Advanced Soil Fertility and Fertilization Master

خصوبة التربة والتسميد المتقدم

Second Semester

2022-2023

Lecture 9

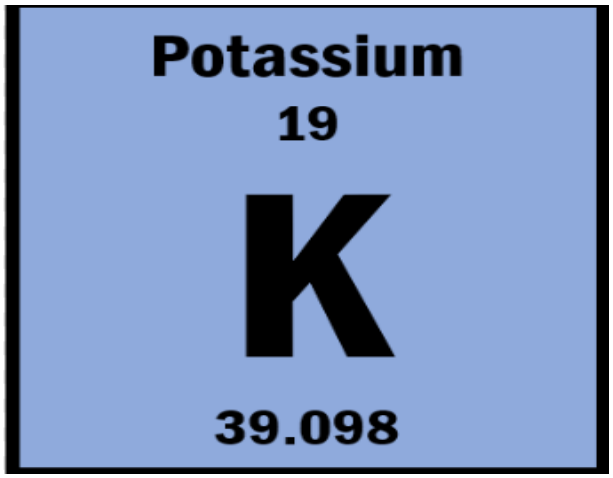
المحاضرة التاسعة

أ.د.هيفاء جاسم حسين

قسم علوم التربة والموارد المائية

كلية الزراعة /جامعة البصرة

E-mail:hayfaa.hussein@uobasrah.edu.iq



البوتاسيوم Potassium

البوتاسيوم هو عنصر كيميائي رمزه الكيميائي K (من الكلمة اللاتينية Kalium)عدده الذري 19 ووزنه الذري 39 .

تم اكتشافه عام 1807 م

مقدمة

البوتاسيوم (K) هو سابع أكثر العناصر وفرة ويشكل (~٢,٥%)من القشرة الأرض ويمتص بشكل عام بواسطة النباتات بكميات أكبر من المغذيات الاخرى باستثناء النيتروجين N. يتراوح إجمالي محتوى التربة من K بين 0.05 الى 3%في المائة وهو أقل في التربة الخشنة النسجة المكونة من الحجر الرملي Sandstoneأو

الكوارتز وأعلى في التربة الناعمة النسجة التي تتكون من مواد الأصل الحاوية على البوتاسيوم . على الرغم من أن محتوى التربة الكلي من البوتاسيوم عالي والذي يتجاوز امتصاص المحاصيل أثناء موسم النمو، الا انه لا يتوفر سوى جزء قليل منه للنباتات الترب الشديدة التجوية تكون عالية الرشح وعموما منخفضة المحتوى من البوتاسيوم . في ترب المناطق الاستوائية ، المحتوى او التركيز الكلي من البوتاسيوم منخفضا بسبب عمليات التجوية بواسطة الامطار وارتفاع درجات الحرارة ؛ وبالتالي فإن نقص البوتاسيوم Kفي كثير من الأحيان بعد بضع سنوات من زراعة التربة الاستوائية البكر . وعلى العكس الترب المتوسطة التجوية تكون ذات محتوى عالي من البوتاسيوم بسبب قلة سقوط الامطار

صور ومحتوى البوتاسيوم في الترب

يوجد البوتاسيوم في اربع صور

المعدني Mineral(5000 الى 25000 جزء في المليون) (0.5– 2.5 %)

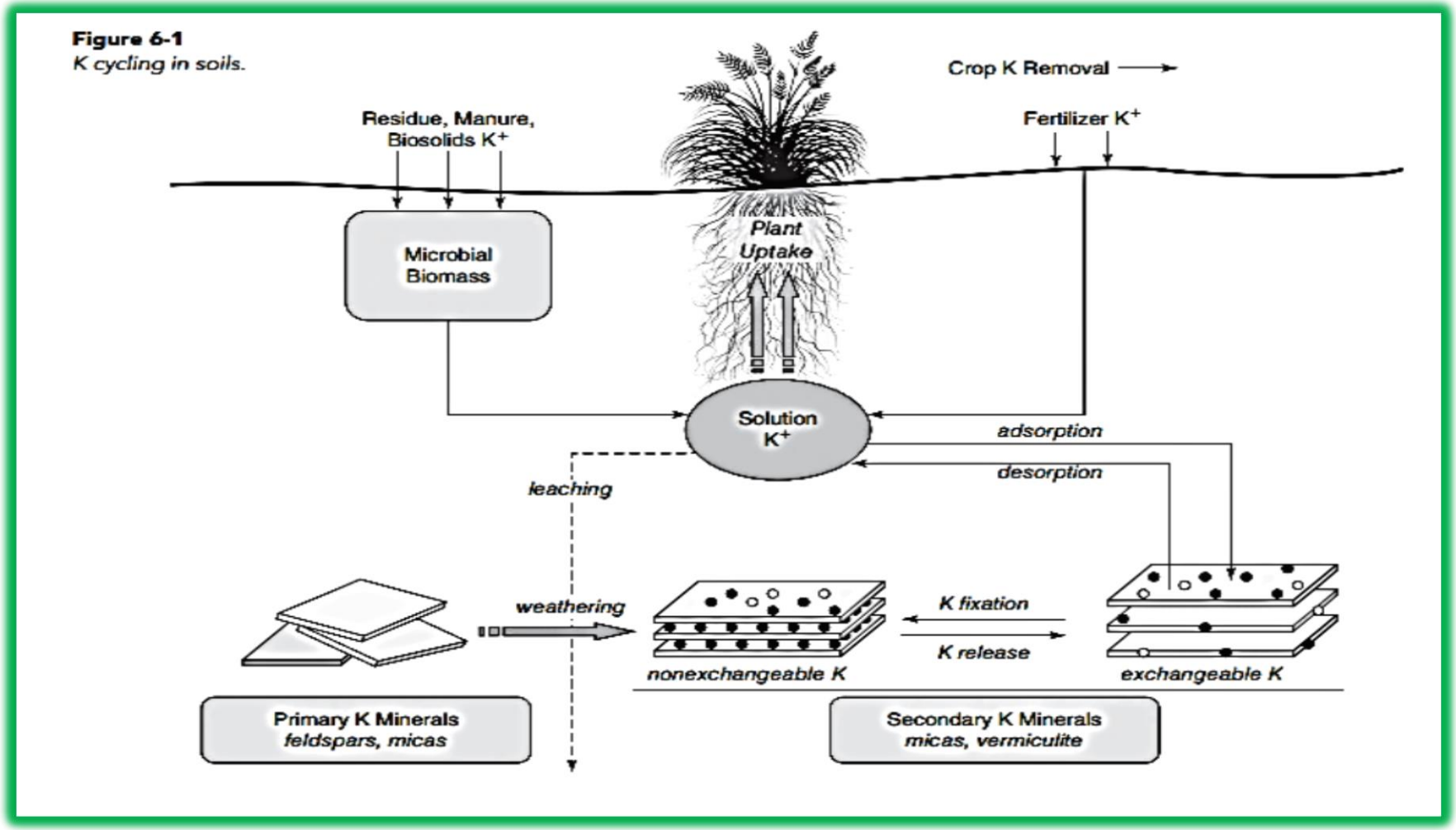
الغير متبادل Nonexchangeable (50– 750جزء في المليون)

المتبادل Exchangeable (40 – 600جزء في المليون)

الذائب Soluble (1– 10جزء في المليون)

ويشكل البوتاسيوم المعدني من 95 الى 98% من البوتاسيوم الكلي في التربة .ويشكل البوتاسيوم القليل الجاهزية (Nonexchangeable) والبوتاسيوم السريع الجاهزية (المتبادل والذائب) (1– 3 %)و (0.02– 2 %) على التوالي.

الشكل (fig.6-1) يوضح دورة او العلاقة وتحولات صور البوتاسيوم في التربة



صور البوتاسيوم في التربة FORMS OF SOIL K

أولا : البوتاسيوم الذائب Soluble Potassium

يمتص النبات البوتاسيوم من محلول التربة على هيئة K^+ كما موضح في الشكل 6-1 .ان تركيز البوتاسيوم الذائب في محلول التربة يتراوح بين

1– 10 جزء في المليون ويعتمد على نوع المحصول ومستولى الإنتاج. وقد وجد ان التراكيز العالية من البوتاسيوم الذائب توجد في ترب المناطق الجافة والترب الملحية ، وان تركيز البوتاسيوم الذائب يعتمد على وجود تراكيز الايونات الموجبة الأخرى ، فوجود تراكيز عالية من الكالسيوم Ca^{2+} والمغنسيوم Mg^{2+} تقلل من امتصاص البوتاسيوم . ففي الترب الحامضية والملحية وجود ايونات الالمنيوم Al^{3+} والصوديوم Na^+ تقلل من امتصاص البوتاسيوم . ويمكن استخلاصه بالماء المقطر. ينتقل البوتاسيوم من محلول التربة الى الجذور بواسط الانتشار Diffusion والانتقال الكتلي Mass flow اعتمادا على محتواه والمحتوى الرطوبي للتربة.

ثانيا : البوتاسيوم المتبادل Exchangeable potassium

البوتاسيوم المتبادل هو البوتاسيوم الممسوك بواسطة قوى الكتروستاتيكية على سطوح معادن التربة ذات الشحنة السالبة . وكما موضح في الشكل (Fig.6-9) .وهو البوتاسيوم الجاهز للنبات . ويمكن استخلاص البوتاسيوم المتبادل بمحلول 1M NH_4OAC خلات الامونيوم . وتعتمد كميته في التربة على :-

١. كمية ونوعية معادن الطين
٢. درجة الحرارة
٣. رطوبة التربة
٤. التسميد المعدني والعضوي
٥. الايونات المنافسة مثل الامونيوم

مواقع ارتباط البوتاسيوم في معادن التربة

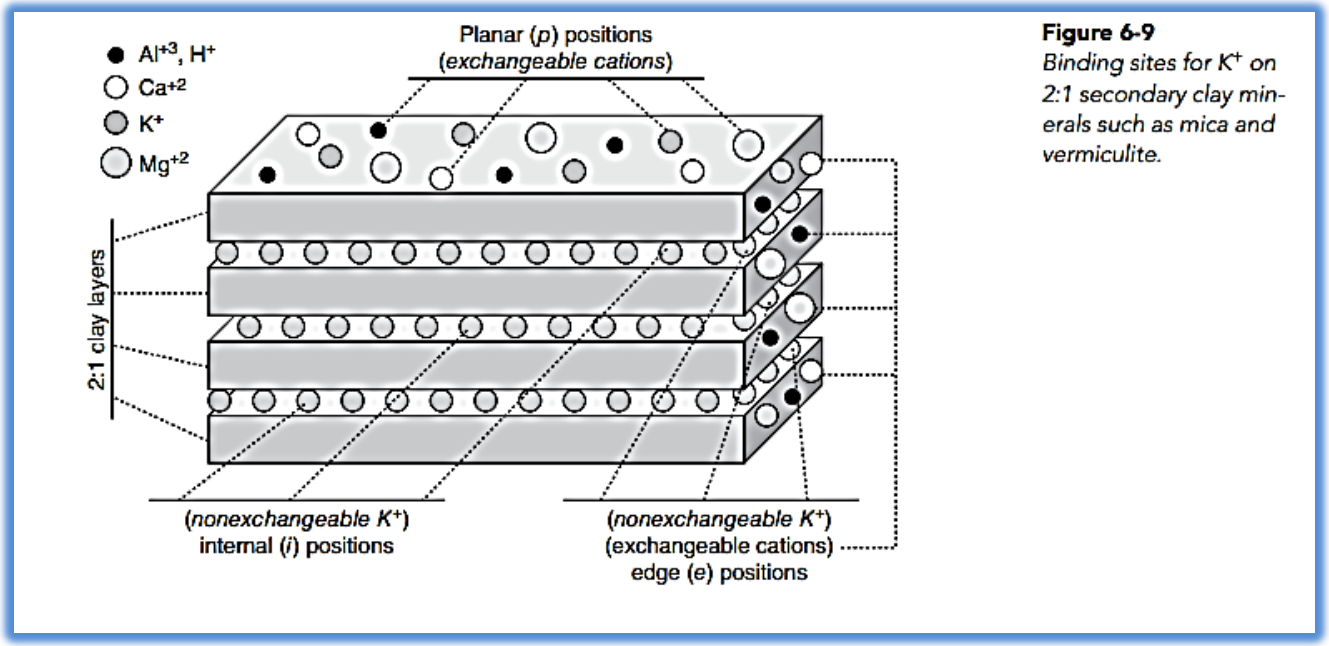


Figure 6-9
Binding sites for K^+ on 2:1 secondary clay minerals such as mica and vermiculite.

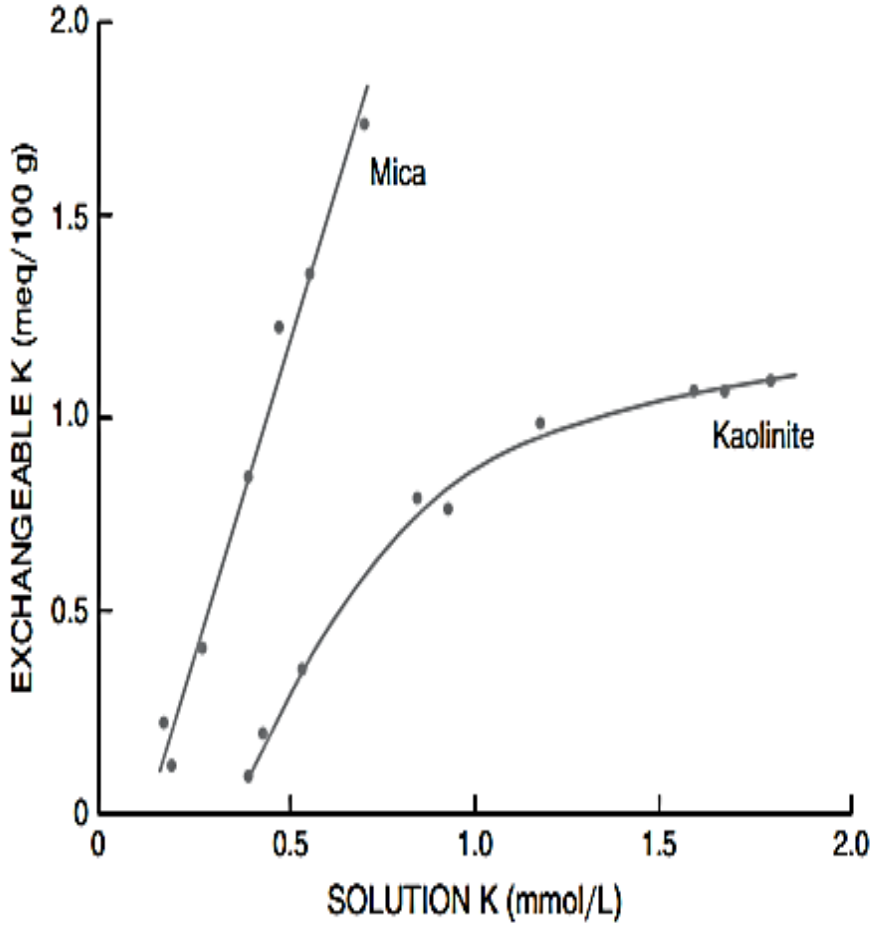
الموقع The planer (p) position يمسك ايونات البوتاسيوم والايونات الموجبة الأخرى على السطوح الخارجية .

اما البوتاسيوم الممسوك في الموقع (The edge(e- position فيمثل البوتاسيوم الممسوك في الحواف والذي يكون اقل جاهزية من البوتاسيوم الموجود على السطوح الخارجية .

اما البوتاسيوم الموجود بين الطبقات والذي يتمثل بالبوتاسيوم غير المتبادل Nonexchangeable فيحتل مواقع The interlayer(i-position) والذي يتحرر ببطيء الى محلول التربة . خلال مرحلة نمو النبات يتحرر أولا البوتاسيوم الموجود على السطوح وفي حالة انخفاضه تتحرر الصور الأخرى لسد حاجة النبات من البوتاسيوم .

بسبب الدور الرئيسي- الذي يؤديه البوتاسيوم المتبادل في السيطرة على البوتاسيوم في محلول التربة ، لذا فان العلاقة بين البوتاسيوم المتبادل والذي يمثل عامل الكم Quantity(Q) والبوتاسيوم الذائب في محلول التربة Intensity(I) لذا كانت العلاقة بما تسمى مفهوم Q/I او علاقة الكم/ الشدة (Quantity/Intensity) وهي تعبر عن قابلية التربة على تجهيز البوتاسيوم وهي دالة الى السعة التبادلية الكيتونية للتربة CEC .

Figure 6-10
Relative difference in BC between two soils with equal clay content (~38%), where the dominant clay is either kaolinite or mica. As exchangeable K is decreased with plant K uptake, solution K is decreased much greater with kaolinite clay compared to mica clay. Thus, the BC for K^+ is greater in a mica-dominated soil.
(Adapted from Grimme and Nemeth, 1979, Proc. Congr. Int. Potash Inst., 11:99.)



في الترب ذات Q/I عالية فان قدرتها التنظيمية للبوتاسيوم عالية والعكس صحيح .فالترب الحاوية على معادن المايكا تكون قدرتها التنظيمية للبوتاسيوم عالية لان المعدن يحتوي في تركيبه على عنصر البوتاسيوم

ثالثـــا: البوتاســـيوم غـــير المتبـــادل potassium Nonexchangeable

وهو البوتاسيوم المثبت بين طبقات معادن الطين وهو بطئ الجاهزية للنبات ويمكن تحرره عند نفاذ او انخفاض البوتاسيوم الذائب والمتبادل بفعل عمليات الامتصاص من قبل النبات او الغسل بماء الري . ويمكن استخلاصه بمحلول $1N\ HNO_3$.وان كميته في التربة تعتمد على كمية

- ونوع معادن الطين

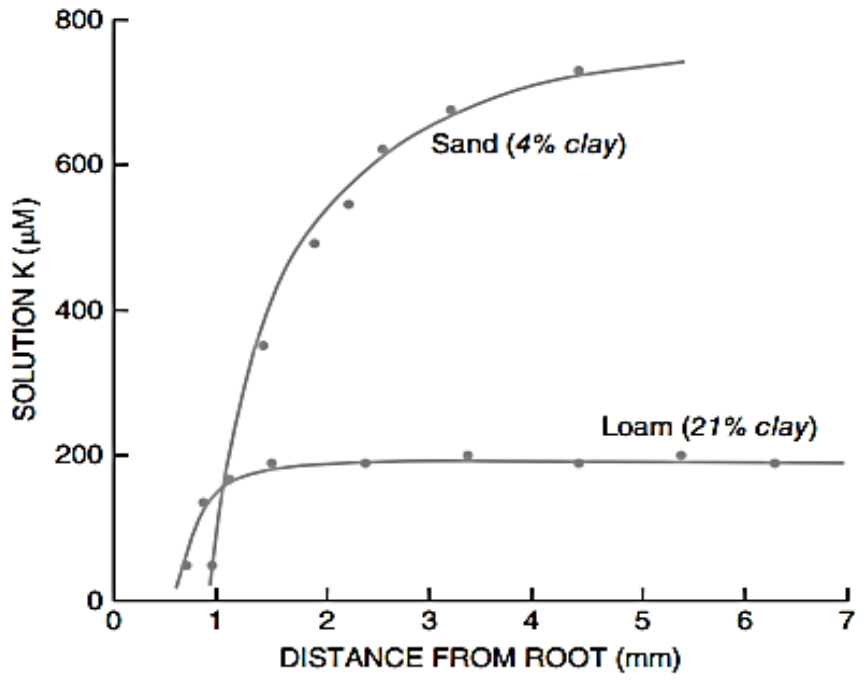


Figure 6-11
Relative effect of clay content on buffering solution K^+. Although initial solution K^+ is much greater in the sand, solution K^+ is depleted much further from the root surface, reflecting a lower BC in the sand compared to the loam soil.
(*Adapted from Claassen and Jungk, 1982, Z. Pflansenernahr. Bodenk., 147:276.*)

تفاعلات البوتاسيوم في الترب

أولا : تحرر(انطلاق) البوتاسيوم Potassium Release

أن معدل تحرر البوتاسيوم غير المتبادل الى محلول التربة والبوتاسيوم المتبادل يعتمد على تجوية المعادن الحاوية على البوتاسيوم مثل المايكا والفلدسبار . كما موضح ادناه :-

feldspars	→	orthoclase, microcline	$KAlSi_3O_8$
micas	→	muscovite	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$
		biotite	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$
		phlogopite	$KMg_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$

وبصورة عامة فان انطلاق وتحرر البوتاسيوم(جاهزية البوتاسيوم) من المعادن الحاملة للبوتاسيوم تتبع الترتيب التالي:-

biotite > muscovite > feldspars

ثانيا: تثبيت البوتاسيوم Potassium Fixation

يقصد بتثبيت البوتاسيوم هو دخول ايون البوتاسيوم بين طبقات معادن الطين وتثبيت بين السطوح وفي الفجوة السداسية لمعادن الطين .وخاصة معادن المايكا المتأدرته (Fig.6-12) Hydrous mica معادن 1:1 مثل معدن الكاؤلينايت لا يثبت البوتاسيوم.

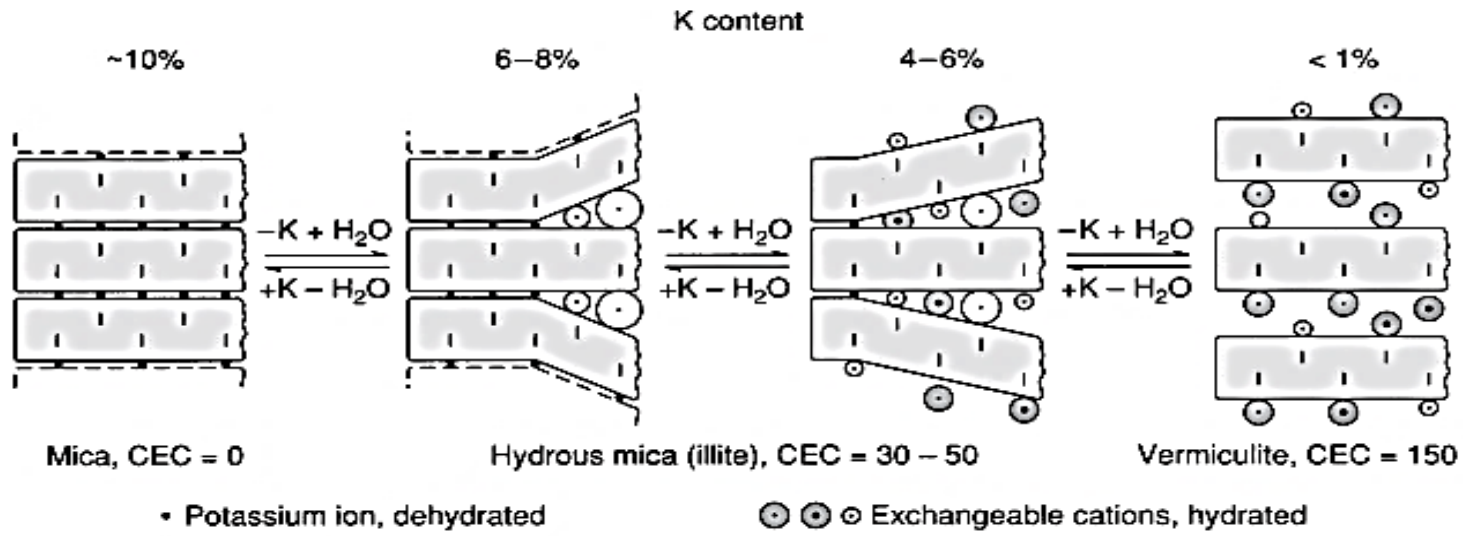


Figure 6-12
Weathering of micas to release fixed K with subsequent transformation into vermiculite clay minerals.

ان الفلدسبار يتميز بأن له ثلاث اتجاهات في تركيبه المعدني تقلل من تحرر البوتاسيوم وانطلاقه الى محلول التربة.

اما بالنسبة الى معدن المايكا Mica فهو من معادن 2:1 والتي تشمل معادن المسكوفايت والبيوتايت ، وينطلق البوتاسيوم من معادن البيوتايت بسرعة افضل من معدن المسكوفايت

أن ايـون الامونيـوم NH_4^+ لـه نصـف قطـر مشـابه الى نصـف قطـر البوتاسيوم لذا فان تثبيته مشابه الى تثبيت البوتاسيوم . وان وجود ايون الامونيـوم في المحلـول يتنـافس مـع ايونـات البوتاسـيوم عـلى مواقـع التثبيت والذي يحدد التثبيت العنصر المضاف أولا .

ان ايونـات الكالسـيوم Ca^{2+} والصـوديوم Na^+ حجمهـا اكـبر مـن ايونـات البوتاسيوم لذا فهي لا تتنافس مع البوتاسيوم على التثبيت.

يحصـل التثبيـت عـادة في الـترب الناعمـة النسـجة ولكـن لا يـؤثر عـلى جاهزيته للنبات لأنه يمكن ان يتحرر الى محلول التربة ويصبح جاهز للنبات. وان تجفيف التربة يزيد من تثبيت البوتاسيوم لأنه يقلل من ماء التربة ويدفع البوتاسيوم المتبادل للدخول بين الطبقات ويثبت .

ان ترطيب وتجفيف الترب يساعد على انطلاق وتحرر البوتاسيوم من الترب. ويؤثر على جاهزيته للنبات.

ثالثا : غسل البوتاسيوم Leaching potassium

يتعرض البوتاسيوم الى الغسل في الترب الرملية وفي الترب العضوية وفي الترب التي تتعرض الى الامطار او الري الغزير. ففي الترب الاستوائية التي تتعرض الى الامطار تعاني من نقص البوتاسيوم . يتضح من الشكل بان غسل البوتاسيوم يكون عالي عند التسميد بسماد كلوريد البوتاسيوم اكثر من كبريتات البوتاسيوم واقلهم فوسفات البوتاسيوم . وهذا يوضح تأثير مصدر البوتاسيوم على فقدان البوتاسيوم من التربة اثناء عملية الري.

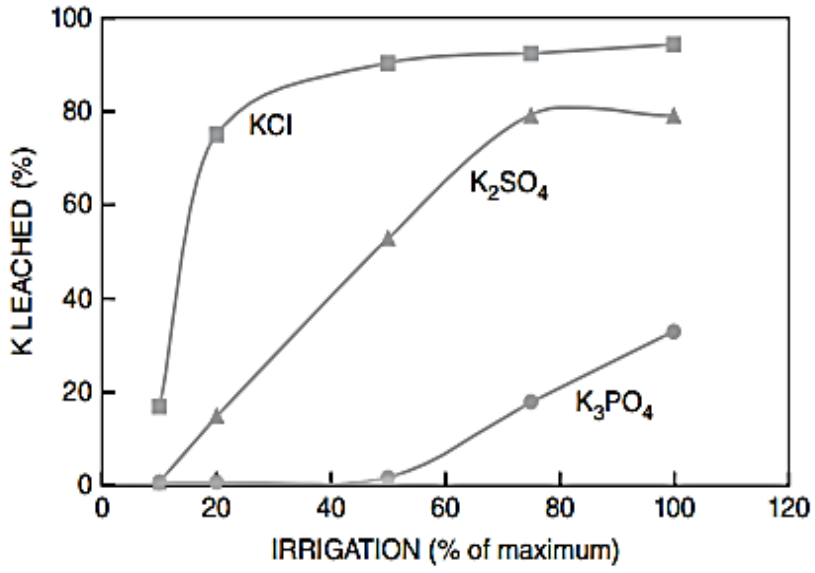


Figure 6-17
Influence of K source on K leaching losses in turfgrass.
(Sartain, 1988, Soil Sci. Fert. Sheet, *SL52, Univ. Florida, Gainesville, Fla.*)

أهمية دور البوتاسيوم للنبات

يمتص النبات البوتاسيوم على هيئة ايون البوتاسيوم K^+ ويتراوح تركيزه في معظم انسجة النباتات بين 1– 5 % من الوزن الجاف وهو من العناصر التي يحتاجها النبات بكميات عالية عدا النيتروجين . واحيانا تركيزه يفوق النيتروجين في أوراق التبغ ليصل الى 8 %.

للبوتاسيوم دور مهم في تنظيم القوة الايونية لمحلول الخلية النباتية ، فهو ينظم من عملية دخول الماء الى داخل الخلية النباتية والضغط الازموزي لها. فهو ينشط اكثر من 60 انزيم في النبات .

كما ان للبوتاسيوم دور في نوعية الحاصل للمحاصيل بسبب تأثيره في عملية التركيب الضوئي Photosynthesis وخزن المواد العضوية (الحبوب، الفواكه، الدرنات ..الخ)وتحويل المواد الى كربوهيدرات

(تمثيل الكربوهيدرات) والبروتين والزيوت وغيرها من المركبات .ان الكميات المناسبة من البوتاسيوم في أجزاء النبات تشجع من تكوين احجام مناسبة من الفواكه ، وتطوير اللون والطعم وسمك القشرة والتي هي مهمة للخزن.

ان نقص البوتاسيوم يؤثر على عملية التركيب الضوئي وعلى العمليات الفسلجية داخل النبات.

Photosynthesis and Energy Relations التركيب الضوئي وعلاقات الطاقة

البوتاسيوم مهم في عملية التركيب الضوئي من خلال دوره في :-

- ATP synthesis تكوين مركب الطاقة
- production and activity of specific photosynthetic enzymes (i.e., RuBP carboxylase)

انتاج وتنشيط الانزيمات المسؤولة عن عملية التركيب الضوئي (مثل انزيم الكاربوكسيليز)

- CO2 absorption through leaf stomates

امتصاص ثاني أوكسيد الكربون من خلال ثغور الورقة

- maintenance of electroneutrality during photophosphorylation in chloroplast

الحفاظ على القدرة الإلكترونية أثناء الفسفرة الضوئية في البلاستيدات الخضراء

Role of potassium in plant

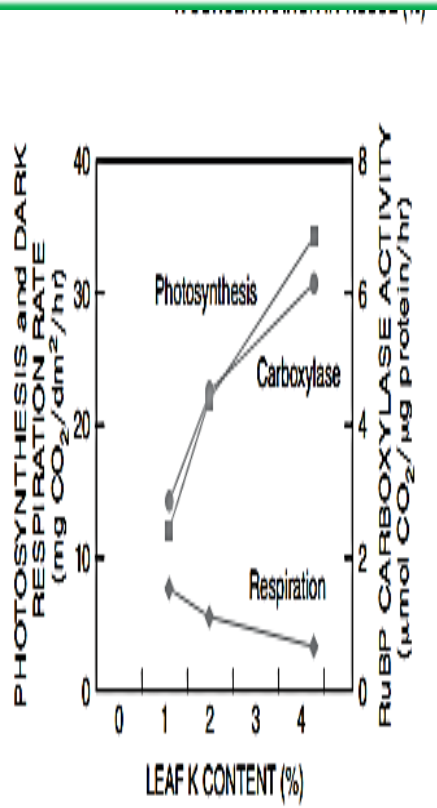


Figure 6-3
Relationship between K nutrition and rate of photosynthesis and dark respiration as measured by CO_2 exchange in alfalfa.
(Adapted from Marschner, 2002, Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed., Acad. Press, London.)

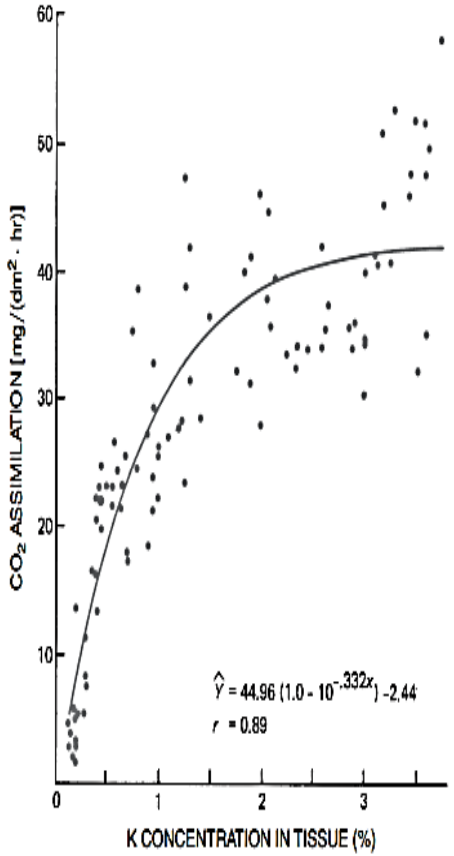


Figure 6-2
Adequate K in corn leaves increases photosynthesis as measured by CO_2 fixation.
(Smid and Peaslee, 1976, Agron. J., 68:907.)

اعراض نقص البوتاسيوم على النبات

١. قصر الساق
٢. انخفاض الإنتاجية
٣. رداءة النوعية
٤. انخفاض محتوى النبات من الكربوهيدرات
٥. ظهور تجعدات وذبول في الثمار خصوصا البطاطا والطماطة
٦. غياب اللون في بعض الثمار مثل التفاح
٧. رداءة نوعية اوراق التبغ لأنه يقلل من الالياف
٨. تكون الحبوب فارغة في محاصيل الحبوب
٩. تكون اللهانة غير ملفوفة
١٠. حموضة الحمضيات تكون قليلة
١١. انخفاض محتوى الزيوت في المحاصيل الزيتية
١٢. قلة النبات في مقاومة البرد

اسمدة البوتاسيوم Potassium fertilizers

الأسمدة البوتاسية يعبر عن محتواها اما بصيغة الاوكسيد K_2O او العنصر K والأفضل هو بصيغة العنصر ويمكن التحويل بينهما وفق العلاقات التالية:-

$$\%K = \%K_2O \times 0.83$$
$$\%K_2O = \%K \times 1.2$$

يوجد ثلاثة أنواع من الأسمدة البوتاسية المعدنية الشائعة الاستعمال هي كلوريد البوتاسيوم KCl (K%٥٢-٥٠) او (K_2O%٦٣-٦٠) وكبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 (K%٤٤-٤٠) او (K_2O%٥٣-٤٥) ونترات البوتاسيوم KNO_3 (K%٣٧) او ($44\%K_2O$). ولكن استعمال كلا السمادين يحددهما ظروف التربة وطبيعتها، مثلا في كندا والولايات المتحدة الامريكية وألمانيا فأن انتاج سماد كلوريد البوتاسيوم يفوق سماد كبريتات البوتاسيوم بمقدار ٢٠ مرة. ولكن سماد كلوريد البوتاسيوم لا يفضل استعماله في المناطق الجافة وشبه الجافة والملحية مثل الترب العراقية. لذا يفضل او ينصح باستعمال سماد كبريتات البوتاسيوم في الترب الكلسية والملحية لكونه سماد حامضي التفاعل لاحتوائه على الكبريت (17%S) علاوة على قلة ملوحته. ولكن لا يفضل استعماله في الترب الجبسية. ويستعمل سماد كبريتات البوتاسيوم لمحصول التبغ لان استعمال سماد كلوريد البوتاسيوم بسبب احتواءه على ايونات الكلورايد التي تعمل على تمزق الأوراق واحتراقها، كما ينصح استعماله لمحصول البطاطا لأنه يعمل على زيادة النشأ.

يعد سماد نترات البوتاسيوم KNO_3 من الأسمدة السريعة الذوبان والذي يحوي على كل من النيتروجين (١٣%) والبوتاسيوم وعادة ما يفضل اضافته مع ماء الري عند التسميد بطريقة الرسمدة وللمحاصيل الحساسة لأيونات الكلورايد مثل التبغ والقطن.

أن مشاكل البوتاسيوم في الترب قليلة مقارنة مع الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية. ومن مشاكل البوتاسيوم في الترب هي التثبيت (Fixation) بفعل معادن الطين والغسل (Leaching)في الترب الرملية.

ولأجل زيادة كفاءة الأسمدة البوتاسية يجب ان نضع في الاعتبار النقاط التالية

١. عامل التربة Soil factor
٢. عامل المناخ Weather factor
٣. عامل المحصول Crop factor
٤. موعد إضافة الأسمدة البوتاسية

جدول ١ : احتياج المحاصيل الزراعية للبوتاسيوم الجاهز خلال فترة النمو اللازمة لأقصى انتاج

المحصول	الكمية (كغم/هكتار)	المحصول	الكمية (كغم/هكتار)
الشعير(حبوب)	١٠	اللهانة	١٢٠
الحنطة(حبوب)	١٤	التبغ (أوراق)	١١٠
الذرة الصفراء(حبوب)	٣٧	القطن	٣٣
الشوفان (حبوب)	١٤	البطاطا	١٤٠
الجت	١٧٠	الطماطة	١٥٠
البرسيم	٩٥	العنب	١١٠

موعد إضافة الأسمدة البوتاسية

يضاف البوتاسيوم عموما قبل او عند الزراعة، ولا يتحرك البوتاسيوم الى الأسفل في التربة بسرعة بسبب كونه ايونا موجبا قد يمتز على سطوح غرويات التربة.

وتستعمل الأسمدة البوتاسية في الموسم الخريفي أكثر من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية. وقد يتم نثر الأسمدة البوتاسية في بعض عمليات الزراعة مرة او مرتين في الدورة الزراعية. وان وضع السماد في الطبقة السفلية من التربة وفي فصل الخريف أكثر كفاءة من الطرق الأخرى من الناحية العملية وخاصة لمحصول الذرة الصفراء والبقوليات.

ان موعد إضافة الأسمدة البوتاسية للحشائش تكون عادة بعد الحشة الأولى لان النباتات تستفاد من البوتاسيوم في التربة في البداية (قبل الحش).

أنواع الأسمدة البوتاسية

Potassium Magnesium Sulfate (K_2SO_4, $MgSO_4$) Potassium magnesium sulfate is a double salt containing 18% K (22% K_2O), 11% Mg, and 22% S. It has the advantage of supplying both Mg and S and is frequently included in mixed fertilizers for soils deficient in Mg and S. It reacts as would any other neutral salt when applied to the soil.

Potassium Nitrate (KNO_3) KNO_3 contains 13% N and 37% K (44% K_2O). Agronomically, it is an excellent source of fertilizer N and K. KNO_3 is marketed largely for use on fruit trees and on crops such as cotton and vegetables. If production costs can be lowered, it might compete with other sources of N and K for use on crops of a lower value.

Potassium Phosphates ($K_4P_2O_7$, KH_2PO_4, K_2HPO_4) Several K phosphates have been produced and marketed on a limited basis. Their advantages are (1) high analysis, (2) low salt index, (3) useful for preparation of clear fluid fertilizers high in K_2O, (4) polyphosphate as a P source, and (5) well suited for use on potatoes and other crops sensitive to excessive amounts of Cl^-.

Potassium Carbonate (K_2CO_3), Potassium Bicarbonate ($KHCO_3$), Potassium Hydroxide (KOH) These salts are used primarily for the production of high-purity fertilizers for foliar application or other specialty uses. The high cost of manufacture has precluded their widespread use as commercial fertilizers.

Potassium Thiosulfate ($K_2S_2O_3$) and Potassium Polysulfide (KS_x) Analysis of these liquid fertilizers, $K_2S_2O_3$ and KS_x, is 0-0-25-17 and 0-0-22-23, respectively. $K_2S_2O_3$ is compatible with most liquid fertilizers and is well suited for foliar application and drip irrigation.

الأسمدة البوتاسية العضوية

Organic K

K in organic wastes (manures and sewage sludge) occurs predominately as soluble inorganic K^+. In animal waste, K content ranges between 0.22% (4–40 lb K/t) of dry matter (Table 6-2). The average K content in biosolids is ~10 lb K/t. Therefore, waste materials can supply sufficient quantities of plant available K, depending on the rate applied. Most waste application rates are governed by the quantity of N or P applied to minimize impacts of land application of waste on surface and ground-water quality. If low waste rates are utilized on K-deficient soils, additional K may be needed.

Do you have any questions?