

Capítulo 5

Cubiertas vegetales entre hileras en viñedos para producción de vinos

Marisol Reyes, Alejandro del Pozo y Carlos Ovalle

En Chile, las cubiertas vegetales han sido incipientemente utilizadas en viñedos para la producción de vinos y no es una tecnología ampliamente adoptada por los productores, debido en parte al desconocimiento respecto de los beneficios que puede aportar su uso. Sin embargo, son una tecnología utilizada en viñedos de las regiones vitivinícolas más importantes del mundo, como EE.UU., Australia, Italia y Francia.

Las cubiertas pueden ser utilizadas para vigorizar las vides cuando se utilizan leguminosas fijadoras de nitrógeno porque mejora la fertilidad al aumentar el contenido de nitrógeno del suelo. También pueden desvigorizar las vides cuando se utilizan gramíneas anuales o perennes, al ejercer competencia por nutrientes y agua.

Cuando el manejo del suelo de un viñedo no es adecuado pueden verse afectadas sus características físico-químicas, lo cual repercute en la productividad de la viña y la composición del mosto (Kliever, 1974; 1991; Sicher *et al.*, 1995; Murisier y Zufferey, 1997; Murisier *et al.*, 1999). Las cubiertas mejoran la calidad física de suelos compactados, estimulando la formación y estabilidad de los agregados, así como la macroporosidad del suelo (Ruiz Sinoga y Martínez Murillo, 2009; Novara *et al.*, 2011). Además, favorecen la acumulación de materia orgánica en el perfil (Gómez *et al.*, 2009).

El uso de cubiertas permite proteger el suelo frente a erosión hídrica, favorecer la infiltración (Gucci *et al.*, 2012), reducir la evaporación y el escurrimiento superficial en zonas de laderas (Monteiro y López, 2007).

En zonas vitivinícolas como la Provincia de Cauquenes, donde se concentra el 11% de la superficie vitivinícola nacional, existe un altísimo riesgo de erosión, por lo que el uso de cubiertas vegetales en viñedos es altamente beneficioso.

A pesar del poco uso de las cubiertas en el país, existe un creciente interés por su incorporación en el manejo del viñedo, en especial frente al desafío de hacer una viticultura más sostenible y amigable con el medio ambiente, que incluya un mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo, y que considere el escenario climático inestable en el que deberemos movernos los próximos años.

Este capítulo presenta una revisión de los beneficios que el uso de cubiertas vegetales puede aportar a la viticultura, dando un especial énfasis a las experiencias desarrolladas en el país.

5.1 Cubiertas para mejorar la fertilidad del suelo

En Chile, con el objeto de mejorar el manejo del suelo de un viñedo del cv Cabernet Sauvignon, en suelos graníticos del secano interior sub-húmedo, se evaluaron 5 cubiertas: a) testigo sin vegetación; b) testigo con la vegetación espontánea; c) mezcla de leguminosas de cvs precoces de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* con *Medicago polymorpha*); d) mezcla de cultivares tardíos de trébol subterráneo con trébol balansa (*T. michelianum*); y e) mezcla de leguminosas tardías con ballica anual (*Lolium rigidum* Gaud). La incorporación de estas cubiertas presentó ventajas en términos de manejo del suelo, al ser comparado con un suelo manejado libre de vegetación o con la vegetación espontánea. Las 3 mezclas forrajeras tuvieron un adecuado comportamiento en términos de establecimiento (600 a 800 plantas/m²) y autosiembra al segundo año (900 a 1200 plantas/m²). Sin embargo, en ambos años, las cubiertas vegetales compuestas por cvs tardíos

Cuadro 1. Fitomasa total y de las especies sembradas de cubiertas vegetales en viñedos establecidos en suelos graníticos, en dos estaciones de crecimiento.

Tratamientos	2005-2006		2006-2007	
	Especie Sembrada (t ha ⁻¹)	Total (t ha ⁻¹)	Especie Sembrada (t ha ⁻¹)	Total (t ha ⁻¹)
Vegetación espontánea		410 c		320 c
Leguminosas precoces	2330 b	3460 b	5391 b	5445 b
Leguminosas tardías	4070 a	4160 a	6148 a	6148 a
Leguminosas tardías + ballica	3900 a	4010 a	6623 a	6623 a

Medias seguidas por letras distintas en una misma columna difieren significativamente ($P \leq 0,05$) según Prueba de Duncan.

de trébol subterráneo y trébol balansa con o sin ballica anual, produjeron más biomasa respecto de la mezcla de trébol subterráneo precoces y hualputra (2,3 y 4 ton MS ha⁻¹ año⁻¹ y 5,3 y 6,2 ton MS ha⁻¹ año⁻¹ en el primer y segundo año, respectivamente **(Cuadro 1)**.

Los contenidos de N y K en la biomasa de las cubiertas de leguminosas fue mayor que en las cubiertas de especies espontáneas **(Cuadro 2)**. Mientras que el contenido de P no difirió entre estas.

Cuadro 2. Composición química de las cubiertas entre hileras.

Tratamientos	N	P	K
	%		
Vegetación espontánea	2,86	0,39	2,89
Leguminosas precoces	2,91	0,35	3,02
Leguminosas tardías	3,15	0,35	3,62
Leguminosas tardías + ballica	2,96	0,33	3,61

La incorporación de N por fijación biológica de las leguminosas y su posterior mineralización en el suelo, permitió incrementar el contenido de N disponible en éste. También por el mismo efecto se encontró un mayor tenor de K en el suelo. El contenido de P se vio incrementado principalmente por los aportes de fertilización fosfatada necesarios para el establecimiento y mantención de las cubiertas **(Cuadro 3)**. Los aportes de N de los cultivos de cobertura de leguminosas representaron 68 y 128 kg N ha⁻¹ en la mezcla de especies precoces en el primer y segundo año, respectivamente, y 157 y 194 kg N ha⁻¹ en el tratamiento de especies tardías.

Cuadro 3. Variación en el tiempo del pH y del contenido de MO, N, P y K en el suelo, bajo diferentes cubiertas vegetales en viñedos establecidos en suelos graníticos.

Tratamiento	Fechas de muestreo			
	11-08-06	09-09-06	23-09-06	09-11-06
pH				
Control sin cubierta vegetal	6,65 a	6,70 a	6,43 a	6,42 a
Cubierta de leguminosas precoces	6,48 a	6,28 a	6,73 a	6,66 a
Cubierta de leguminosas tardías	6,77 a	6,81 a	6,53 a	6,50 a
M.O. %				
Control sin cubierta vegetal	1,55 a	1,61 b	1,68 a	1,55 a
Cubierta de leguminosas precoces	1,86 a	1,90 ab	2,17 a	2,07 a
Cubierta de leguminosas tardías	1,71 a	2,44 a	2,22 a	2,12 a
N, ppm				
Control sin cubierta vegetal	1,9 b	6,8 c	95 b	5,1 c
Cubierta de leguminosas precoces	21,9 a	62,6 b	26,9 a	17,0 b
Cubierta de leguminosas tardías	14,1 a	193,7 a	39,8 a	44,7 a
P, ppm				
Control sin cubierta vegetal	5,5 b	7,5 b	6,4 b	5,2 b
Cubierta de leguminosas precoces	12,9 a	19,4 a	16,1 a	18,2 a
Cubierta de leguminosas tardías	15,5 a	23,1 a	18,6 a	18,7 a
K ppm				
Control sin cubierta vegetal	208 b	252 b	226 b	214 b
Cubierta de leguminosas precoces	279 a	438 a	474 a	442 a
Cubierta de leguminosas tardías	287 a	557 a	521 a	505 a

Medias seguidas por letras distintas en una misma columna difieren significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

5.2 Efecto de las cubiertas sobre la producción y el contenido de N en las plantas de vid

La biomasa de hojas, tallos, tronco y raíces de plantas de vid que crecieron en asociación con cultivos de cobertura durante dos años fue similar ($P < 0.05$) a las del control. Sin embargo la producción de frutos y total, fue significativamente mayor en las plantas que crecieron asociadas a cubiertas entre hileras de leguminosas (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Producción de biomasa (materia seca, g planta⁻¹) de los componentes de las plantas de vid que crecen con o sin cultivos de cobertura.

Tipo de cubierta	Hojas ¹	Tallos	Frutos	Tronco	Raíces	Total
Testigo	114 a*	111 a	112 b	189 a	287 a	814 b
Cubierta precoz	106 a	115 a	165 a	203 a	345 a	935 a
Cubierta tardía	121 a	120 a	179 a	209 a	318 a	947 a

Las medias seguidas por letras diferentes en una columna son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Se tomaron muestras hojas en febrero (con el desarrollo máximo del dosel), bayas en abril (en la cosecha) y sarmientos, tronco y raíces en junio de 2007.

La concentración de N en hojas, tallos, troncos y racimos fue mayor ($P < 0.05$) en plantas de vid que crecían con mezclas leguminosas de cultivares tardíos (**Cuadro 5**). Además, el contenido total de N en plantas de vid fue significativamente ($P < 0.05$) mayor en tratamientos con cultivos de cobertura en mezclas de floración temprana y tardía, respectivamente, que en el control. El mayor contenido de N se observó en hojas y tronco, seguido de raíces (**Cuadro 5**).

Lo anterior se puede explicar por la mayor disponibilidad de N del suelo bajo cultivos de cobertura, particularmente en primavera (Ovalle *et al.*, 2007c), momento en que las condiciones de temperatura y contenido de agua del suelo favorecen la tasa de mineralización de la materia orgánica (He *et al.*, 2000; Mengel, 1996; Tisdale *et al.*, 1999).

Cuadro 5. Determinaciones de la concentración de N y el contenido de N en biomasa aérea y de raíces de plantas de vid, cultivadas con cultivos de cobertura de leguminosas o sin ellas.

Tipo de cubierta	Hojas ¹	Tallos	Frutos	Tronco	Raíces	Total
o N concentración (%)						
Testigo	1.85 b*	0.44 b	0.55 b	1.12 b	0.42 b	
Cubierta precoz	1.70 b	0.45 ab	0.64 a	1.13 b	0.58 a	
Cubierta tardía	2.02 a	0.47 a	0.70 a	1.36 a	0.51 a	
o N content (g plant ⁻¹)						
Testigo	2.41 b	0.49 a	0.61 b	2.12 b	1.29 b	6.92 b
Cubierta precoz	2.15 b	0.52 a	1.06 a	2.30 b	2.00 a	8.03 a
Cubierta tardía	2.81 a	0.56 a	1.25 a	2.85 a	1.62 ab	9.09 a

* Las medias seguidas por letras diferentes en una columna son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Se tomaron muestras hojas en febrero (con el desarrollo máximo del dosel), bayas en abril (en la cosecha) y sarmientos, tronco y raíces en junio de 2007.

Para estimar la contribución relativa de la leguminosa a la nutrición nitrogenada de las vides, se utilizó un método de dilución isotópica mediante el cual se aplicaron fertilizantes enriquecidos con ¹⁵N (10% átomo de exceso ¹⁵N) a todos los tratamientos y posteriormente se determinó la composición isotópica de ¹⁵N de las vides cultivadas con o sin cultivos de cobertura. Se supuso que cualquier reducción medida en el enriquecimiento de ¹⁵N de los tejidos de las vides cultivadas de cobertura en relación con el control del cultivo de cobertura resultó de la absorción de N proveniente de la leguminosa (**Cuadro 6**). Los análisis sugirieron que la leguminosa proporcionó entre 19 y 19% de N en los sarmientos de la vid, entre 14 y 20% del N en hojas, y 39 y 56% del N en raíces en los tratamientos de mezcla de especies tempranas y tardías, respectivamente.

Cuadro 6. Estimación de la cantidad de N (%) proveniente de la cubierta de leguminosa, recuperada en las plantas de vid.

Cover crop	18/12/06	08/02/07	Mean
Hojas			
Sin Cubierta	0.0 b	0.0 c	0.0 c
Cubierta especies precoces	12.9 a	14,5 b	13.7 b
Cubierta especies tardías	12.5 a	27,9 a	20.2 a
Tallos			
Sin cubierta	0 b	0 b	0.0 b
Cubierta especies precoces	19.2 b	19,1 a	19,2 a
Cubierta especies tardías	12.7 b	17,8 a	15.3 a
Frutos			
Sin cubierta	0	0 c	
Cubierta especies precoces		6,5 b	
Cubierta especies tardías		12,5 a	
Raíces			
Sin cubierta	0	0 c	
Cubierta especies precoces		39,1 b	
Cubierta especies tardías		55,5 a	

Las medias seguidas por letras diferentes en una columna son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

5.3 Influencia de las cubiertas vegetales sobre el control del vigor y el estado hídrico de la vid

En el valle de riego de Chile central, existen numerosos viñedos que han sido establecidos en suelos profundos de alta retención de humedad y donde el problema es el exceso de vigor de la vid, lo cual afecta negativamente la calidad de mosto y del vino. Es estos casos se postula que es posible utilizar cubiertas vegetales de gramíneas perennes, capaces de experimentar altas tasas de crecimiento y extracción de agua y nutrientes en competencia con la vid, con el fin de disminuir el vigor de ésta (Pieri *et al.*, 1999). Esto permitiría disminuir el manejo de poda de canopia que usualmente se utiliza para controlar el vigor.

En cuanto a especies capaces de controlar vigor se encuentran las gramíneas perennes de los géneros *Festuca*, *Phalaris* y *Dactylis*. Cada una de éstas tienen requerimientos específicos en cuanto a suelo y difieren en sus requerimientos hídricos, sistemas radiculares y por lo tanto en su capacidad de utilizar y extraer agua. Además poseen distintos grados de latencia y tolerancia a las altas temperaturas de verano, todo lo cual se traduce en su capacidad de crecer a altas tasas y cumplir el rol que se les asigna en el mejoramiento de la calidad de la materia prima producida por la viña.

En un suelo granítico depositacional, arenoso, profundo, de alta disponibilidad hídrica, en el secano interior de Cauquenes, fueron evaluadas distintas cubiertas vegetales con propósitos de competencia con la vid. Entre las cubiertas se evaluaron gramíneas perennes como pasto ovillo, (*Dactylis glomerata* cv Currie), falaris, (*Phalaris aquatica* cv Holdfast) y festuca (*Festuca arundinacea* cv Manade), comparadas con gramínea anual, (*Lolium rigidum* cv Wimmera). Todas las gramíneas se sembraron en asociación con leguminosas anuales (*Trifolium subterraneum* cv Gosse y *Trifolium michelianum* cv Paradana). El estudio se estableció sobre una viña cv Cabernet Sauvignon de 10 años de edad.

En este contexto experimental, las cubiertas de falaris y ballica anual fueron las de mayor producción de biomasa (5455 y 4810 kg ha⁻¹), siendo estadísticamente similar esta última a la cubierta de pasto ovillo. En tanto que la cubierta con menor producción fue la de festuca. Las especies que mejor se establecieron y contribuyeron a la composición de las mezclas fueron la ballica anual, falaris y pasto ovillo, con contribuciones entre 68 y 84%, respectivamente. La festuca fue la gramínea de menor crecimiento en este tipo de suelos.

Se observó un efecto detrimental de las cubiertas vegetales sobre el contenido de humedad del suelo, entre 50 y 80 cm de profundidad. Los valores de humedad de suelo, de potencial xilemático y de conductancia indicaron que las plantas de vid hasta enero tenían un bajo nivel de estrés hídrico, aun con cubiertas de gramíneas perennes.

No se encontraron diferencias en el crecimiento de las plantas de vid atribuibles a las diferentes cubiertas usadas, lo que se pudo apreciar en el peso de poda por planta y en producción por planta. Tampoco se observó efectos sobre la acidez, pH o azúcar en las bayas, pero sí sobre las características de los mostos.

Estudios realizados en Carolina del Norte, en un viñedo cv Cabernet Sauvignon, también fue observado que el establecimiento de diferentes cubiertas tuvo

mínimo impacto en los potenciales hídricos del viñedo, lo que indicaba que las cubiertas no eran muy competitivas con el viñedo en términos de humedad del suelo. Sin embargo, cuando las cubiertas se comparaban con el uso de herbicida, el tratamiento con festuca (*Festuca arundinacea* Shreb cv Elite II) reducía el peso de poda por planta en un 28%, el peso individual de sarmientos en un 20% y el número de hojas del follaje en un 25%. Además se observó que los tratamientos con cubiertas tendían a reducir los niveles de nitrógeno en pecíolos en comparación con el uso de herbicida, no obstante esta reducción no llegaba a niveles inferiores a lo considerado aceptable para la vid. Considerando entonces su buen establecimiento y características de crecimiento, su efecto en reducir el crecimiento vegetativo de la vid y su bajo impacto en el rendimiento, concluyeron que la mejor cubierta evaluada, en un suelo arcillo arenoso, profundo y con buen drenaje, era la festuca cv Elite II (Giese et al, 2014)

5.3.1 Influencia sobre las características físico químicas del suelo

Diversos trabajos experimentales han demostrado que las características físico-químicas y el manejo del suelo afectan la productividad de la viña y la composición del mosto (Kliever, 1974; 1991; Sicher et al, 1995; Murisier *et al.*, 1997; 1999). Las cubiertas vegetales pueden tener un efecto notable en las propiedades físicas del suelo. Tanto en suelos de pendiente como en sectores planos, gracias al incremento en el contenido de materia orgánica, ocasionada por la degradación de la biomasa de raíces de las cubiertas vegetales, es posible mejorar la propiedades físico-químicas y biológicas del suelo: disponibilidad de nutrientes, porosidad, estabilidad de los agregados, capacidad de retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico.

Estudios de largo plazo, en un viñedo de Cabernet Sauvignon en Francia, compararon el efecto del uso de herbicida, cubierta permanente (*Festuca arundinacea* cv Manade) con 50% de cobertura y cubierta permanente con 25% de cobertura, sobre las raíces de la vid y propiedades físicas y químicas del suelo. Luego de 17 años vieron una considerable disminución de las raíces de la vid en la entre hilera, en particular en las capas superiores del suelo, pero un incremento de ellas cercano a la sobre hilera. En tanto que la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno, K_2O intercambiable, pH y humedad del suelo a capacidad de campo aumentaron bajo la cubierta permanente. En tanto que la densidad aparente y la resistencia mecánica del suelo disminuyeron. Sin embargo, esta mejora de las propiedades físicas y químicas no beneficia directamente las raíces de la vid, ya que por competencia éstas se ven reducidas en la parte superior del suelo de la entre hilera (Morlat y Jacquet 2003).

En un viñedo bajo riego, en un suelo franco limoso con el cv Merlot, se determinó que el suelo con cubierta vegetal tuvo una biomasa microbiana mayor que los suelos rastreados, en tanto que las mezclas con cero labranza tuvieron una biomasa microbiana mayor que las mezclas rastreadas (Ingels *et al.*, 2005).

5.4 Efectos en la calidad del mosto y del vino

En Cerdeña, el establecimiento de la especie de leguminosa anual *Medicago polymorpha* como cubierta vegetal en un suelo de origen calcáreo de baja fertilidad, mejoró la producción de vino en relación a una cubierta con malezas que emergieron espontáneamente entre las hileras de vides (Nieddu *et al.*, 2000; Porqueddu *et al.*, 2000).

La disponibilidad de nitrógeno en el suelo afecta el tenor de nitrógeno en las hojas, esto influye fuertemente en la calidad de la producción, por cuanto afecta el contenido de azúcar, lo que a su vez influye sobre el contenido de azúcar de la baya y del vino (Kiss y Szoke, 1992), el pH y el ácido málico (Falcetti *et al.*, 1992), como también los contenidos de arginina y de prolina, que tienen una influencia directa en el aroma del mosto y del vino (Bravdo, 1992).

En La Rioja, España, sobre un viñedo del cv Tempranillo, se observó que los tratamientos mantenidos con cubiertas tendían a incrementar el grado de alcohol y la acidez en el mosto, en tanto que el pH se veía disminuido, lo que se explicaba principalmente por el efecto de las cubiertas en el rendimiento unitario de la vid. Favorablemente, el contenido de antocianos, polifenoles y la intensidad del color del vino se incrementaban, producto del efecto que un estrés hídrico moderado tendría sobre la acumulación de polifenoles, la mejor relación piel/pulpa por el menor tamaño de bayas y un microclima más favorable asociado a la cubierta (Ibáñez, 2013).

Por otro lado, el exceso de vigor en vides afecta negativamente la calidad de mosto y del vino, debido a que se produce un desequilibrio entre el crecimiento vegetativo (hojas y tallos) y el crecimiento de los frutos. Esto retarda la madurez de la uva, aumenta la acidez, disminuye la concentración de azúcares y la concentración de taninos. El establecimiento de gramíneas perennes en la entre hilera del viñedo permitiría reducir el vigor de las plantas de vid, por la competencia por agua y nutrientes que las gramíneas ejercen (Pieri *et al.*, 1999). Esto permitiría obtener un mejor control de la producción y un mejoramiento significativo de las características cualitativas del vino, como grado, color y características organolépticas.

5.5 Efecto sobre el control de malezas

El establecimiento de cubiertas vegetales entre hileras permite realizar un manejo racional de la vegetación de la entre hilera, contribuyendo al control de malezas vía supresión de malas hierbas y su reemplazo por especies benéficas. Un beneficio ambiental adicional es la supresión o disminución del uso de herbicidas.

Estudios realizados en Canadá con siete diferentes especies de tréboles anuales (trébol balansa, encarnado, persa, alejandrino y otros perennes como trébol blanco y rosado) usados como cubiertas vegetales difieren en su capacidad para controlar malezas del género *Brassica*. Las diferencias se deben a que los tréboles poseen diferencias en su capacidad de producción de biomasa, fenología y morfología. En general los tréboles perennes aventajaron a los anuales en el control de las malezas, realizando una disminución de la biomasa de la maleza de hasta de un 57% cuando se trata de suelos de baja fertilidad. Este porcentaje es de solo 29% en suelos fértiles (Shirley *et al.*, 2001).

Se considera que las especies a utilizar, cuando el objetivo de la cubierta es controlar malezas, debieran producir 8 ton/ha de materia seca para ser efectivas en el control de éstas en verano. En un viñedo del cv Chardonnay en suelos de textura media de la costa de Sudáfrica, con el propósito de controlar malezas, se probaron durante 10 años diferentes especies: centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa* y *Avena strigosa*), vicia (*Vicia dasycarpa*, *Vicia faba*), medicago (*Medicago truncatula*, *Medicago scutellata*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), bajo distintos manejos. Los cereales fueron los más efectivos para controlar malezas, debido a su mayor producción de materia seca, sin embargo, ésta decae a los cuatro años, por lo que su uso debe incluir su rotación con otra especie. Dentro de los cereales, la avena resultó ser un buen supresor de las malezas invernales y estivales, pero debe ser sembrada anualmente y controlada químicamente antes de la brotación de la vid.

El trébol subterráneo no logra una buena protección debido a su baja producción de materia seca, en tanto que vicia y hualputra no debieran establecerse por más de cuatro años consecutivos, debido a la necesidad de control químico para el manejo de sus plagas y enfermedades. Por lo tanto, la recomendación de los autores es realizar rotaciones, utilizando un cereal con una fijadora de nitrógeno, debiendo sembrarse anualmente ya que ninguna de las especies evaluadas sería capaz de autoregenerarse en el tiempo (Fourie *et al.*, 2006).

Literatura consultada

- Bravdo B.A. 1992. Mineral nutrition Proc 4th Int. Symp. Grapevine physiolog, Turin, 159-163.
- Del Pozo, A., Ovalle, C. and Avendaño J. 1989. Los Medicagos anuales en Chile. I. Comparación con Australia. Agricultura Técnica (Chile) 49:260-267.
- Del Pozo, A., Ovalle, C., Avendaño, J., Aravena, T. y Díaz M.E. 2000. Combarbalá-INIA, un cultivar precoz de hualputra (*Medicago polymorpha* L.) para áreas de secano mediterráneo. Agricultura Técnica (61)1:93-96.
- Falcetti M., Porro D., Campostrini F., Scienza A. 1992. Role des facteurs du milieu sur la nutrition de la vigne (*Vitis vinifera* cv Chardonnay) et influence sur la composition des mouts. Proc 4th Int. Symp. Grapevine physiolog, Turin, 221-224.
- Fouri, J., Louw, P., and Agenbag, G. 2006. South African Journal of Enology and Viticulture, 27(2)167-177.
- Giese, G., Velasco-Cruz, C., Roberts, L., Heitmand, J., Wolf, T. 2014. Complete vineyard floor cover crops favorably limit grape vine vegetative growth. Scientia Horticulturae 170:256-266.
- Gómez, J., Guzmán, G., Giráldez, J., and Fereres, E. 2009. The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. Soil and Tillage Research 106(1):137-144.
- Kiss E., Szoke L. 1992. Correlation between mineral nutrition of grapevine and wine quality. Proc 4th Int. Symp. Grapevine physiolog, Turin, 201-202
- Ibáñez, S. 2013. Gestión del suelo en viñedo mediante cubiertas vegetales. Incidencia sobre el control de rendimiento y del vigor. Aspectos ecofisiológicos, nutricionales, microclimáticos y de calidad del mosto y del vino. Tesis Doctoral, Universidad de La Rioja, La Rioja España. 325 p.
- Ingels, C. Scow, K., Whisson, D. and Drenovsky, R. 2005. Effects of Cover Crops on Grapevines, Yield, Juice Composition, Soil Microbial Ecology, and Gopher Activity. Am. J. Enol. Vitic. 56:1
- Kliwer W.M. 1991. Methods for determining the nitrogen status of vineyards Proc Int. Symp. On Nitrogen in Grapes and Wines. 130-147.
- Kliwer W.M.; Cook J.W. 1974. Arginine levels in grape canes and fruits as indicators of nitrogen status in vineyards. Am. J. Enol. Vitic., 25, 111-118.

- Morlat, R., and Jacquet, A. 2003. Grapevine Root System and Soil Characteristics in a Vineyard Maintained Long-term with or without Interrow Sward. *Am. J. Enol. Vitic.* 54:1
- Murisier F., Maigre D., Spring J.L. 1999. Gestione del suolo nella viticoltura svizzera. Esperienze con varie tecniche di inerbimento e riflessi sulla qualità del vino. *Atti XXIV Momevi.* 11, 17.
- Murisier F., Zufferey V. 1997. Rapport feuille - fruit de la vigne et qualite du raisin. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 29, 355-362.
- Nieddu G., Graviano O, Lostia A., Porqueddu C. 2000. Effects of *Medicago polymorpha* cover cropping in Sardinia vineyards. *Options méditerranéennes*, Vol 45, 449-452.
- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S., Santoro A., and Cerda, A. 2011. Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil and Tillage Research* 117:140-147.
- Ovalle, C., del Pozo, A., Lavín, A., y Hirzel J. 2007. Cubiertas Vegetales en Viñedos: Comportamiento de mezclas de Leguminosas Forrajeras Anuales y Efectos sobre la Fertilidad del Suelo. *Agricultura Técnica* 67(4): 384-392.
- Pieri, P., Riou, C., Dubois, C. 1999. Competitions for nitrogen and water in two vine-grass systems. Application of a water balance model. *Acta Horticulturae* 493:89-96.
- Porqueddu C., Fiori P.P., Nieddu S. 2000. Use of subterranean clover and burr medic as cover crops in vineyards. *Options méditerranéennes*, Vol 45, 445-448.
- Ruiz Sinoga J.D, Martínez Murillo, J.F. 2009. Effects of soil surface components on soil hydrological behaviour in a dry mediterranean environment (southern Spain). *Geomorphology*, 108:234-245.
- Shirley, M., Ross, J., Izuarralde, C. and O'Donovan, T. 2001. Weed suppression by seven Clover species. *Agronomy Journal* 93:820-827.
- Sicher L., Dorigoni A., Stringari G. 1995. Soil management effects on nutritional status and grapevine performances. Second International Symposium on Diagnosis of nutritional status of deciduous fruit orchards. *Acta Horticulturae* 383:73-82.