ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ. АНТАГОНИЗМ И СИНЕРГИЗМ

Сбалансированность химического состава живых организмов - основное условие их нормального роста и развития. Взаимодействие химических элементов имеет такое же значение для физиологии растений, как явления дефицита и токсичности. Взаимодействие между химическими элементами может быть антагонистическим или синергическим, и его несбалансированные реакции могут служить причиной химических стрессов у растений.

Антагонизм возникает, когда совместное физиологическое действие одного или более элементов меньше суммы действия элементов, взятых по отдельности, а синергизм - когда совместное действие больше. Такие взаимодействия можно связать со способностью одного элемента ингибировать или стимулировать поглощение других элементов растениями. Все эти реакции весьма переменчивы. Они могут происходить внутри клеток, на поверхности мембран, а также в среде, окружающей корни растений. Процессы взаимодействия контролируются многими факторами, и их механизмы еще плохо изучены, хотя некоторые данные все же имеются.

Взаимодействия между макро- и микроэлементами, сведенные в табл. 1, ясно показывают, что Са, Р и Mg - главные антагонистические элементы в отношении поглощения и метаболизма многих микроэлементов. *Однако и для антагонистических пар элементов наблюдались иногда синергические эффекты, что связано, вероятно, со специфическими реакциями у отдельных генотипов или видов растений.*

Таблица 1. Взаимодействие между макро- и микроэлементами в растениях

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Макроэлемент | Антагонизм с микроэлементами | Синергизм |
| Ca | Al, B, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Ca, F, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn  | Cu, Mn, Zn |
| Mg | Al, Be, Ba, Cr, Mn, F, Zn, N, Co, Cu, Fe | Al, Zn |
| P | Al, As, B, Be, Cd, Cr, Cu, F, He, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Si, Sr, Zn | Al, B, Cu, F, Fe, Mo, Mn, Zn |
| K | Al, B, Hg, Cd, Cr, F, Mo, Mn, Rb | - |
| S | As, Ba, Fe, Mo, Pb, Se | F, Fe |
| N | B, F, Cu | B, Cu, Fe, Mo |
| Cl | Br, J | - |

Антагонистические эффекты чаще всего реализуются двумя путями: макрокомпонент может ингибировать поглощение микроэлемента, или, наоборот, микроэлемент ингибирует поглощение макрокомпонента. Эти реакции наблюдаются особенно часто для фосфатов, но были обнаружены также для других макрокомпонентов питания, потребление и метаболическая активность которых ингибировались рядом микроэлементов.

Для практического применения наиболее важно антагонистическое действие Са и Р на такие опасные для здоровья человека тяжелые металлы, как Be, Cd, Pb и Ni. Примечательно, что, хотя антагонистическое действие Р и Са на многие микрокатионы и микроанионы часто рассматривается в литературе, об антагонистическом воздействии Mg на микроэлементы имеются только случайные работы.

Взаимодействия между микроэлементами, наблюдающиеся в самих растениях, также показывают, насколько сложны эти процессы, так как они могут быть то антагонистическими, то синергическими. Иногда они проявляются в метаболизме более чем двух элементов. Наибольшее число антагонистических реакций наблюдалось для Fe, Mn, Cu, и Zn, которые, очевидно, являются ключевыми элементами в физиологии растений. Функции этих микроэлементов связаны с процессами поглощения и с энзиматическими реакциями. Среди остальных микроэлементов в антагонистических отношениях к этой четверке часто оказываются Сr, Мо и Se. ***Синергическое взаимодействие между микроэлементами обычно не наблюдается.*** ***Синергизм Cd с такими микроэлементами, как Pb, Fe и Ni, может быть артефактом, возникающим вследствие разрушения физиологических барьеров под действием стресса, вызванного избыточными концентрациями тяжелых металлов.*** Кроме того, некоторые реакции, происходящие в среде, окружающей корни, и влияющие на потребление микроэлементов корнями, по-видимому, не связаны непосредственно с метаболическими взаимодействиями, однако эти два типа реакций нелегко различить.

ИСТОЧНИК: Kabata-Pendias, Alina. Trace elements in soils and plants / Alina Kabata-Pendias. -- 4th ed. – 2010.; Кабата-Пендиас А., Пендиас X. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 439 с,