



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

INFORME TECNICO Y DIFUSION

CLIMWATER 2010: Horticultural use of water
in a changing climate
Propuesta EVP-2010-0123

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	15 oct 2010
Hora	12:00
Nº Ingreso	15384

OCTUBRE 2010



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO

Fecha de entrega del Informe
Nombre del coordinador de la ejecución
GABRIEL SELLES VAN SCHOUWEN
Firma del Coordinador de la Ejecución

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPUESTA
Nombre de la propuesta
CLIMWATER 2010: Horticultural use of water in a changing climate
Código
EVP-2010-0123
Entidad responsable
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
Coordinador(a)
GABRIEL SELLES VAN SCHOUWEN
Fecha de realización (inicio y término)
22 al 27 de agosto 2010



2. RESUMEN DE LA PROPUESTA

Resumir en no más de 1/2 página la justificación, resultados e impactos alcanzados con la propuesta.

La competencia por agua entre las actividades humanas urge a la agricultura a optimizar el uso de agua de riego. Posibles aproximaciones a este desafío incluye el desarrollo de nuevas técnicas para una programación más racional del uso del agua de riego, aumento del conocimiento en el uso de prácticas de riego aguas de baja calidad, sin afectar los cultivos o el suelo, adopción de técnicas de ahorro de agua y el uso de especies vegetales que tengan una mayor eficiencia en el uso del agua

CLIMWATER2010 permitió tener acceso a los últimos avances de la investigación el área de impacto del agua y la productividad de cultivo, con el objetivo aunar bases científicas para el uso racional del agua en agricultura, con condiciones climáticas cambiantes. Este evento se realizó en el marco del 28 "International Horticultural Congress" organizado por la Sociedad Internacional de Horticultura (ISHS), de la Asociación Portuguesa de Horticultura (APH) y la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas.

En el aspecto clima y cultivos los temas estuvieron divididos en dos seminarios en serie: CLIMWATER propiamente tal y VITI and CLIMATE. En Climwater se presentaron 273 trabajos, tanto en la modalidad oral como poster. En Viti and Climate se presentó un total de 309 trabajos entre presentaciones orales y poster.

De los trabajos presentados se destacaron los esfuerzos y la importancia del manejo agronómico de los cultivos en la economía del agua, el uso de aguas residuales y recicladas, sus ventajas e inconvenientes y el mejoramiento genético y la biotecnología para aumentar la eficiencia del uso del agua por parte de las plantas. Cabe destacar el inmenso aporte que hace el manejo agronómico a la resolución concreta de problemas de disponibilidad del recurso hídrico, a través del aumento de la eficiencia de riego, determinación de la demanda hídrica de las plantas y técnicas de riego deficitario controlado, modificación de la demanda hídrica mediante el uso de mallas, entre otras prácticas de manejo. El mejoramiento genético y el desarrollo de patrones que permitan una mayor exploración de suelo es otro punto destacable. En la línea fisiológica la disminución de la resistencia del mesófilo de las hojas al flujo de CO₂ se ha mostrado como relevante.

Se pudo establecer contactos con investigadores europeos y de USA en relación a los temas mencionados.



3. S

Problema a resolver, justificación y objetivos planteado inicialmente en la propuesta

Las condiciones climáticas cambiantes y la mayor competencia por los recursos hídricos entre la agricultura y otros sectores de la economía llevan a la necesidad de hacer un uso más eficiente del agua de riego

La propuesta tuvo e los siguientes objetivos

- a) Ponerse al día en los temas que a nivel mundial se están desarrollando en relación a la productividad del agua y la respuesta de los cultivos en condiciones climáticas cambiantes
- b) Establecer contactos con equipos de trabajo de países europeos que estén desarrollando la temática señalada
- c) Presentar trabajos científico para dar a conocer las investigaciones que se realizan en Chile en esta materia
- d) Difundir a profesionales chilenos los temas que se están debatiendo a nivel mundial para enfrentar el uso del agua de riego en condiciones climáticas cambiantes.

Objetivos alcanzados tras la realización de la propuesta

Los cuatro objetivos planteados en la propuesta original se cumplieron a cabalidad. Se puso al día en los temas más relevantes en relación a la productividad del agua en condiciones climáticas cambiantes, se establecieron contactos con equipos de trabajo en España, Portugal, Reino Unido, Australia y USA., se presentó un trabajo científico sobre requerimientos hídricos de la uva de mesa en Chile y se realizó una reunión de de difusión de las principales ponencias que se presentaron al simposio.

Resultados e impactos esperados inicialmente en la propuesta

Dar a conocer a la comunidad científica internacional los trabajos en la relación clima – requerimientos hídricos y productividad que se realizan en Chile, Ponerse al día en los últimos temas de investigación para la mitigación de las condiciones e clima cambiante, fortalecer las relaciones con equipos portugueses y españoles que trabajan en temas afines

Resultados obtenidos

Descripción detallada de los conocimientos y/o tecnologías adquiridos. Explicar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, de acuerdo a los resultados obtenidos.



Se cumplieron los objetivos propuestos en el proyecto original

- a) Ponerse al día en los temas que a nivel mundial se están desarrollando en relación a la productividad del agua y la respuesta de los cultivos en condiciones climáticas cambiantes: Se asistió al 100% de las exposiciones orales y al 100% de las sesiones de poster.

CLIMWATER 2010, estuvo organizado en 5 sesiones de presentaciones orales y dos sesiones de presentación de posters.

Sesión 1.- DEFICIT IRRIGATION AND DIAGNOSIS OF WATER STRESS

Sesión 2.- IRRIGATION & WATER QUALITY:MEDITERRANEAN CHALLENGES

Sesión 3.- WATER SAVING TECHNIQUES

Sesión 4.- WATER USE FOR A SUSTAINABLE HORTICULTURE IN A CHANGING CLIMATE

Sesión 5.- AGRICULTURAL USE OF WATER UNDER RESTRICTIVE CONDITIONS

VITIS and CLIMATE, estuvo organizado en

Sesión 1 VITICULTURE UNDER CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS: CLIMATE,VITICULTURE, GRAPES AND WINE

Sesión 2.- CLIMATE EFFECTS ON WATER DEMAND OF VINEYARDS

Sesión 3. DEFICIT IRRIGATION; PHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND AGRONOMIC IMPLICATIONS

Sesión 4.- GRAPEVINE WATER USE EFFICIENCY

Sesión 5.- SALINITY AND MINERAL NUTRITION EFFECTS ON PRODUCTION AND QUALITY OF TABLE AND WINE GRAPE

Sesión 6 EFFECT OF GLOBAL WARMING ON FLAVOR AND AROMA CONTENT OF GRAPES AND WINES

- b) Establecer contactos con equipos de trabajo de países europeos que estén desarrollando la temática señalada

Se establecieron contactos con institutos de investigación europeos, en particular con el Instituto de Agricultura Sustentable, de la Universidad de Córdoba, España (Dr. Elías Fereres) y con el Instituto Superior de Agronomía de la Universidad de Lisboa, Portugal (Dra. Isabel Ferreira)

- c) Presentar trabajos científico para dar a conocer las investigaciones que se realizan en Chile en esta materia.

Se presentó el trabajo científico "Estimation of Evapotranspiration and Crop Coefficient on Table Grape Trained on an OverheadTrellised System"



- d) Difundir a profesionales chilenos los temas que se están debatiendo a nivel mundial para enfrentar el uso del agua de riego en condiciones climáticas cambiantes.

Se realizó una charla técnica donde se presentaron los aspectos más importantes del simposio, con la asistencia de xxx personas

Resultados adicionales

Describir los resultados obtenidos que no estaban contemplados inicialmente.

Aplicabilidad

Explicar la situación actual del sector y/o temática en Chile (región), compararla con las tendencias y perspectivas presentadas en las actividades de la propuesta y explicar la posible incorporación de los conocimientos y/o tecnologías, en el corto, mediano o largo plazo, los procesos de adaptación necesarios, las zonas potenciales y los apoyos tanto técnicos como financieros necesarios para hacer posible su incorporación en nuestro país (región).

En Chile el principal usuario de los recursos hídricos consuntivos es la Agricultura, prácticamente utiliza el 80% de estos recursos, para el riego de entre 1.200.000 y 1.800.000 hás. La agricultura compite con el uso del agua para consumo humano (5%), minero (5%) e industrial (10%). La distribución de los recursos hídricos a nivel regional presenta importantes modificaciones. De la región metropolitana al norte la disponibilidad de agua por habitantes inferior a 1.000 m³/año, llegando incluso a 500 m³/año en las zonas más extremas. Internacionalmente se considera a este último valor como muy restrictivo para el desarrollo económico de un país. De la región metropolitana al sur la situación es diferente. Donde aún la oferta de agua supera a la demanda. Esta situación, ya compleja, se puede ver agravada en las condiciones de cambio climático que se pronostica para los años futuros, donde se estima una reducción de entre 5 a 20% de las precipitaciones en las zonas de mayor producción agrícola del país. Por otro lado se prevé un aumento de las temperaturas medias, lo que podría tener efectos sobre la distribución de los cultivos, su fenología y la demanda hídrica.

En este contexto de posible disminución de recursos hídricos, aumento de población y mayor competencia por agua entre los diferentes sectores de la economía, las prácticas agronómicas que lleven a mejorar la eficiencia del uso del agua, disminuyan la demanda hídrica de los cultivos, sin afectar rendimientos y calidad de producto, y la reutilización de aguas residuales en la agricultura se avizoran como una importante herramienta en el mediano y corto plazo. El mejoramiento genético, orientado a buscar plantas que optimicen el uso del carbono (fotosíntesis), con sistemas radicales más eficientes, que permitan aprovechar en mayor forma el agua del perfil de suelo y ciclos fenológicos más cortos, se avizoran como soluciones de mediano y largo plazo.

Algunos aspectos en la mejora de la eficiencia de riego están relacionados preferentemente con transferencia tecnológica, especialmente en el manejo del riego



superficial, que representa el 72% de la superficie regada del país. Otros aspectos están relacionados con investigación- desarrollo, como por ejemplo determinación de la evapotranspiración de cultivos y coeficientes de cultivo, relacionado con los sistemas de conducción y densidad de plantación, estudios que pueden ser realizados con técnicas de balance hídrico, balance de energía y análisis de imágenes. Se avizora la necesidad de trabajar en investigación para condiciones agronómicas de manejo con modificaciones ambientales que reduzcan la demanda de agua de los cultivos para zonas áridas y semi áridas como son los cultivos de frutales bajo malla.

Se ha realizado avances de investigación en técnicas de riego deficitario controlado en especies frutales, algunos de ellos con financiamiento FIA e investigaciones de funciones de producción en algunos cultivos hortícolas (tomate, pimentón, ajos, cebollas, entre otros) y en especies frutales y vides (uva de mesa, palto, durazneros, entre otros), que muestran resultados promisorios en reducciones de entre 15 a 20% de reducción en los volúmenes de agua aplicados sin afectar rendimientos. Investigación en el uso de aguas residuales provenientes de las plantas de tratamiento de aguas urbanas y de la agroindustria debería ser intensificado..

El rol del Ministerio de Agricultura, a través de sus diferentes servicios, en particular los relacionados con la investigación y transferencia tecnológica seguirán siendo fundamentales para afrontar los desafíos futuros que impone las condiciones climáticas cambiantes

CLIMWATER 2010 ha permitido ponerse al día en este tipo de problemas y como otros países del mundo están enfrentando esta situación.



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Detección de nuevas oportunidades y aspectos que quedan por abordar

Señalar aquellas iniciativas que surgen como vías para realizar un aporte futuro para el rubro y/o temática en el marco de los objetivos iniciales de la propuesta, como por ejemplo la posibilidad de realizar nuevas actividades.

Indicar además, en función de los resultados obtenidos, los aspectos y vacíos tecnológicos que aún quedan por abordar para ampliar el desarrollo del rubro y/o temática.

Como nuevas oportunidades se presentan los contactos realizados con otros grupos de investigación que trabajan en temas afines, tales como los equipos españoles, australianos y californianos. Los dos primeros presentan situaciones hídricas tanto o más complejas que las nuestras.



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA

Programa Actividades Realizadas

Nº	Fecha	Actividad
	22-agosto	Inauguración del congreso
	23 de agosto	CLIMWATER Sesión 1.- DEFICIT IRRIGATION AND DIAGNOSIS OF WATER STRESS Sesion 2.- IRRIGATION & WATER QUALITY:MEDITERRANEAN CHALLENGES Sesión de Posters 1
	24 de agosto	Sesion 3.- WATER SAVING TECHNIQUES Sesion 4.- WATER USE FOR A SUSTAINABLE HORTICULTURE IN A CHANGING CLIMATE Sesion 5.- AGRICULTURAL USE OF WATER UNDER RESTRICTIVE CONDITIONS Sesión de poster 2
	25 de agosto	VITIS AND CLIMATE Sesion 1 VITICULTURE UNDER CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS: CLIMATE,VITICULTURE, GRAPES AND WINE Sesion 2.- CLIMATE EFFECTS ON WATER DEMAND OF VINEYARDS Sesion 3. DEFICIT IRRIGATION; PHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND AGRONOMIC IMPLICATIONS Sesión de posters 1



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

26 de agosto	Sesion 4.- GRAPEVINE WATER USE EFFICIENCY Sesion 5.- SALINITY AND MINERAL NUTRITION EFFECTS ON PRODUCTION AND QUALITY OF TABLE AND WINE GRAPE Sesion 6 EFFECT OF GLOBAL WARMING ON FLAVOR AND AROMA CONTENT OF GRAPES AND WINES Sesión de Poster 2
27 de agosto	Reunión de trabajo con el grupo de agua y relaciones hídricas de la ISHS. Visita al Instituto Superior Agronómico de la Universidad de Lisboa

Detallar las actividades realizadas, señalar las diferencias con la propuesta original. Resumir y analizar cada una de las exposiciones.

Contactos Establecidos

Presentar los antecedentes de los contactos establecidos durante el desarrollo de la propuesta (profesionales, investigadores, empresas, etc.), de acuerdo al siguiente cuadro:

Institución Empresa Organización	Persona de Contacto	Cargo	Fono/Fax	Dirección	E-mail
Instituto Superior Agronómico de	Isabel Ferreyra	Profesor Titular		Tapada de Ajuda, 1349- 017, Lisboa	isabelfer reira@is a.utl.pt
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS- CSIC)	Enrique Fernandez	Investigador		Av. Reina Mercedes 10, 41012, Sevilla	jefer@ir nase.csi c.es
Instituto de Agricultura Sustentable Universidad de Cordova	Elías Fereres	Profesor Titular		Alameda del Obispo s/n Cordova	ag1feca e@uco. es



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Universidad de California, Davis	Richard Snyder	Extensionista		Ishields Ave., LAW 95616, Davis, California	rlsnyder@ucdavis.edu
Universidad de California, Davis	Larry Williams	Profesor de fisiología de la Vid		Dep. of Viticulture and Enology, Ishields Ave, 95616, Davis, California	williams@ucakc.edu
School of Agriculture Universidad de Adelaida, Australia	Sigfredo Fuentes	Investigador	61883036827	Wale Campus PMB1 Glen Osmond SA Australia	Sigfredo.fuentes@adelaidedu.au

Material elaborado y/o recopilado

Entregar un listado del material elaborado, recibido y/o entregado en el marco de la propuesta. Se debe entregar adjunto al informe un set de todo el material escrito y audiovisual, ordenado de acuerdo al cuadro que se presenta a continuación.

También se deben adjuntar fotografías correspondientes a la actividad desarrollada. El material se debe adjuntar en forma impresa y en un medio electrónico (disquet o disco compacto).

Elaborado

Tipo de material	Nombre o identificación	Preparado por	Cantidad
Poster	Estimation of evapotranspiration and crop coefficient on table grape trained on an overhead trellised.System	Gabriel Selles	1
Artículo	Estimation of evapotranspiration and crop coefficient on table grape trained on an overhead trellised.System	Gabriel Selles	1

Recopilado

Tipo de Material	Nº Correlativo (si es necesario)	Caracterización (título)
Artículo		
Foto		
Libro		



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Diapositiva		
CD		PROGRAMME AND BOOK OF ABSTRACTS
Programa de difusión de la actividad En esta sección se deben describir las actividades de difusión de la actividad, adjuntando el material preparado y/o distribuido para tal efecto. En la realización de estas actividades, se deberán seguir los lineamientos que establece el "Instructivo de Difusión y Publicaciones" de FIA, que le será entregado junto con el instructivo y formato para la elaboración del informe técnico. La actividad de difusión consistió en una charla técnica para profesionales y estudiantes, se contó con la participación de 17 personas, entre estudiantes y profesionales. A los asistentes se les distribuyó, en CD, el libro de abstracts de 28 International Horticultural Congress., donde se incluyen los trabajos presentados en CLIMWATER 2010		



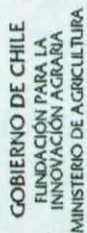
GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

5. PARTICIPANTES DE LA PROPUESTA

Nombre	GABRIEL
Apellido Paterno	SELLES
Apellido Materno	VAN SCHOUWEN
RUT Personal	6.494.441-K
Dirección, Comuna y Región	SANTA ROSA 11610, LA PINTANA, RM.
Fono y Fax	7575114; 7575166
E-mail	gselles@inia.cl
Nombre de la organización, empresa o institución donde trabaja / Nombre del predio o de la sociedad en caso de ser productor	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
RUT de la organización, empresa o institución donde trabaja / RUT de la sociedad agrícola o predio en caso de ser agricultor	
Cargo o actividad que desarrolla	INVESTIGADOR
Rubro, área o sector a la cual se vincula o en la que trabaja	MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

6. PARTICIPANTES EN ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN : CLIMWATER 2010

NOMBRE	FONO	E-MAIL	REGION	CARGO O ACTIVIDAD QUE DESARROLLA
1) Gonzalo Tuello	91851179	gide@topos.com.cl	M.	Alumno U. St. J. J. J.
2) Verónica Guajardo	913702307	veronica.guajardo@topos.com.cl	M.	" U. Chile
3) José Trujillo	91708038	jose.trujillo@topos.com.cl	M.	" "
4) Cristian Valdivia	91031442	cristian.valdivia@topos.com.cl	M.	" U. Talca
5) Alexis Vergara	92775415	alexis.vergara@topos.com.cl	M.	" U. Chile (M.D.)
6) Nicolás Leiva	99349779	nico.leiva@topos.com.cl	M.	" "
7) Raúl Aguilar	7575232	raul.aguilar@topos.com.cl	M.	La Platina
8) Laura Pizarro	7456233	laura.pizarro@topos.com.cl	M.	U. Chile
9) Ariel Paredes	7575243	ariel.paredes@topos.com.cl	M.	La Platina
10) Edo. Torres	7575332	edo.torres@topos.com.cl	M.	" "
11) Paul Tenorio	7575334	paul.tenorio@topos.com.cl	M.	" "
12) Pablo Díaz	86786488	pablo.diaz@topos.com.cl	M.	U. Chile
13) Sergio Guzmán	7575415	sergio.guzman@topos.com.cl	M.	La Platina
14) Arturo Cadena	7575402	arturo.cadena@topos.com.cl	M.	" "
15) Carolina Uquillas	757575	carolina.uquillas@topos.com.cl	M.	" "



6. PARTICIPANTES EN ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN : CLIMWATER 2010

[illegible]



7. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE DIFUSIÓN

a) Efectividad de la convocatoria (cuando corresponda)

Mediana, asistieron 17 personas, de un total de 30 originalmente programados

b) Grado de participación de los asistentes (interés, nivel de consultas, dudas, etc)

Alto. La presentación generó una buena interacción con los asistentes

c) Nivel de conocimientos adquiridos por los participantes, en función de lo esperado (se debe indicar si la actividad contaba con algún mecanismo para medir este punto y entregar una copia de los instrumentos de evaluación aplicados)

Se considera que la información entregada fue de alta interés para los participantes

d) Problemas presentados y sugerencias para mejorarlos en el futuro (incumplimiento de horarios, deserción de participantes, incumplimiento del programa, otros)

No se detectaron problemas



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

8. Conclusiones Finales de la Propuesta

La asistencia a CLIMWATER permitió presentar trabajos locales respecto a los requerimientos hídricos de las plantas, ante la comunidad científica internacional, y establecer contactos con investigadores en el tema, de otras instituciones y países. Además permitió realizar una puesta a punto y conocer el estado actual del arte en temas hídricos, relacionados con condiciones climáticas cambiantes.

Se realizó la difusión de las principales orientaciones y temas tratados en el simposio a estudiantes y profesionales del sector.

En resumen, se cumplieron los objetivos de la propuesta cofinanciada por FIA.



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

ANEXOS

ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT ON TABLE GRAPE TRAINED ON AN OVERHEAD TRELLISED SYSTEM

Villagra, P²., Selles, G^{1(*)}, García de Cortázar, V., Ferreyra, R.¹ Aspillaga, C.¹ and Ortega-Farías, S.

1) INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, CHILE
2) FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE, CHILE
3) CITRA, UNIVERSIDAD DE TALCA, CHILE
(*) gselles@inta.cl

INTRODUCTION

Quantification of crop evapotranspiration (ETc) is essential for irrigation scheduling and to improve crop productivity. Normally, ETc is estimated from reference evapotranspiration (ETo) and a suitable crop coefficient (Kc). There are Kc values available for vineyards (FAO paper 56), but differences in trellis type and row spacing can affect the Kc value, mainly due to differences in canopy light interception (and canopy shadow) by the crop. In Central Chile, preliminary evidence showed that the published values of Kc by FAO needed to be adjusted for table grapes trained on an overhead trellised system ('parrón español').

MATERIAL AND METHODS

A study was carried out (2008/09 and 2009/10) on a commercial table grape (cv Thompson Seedless) vineyard located in the Aconcagua Valley, Chile. (32°52'40" S, 70°37'45" W, 795 m.a.s.l.). 9-year old vines grafted on Harmony rootstock, were trained on overhead trellised system ('parrón español') with a distance of 3.5 m between rows and 1.75 m between vines.

A 4 meter tall metallic tower was installed over the vineyard to measure net radiation (Rn), latent heat flux (LE), sensible heat flux (H), at 30-min interval. The tower was located in the center of 300 has of table grape vineyard, and the minimum fetch-to-instrument-height ratio was about 100:1. To measure the soil heat flux (G), two flux plates (HFPO1, Hukseflux Thermal Sensors, Netherlands) placed at 7 cm depth were installed at 3.5 m horizontal distance from the tower. A thermocouple probe (TCAV, Campbell Sci., Logan, UT) and soil water content sensors (Decagon ECHO-5) were also installed in the vicinity of the flux plates.

Turbulent fluxes (LE and H) were measured using an open path CO2/H2O analyzer (OP_2, ADC BioScientific Ltd) and a sonic anemometer (Gill, Wind masterPro), respectively (Photo1). Data were processed with the software Eddysoft (Metecools, Germany). Values of LE and H were measured every one minute and processed to generate averages every 30 minutes. The crop evapotranspiration was obtained from eddy correlation measurements (ETc = LE/λ, where λ is latent heat of vaporization). Reference evapotranspiration (ETo) was calculated by the FAO Penman-Monteith method (Allen et al., 1998) using a weather station of INIA-FDF weather network, placed 1 km from the vineyard. Finally, the crop coefficient (Kc) was computed as the ratio of ETc to ETo.

Canopy light interception, or shadow percentage over the soil surface, was measured weekly, as the difference between measurements of photon flux density above and below the canopy, by means of a ceptometer (ACCUPAR-Decagon). Figure 1 shows the evolution of light interception during the season 2008/09 and 2009/10. The interception increased from 0 at bud break (15 September) to near 98% at veraison (119-126 days after bud break, DABB).

5-day energy balance above the 'parrón español' vineyard is presented on Figure 2, for period 30 and 126 DABB (veraison). At 30 DABB (22% of solar interception), the mean ratio of LE, H and G with respect Rn were 13%, 45% and 15%, respectively. At 126 DABB (98% of solar interception) LE was 81% of Rn, while H and G were 0.1% and 1% of Rn, respectively. The closure errors of the eddy correlation ranged between 10 and 25%, and decreased as vineyard canopy developed (Figure 3).

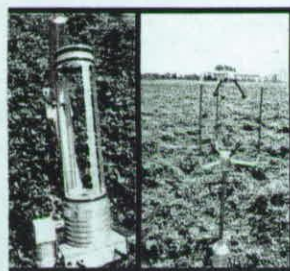


Photo 1. Left, Open path CO2/H2O analyzer (OP_2, ADC BioScientific Ltd) and a sonic anemometer (Gill, Wind masterPro), respectively. Right, sonic anemometer (Gill, Wind masterPro) installed in a tower 4 meters tall.

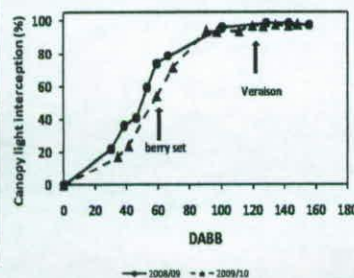


Figure 1. Variation of canopy interception at noon during the growing seasons 2008/09 and 2009/10

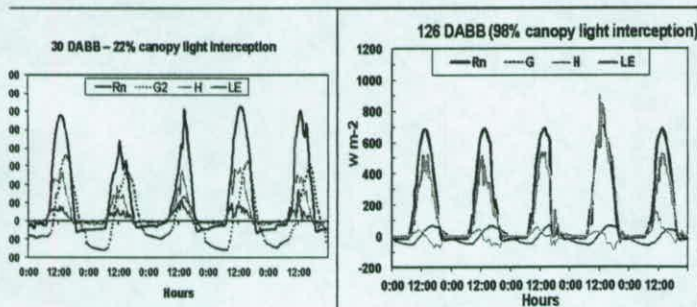


Figure 2. Energy balance during 5 days early in the seasons at 22% canopy interception (30 DABB, Left) and 5 days at veraison (126 DABB, right). (Rn: net radiation, LE: latent heat flux, H: sensible heat flux, G: sensible heat flux into the soil)

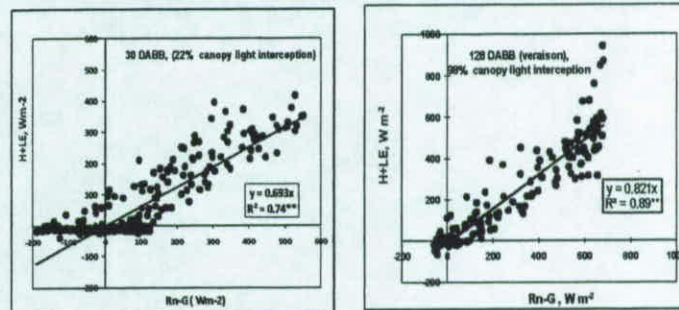


Figure 3. Correlation between turbulent fluxes (H+LE) and available energy (Rn-G) at 22% of canopy interception (30 DABB) and at veraison (98% of canopy interception, right). 2008/09 season

Figure 4 shows the evolution of ETo and ETc, derived from LE, from bud break to post harvest period (190 DABB) for 2008/2009 season. Until veraison, ETc is lower than ETo, but between veraison and harvest, ETc increases over ETo. The evolution of Kc for table grapes trained on overhead trellised system was calculated as a ratio of ETc / ETo (Kc_eddy, Figure 5). In the same figure, the Kc recommended by the FAO56 method is also presented. FAO Kc overestimated water consumption early in the season and subestimated water requirements from near (100 DABB) veraison to end of the season.

As canopy cover of the vineyard can change with trellis systems, row spacing and pruning labor, it is difficult to have the same Kc for different agronomical management practices. A better expression for Kc is not related with days after bud break nor with degree days, but with the percentage of light intercepted by the canopy. As canopy interception increases, Kc increase linearly, as shown in Figure 6.

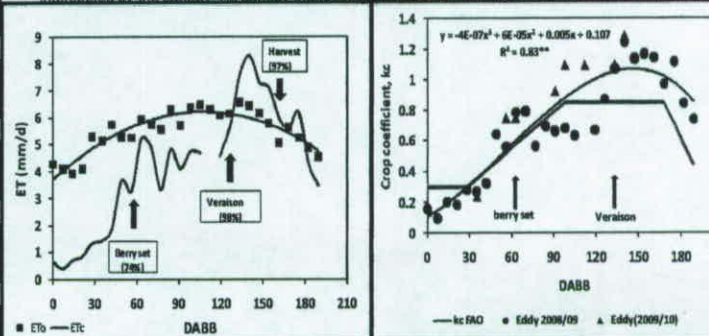


Figure 4. Evolution of ETo and ETc in function of the days after bud break (DABB) for 2008/2009 season. (Bud break, September 15th DABB and Kc proposed by FAO for vineyard (Kc_FAO) Season 2008/09 and 2009/10)

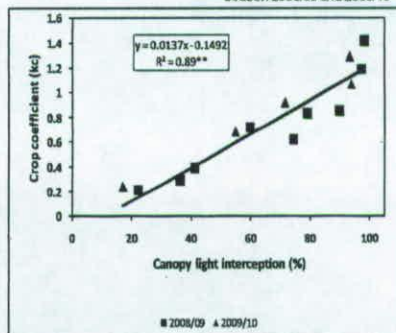


Figure 6. Crop coefficient (Kc) of Thompson Seedless grape vines as a function of canopy light interception at noon. Seasons 2008/09 and 2009/10.

CONCLUSIONS

It is possible to estimate the water requirements of Thompson Seedless table trellised as overhead system by Eddy Covariance method, with a closure error that not exceeds 20%. Highest closure error we found with canopy shadow under 20%, and may be attributed to G measurements.

Kc increase linearly with Thompson Seedless canopy development, expressed as percentage canopy light interception at noon.

The results suggest that it would be better to have crop coefficients directly related to percentage canopy light interception (shadow below the canopy) than days after bud break or degree days. Research financed by INNOVA -CHILE-CORFO, PROYECT N° 05-CRII-PAT-11 and table grape industry

Estimation of evapotranspiration and crop coefficient on table grape trained on an overhead trellised system

Paulina Villagra², Gabriel Selles¹, Victor García de Cortazar², Raúl Ferreyra¹, Cristina Aspillaga¹ and Samuel Ortega³

1) Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.

2) Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Chile.

3). CITRA, Universidad de Talca, Chile.

Keywords: Evapotranspiration, crop coefficient, energy balance, evapotranspiration, table grape

Abstract

During the 2008/09 and -2009/10 seasons, net radiation (R_n), latent heat flux (LE), sensible heat flux (H) soil heat flux (G), and crop evapotranspiration ($ET_c = \lambda LE$, where λ is latent heat of vaporization) were measured on a drip-irrigated Thompson Seedless vineyard trained on an overhead trellised system ("parronal español"). The experiment was located in Calle Larga, Aconcagua valley, Chile ($32^{\circ}52'40''$ S, $70^{\circ}37'45''$ O, 795 m.s.n.m.). LE and H were measured by an eddy correlation system and reference evapotranspiration (ET_o) was calculated using the FAO-Penman-Monteith model. Results indicated that the closure error (ratio of $LE+H$ to R_n-G) diminish as canopy light interception increased (CLI). With 22% CLI closure error was around 20-30%. Over 74% CLI , closure error was around 10%. To 20%. Higher closure error with low CLI can be attributed to measurement of G . At 22% CLI energy partition, respected to R_n were 13%, 45% and 13% for LE , H and G , respectively. With higher CLI (98%), LE , H and G were 81%, 0.1% and 1% of R_n respectively. Derived crop coefficient ($K_c = ET_a/ET_o$) under an overhead trellised system are higher than that that proposed by FAO 56 for table grapes, from near veraison to end of the season.. K_c values from bud -break to harvest period increased linearly as CLI increased ($k_c = 0,137*CLI(\%) - 0.1492$).

INTRODUCTION

Quantification of crop evapotranspiration (ET_c) is essential for irrigation scheduling and can be estimated from reference evapotranspiration (ET_o) and a suitable crop coefficient (k_c) (Allen et al., 1998). Unfortunately, measurements of ET_c and/or K_c on adult fruit trees are scarce (García Petillo and Castel, 2007) and can have important errors when they are not validated under local conditions (Conceição et al., 2008). FAO have proposed general k_c values for table grapes (Allen et al., 1998), but the k_c variation all over the season consider only phenological stages. Canopy cover on table grape vineyard can change with the phenological stage, but also change with trellis systems, row spacing and pruning labor, so is difficult have the same k_c for different agronomical management practices. Several authors have related the k_c to various measures of crop development such as leaf area, percent ground cover or percent of light intercepted by the canopy in fruit trees or vegetables (Williams et al., 2003a, de Medeiros et al., 2001, Ayars et al 2003). As table grapes are cultivated in different trellis systems i.e.: single cross arms,

double cross arm, slanting trellis, overhead trellis, kc could be different in function of canopy light intercepted by each trellis system. In Chile table grape are trellis in an overhead system ("parronal español", and preliminary evidence showed that under values of kc published by FAO need to be adjusted..

MATERIALS AND METHODS

During seasons 2008/9 and 2009/10, a study was carried out on a commercial table grape vineyard (cv Thompson Seedless grafted on Harmony rootstock), in Calle Larga, Valparaíso Region, Chile (32°52'40'' lat S, 70°37'45'' long W, 795 m.a.s.l.). The vineyard was planted in 2000, at 3.5 m between rows and 1.75 m between vines., and trained as overhead trellised system ("parronal español Water application was done by drip (4.0 L hr⁻¹ at intervals of 1.0 m along the rows). The average fruit yield for the seasons were 3.200 to 3.400 boxes per ha (approximately 28 t ha⁻¹) export quality fresh fruit

Climate is Mediterranean semiarid (Santibáñez and Uribe, 1990) and soil is from alluvial loam to sandy clay loam with a depth of 2 m.

A 4 meter tall metallic tower was installed, in the middle of 300 has Thompson Seedless vineyard, to measure net radiation (Rn), latent heat flux (LE), sensible heat flux (H) According to this set up, sensors of Rn, LE and , H, were installed at 2.0 m above vineyard canopy or 4.0 m above the soil surface To measure the soil heat flux (G), two flux plates (HFPO1, Hukseflux Thermal Sensors, Netherlands) placed at 7 cm depth were installed at 3.5 m horizontal distance from the tower, and a thermocouple probe (TCAV, Campbell Sci., Logan, UT) to measure soil temperature, was also installed in the same places of the flux plates. Also soil moisture sensor (ECH5, Decagon devise) were installed near thermocouples.

Turbulent fluxes (LE and H) were measured using an open path CO₂/H₂O analyzer (OP_2, ADC ,BioScientific Ltd.) and a sonic anemometer (Gill, Wind masterPro), , respectively. Data were processed with the software Eddysoft (Meteotools, Germany). Values of LE and H were measured every one minute and processed to generate averages every 30 minutes. Reference evapotranspiration (ET_o) was calculated by the FAO Penman-Monteith method (Allen et al., 1998). The weather station used for this calculation was located 1 km from the tower. The crop evapotranspiration was obtained from eddy correlation measurements (ET_c = λ LE, where λ is latent heat of vaporization). Finally, the crop coefficient (K_c) was computed as the ratio of ET_c to ET_o.

Noon percentage canopy light interception (CLI%) , was calculated weekly as the difference between measurements of photon flux density (PFD) above and below the canopy using a sunfleck spectrometer (AccuPAR, Decagon, USA). PFD was measured at noon on six groups of six plants inside de orchard, near the tower.. On each group 15 measurements were made under the canopy to consider the non-uniform spatial distribution of foliage before veraison. The values were expressed as percentage of canopy light interception.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 show the percent of canopy light interception in both seasons, from bud-break (15 September) to harvest period. It increased from 0 at bud-break, to near 20-22%, 30 days after bud-break (DABB), 50-74% at berry set (60 DABB) and 96-98% from veraison (126 DABB) to harvest (164 DABB). In both seasons the CLI% were similar.

A five days energy partition early in the season (22% CLI), at berry set (74% CLI) and at veraison (98% CLI) is shown on Figure 2. At 22% canopy light interception (CLI) the ratio of LE, H and G respected to R_n were 13%, 45% and 13%, respectively. At 74% CLI (berry set), the mean ratio of LE, H and G to R_n were 53%, 26% and 11%, respectively. Finally, at 98% of CLI (veraison) LE was 81% of R_n , while H and G were 0.1% and 1% of R_n , respectively. The ratio of turbulent fluxes (H+LE) to available energy (R_n-G) for the same periods is presented in Table 1. Closure error diminish as CLI increased. At beginning of the seasons closure error were in between 31-20% in both years. With CLI over 70% closure error were between 5 to 20%. The closure errors of the eddy correlation were under the 20% limit for valid measurements (Wilson et al., 2002). The higher closure error early in the season could be related to measurements of G. When the canopy light interception is low, in a vineyard, the free spacing increases the contribution of soil compounds of the energy balance (Heilman et al 1999), but its importance diminish as CLI increased, increasing the LE compound. In the overhead trellis system, at 98% CLI, LE represent near 89-90% of the turbulent fluxes (fig 2). In a Cabernet Sauvignon, trained in a vertical trellis system, with the main wire 0.9 m above the soil surface, Ortega et al (2007) found that LE explain 20-40% of R_n . The difference can be explain due to less CLI presented in a vertical trellis system. The leaf area index (LAI) of Ortega et al (2007) vineyard was about 1.1. In our case LAI of the Thomson Seedless vineyard was around 3-3.5 at veraison period (data not shown). Heilman et al (1996) also found that LE is greater for an open hedgerow trellis system versus a more compacted hedgerow vines.

The evolution of E_{To} and E_{Tc} for both seasons is shown in Figure 3. In both years, E_{Tc} were under E_{To} until 80-120 DABB. After that E_{Tc} increased over reference evapotranspiration. From Figure 3 k_c of each year was calculated, as the ratio of E_{Tc} to E_{To} . The evolution of calculated k_c (k_{c_eddy}) in function of DABB is presented in figure 4. In the same figure the k_c values recommended by the FAO56 method (K_{c_FAO56} , Allen et al., 1998) is also presented. Values of k_{c_eddy} are lower than FAO until 30 DABB and presented higher values from 100 DABB until end of the season. FAO k_c over estimated Thompson S. water requirements early in the season and sub estimated water requirement in an important period for berry growth, the stage III, where the increase of berry volume is due to cellular expansion (Silva et al 2008)). Cellular expansion is a process very sensible to water and an subestimation in vines water requirements in this period can affect the berry size at harvest.

As canopy cover of the vineyard can change with trellis systems, row spacing and pruning labor, is difficult have the same k_c for different table grape agronomical management practices, that can explain the difference between eddy k_c and FAO k_c in our case. A better expression for k_c is not related with days after bud break nor with degree

days, but with the percentage of light intercepted by the canopy. As canopy interception increase, k_c increase linearly, as shown in figure 5. K_c varied linearly with the increase of canopy noon light interception ($K_c = 0.0137 \times \text{CLI\%} - 0.1492$). Similar linear relation was found by Willimas and Ayars (2005a) for Thompson Seedless vineyard, working with weighing lisimeter in California. Also a good relationship between canopy light interception and k_c have been found in other fruit crops (Ayars et al 2003; Girona et al, 2004), growing also in weighing lysimeters.

CONCLUSIONS

Evapotranspiration measurements for table grapes were made by eddy covariance method during 2008/09 and 2009/10 seasons. Closure error of the energy balance was between 10 to 20%. LE increases from 13% of R_n when CLI was 22% and increased up to 81% when CLI was 98%, between veraison and harvest. On the other hand G diminish from 11% to 1% in the same period. Crop coefficient K_c change linearly as canopy shadow increase, and from 100 DABB are higher than that recommended by FAO,

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by INNOVA-CORFO, project 05-CR11PAT-11.

Literature Cited

- Allen, R.; Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. 300p.
- Conceição, N., Paço, T., Silva, A. y Ferreira, M. 2008. Crop coefficients for a pear orchard (*Pyrus communis* L.) obtained using Eddy Covariance. *Acta Horticulturae* 792: 187-192.
- Ayars, J.E., Johnson, R.S., Phene, C.J., Trout, T.J., Clark, D.A., Mead, R.M., 2003. Water use by drip irrigated late season peaches. *Irrig. Sci.* 22, 187-194.
- de Medeiros, G.A., Arruda, F.B., Sakai, E., Fujiwara, M., 2001. The influence of crop canopy on evapotranspiration and crop coefficient of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agric. Water Manage.* 49, 211-224. 11-18.
- García Petillo, M. y Castel, J. 2007. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(2): 232-243.
- Girona, J., Marsal, J. Mata, M. and del Campo, J. (2004) Pear Crop Coefficient orchard in a large weighing lysimeter. *Acta Hort.* 664.: 277-281.
- Heilman J.L., a, McInnes K.J., Gesch R., Lascano R.J. and Savage M.J. .1996. Effects of trellising on the energy balance of a Vineyard *Agricultural and Forest Meteorology* 81:79-93
- Ortega-Farías, S., Carrasco, A., Olioso, A., Acevedo, C and, Poblete, C (2007). Latent heat flux over Cabernet Sauvignon vineyard using the Shuttleworth and Wallace model. *Irrigation Science* 25:161-170.
- Santibáñez, F. y J. M. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universitaria. Santiago, Chile.
- Silva, C., Silva, H., Sellés, G. and Ferreyra, R. 2(2008) Relaciones de crecimiento entre el tronco y la baya en vitis vinífera con uso de sensores de desplazamiento variable *Agrociencia* 42: 903-912.

- Williams, L. y Ayars, J. 2005a. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 132: 201-211.
- Williams, L. y Ayars, J. 2005b. Water use of Thompson Seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA3) and trunk girdling-practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology* 129: 85-94.
- Williams, L., Phene, C., Grimes, W. y Trout, T. 2003a. Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* 22: 11-18.
- Williams, L., Phene, C., Grimes, W. y Trout, T. 2003b. Water use of young Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* 22: 1-9.
- Wilson, K., Goldstein, A., Falge, E., Aubinet, M., Baldocchi, D., Berbigier, P., Bernhofer, C., Ceulemans, R., Dolman, H., Field, C., Grelle, A., Ibrom, A., Law, B., Kowalski, A., Meyers, T., Moncrieff, J., Monson, R., Oechel, W., Tenhunen, J., Valentini, R. y Verma, S. 2002. Energy balance closure at FLUXNET sites. *Agricultural and Forest Meteorology* 113: 223-243.

Tables

Table 1 Correlation between turbulent fluxes (H+LE) and available energy (Rn-G) for three different canopy light interception (CLI) (linear equation $(H+LE) = A \times (Rn-G)$ for the days presented in f

CLI (%)	Phenological period	A (slope)	R ²
22	30 DABB	0.693	0.74**
74	Berry set	0,91	0.87**
98	Veraison	0,82	0.89**

Figures

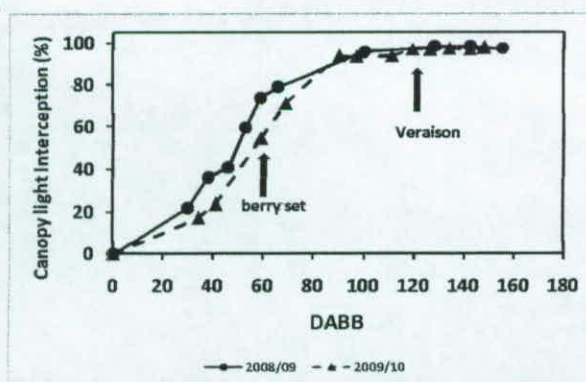


Figure 1. Variation of canopy light interception (%) measured at noon at noon during the growing seasons 2008/09 and 2009/10.

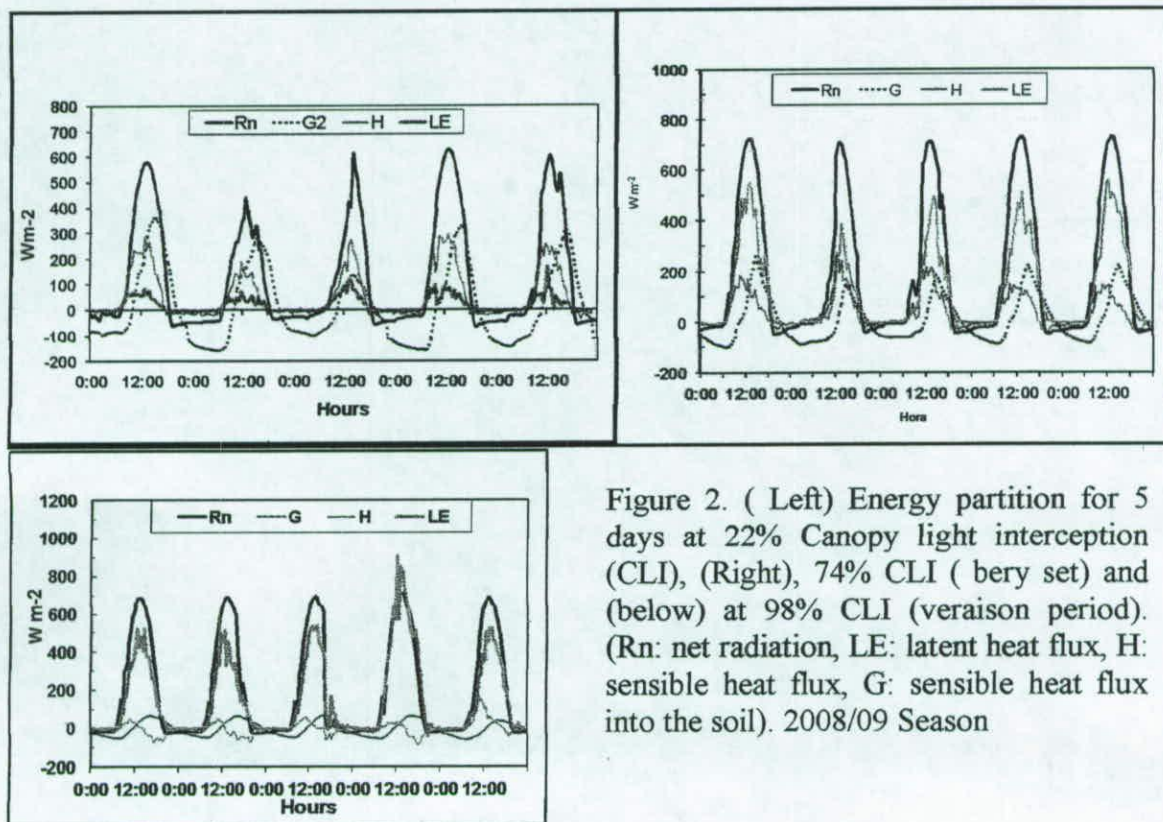


Figure 2. (Left) Energy partition for 5 days at 22% Canopy light interception (CLI), (Right), 74% CLI (berry set) and (below) at 98% CLI (veraison period). (Rn: net radiation, LE: latent heat flux, H: sensible heat flux, G: sensible heat flux into the soil). 2008/09 Season

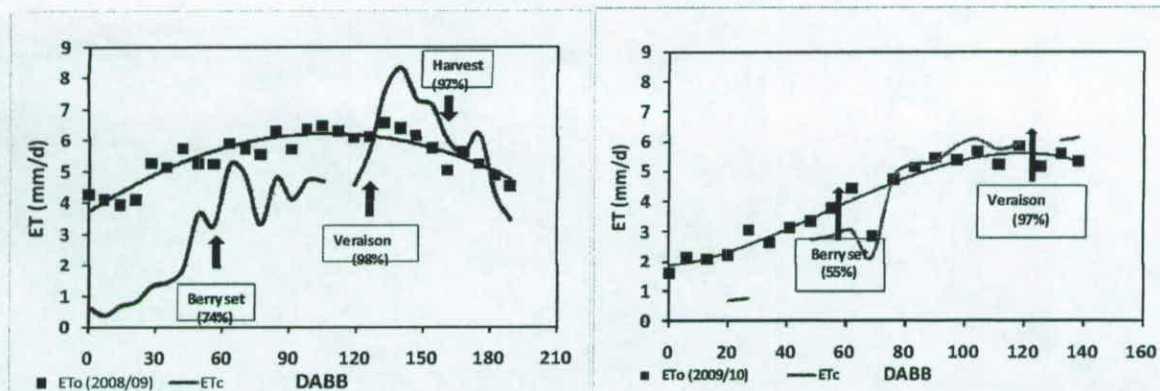


Figure 3. Evolution of ETo and Etc during the growing season 2008/09, (left) and 2009/10 (right).

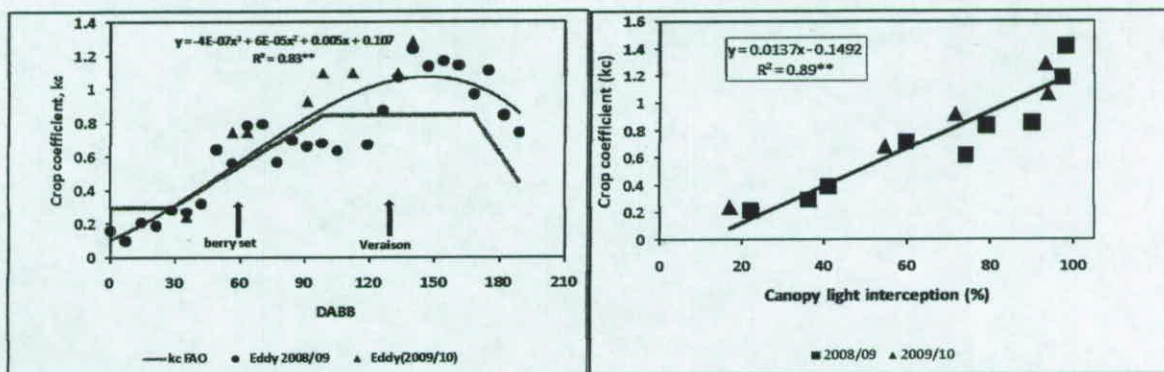


Figure 4. Variation of crop coefficient calculated as a ratio of ET_c to ET_o (K_{c_eddy}) and recommended by the FAO56 method (Allen et al., 1998)

Figure5. Regression analysis between measured crop coefficient and canopy light interception at noon.