

Potassium Influences on Crop Yield and Quality Production

Bill Pettigrew
Plant Physiologist
USDA-ARS
Crop Production Systems Research Unit
Stoneville, MS

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Potassium in Crop Yield and Quality Production

- I. Growth and Development (Physiology)
- II. Yield Production
- III. Crop Quality

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Potassium in Crop Yield and Quality Production

- I. Growth and Development
 - A. Uptake and Uptake patterns
 - B. Stomatal Conductance and Photosynthesis
 - C. Phloem transport
 - D. Protein Production
 - E. Dry Matter Partitioning

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Uptake

- Low-affinity uptake – passive influx down an electro-chemical gradient.
- High-affinity uptake – energy dependent influx against an electro-chemical gradient.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Uptake Patterns

- Monocots (maize and wheat)
Most K accumulation occurs prior to flowering.
- Dicots (soybean and cotton)
Most K accumulation occurs after flowering.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Field Removal

- Grain and fiber crops
- Forage crops
Bioenergy concerns.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Stomatal Conductance

- Reversible K^+ flux into guard cells alters osmotic potential and controls stomatal aperture. (Fischer, 1968; Fischer and Hsiao 1968)
- Malate and Cl^{-1} serve as counter ions to K^+ during flux in and out of guard cells. (Talbot et al., 1998)
- Insufficient K^+ can, therefore, reduce stomatal conductance. (Longstreet and Noble, 1980; Huber, 1985; and Bednarz et al., 1998)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Photosynthesis

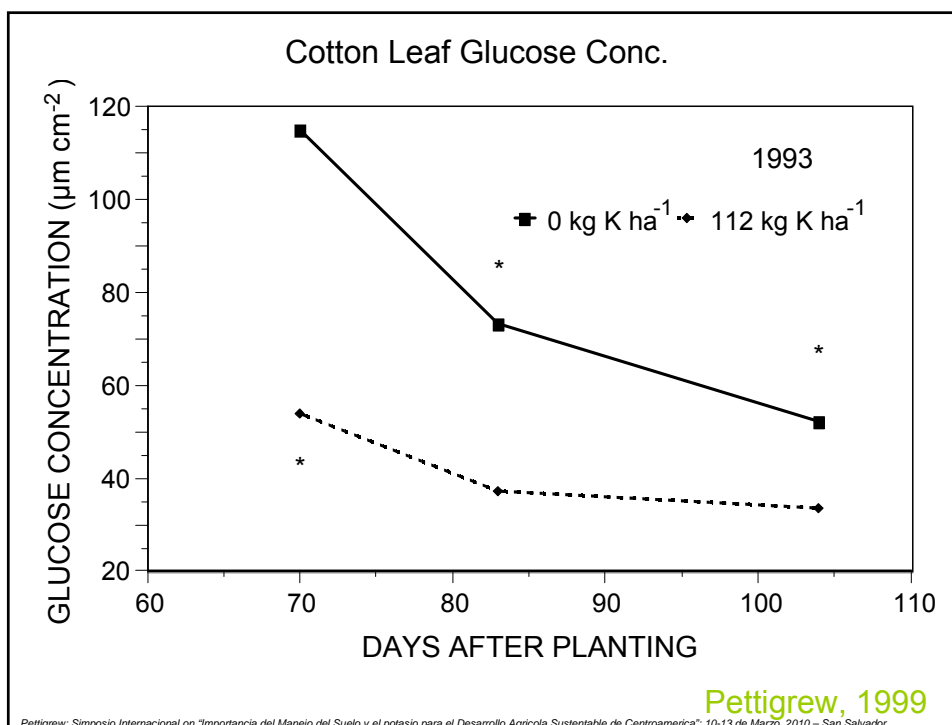
- Insufficient K^+ leads to reduced leaf photosynthesis. (Wolf et al., 1976; Longstreet and Nobel, 1980; Huber, 1985; Pier and Berkowitz, 1987; Bednarz, 1998)
- Reduced photosynthesis during mild K^+ deficiency related to reduced stomatal conductance. Reduced photosynthesis during more severe K^+ deficiency related to non-stomatal factors. (Bednarz, 1998)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Translocation

- Phloem assimilate transport from source tissues (leaves) is restricted under K^+ deficiencies. (Ashley and Goodson, 1972)
- This translocation restriction leads to accumulation of assimilates in the leaves. (Huber, 1985; Pettigrew, 1999; Bednarz and Oosterhuis, 1999)

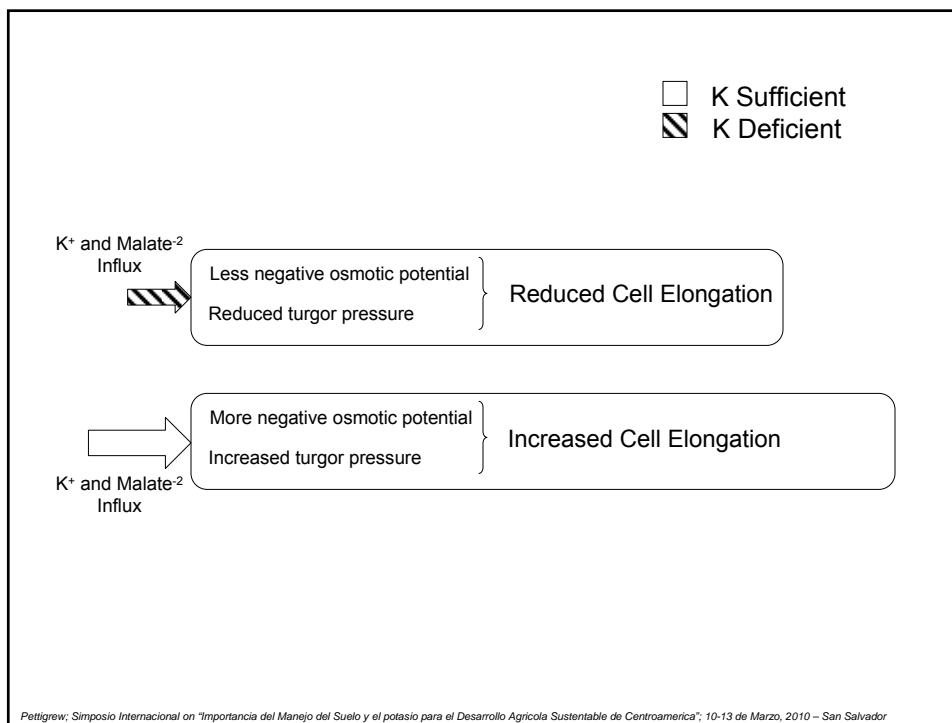
Pettigrew; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Water Potential

- K^+ is the predominate inorganic phloem osmoticum and integral in turgor pressure for growing tissue. (Mengel, 1998)
- K^+ and malate serve as osmotica to produce the turgor pressure to drive cell expansion of individual cotton fibers. (Dhindsa et al., 1975)

Pettigrew; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Pettigrew; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Protein Metabolism

- K⁺ indirectly or directly involved in protein metabolism. (Blevins, 1985)
 - NO₃⁻ uptake and transport (Blevins, 1978a, 1978b)
 - Amino acid transport (Mengel, 1980)
- High seed protein crops also high K⁺ harvest index crops. (Blevins, 1985)
- K⁺ involved in the activation of many enzymes.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

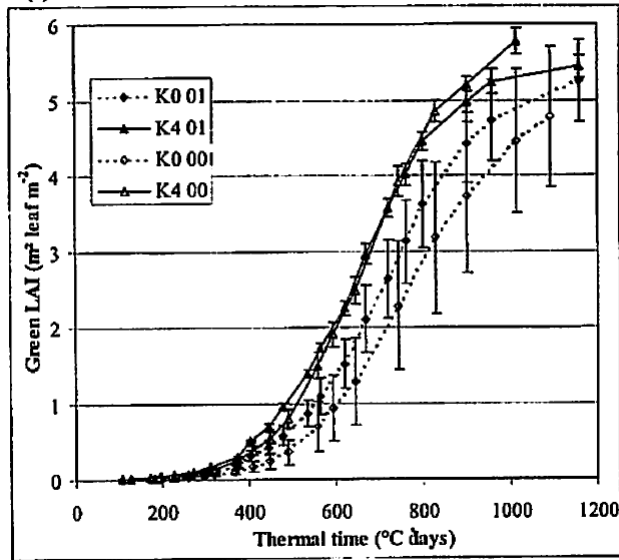
Dry Matter Partitioning

- Reduced plant height (Cassman et al., 1989; Heckman and Kamprath, 1992; Mullins et al. 1994; Pettigrew and Meredith, 1997; Ebelhar and Varsa, 2000)
- Reduce leaf area index (Kimbrough et al., 1971; Pettigrew and Meredith, 1997)
- Reduced solar radiation interception (Gwathmey and Howard, 1998; Pettigrew, 2003)
- Increase specific leaf weight (Pettigrew and Meredith, 1997; Pettigrew, 1999)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

K Fertility Affects on Maize Leaf Area Index

(a)



Jordan-Meille and Pellerin, 2004

Pettigrew; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Dry Matter Partitioning as Affected by K Fertilization in Cotton

K Fertilization	Leaf Area Index	Specific Leaf Wt.	Plant Height
0 kg ha ⁻¹	2.61	53.0 g m ⁻²	124 cm
112 kg ha ⁻¹	2.97	46.4	127
LSD 0.05	0.30	3.3	2

Pettigrew and Meredith, 1997

Pettigrew; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Sunlight Interception as affected by K Fertilization in Cotton

	1993		1994
K Fertilization	100	75	111
	Days After Planting		
0 kg ha ⁻¹	77	74	85
112 kg ha ⁻¹	87	88	93
<i>P</i> > <i>F</i>	0.01	0.01	0.03

Gwathmey and Howard, 1998

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Potassium in Crop Yield and Quality Production

II. Yield Production

- A. Deficiency induced yield reductions
- B. Alteration of yield components
- C. Genotypic variability

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Maize Grain Yield as Affected by K Fertilization

K Fertilization	1994	1995	1996
	Mg ha ⁻¹		
0 kg ha ⁻¹	12.04	6.96	8.97
56 kg ha ⁻¹	12.10	7.02	10.03
112 kg ha ⁻¹	12.29	7.09	10.03
168 kg ha ⁻¹	12.42	7.40	9.72
Linear	ns	0.05	0.10
Quadratic	ns	ns	ns

Ebelhar and Varsa, 2000

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Maize Grain Yield and Ear Size as Affected by K Fertilization in 1987

K Fertilization	Grain	Ear Size
	Mg ha ⁻¹	g ear ⁻¹
0 kg ha ⁻¹	10.6	173
56 kg ha ⁻¹	11.2	192
112 kg ha ⁻¹	11.4	194
168 kg ha ⁻¹	11.4	188
224 kg ha ⁻¹	11.3	185
<i>P > F</i>	0.12	0.05
Regression	Linear	Quadric

Heckman and Kamprath, 1992

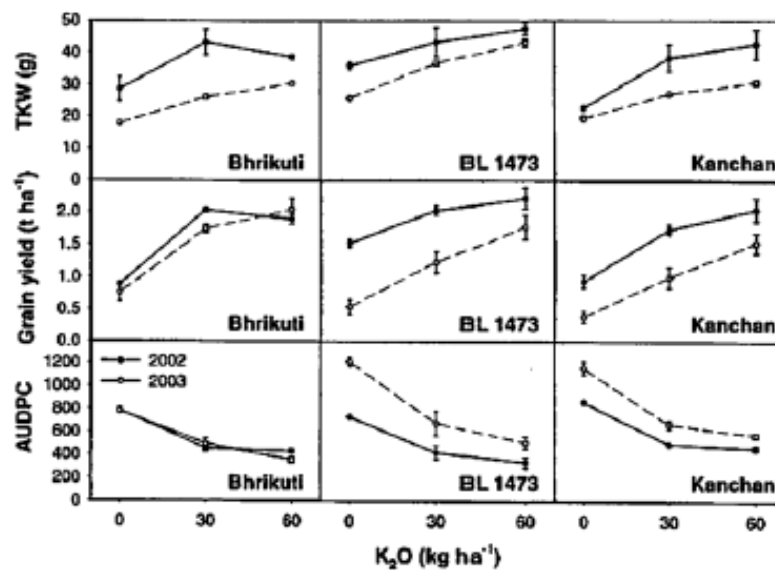
Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Maize

- Increased stover weight and stalk weight with K^+ fertilization, not consistent. (Heckman and Kamprath, 1992; Ebelhar et al. 1987)
- Reduced stalk lodging with K^+ fertilization. (Welch and Flannery, 1985)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

K Effects on Wheat Yield and Kernel Size



Sharma et al., 2005

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Wheat Yield Components as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Grain Yield	Kernel Weight	Kernels Head ⁻¹	Head Number
	Mg ha ⁻¹	mg		heads m ⁻²
0 kg ha ⁻¹	4.1	30.4	30.5	660
37 kg ha ⁻¹	4.4	32.4	29.5	660
74 kg ha ⁻¹	4.4	32.7	28.5	690
LSD 0.05	0.2	0.6	1.2	ns

Sweeney et al., 2000

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Wheat

- K⁺ fertilization can help lessen stalk lodging in wheat. (Beaton and Sekhon, 1985)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Lint Yield and Lint Percentage as Affected by K Fertilization

K Fertilization	1986		1987	
	Lint Yield	Lint Percent	Lint Yield	Lint Percent
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
0 kg ha ⁻¹	903 ^b	37.5 ^b	875 ^b	39.8 ^b
480 kg ha ⁻¹	1203 ^a	38.4 ^a	1325 ^a	40.7 ^a

Cassman et al., 1990

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Lint Yield and Yield Components as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Lint Yield	Boll Mass	Lint Percent	Seed Mass
	kg ha ⁻¹	g boll ⁻¹	%	mg seed ⁻¹
0 kg ha ⁻¹	1188	4.13	38.6	90
112 kg ha ⁻¹	1309	4.36	39.3	94
LSD 0.05	31	0.13	0.3	2

Pettigrew et al., 1996

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Seed Cotton Yield and Selected Yield Components as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Seed Cotton Yield	Boll Number	Boll Weight
	Mg ha ⁻¹	bolts plant ⁻¹	g
0 kg ha ⁻¹	3.20 ^a	7.9 ^b	5.5 ^a
84 kg ha ⁻¹	3.69 ^a	10.9 ^a	6.0 ^a

Mullins et al., 1994

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Genotype Variation

- Cotton genotypes differ in response to K⁺ fertilization than others. (Halevy, 1976; Cassman et al., 1989; Pettigrew et al. 2005; Brouder and Cassman, 1990)
- Maize hybrids differed in K⁺ uptake efficiencies. (Allan, 1998)
- Wheat varieties can differ in K⁺ use efficiency. (Bassam, 1998)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Potassium in Crop Yield and Quality Production

III. Crop Quality

- A. Maize protein content.
- B. Wheat protein content.
- C. Cotton micronaire, fiber maturity, and fiber length.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Maize

- K⁺ fertility can increase grain protein content. (Usherwood, 1985)
- Balanced fertility (including K) can improve grain amino acid content and protein content. (Usherwood, 1985; Yang et al., 2004)

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Wheat Soluble Amino Acids and Grain Proteins as Affected by K Fertilization

K ₂ SO ₄ Conc.	Soluble				
	Amino Acids	Albumin	Globulin	Prolamin	Glutelin
----- mg N / 100 g grains -----					
0.2 mmol L ⁻¹	95	414	352	718	936
2.0 mmol L ⁻¹	113	381	340	844	1104

Koch and Mengel, 1977

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Wheat Soluble Amino Acids as Affected by K Fertilization

K ₂ SO ₄ Conc.	Soluble						
	Glu	Asp	Gly	Ala	Gln	Asn	γ-ABA
----- mg amino acids / 100 g grain -----							
0.3 mmol L ⁻¹	7	26	5	5	15	31	8
2.0 mmol L ⁻¹	7	33	4	6	17	38	9

N¹⁵ applied at milk stage; data collected 37 day after treatment

Mengel et al., 1977

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Fiber Quality Traits as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Upper Half Mean Length cm	Length Uniformity	Fiber Micronaire
0 kg ha ⁻¹	2.80 ^b	0.81 ^b	3.54 ^b
480 kg ha ⁻¹	2.86 ^a	0.82 ^a	3.99 ^a

Cassman et al., 1990

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Fiber Quality Traits as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Fiber Strength kN m kg ⁻¹	Fiber Elongation %
0 kg ha ⁻¹	219 ^b	5.4 ^b
480 kg ha ⁻¹	233 ^a	5.9 ^a

Cassman et al., 1990

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Fiber Length Traits as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Span Length		Length Uniformity
	2.5 %	50 %	
	cm	cm	%
0 kg ha ⁻¹	2.82	1.35	48.0
112 kg ha ⁻¹	2.82	1.37	48.7
LSD 0.05	ns	0.01	0.4

Pettigrew et al., 1996

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Fiber Fineness Traits as Affected by K Fertilization

K Fertilization	Micronaire	Fiber	Fiber
		Maturity	Perimeter
		%	µm
0 kg ha ⁻¹	3.7	74.1	49.1
112 kg ha ⁻¹	4.1	78.3	49.4
LSD 0.05	0.1	1.6	0.1

Pettigrew et al., 1996

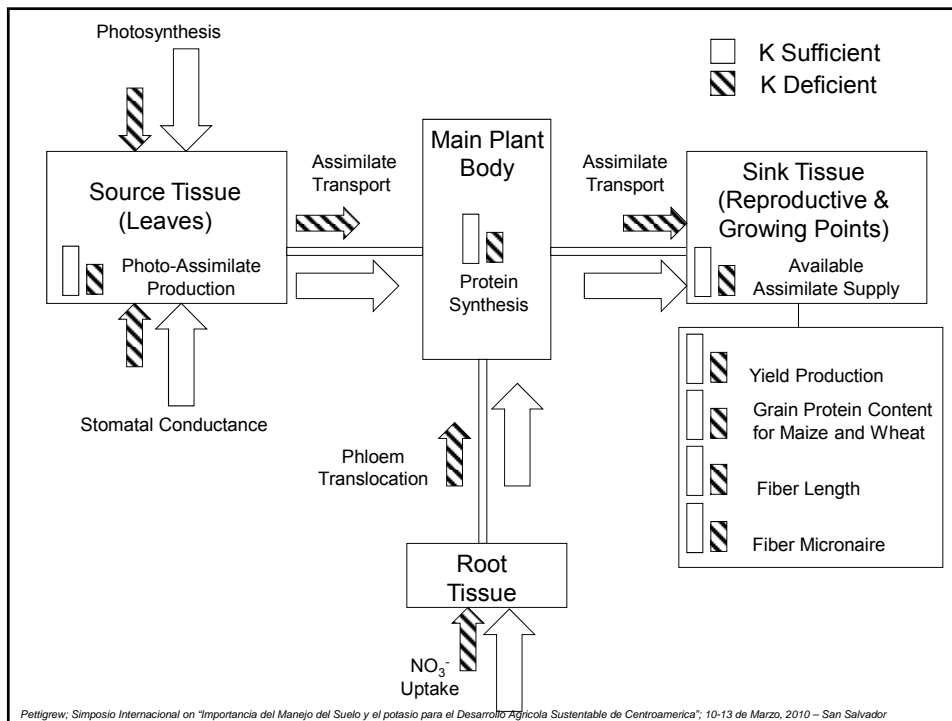
Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cotton Fiber Strength and Elongation as Affected by K Fertilization

K Fertility	Fiber Strength	Fiber Elongation
	kN m kg ⁻¹	%
0 kg ha ⁻¹	207	7.97
112 kg ha ⁻¹	203	8.25
LSD 0.05	ns	0.25

Pettigrew et al., 1996

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Future Issues

- Increased Fertilizer Costs.
- Increased Bioenergy Development.
- Need for K use efficient crops.

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

2008 *Physiologia Plantarum* 133:670-681

“Potassium influences on yield and quality
production for maize, wheat, soybean, and cotton.”
by W.T. Pettigrew

Pettigrew, Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador