесткой и не превращается в ком. Обработка почвы окисляет ее и приводит к увеличению микробного разложения органических остатков. Органические остатки удерживают глинистые частицы от химического связывания. Глинистые почвы, которые находятся под защитой органических остатков и бывают влажными, сопротивляются образованию комков, потому что влага и органические остатки физически разделяют частицы глины.

Создание структуры почвы

Создание структуры почвы происходит подобно строительству дома. Мать Природа – это архитектор, а растения и микробы – плотники. Каждый дом должен создаваться с хорошего фундамента: кирпичи (в почве – глина, песок и ил) и цемент (катионы кальция, магния и калия). Когда снаружи дом уже оформлен, деревянные брусья различных размеров, стропила и доски используются для создания внутренних комнат, как корни разного размера в почве. Таким образом, создается структура почвы – пространство, где находятся жители: растения, микробы и различная почвенная фауна.

Стены и полки в доме удерживаются вместе гвоздями различных размеров (гумус) и шурупами (органические остатки на глинистых частицах). Дом имеет фигурные скобки для стабильности (азот и сера) и крышу для контроля температуры и влажности. В почве глубокий слой поверхностных остатков контролирует поступление кислорода и инфильтрацию воды. Крыша защищает дом и регулирует температуру, так же, как и остатки на поверхности почвы сохраняют ее температуру в удобном диапазоне для жителей (микробы и корни растений). Корневые выделения образуют полисахариды и гломалин для изолирования частиц грунта и склеивания макроагрегатов. Если крыша на доме разрушится, то влага и холодный воздух могут попасть в дом, разрушая древесину и растворяя клей. При обработке почвы органические вещества очень быстро разлагаются. При этом образуется большое количество кислорода и влаги, которые разрушают клей (полисахариды и гломалин). Также избыток кислорода в почве вследствие ее обработки стимулирует рост бактерий; они потребляют полисахариды в качестве пищи, разрушая структуру почвы. Таким образом макроагрегаты превращаются в микроагрегаты и почва уплотняется.

Каждый домовладелец знает, что дома нуждаются в регулярном обслуживании. В почве корни и микробы (особенно грибные) являются плотниками, которые, постоянно производя клей (полисахариды и гломалин), удерживают дом вместе. Регулярная обработка действует, как торнадо или ураган, уничтожая структурную целостность дома и убивая его жителей. Обработка почвы окисляет органические вещества в ней, уничтожая корни и активное органическое вещество, в результате чего структура почвы разрушается. Активные корни и макроагрегаты создают пористость почвы для перемещения воздуха и воды через нее. Идеальное значение для пористости – 50-60% от общего объема почвы, а в уплотненных почвах ее пористость может быть уменьшена до 30-40% от общего объема. ⊡