والطميية. (٣) يضاف أقل كمية من السماد الآزوتى والفوسفاتى قبل الزراعة فى الأراضى الرملية.

عدد المرات: F: عدة مرات ويزداد العدد مع كثرة الأمطار. I: قليلة العدد وقد تكون مرة واحدة إذا كانت الإضافة فى حزام. S: التسميد مرة واحدة فى حزام.

ب- الرى:

الكميات: حُدِّدت الكميات بالسنتيمتر بما يكفى لوصول الرطوبة إلى السعة الحقلية حتى عمق ٢٢,٥سم.

عدد المرات: VF: عديدة جدًّا؛ MF: متوسطة؛ I: قليلة. ويتباين عدد المرات بتباين المناخ ونوع النبات ودرجة تعمق الجذور.

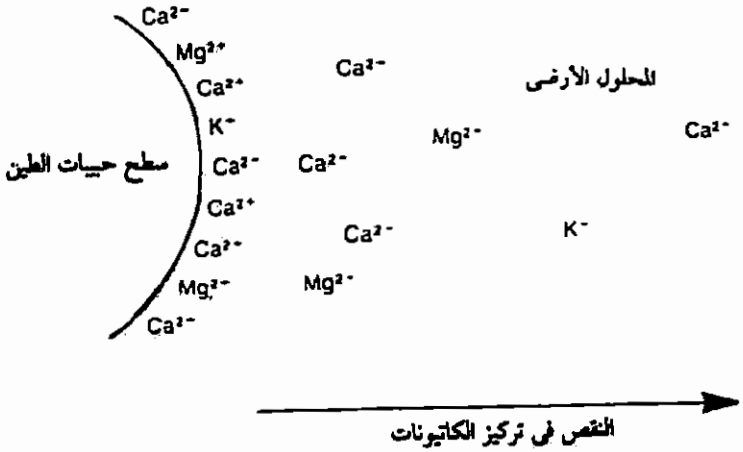
نظام الرى: D: تنقيط؛ O: الرش؛ F: الغمر عبر الخطوط، (٤) كل طرق الرى ممكنة فى الأراضى الرملية إذا كانت إضافة الماء ببطء.

تيسر العناصر وعلاقته بالرقم الأيدروجينى للتربة

يتوقف تيسر العناصر المغذية للنبات فى التربة على كل من سعتها التبادلية الكاتيونية وعلى رقمها الأيدروجينى؛ فمعادن الطين تتباين كثيرًا فى سعتها التبادلية الكاتيونية، بينما يتفوق الدبال عليها جميعًا، حيث تصل سعته التبادلية الكاتيونية إلى ٢٠٠، فى الوقت الذى لا يوجد للرمل أى سعة تبادلية كاتيونية. أما الرقم الأيدروجينى فإنه يؤثر بشدة على تيسر العناصر فيها، حيث يُثبت عديد من العناصر (مثل الفوسفور والحديد والمنجنيز والزنك والنحاس) فى التربة عالية القلوية، بينما تتيسر بعض العناصر (مثل الألومنيوم والحديد والزنك) إلى درجة السمية فى الأراضى عالية الحامضية.

التبادل الكاتيونى

عندما تكون الكاتيونات المدمصة على سطح غرويات التربة فى حالة توازن مع المحلول الأرضى فإن تركيز الكاتيونات يقل تدريجيًّا كلما ابتعدنا عن سطح غرويات التربة، إلى أن نصل إلى المحلول الحر، الذى يكون مستقلاً عن تأثير الشحنة السالبة لغرويات التربة. ويبين شكل (١٠-١) السلوك العام للكاتيونات فى مثل هذه الحالات.



شكل (١٠-١): سلوك الكاتيونات فى التربة (عن Archer ١٩٨٥).

وفى هذا النظام يوجد — دومًا — تبادل بين الكاتيونات الحرة فى المحلول الأرضى والكاتيونات التى تقع تحت تأثير الشحنة السالبة لسطح غرويات التربة ولكن غير مدمصة عليها، وهى التى تعرف بالكاتيونات المتبادلة Exchangeable Cations. ولحدوث التوازن فى التبادل الكاتيونى، فإن توزيع الكاتيونات يقل تدريجيًا من المحلول الأرضى الحر باتجاه سطح غرويات التربة.

ويمكن لأى كاتيون أن يحل محل أى كاتيون آخر من المحلول الأرضى الحر. فمثلاً.. يمكن لأيون كالسيوم Ca^{++} أن يحل محله أيونان من البوتاسيوم K^{+}. ويتوقف مدى التبادل الذى يمكن حدوثه على قوة ادمصاص الكاتيون المدمص. ويتوقف ذلك على صفات الكاتيون ذاته وطبيعة غرويات التربة. وعندما يزيد تركيز كاتيون ما فى التربة بالتسميد فإنه يميل إلى التبادل مع الكاتيونات المدمصة بالفعل إلى حين الوصول إلى توازن جديد. ويلاحظ فى الأراضى الحامضية أن أيون الأيدروجين يحل محل بعض الكاتيونات الأخرى.

وتتوقف كفاءة الكاتيون فى أن يحل محل الكاتيونات الأخرى على العوامل التالية:

١- التركيز النسبى للكاتيون فى المحلول الأرضى، ويخضع ذلك لقانون فعل الكتلة mass action.

٢- عدد شحنات الكاتيون، فتزداد الكفاءة مع زيادة عدد الشحنات.

٣- سرعة تحرك الكاتيون أو درجة نشاطه، ويتوقف ذلك على حجم الكاتيون، فكلما كان حجمه صغيرًا، ازدادت كفاءته؛ فتكون الكفاءة أعلى ما يمكن فى الليثيوم Li^+، وأقل فى الصوديوم Na^+، ثم البوتاسيوم K^+، ثم الروبيديم Rb^+، لأن الحجم يزداد حسب الترتيب السابق، لكن يجب أن تؤخذ درجة التشبع المائى Hydration فى الحسبان. فأيون الليثيوم يرتبط به عديد من جزيئات الماء؛ مما يقلل من سرعته ونشاطه بشدة، ولا يستطيع الاقتراب من غرويات التربة بسبب جزيئات الماء المحيطة به، كما يزيد التشبع المائى فى الصوديوم عنه فى البوتاسيوم. وعلى ذلك.. نجد أن الكاتيونات السابقة يعاد ترتيبها هكذا حسب كفاءتها فى الإحلال محل بعضها البعض: Rb^+، ثم K^+، ثم Na^+، ثم Li^+. وإذا ما أُخذت الكاتيونات المختلفة فى الحسبان، فإنه يمكن ترتيبها تنازليًا حسب مقدرتها على الإحلال محل بعضها البعض على سطح غرويات التربة كالتالى:

أيدروجين H^+ ← باريم Ba^+ ← كالسيوم Ca^{++} ← مغنيسيوم Mg^{++} ←

روبيدوم Rb^+ ← بوتاسيوم K^+ ← أمونيا NH_4^+ ← صوديوم Na^+ ← ليثيوم Li^+.

السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين

تتباين السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين، كما يلى:

مجموعة معدن الطين	السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) (cmol (+)/kg)
الكاولينيت kaolinites	٣ — ٢٠
الإليت Illites	١٠ — ٤٠
السمكتيت Semectites	٨٠ — ١٢٠
الفيرميكيوليت Vermiculites	١٠٠ — ١٥٠

وعلى الرغم من أن الشحنات على سطح حبيبات الطين سالبة، فإن الـ CEC تقدر بعدد مولات الكاتيونات (الموجبة الشحنة) المدمصة عليها (White ١٩٩٧).

خفض pH الأراضى القلوية

يستخدم عدد من المواد لإصلاح الأراضى المرتفعة القلوية، ويعتبر الكبريت الزراعى أهم هذه المواد.

يوضح جدول (١٠-٥) الكمية التى تلزم إضافتها من الكبريت لإحداث التعديل المطلوب فى الـ pH فى الأنواع المختلفة من الأراضى.. ويلاحظ من الجدول أن الكميات المضافة من الكبريت تزداد مع زيادة نسبة الطين، ومع ازدياد التغيير المطلوب فى pH التربة.

جدول (١٠-٥): كمية الكبريت التى تلزم إضافتها فى الأنواع المختلفة من الأراضى لإحداث التعديل المطلوب فى pH التربة.

التعديل المطلوب فى pH التربة حتى	الكمية التى تلزم إضافتها بالكيلوجرام للفدان فى الأراضى		
عمق الحرث	الرملية	الطمية	الطينية
٦,٥ — ٨,٥	١٠٠٠	١٢٥٠	١٥٠٠
٦,٥ — ٨,٠	٦٠٠	٧٥٠	١٠٠٠
٦,٥ — ٧,٥	٢٥٠	٤٠٠	٥٠٠
٦,٥ — ٧,٠	٥٠	٧٥	١٥٠

تتراوح نقاوة الكبريت الزراعى — عادة — بين ٥٠٪ و٩٩٪، وتتوقف كفاءته فى خفض pH التربة على مستوى نقاوته ومدى نعومة حبيباته؛ فكلما صَغُرت حبيباته كانت أكثر تأكسدًا فى التربة.

ويوفر الكبريتُ الكالسيومَ بصورة غير مباشرة من خلال تفاعلين يَحْدُثان فى التربة: ففى البداية يتأكسد الكبريت إلى حامض كبريتيك، ثم يتفاعل الحامض المتكون مع كربونات الكالسيوم التى توجد فى التربة ليتكون الجبس.

ويحدث تأكسد الكبريت إلى حامض الكبريتيك بواسطة بكتيريا التربة، وهى عملية بطيئة تتطلب تربة دافئة، ورطبة، وجيدة التهوية؛ ولذا.. فإن إضافة الكبريت للتربة خلال فصل الشتاء ربما لا تأتى بأية نتائج قبل فصل الربيع التالى.

ويضاف الكبريت نثرًا إلى التربة (الكبريت لا يذوب فى الماء ولا تجوز إضافته مع ماء الرى)، ثم يُقلب فيها إلى العمق المطلوب، ثم يروى الحقل جيدًا (عن Branson & Fierman ١٩٨٠)؛ ليمكن التخلص من كبريتات الكالسيوم المتكونة بالصرف.

أما الجبس الزراعى فإن الكميات التى تستخدم منه تتحدد بمقدار الصوديوم المتبادل كما هو مبين فى جدول (١٠-٦).

جدول (١٠-٦): كمية الجبس الزراعى اللازمة للفدان لتعديل الـ pH فى الـ ١٥ سم السطحية من التربة، مقدرة على أساس مقدار الصوديوم المتبادل بها.

الصوديوم المتبادل (ملى مكافئ/١٠٠ جم تربة)	كمية الجبس الزراعى اللازمة (طن/فدان)
١	٠,٩
٢	١,٧
٣	٢,٦
٤	٣,٤
٥	٤,٣
٦	٥,٢
٧	٦,٠
٨	٦,٩
٩	٧,٧
١٠	٨,٦

ويلاحظ أن نسبة النقاوة تتراوح فى الجبس التجارى — عادة — بين ٢٠٪ و٧٠٪. ونظرًا لأن تكلفة نقل الطن الواحد من الجبس وإضافته إلى التربة تكون ثابتة أيا كانت درجة نقاوته؛ لذا.. يفضل استعمال الجبس ذى النقاوة العالية.

ويتعين عند الرغبة فى إصلاح الأراضى القلوية بإضافة الجبس إليها أن يكون المحلول الجبسى مركزًا ليكون الإصلاح أسرع؛ ولذا.. يفضل عندما تكون الأرض شديدة القلوية

إضافة كمية الجبس المقررة مرة واحدة؛ لتسهيل عملية نفاذ الماء خلال التربة، ولإسراع عملية إصلاح الكالسيوم محل الصوديوم، لكن يفضل البعض — وخاصة فى الأراضى الأقل قلوية — إضافة الجبس على فترات ليبقى تركيزه مرتفعًا فى التربة لأطول فترة ممكنة.

ويراعى دائمًا قلب الجبس فى الأرض، مع إضافة ماء الرى باستمرار؛ ليكون إصلاح التربة لأكبر عمق ممكن. ويضاف ماء الرى — عادة — بمعدل ٣٠ فدانًا — سم لكل طن من الجبس الزراعى المستخدم.

وتجدر الإشارة إلى أن كميات الكبريت والجبس اللازمة لإصلاح الأراضى القلوية والمبينة فى جدول (١٠-٥)، و(١٠-٦) هى كميات تقريبية، وتتوقف الكمية الفعلية التى يتعين إضافتها على العوامل التالية:

١- السعة التبادلية الكاتيونية لغرويات التربة.

٢- نسبة الصوديوم المتبادل منسوبًا إلى مجموع الكاتيونات الأخرى.

٣- مدى الخفض المطلوب الوصول إليه فى نسبة الصوديوم المتبادل إلى مجموع الكاتيونات الأخرى.

٤- العمق المطلوب الوصول إليه فى عملية إصلاح التربة.

٥- نسبة نقاوة الجبس.

رفع pH الأراضى الحامضية

ليس من المنطقى الحديث عن رفع pH الأراضى الحامضية وأراضينا كلها قلوية، ولكنّا نوجز هذا الأمر؛ بهدف استكمال صورة موضوع حموضة التربة وقلويتها فى ذهن القارئ.

يُستخدم فى رفع pH التربة عدد من المركبات؛ أهمها كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى Iimiestone). ويوضح جدول (١٠-٧) الكميات التى تجب إضافتها من الحجر الجيرى فى الأنواع المختلفة من الأراضى لإحداث التعديل المطلوب فى pH التربة.

جدول (١٠-٧): كميات الحجر الجيرى التى تلزم إضافتها للأنواع المختلفة من الأراضى لإحداث التعديل المطلوب فى pH التربة.

التعديل المطلوب فى pH التربة حتى عمق الحرث	عدد كيلوجرامات الحجر الجيرى اللازمة للفدان فى الأراضى					
	الرملية sandy	الرملية الطمية sandy loam	الطمية loam	السلتية الطمية silt loam	الطينية الطمية clay loam	الملك muck (العضوية)
٦,٥٠ -٤,٠	١٣٠٠	٢٥٠٠	٣٥٠٠	٤٢٠٠	٥٠٠٠	٩٥٠٠
٦,٥٠-٤,٥	١١٠٠	٢١٠٠	٢٩٠٠	٣٥٠٠	٤٢٠٠	٨١٠٠
٦,٥٠ -٥,٠	٩٠٠	١٧٠٠	٢٣٠٠	٢٨٠٠	٣٣٠٠	٦٣٠٠
٦,٥٠ -٥,٥	٦٠٠	١٣٠٠	١٧٠٠	٢٠٠٠	٢٣٠٠	٤٣٠٠
٦,٥٠ -٦,٠	٣٠٠	٧٠٠	٩٠٠	١١٠٠	١٢٠٠	٢٢٠٠

وترجع مشاكل الأراضى الشديدة الحامضية إلى فقرها فى عناصر الفوسفور، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والموليبدنم التى تثبت فيها، وزيادة تركيز عنصرى الألومنيوم والمنجنيز بها إلى درجة السميّة.

ومن أهم المحاصيل التى يمكنها النمو فى الأراضى الحامضية: الأناناس، والشاى، والبن، والأرز، والكاسافا، واللوبيا، والفول السودانى. ومن المحاصيل الحساسة لها الذرة، والذرة الرفيعة، والقطن.

زيادة تيسر العناصر فى الأراضى الحامضية

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطًا مباشرًا بانخفاض الرقم الأيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألومنيوم (الذى لا يعد من العناصر المغذية الضرورية للنبات)، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذى يحد من قدرة النباتات على النمو فى تلك الأراضى. ويصبح تركيز الألومنيوم والعناصر الأخرى سامًّا للنباتات فى pH من ٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهى أن هذه المشكلة لا توجد فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة التى يرتفع فيها رقم pH التربة كثيرًا عن نقطة التعادل؛ الأمر الذى يؤدى إلى تثبيت؛ ومن

ثم.. ظهور مشكلة أخرى هى نقص بعض العناصر المغذية، والتى من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

مشاكل الزراعة فى الأراضى الحامضية

يؤدى انخفاض pH التربة فى الأراضى المعدنية إلى سرعة تيسر ما يتواجد فيها من ألومنيوم؛ مما يؤدى إلى تنظيم الـ pH عند حوالى ٤,٠. وبالمقارنة.. فإن الأراضى العضوية لا يحدث فيها مثل هذا التنظيم بالألومنيوم (لعدم وفرته فيها)، ويمكن أن ينخفض فيها الـ pH عن ٤,٠.

يتوفر الألومنيوم الذى ينطلق من الأراضى المعدنية الحامضية فى ثلاث صور، هى: $Al(OH)_2^+$، و$Al(OH)^{2+}$، و$Al(H_2O)^{3+}$، ويرمز للصورة الأخيرة — عادة — بـ Al^{3+}. ومع غالبية المحاصيل الزراعية يؤدى تواجد الألومنيوم بتركيزات ميكرومولية إلى سرعة تثبيط النمو الجذرى. وبينما تكون الصورة Al^{3+} أكثر الصور سمية للقمح، فإن الصورتين $Al(OH)_2^+$، و$Al(OH)^{2+}$ تعدان أكثر سمية بالنسبة لذوات الفلقتين.

تعد الصورة الأيونية للألومنيوم هى السامة للنباتات؛ فهى تثبط استطالة الجذور بإتلافها لتركيب خلايا القمة النامية الجذرية؛ ومن ثم فهى تؤثر فى امتصاص الجذور للماء والعناصر؛ مما يؤثر سلبًا — بشدة — على نمو وتطور النباتات. كذلك يثبت الفوسفور بسهولة بمعادن التربة التى تكثر فى الأراضى الحامضية، بما فى ذلك أكاسيد الحديد والكاولينيت kaolinte؛ ومن ثم يصبح غير ميسر لامتصاص الجذور. يتبين مما تقدم بيانه أن سمية الألومنيوم والمنجنيز والحديد ونقص الفوسفور هى أهم العوامل التى تحد من النمو النباتى فى الأراضى الحامضية.

وفى بعض الأراضى المعدنية الحامضية تكون سمية المنجنيز أكثر أهمية عن سمية الألومنيوم فى الحد من إنتاجية المحاصيل الزراعية. كذلك تعانى النباتات فى الأراضى الحامضية من نقص عناصر الفوسفور والنيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. كما

تشكل الأراضى الحامضية مشكلة إضافية بالنسبة للبقوليات بسبب حساسية بكتيريا الرايزوبيم الجذرية للحموضة. وبينما يسود أيون الأيدروجين فى الأراضى العضوية الحامضية، فإنه لا يعرف على وجه الدقة كيفية تعامل النباتات مع التركيزات العالية منه. ويبدو أن تحمل أيونًا الألومنيوم والأيدروجين يتحكم فيه آليات مختلفة (Samac & Tesfaye ٢٠٠٣).

وتؤدى إضافة مواد قلوية للتربة الحامضية مثل الجير (كربونات الكالسيوم أساسًا) إلى رفع pH التربة؛ مما يلغى سمية الألومنيوم، كما يؤدى التسميد بالفوسفور إلى توفره دونما تثبيت. هذا إلا أن للتربة قدرة تنظيمية هائلة؛ مما يحد من تأثير أية إضافات للتربة ويجعلها غير مستدامة. كذلك فإن تأثير الإضافات لا يصل إلى الطبقة تحت السطحية من التربة التى تنمو إليها الجذور المتعمقة (Zheng ٢٠١٠).

ولقد وجد أن للتسميد العضوى الجيد تأثير مؤقت فى تخفيف حدة التسمم بالألومنيوم؛ ذلك لأن الدبال والأحماض العضوية تكوّن معقدات مع الألومنيوم فى المحلول الأرضى؛ مما يفقده سميته. كما أن التسميد العضوى يُحدث ارتفاعًا مؤقتًا فى pH التربة؛ بسبب تكوين الأحماض العضوية لمعقدات مع البروتونات protons واستهلاك تلك البروتونات فى عملية الـ decarboxylation للأحماض العضوية (Samac & Tesfaye ٢٠٠٣).

آليات سمية الألومنيوم

يمكن إيجاز آليات سمية الألومنيوم للنباتات فيما يلى:

١- عند انخفاض pH التربة إلى أقل من ٥,٠ يصبح الألومنيوم ذائبًا فى محلول التربة ومتواجدًا فى صورة أيونية.

٢- فى خلال دقائق يؤثر الألومنيوم بتثبيط النمو الجذرى والإضرار به؛ مما يحد من امتصاص الماء والعناصر.

٣- يبدأ هذا التأثير بمنع الألومنيوم لزيادة خلايا الجذر فى الحجم ومنع استطالتها، ويلى ذلك منع انقسامها كذلك.

٤-تكون القمة النامية الجذرية هى الموقع الذى تحدث فيه سمية الألومنيوم.

٥-يحدث تأثير الألومنيوم فى كل من الجدر الخلوية، والأغشية البروتوبلازمية والسيتوبلازمية والنواة.

٦-على الرغم من تواجد معظم الألومنيوم فى الجدر الخلوية، فإن جانبًا صغيرًا منه سريعًا ما يصل إلى السيتوبلازم ويتفاعل مع مواقع معينة منه.

٧-يُعطل الألومنيوم ديناميكية عمل عضيات السيتوبلازم، ويتفاعل مع الـ microtubules وغيرها من العضيات.

٨-يتفاعل الألومنيوم مع إشارات بداية مسارات أيضية معينة، وخاصة ما يعرف باسم Ca^{2+} homeostasis and signaling.

٩-يثير الألومنيوم تخليق العناصر المؤكسدة ROS، وأضرار الأكسدة بالأغشية البلازمية، والاختلال الوظيفى للميتوكوندريات (Kochian وآخرون ٢٠٠٤).

وتبدأ سمية الألومنيوم بما يحدثه من عدم ثبات للأغشية البلازمية. يكون الألومنيوم معقدات مع كثير من الجزيئات الحيوية، وخاصة الأحماض الكربوكسيلية، مثل حامض الستريك، كذلك فإن الهلام النباتى mucilage ربما يقلل من امتصاص الجذور للألومنيوم. وترجع معظم العيوب الفسيولوجية التى تحدثها سمية الألومنيوم إلى اتحاده مع البروتينات، وما يترتب على ذلك من تغيرات فى بنية وشكل جزيئاتها، ولعل أبرزها التغيرات التى يحدثها الألومنيوم فى بنية وشكل الـ calmodulin.

تؤدى سمية الألومنيوم إلى تقليل النمو الجذرى، وتغير لونه، ومنع تكوين التفرعات الجذرية. وعمومًا.. تكون البادرات أكثر حساسية لزيادة الألومنيوم عن النباتات الأكبر سنًّا. كذلك تستحث سمية الألومنيوم نقصًا فى كل من الفوسفور والكالسيوم والحديد، وقد تظهر أعراض نقصها.

آليات تحمل الألومنيوم

إن من أهم آليات تحمل الألومنيوم فى النباتات، ما يلى:

أولاً: آليات تحد من وصول الألومنيوم لسيتوبلازم الخلايا.

١- إفراز الجذور لأحماض عضوية.

٢- وقف حركة الألومنيوم عند الجدار الخلوى.

٣- إفراز أيون الفوسفات.

٤- التدفق النشط للألومنيوم عبر الغشاء البلازمى.

٥- إفراز هُلام جذرى.

٦- استبعاد الألومنيوم بتغيير pH المحيط الجذرى.

٧- النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمى.

ثانيًا: آليات تحمل الألومنيوم داخليًا:

١- وجود بروتينات يرتبط بها الألومنيوم.

٢- تحديد تواجد الألومنيوم فى الفجوات العصارية.

٣- انطلاق إنزيمات متحملة للألومنيوم.

٤- زيادة نشاط الإنزيمات (Hede وآخرون ٢٠٠١).

وباختصار.. فإنه تُعرف وسيلتان تتحمل بهما النباتات التركيزات العالية من الألومنيوم، وذلك من خلال مجموعتين من الآليات، هما: آليات استبعاد الألومنيوم من الوصول إلى القمة الجذرية النامية، وآليات تحمل النبات لتراكم الألومنيوم فى سيتوبلازم الجذور والنموات الخضرية (Kochian ١٩٩٥).

ولمزيد من التفاصيل .. فإن النباتات المقاومة تتجنب أضرار زيادة تركيز العنصر وسميته بواحدة أو أكثر من الآليات التالية:

١-رفع pH التربة فى المحيط الجذرى؛ مما يقلل من درجة ذوبان الألومنيوم وامتصاصه، وتعرف تلك الآلية فى التراكيب الوراثية المقاومة للألومنيوم فى كل من القمح والشعير والأرز والبسلة والذرة.

٢-فى بعض الحالات يُمنع الألومنيوم من دخول الجذر كما فى صنف القمح Atlas-66. وربما يكون مرد ذلك إلى خصائص معينة فى الأغشية البلازمية بالجذور، أو إلى حدوث تفاعل بين الألومنيوم والمواد الهلامية أو الأغشية الخلوية.

٣-قد يُحدِّد تواجد الألومنيوم فى حجيرات خاصة بخلايا الجذر؛ وبذا.. لا يصل العنصر إلى النموات الخضرية؛ الأمر الذى يحدث فى التراكيب الوراثية المقاومة للألومنيوم من كل من الراى والترتيكيل والبرسيم الحجازى. وربما يرجع ذلك إلى خلب الألومنيوم فى الجذور بالأحماض العضوية.

٤-قد تتراكم تركيزات عالية من الألومنيوم فى الأوراق المسنة، بينما تحتوى الأوراق الحديثة من نفس النباتات على تركيزات أقل من العنصر، وذلك كما فى نبات الشاى المقاوم للألومنيوم.

٥-يتراكم فى النباتات النامية - المقاومة للألومنيوم - من بعض النباتات تركيزات من العنصر، ويبدو أن ذلك يحدث بحجز العنصر فيما بين الخلايا.

٦-فى كثير من الأحيان قد تتضمن المقاومة للألومنيوم جوانب تغذية معينة، مثل تحمل التراكيزات العالية من الأمونيوم فى الأراضى الشديدة الحامضية كما فى قصب السكر والبلوبرى، والقدرة على استعمال النترات فى وجود تركيزات عالية من الأمونيوم كما فى القمح، والمقاومة لنقص الكالسيوم كما فى فول الصويا والقمح والشعير بسبب زيادة القدرة على امتصاص الكالسيوم، والمقاومة لنقص الفوسفور كما فى القمح والذرة والطماطم بسبب زيادة القدرة على امتصاص الفوسفور أو تحمل المستويات المنخفضة من العنصر (Singh ١٩٩٣).