



Implicancias de la nutrición potásica en la maduración y calidad de la fruta

José Ignacio Covarrubias
Ing. Agr. Mg. Sc. Dr.
jcovarru@uchile.cl



- Introducción
- Disponibilidad de K en el suelo
- Movimiento de K en la planta
- Influencia del K en el desarrollo y la calidad de la fruta





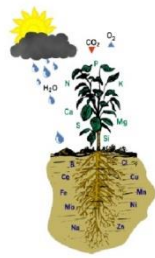
Importancia del potasio (K) en fruticultura

- Es el catión más abundante en las células, pudiendo comprender hasta un 1,5 % del tejido en peso seco.
- Promueve un crecimiento vigoroso en las plantas.
- Promueve la acumulación de sólidos solubles, color y calibre en la fruta.
- Activador de más de 40 enzimas y participa en síntesis de proteínas.
- Elemento móvil al interior de la planta, circula libremente por la corriente transpiratoria y en forma proporcional a la intensidad de esta, pero su redistribución hacia tejidos de reserva es de solo un 30%.

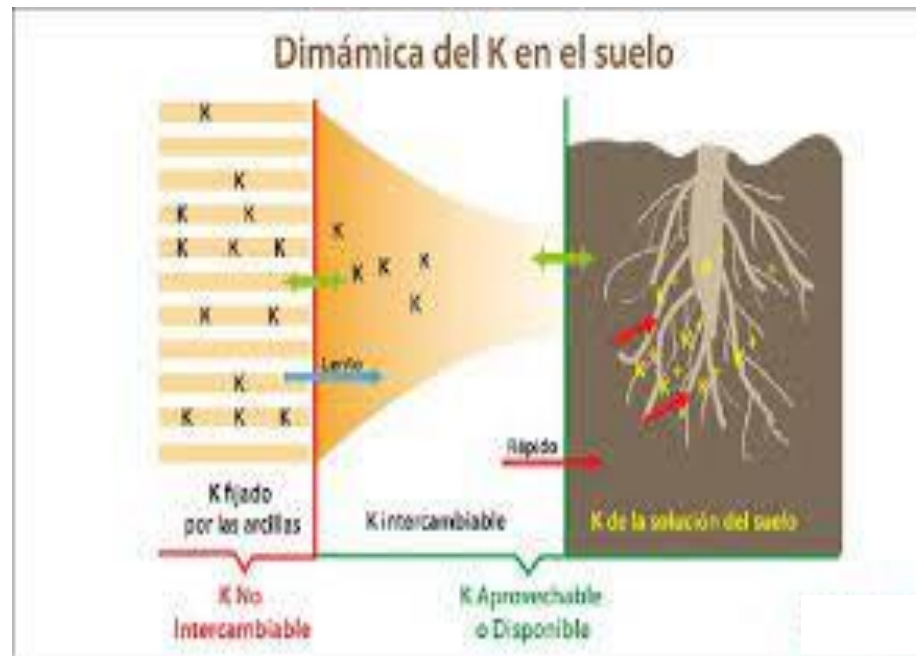




Disponibilidad de K en el suelo

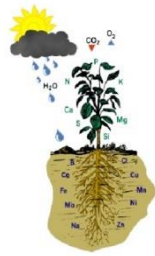


- Concentración de K en la solución suelo (K disponible).
- Concentración de K y balance de cationes en los sitios de intercambio del suelo.
- La clase textural del suelo.





Concentración de potasio en la solución suelo

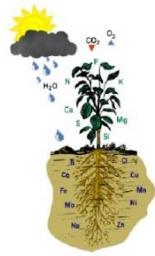


Potasio disponible ppm	Categoría	Observaciones
Menor de 50	Muy bajo	Muy alta probabilidad de respuesta en cultivos , frutales y vides.
51-120	Bajo	Alta probabilidad de respuesta en cultivos , frutales y vides.
121-240	Medio	Moderada probabilidad de respuesta en cultivos anuales, frutales y vides. Efecto principalmente sobre calibre de lo frutos cosechados.
241-400	Alto	Muy baja probabilidad de respuesta a la fertilización de potasio se debe aplicar dosis de mantención.
+400	Muy alto	Aplicar en dosis bajas de mantención, dosis altas pueden inducir deficiencias de calcio y magnesio.

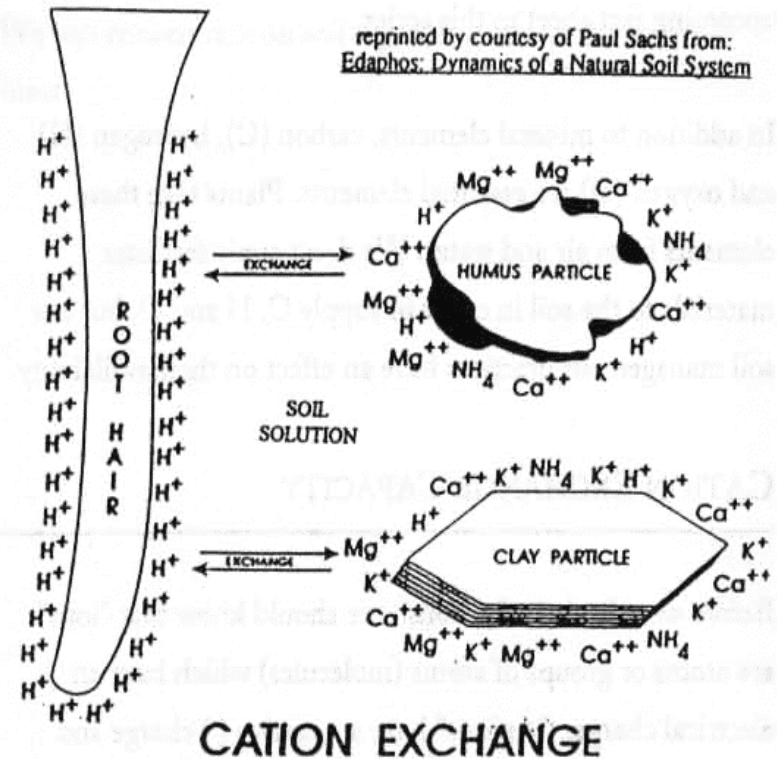




Capacidad de intercambio de cationes (CIC)



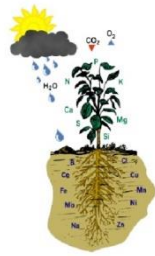
- CIC: cantidad de sitios con carga negativa capaces de adsorber cationes de forma reversible, que un peso determinado de suelo puede mantener
- Depende del % de arcillas y MOS: carga (-)
- Y del tipo de arcilla (> 2:1)
- Cationes no ácidos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+
- Cationes ácidos: H^+ y Al^{3+}



Fuente : Dr. Osvaldo Salazar



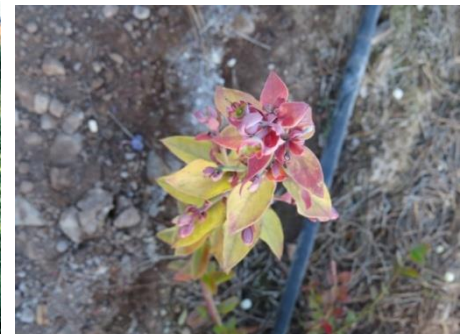
Disponibilidad de cationes intercambiables en el suelo



- La "fertilidad catiónica" de un suelo depende de:

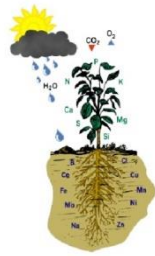
1. La concentración (meq 100 g⁻¹) de cationes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺):

Rango	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Muy Bajo	<2,00	< 0,25	< 0,12	< 0,15
Bajo	2,01 a 5,00	0,26 a 0,50	0,13 a 0,25	0,16 a 0,20
Medio	5,01 a 9,00	0,51 a 1,00	0,26 a 0,51	0,21 a 0,30
Alto	9,01 a 15,00	1,01 a 2,00	0,52 a 0,64	0,31 a 0,40
Muy alto	> 15,00	> 2,01	> 0,65	> 0,41





Disponibilidad de cationes intercambiables en el suelo

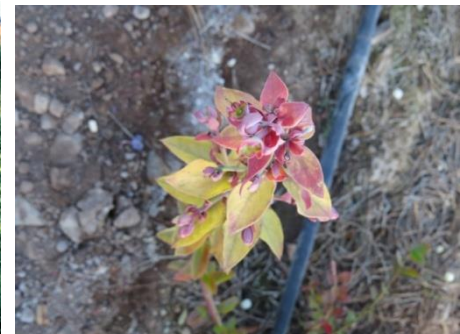


2. La proporción que ocupa cada catión en la CIC:

$\text{pH} > 5,5: \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$

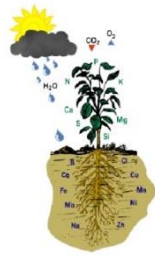
Un suelo equilibrado debe tener:

- Ca^{2+} : 65% a 85% de la CIC (ideal 75%).
- Mg^{2+} : 6 a 12% (ideal 10%).
- K^+ : 2,5 a 5%.
- Na^+ : el resto.





Disponibilidad de cationes intercambiables en el suelo



3. La relación entre los cationes entre si:

Las proporciones anteriores las definen las relaciones $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ y $\text{K}^{+}:\text{Mg}^{2+}$

Relación	Bear <i>et al.</i> (1948)	Bernier y Bortolameolli (2000)
$\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$	6,5:1	5:1
$\text{K}^{+}:\text{Mg}^{2+}$	0,5:1	0,2-0,3:1

Desde el punto de vista físico, la relación $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ es fundamental para procesos de floculación-dispersión. Suelos con altos contenidos de Mg^{2+} , tendrían un efecto detrimental en la estabilidad estructural, debido al mayor radio de hidratación de éste en comparación al Ca^{2+} (Donsova y Norton, 2002).

Identificación	Especie	CEREZO	CEREZO
	Variedad	LAPINS	LAPINS
	CUARTEL	SANTINA/	SANTINA
	CUARTEL	30 cm	60 cm
	PROFUNDIDAD		

PROPIEDADES QUIMICAS

pH suspensión	-	6,93	7,01
C.eléctrica extracto (C.E)	mS/cm	0,40	0,41
C.eléctrica suspensión (C.E)	mS/cm	0,08	0,11
Materia Orgánica (MO)	%	1,39	1,08

DISPONIBLES

Fósforo Olsen (P)	mg/kg	14	11
Potasio (K)	mg/kg	173	140
Cobre (Cu)	mg/kg	7,52	5,57
Hierro (Fe)	mg/kg	62,34	47,46
Manganeso (Mn)	mg/kg	10,45	10,06
Zinc (Zn)	mg/kg	1,30	0,78
Boro (B)	mg/kg	1,10	1,19
Azufre (S) ext.	mg/kg	9,16	15,64

INTERCAMBIABLES

Calcio (Ca)	meq/100g	17,55	18,69	58%
Magnesio (Mg)	meq/100g	4,75	5,03	16%
Potasio (K)	meq/100g	0,44	0,36	1%
Sodio (Na)	meq/100g	0,30	0,41	
Cap. Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	23,05	32,27	

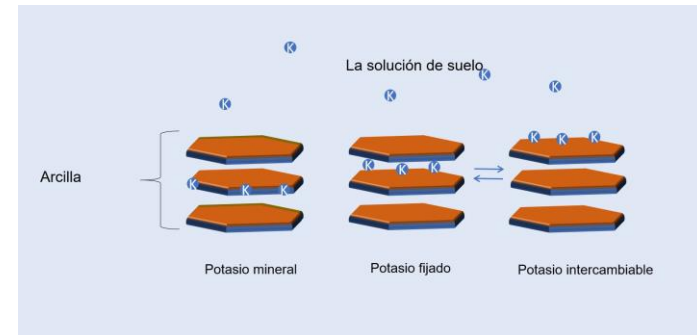
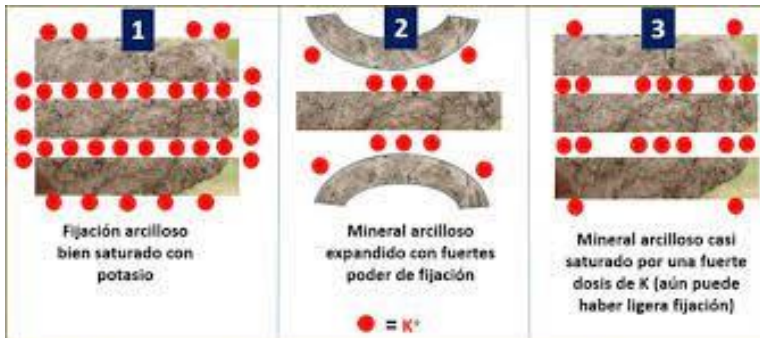
PROPIEDADES FISICAS

Arcilla	%	46	56
Limo	%	48	40
Arena	%	6	4
Textura	-	ARCILLO LIMOSA	ARCILLO LIMOSA



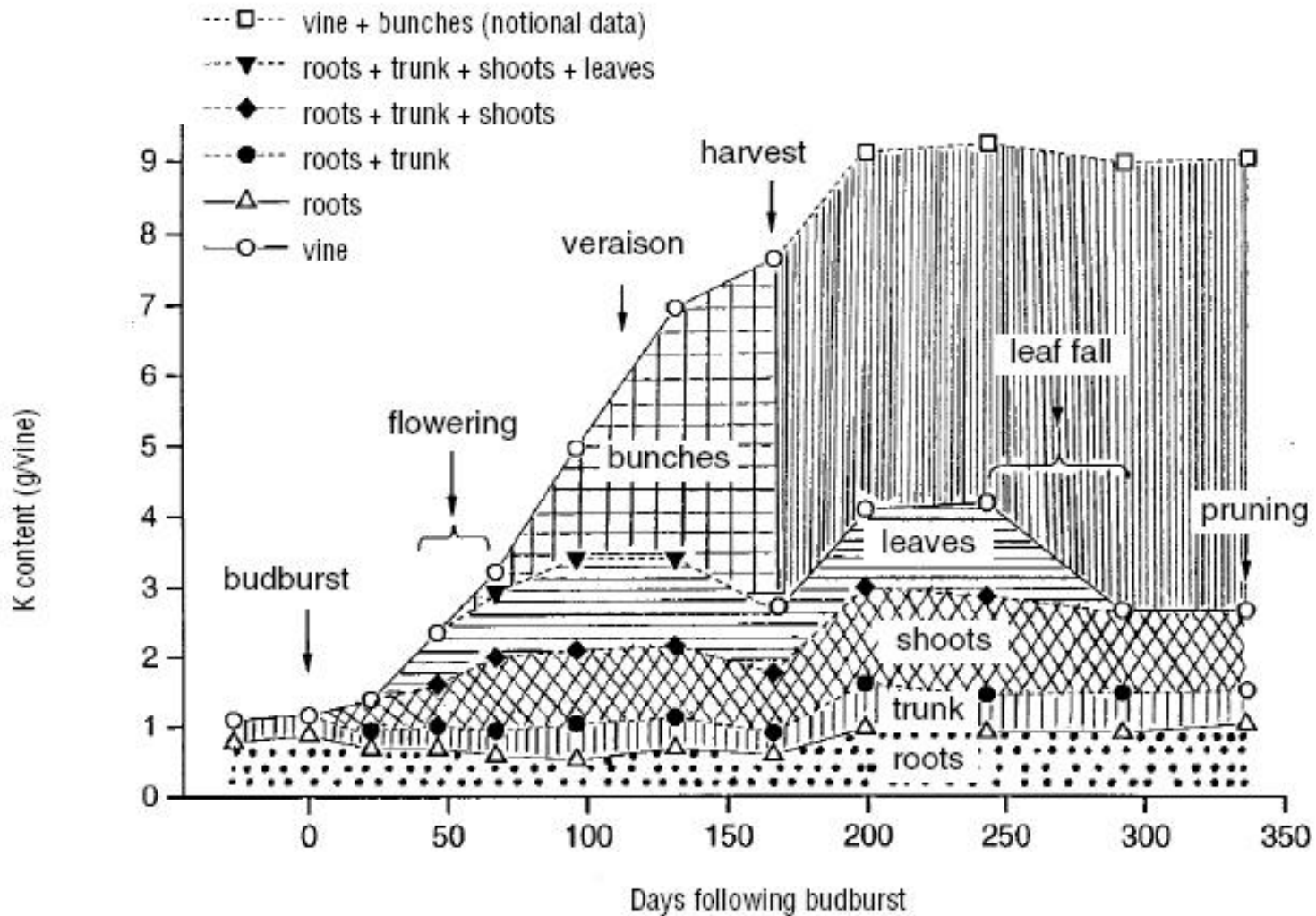
Influencia de la clase textural en la concentración de K disponible

Concentración de arcilla	K disponible en el suelo (mg kg ⁻¹)			
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
< 10% arcilla	50	80	125	175
20% arcilla	75	100	200	300
30% arcilla	100	150	275	350
> 40% arcilla	125	175	300	400





Acumulación de K en diferentes órganos de la vid durante la temporada





Patrón de acumulación de K en las bayas en relación a su crecimiento y desarrollo



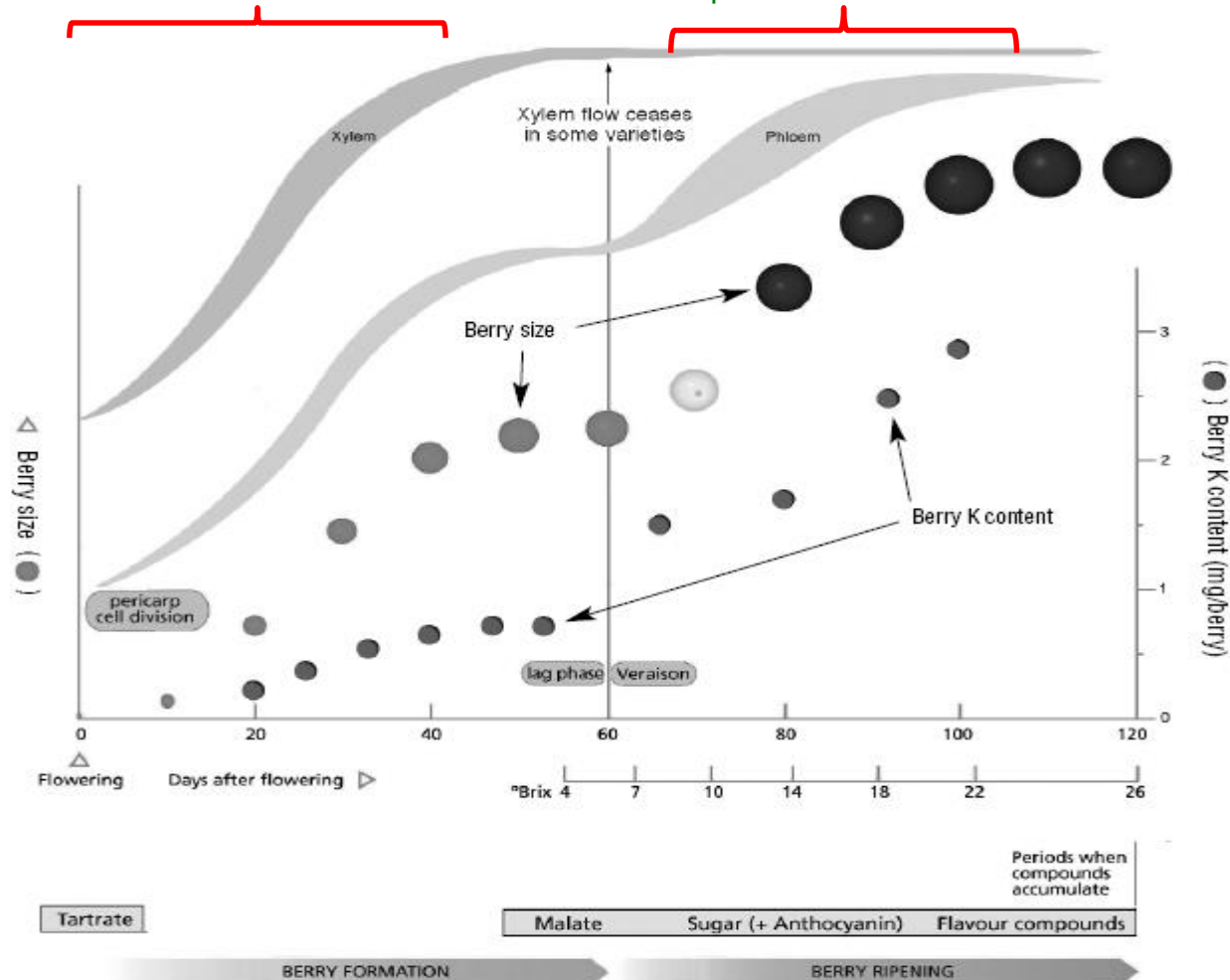
Crecimiento por división celular, acumulación de ácidos orgánicos, movimiento de K hacia la baya por vía xilemática

Expansión celular, acumulación de azúcares y movimiento de K hacia la baya por vía floemática

Concentraciones (mg 100 g PF) de cationes en cerezas Sweetheart (Paulo *et al.* 2017):

K ≈ 523

Ca ≈ 16
Mg ≈ 24
Na ≈ 0,6
Cu ≈ 0,1
Mn ≈ 0,2
Fe ≈ 0,3



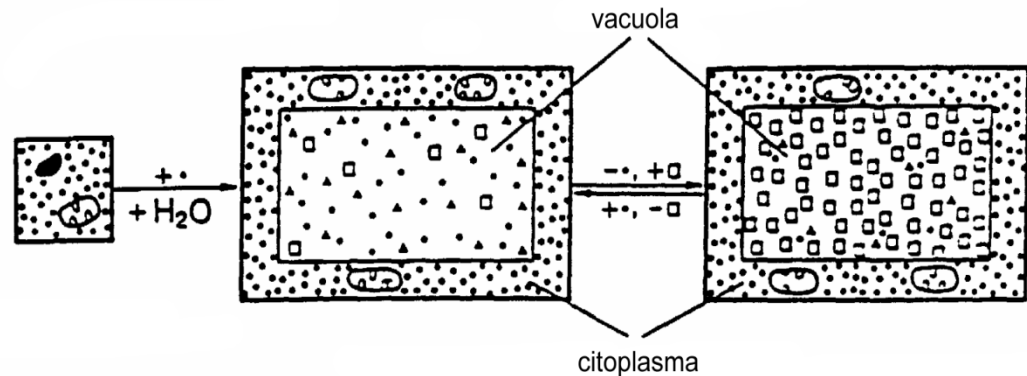
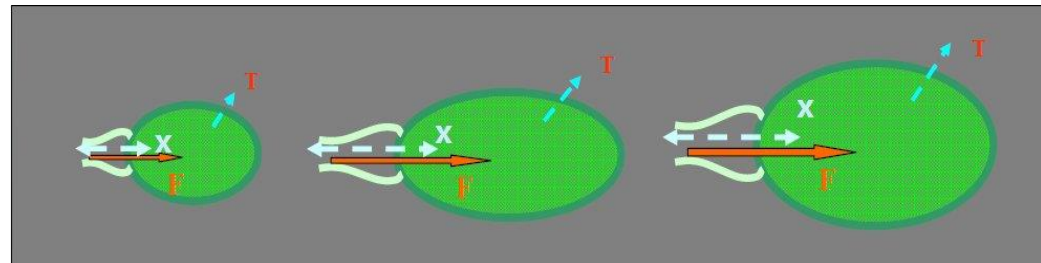


Relación entre la concentración de K y el tamaño de los frutos



La extensión celular involucra la formación de una gran vacuola central que ocupa del 80-90% del volumen celular.

Requerimientos para la extensión celular:
(1) incremento en la extensibilidad de la pared celular;
(2) acumulación de solutos (potencial osmótico interno).



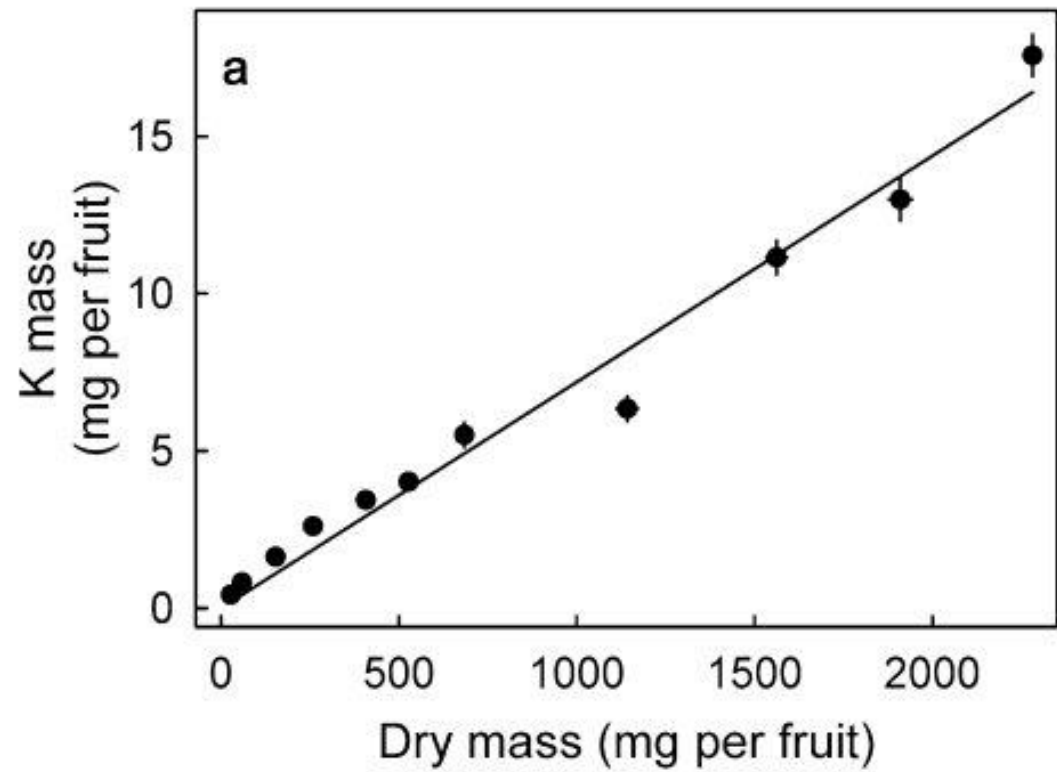
Modelo del rol del K y otros solutos en la extensión y osmorregulación celular. ● = K⁺; □ = azúcares reductores, sacarosa, Na⁺; ▲ = aniones ácidos orgánicos. Marschner, 1995.

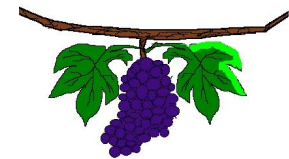
En gran parte, la extensión celular es consecuencia de la acumulación de K⁺



Relación entre la concentración de K y la materia seca de los frutos

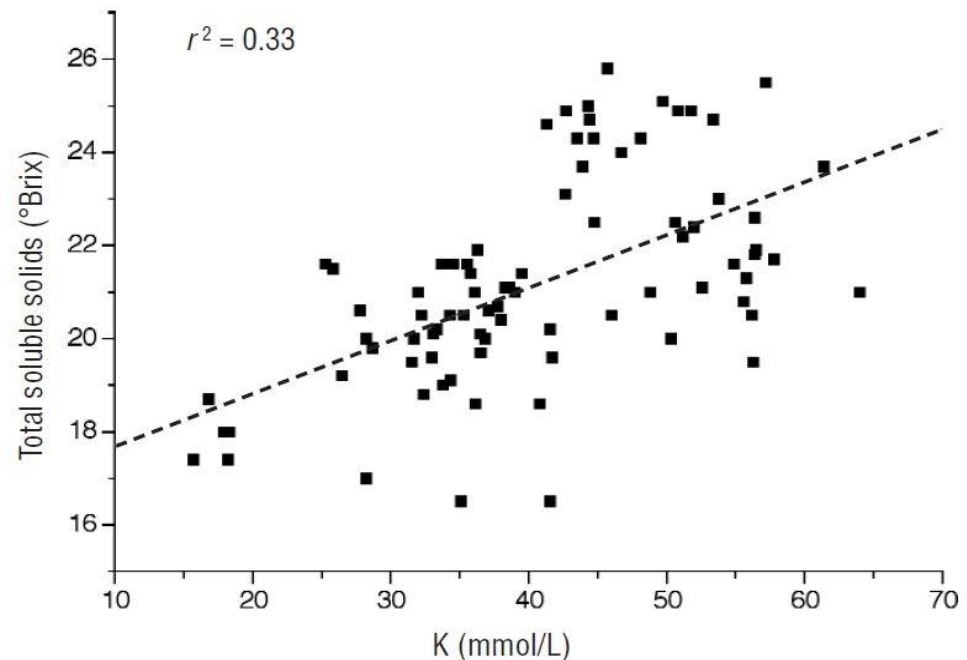
La literatura reporta una relación entre la materia seca de los frutos y el contenido de potasio en cerezas...





Relación entre la concentración de K y la de azúcares en frutos

- En la literatura se ha reportado una relación entre °Brix y la concentración de K en bayas de vid cv Carignan con riego muestreadas entre pinta y cosecha ($r^2 = 0.96^{**}$; Freeman and Kliever 1983).
- La figura de la derecha correlaciona las mismas variables, pero incluyendo distintas variedades y de uvas provenientes de distintas viñas.



El K está involucrado en translocación de solutos hacia la baya a través de su rol en la carga y descarga floemática.



Relación entre la concentración de K y la de azúcares en frutos

La literatura reporta una relación entre °Brix y el aporte de potasio en las cerezas...

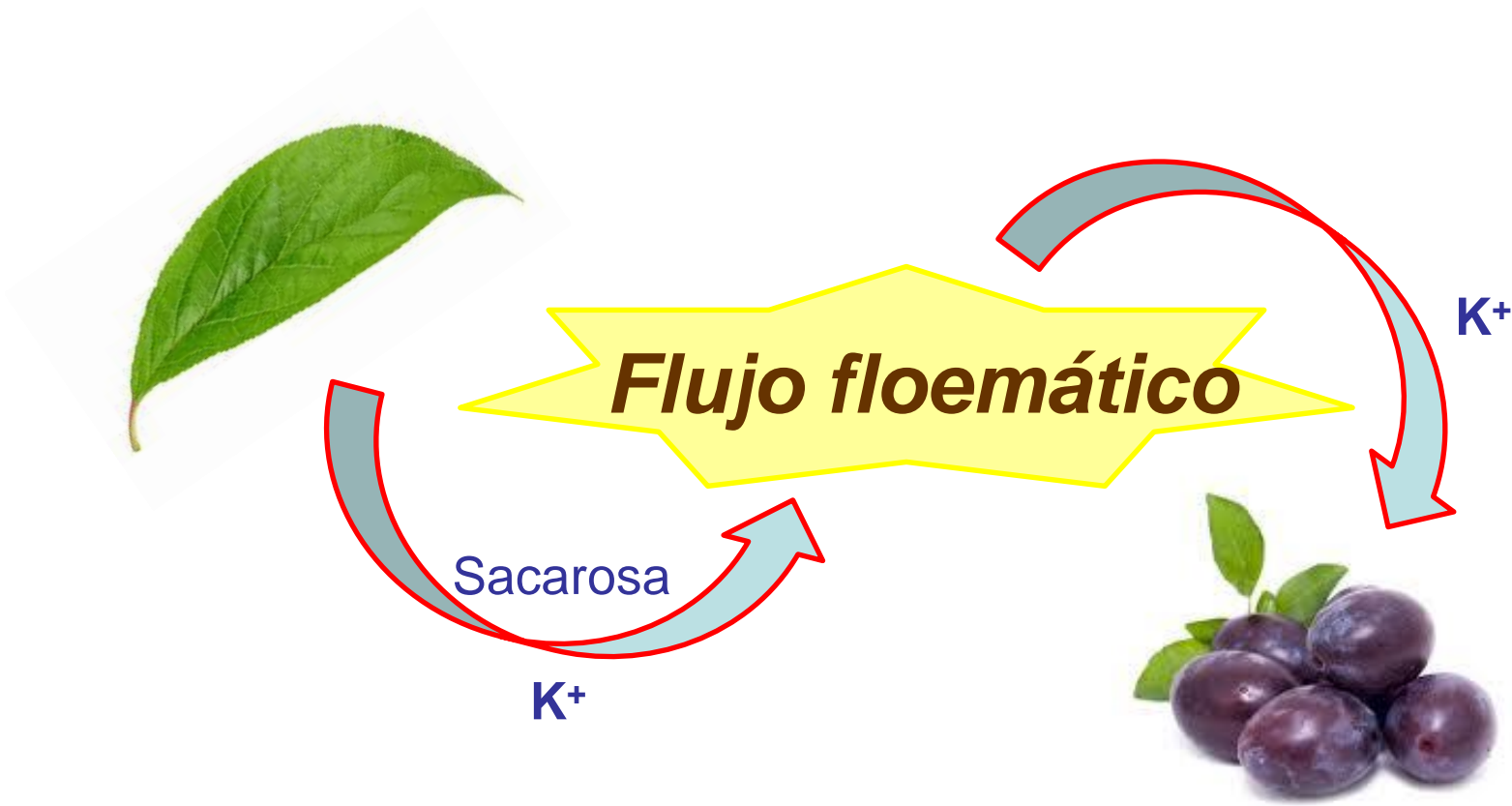
K ₂ O doses (g tree ⁻¹)	Soluble solids (SS) (%)
0	15.15 b
100	15.56 ab
200	15.91 ab
400	16.36 a
600	16.08 ab
P value	P < 0.05

Yener y Altuntaş et al., 2021

El K está involucrado en translocación de solutos hacia la baya a través de su rol en la carga y descarga floemática.

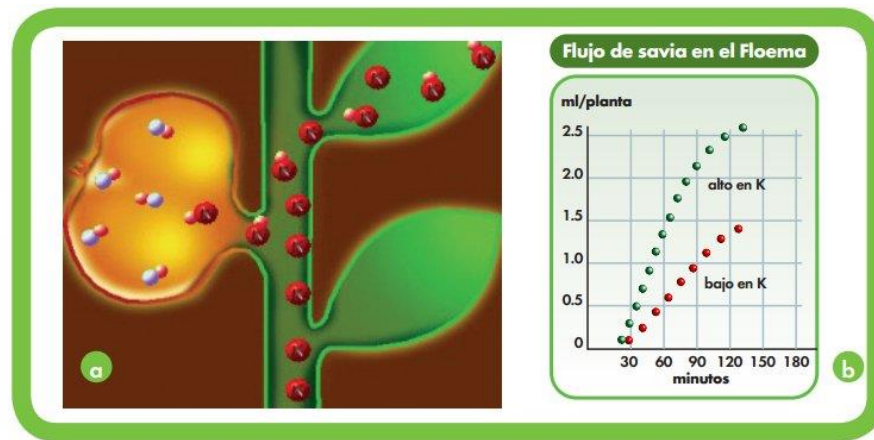
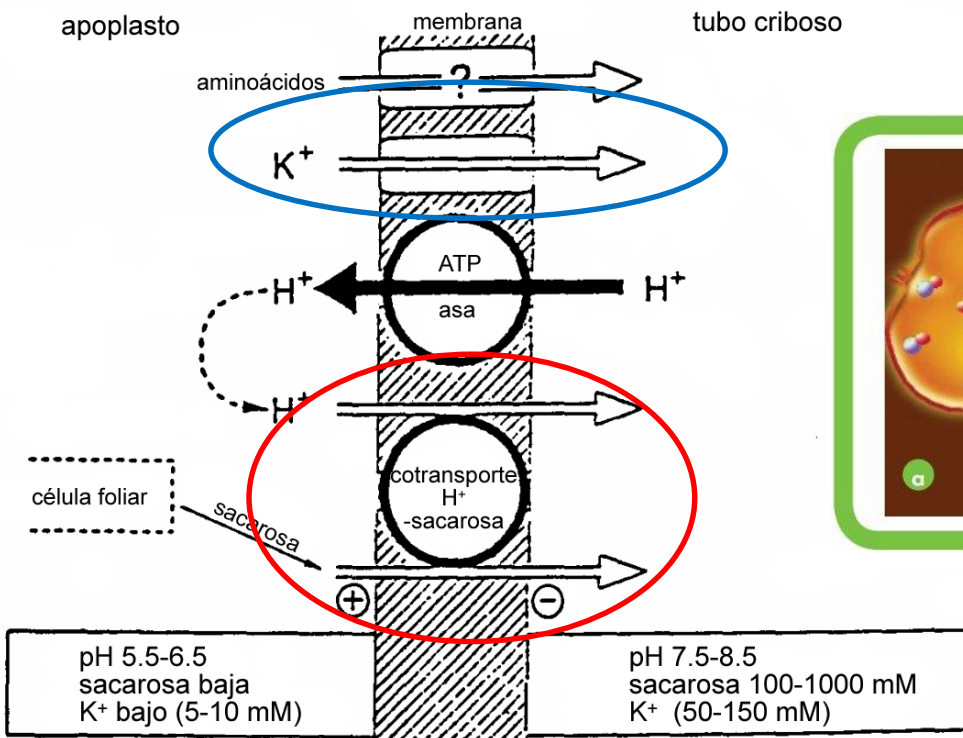


Relación entre la concentración de K y la de azúcares en frutos





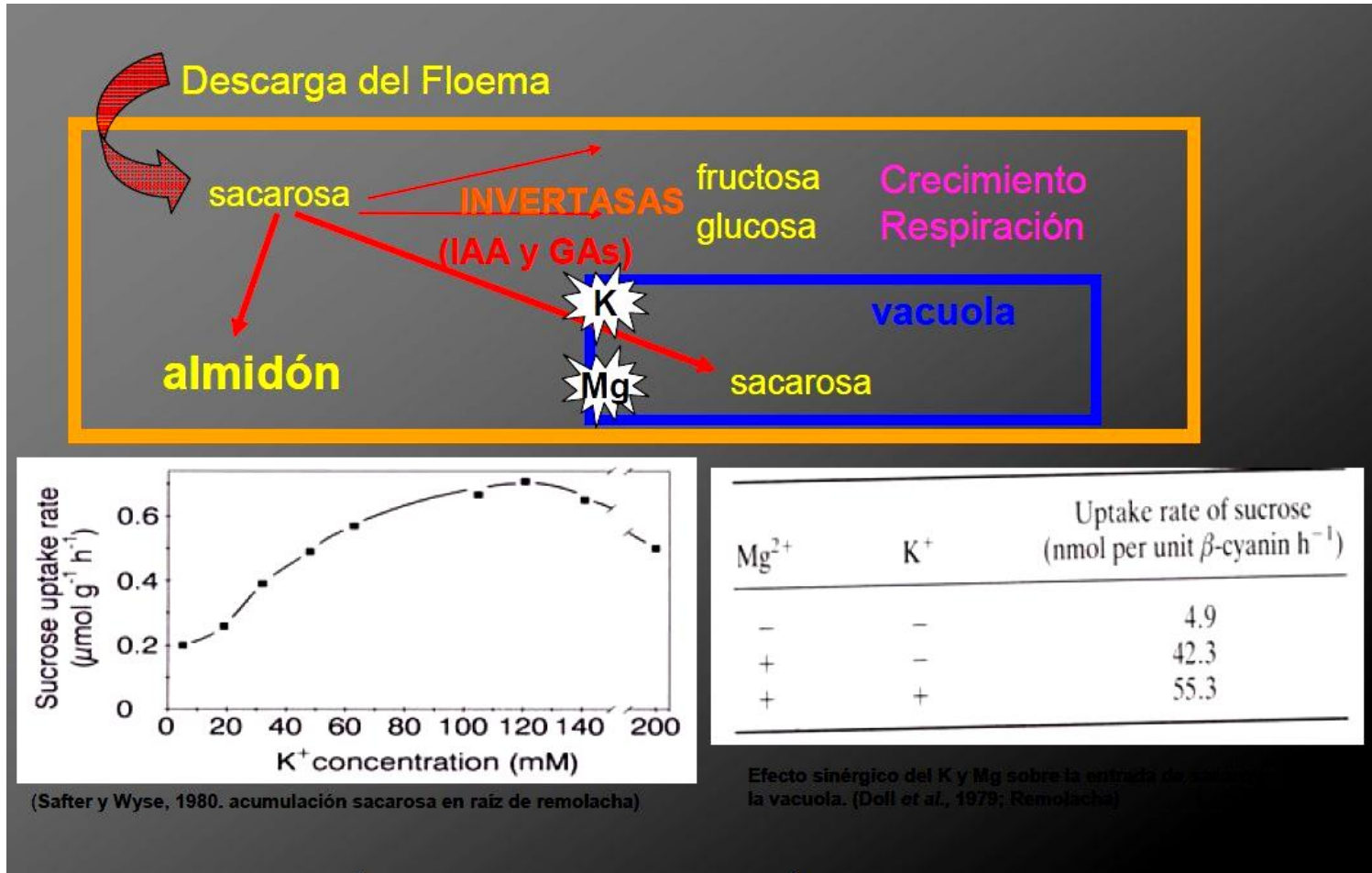
Rol del K en mecanismos de carga de azúcares hacia el floema



No está claro si la estimulación por K es un efecto directo en el mecanismo de carga (ej. mantención del gradiente transmembranal del pH) o indirecto vía un incremento en el potencial osmótico de la savia floemática para aumentar la tasa del flujo floemático 19

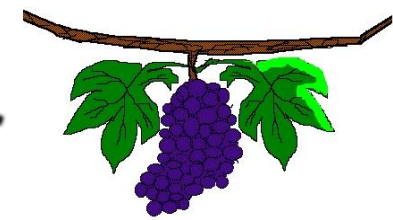


Rol del K en mecanismos de descarga de azúcares hacia la baya



(Safer y Wyse, 1980. acumulación sacarosa en raíz de remolacha)

Efecto sinérgico del K y Mg sobre la entrada de sacarosa a la vacuola. (Doll et al., 1979; Remolacha)

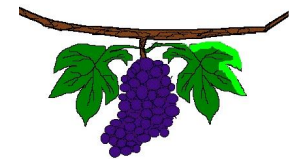


Efecto del K sobre color en uvas Red Globe



Ethrel + K foliar

Ethrel



Factores que afectan la acumulación de K en los frutos

Genotipo. Portainjerto, variedad y combinación variedad/portainjerto

Samples	K concentration	
	Dog Ridge	140R
At 0.1 mM K supply		
Expressed root sap	7.30 ^a	9.70 ^a
Xylem sap	0.55 ^a	0.42 ^a
Apical laminar	0.93 ^a	0.74 ^a
Basal laminar	0.74 ^a	0.61 ^a
Petiole	1.38 ^a	0.82 ^a
Root	0.94 ^a	0.73 ^a
At 10 mM K supply		
Expressed root sap	36.10 ^a	40.20 ^a
Xylem sap	8.41 ^a	3.97 ^b
Apical laminar	3.39 ^a	2.41 ^b
Basal laminar	3.16 ^a	1.90 ^b
Petiole	5.93 ^a	4.75 ^b
Root	4.50 ^a	5.28 ^b

Dog Ridge: *Vitis champini*

140 R: *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*

Vitis rupestris: baja absorción de K⁺

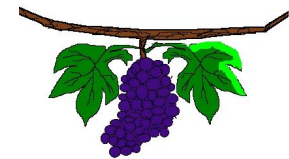
Vitis berlandieri: alta absorción de K⁺

- Las causas de tales variaciones se pueden atribuir a la capacidad de absorción, a la carga en el xilema y a la translocación desde las raíces hacia la parte aérea.

- El vigor y/o la producción también podrían inducir diferencias en la absorción de K.

Líquido xilemático y radical: meq/L

Tejidos vegetales: %



Factores que afectan la acumulación de K en los frutos

Riego. La disponibilidad de agua en el suelo afecta la absorción y concentración de K en las plantas.

Tratamiento	Cabernet Sauvignon ($\mu\text{g baya}^{-1}$)					Syrah ($\mu\text{g baya}^{-1}$)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Control (90% ETc)	837	238	2.057 a	352	87	1140	81	1.489 a	394	102
Estrés hídrico 1 (45% ETc)	748	366	1.755 b	383	82	1071	86	1.447 a	395	100
Estrés hídrico 2 (22% ETc)	605	288	1.504 b	333	71	1059	75	1.316 b	368	92
Significancia	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

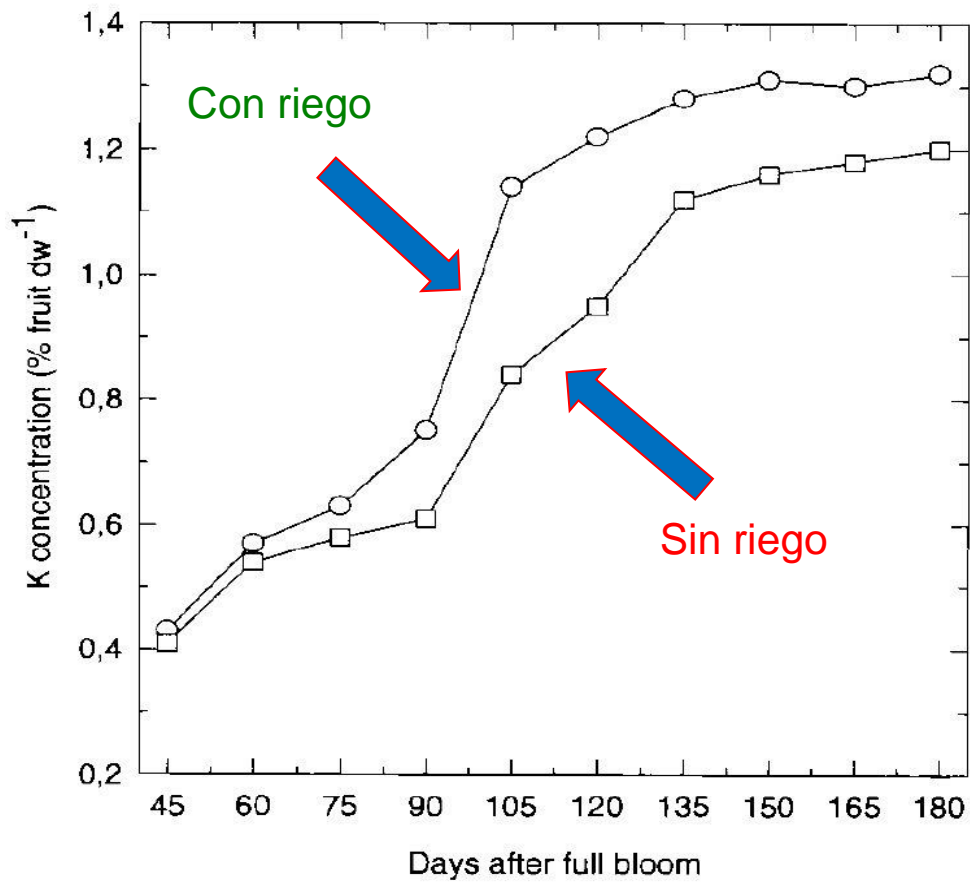
El estrés hídrico afecta negativamente la nutrición potásica



Efecto del riego en la concentración de potasio en olivos



* Olivos de 9 años cv. Carolea.



El estrés hídrico afecta negativamente la nutrición potásica del olivo



Fertilización con K

La fertilización con potasio, por las magnitudes de los requerimientos, se realiza en gran medida al suelo.

Fuentes (considerando dosis crecientes):

- Primera fase de crecimiento de los frutos (desde frutos/bayas de 5 a 5 mm aprox.): fuentes mixtas (nitrato de potasio).
- Durante el crecimiento de la fruta: nitrato de potasio y sales de potasio (sulfatos, tiosulfatos, cloruros, óxidos).
- Durante la maduración (pinta a cosecha): sales de potasio y aplicaciones foliares.



Implicancias de la nutrición potásica en la maduración y calidad de la fruta

José Ignacio Covarrubias
Ing. Agr. Mg. Sc. Dr.
jcovarru@uchile.cl