

Фосфор – один из трёх основных химических элементов питания растений

Уровень содержания доступных растениям фосфатов является главным признаком плодородия почв. По мере повышения содержания фосфатов в почве и улучшения фосфорного питания растений возрастают продуктивность агроценозов и их устойчивость в неблагоприятных условиях.

Потребность в фосфоре у растений проявляется с самого начального периода роста - в первые 10-15 дней после появления всходов. Его недостаток в этот период отрицательно сказывается на росте и развитии растений в течение всего вегетационного периода и, в итоге, на урожайности.

Фосфор был открыт в 1669 г. Хеннигом Брандом в Германии, название элемента происходит от латинского слова *phosphorus*, что означает «несущий свет». Бранд назвал этот элемент «холодный огонь», потому что он светится в темноте.

Около 95% фосфатов в земной коре представлено фторапатитом $[Ca_5F(PO_4)_3]$, 5% – фосфатами полуторных оксидов и другими соединениями.

По распространению в метасфере фосфор занимает тринадцатое место. Валовое содержание его в почвах колеблется от 0,1 до 1,0%, но чаще составляет 0,1-0,3%. Ведущим фактором, определяющим запасы фосфора в почве, является его содержание в материнской породе. На долю фосфора приходится 0,08% массы земной коры.

Почвенные фосфаты – это производные фосфорной кислоты, которые необычайно разнообразны, их геохимическая подвижность и агрохимическое значение сильно варьируют. Для почвенных фосфатов характерны низкая растворимость и прочная связь с поверхностью частиц, что обуславливает их низкую концентрацию в почвенном растворе и преимущественном накоплении его в верхних слоях почвы в зоне отмирания главной массы корней.

Биологический цикл фосфора в почвах связан со сложным взаимодействием химических, физических, биохимических и биологических процессов, которые в свою очередь контролируются широким разнообразием естественных и антропогенных факторов окружающей среды.

Фосфор уникален по количеству различных форм его соединений в почве. Соотношение между формами соединений определяет фосфатное питание и уровень плодородия почв.

Фосфор фосфорорганических соединений, особенно в аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ), как переносчик энергии участвует в биосинтезе белков, жиров, крахмала, сахарозы, аспарагина, аминокислот и ряда других важнейших соединений. Без этого не могут идти процессы фотосинтеза и дыхания.

Фосфор участвует в большинстве важнейших физиолого-биохимических процессов жизнедеятельности растений, и своевременное обеспечение их фосфорным питанием – одно из главных условий формирования высоких урожаев.

Органические фосфаты находятся главным образом в составе гумуса, их содержание от 1,78-2,45% в мощных черноземах, до 0,97-1,30% в темно-каштановых почвах. Часть органического фосфора входит в состав фитина, нуклеиновой кислоты, фосфатидов и др.

Минеральные фосфаты находятся в почве в виде солей кальция, железа и алюминия. Фосфаты кальция преобладают в нейтральных и щелочных почвах, а фосфаты железа и алюминия – в кислых почвах. Фосфор значительно снижает вредное влияние алюминия.

Оптимизация фосфорного питания способствует усилению развития корневой системы, вследствие чего улучшается использование влаги и питательных веществ, повышается зимостойкость и ускоряется созревание культур.

В настоящее время пахотные почвы России характеризуются в основном средней обеспеченностью подвижным фосфором. Доля пашни со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора составляет более 57%. Вместе с тем имеются регионы, где преобладают почвы с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора (всего по России 23 млн га, или 23%).

Обеднены подвижным фосфором пахотные почвы всех субъектов Дальневосточного округа, их доля (с низким содержанием фосфора) составляет более 54%.

Почвы северной лесостепи европейской части России беднее фосфором, чем южной зоны. К северу и югу от мощных черноземов относительное количество органических фосфатов в почве уменьшается, а минеральных - возрастает.

По усредненным данным, зерновые культуры при урожае зерна 50-60 ц/га выносят из почвы с побочной продукцией 55-60 кг/га P_2O_5 .

В отличие от азота в природе не существует естественных источников пополнения запасов фосфора в почве, поэтому основной путь оптимизации питания растений фосфором – внесение минеральных и органических удобрений.

Мировой спрос на фосфорные удобрения составил в 2022 г. более 48 млн т д.в., т.е. 24% от всех произведенных.

Россия – крупнейшая страна-экспортер фосфорных удобрений: 18% мирового сырья (более 8,5 млн т).

Лидером по залежам фосфоритов является Марокко (50 млрд. т, или 60% мировых разведанных запасов). Большие запасы имеются в Китае (3,2 млрд. т), Египте (2,8 млрд. т), Алжире (2,2 млрд. т).

Крупнейшее месторождение апатитовых руд в России – Хибинское (Мурманская обл.).

Всего мировые ресурсы фосфоритов оцениваются в 300 млрд. т, поэтому в обозримом будущем их дефицит не предвидится. Однако это невозобновляемый ресурс.

Общей закономерностью в эффективности фосфорных удобрений является уменьшение с севера на юг, но при этом большую роль играет обеспеченность почв подвижными фосфатами. Эта закономерность не прослеживается только в условиях наличия кислых почв.

По мере снижения кислотности почвы все большая часть фосфатов алюминия и других полуторных оксидов осаждается в виде гидроксида с выделением фосфат-ионов в почвенный раствор, т. е. происходит мобилизация фосфатов почв. При известковании почвы вследствие взаимодействия извести с фосфатами железа и алюминия образуются рыхлосвязанные фосфаты кальция, более подвижные и более доступные для растений. В результате усиливается потребление растениями фосфора и повышается продуктивность сельскохозяйственных культур.

По данным ВНИИ агрохимии, потребность в минеральных удобрениях в России для производства 120 млн т зерна составляет 8,5 млн т д.в., в том числе фосфорных около 1,2 млн т, без учета поступления с органическими удобрениями.

Для сохранения положительного баланса питательных веществ часть элементов питания должна поступить от внесения органических удобрений.

Эффективным агрохимическим приемом на почвах с кислой реакцией среды и одновременно низким и очень низким содержанием подвижного фосфора является фосфоритование. Таких почв в России более 5,0 млн га в Красноярском, Приморском краях, Пермской, Амурской, Курганской, Тюменской, Кировской областях и др.

Удовлетворение потребности сельского хозяйства в фосфорсодержащих удобрениях позволит сохранить плодородие почв и обеспечить продовольственную безопасность России.

**Гл. редактор журнала «Плодородие»
академик РАН**



Сычев В.Г.