

Fraccionamiento de la materia seca y del nitrógeno en olivo superintensivo (II)

En esta segunda parte se analiza la absorción nitrogenada en la planta

En este ensayo se evaluó la influencia de la época de abonado nitrogenado en la distribución del nitrógeno (N) absorbido, procedente del fertilizante, en una plantación superintensiva adulta de olivo cv. Arbequina. El aporte retrasado de fertilizantes nitrogenados hasta septiembre da lugar a una diferente distribución del N en la planta, así como del procedente del fertilizante aplicado esa misma campaña.

En el marco de la nueva Política Agraria Común y de la Estrategia de la Granja a la Mesa, las prácticas actuales de fertilización deben dirigirse a la consecución de reducir los fertilizantes de síntesis en un 20% y a mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno (N) en, al menos, un 10%. Para ello, se deben desarrollar prácticas de manejo que permitan incrementar la absorción de nitrógeno por la planta.

Si bien el N es el nutriente que más influye en el desarrollo vegetativo de los

A. Quiñones¹, I. Rodríguez-Carretero¹, J. Morales-Alfaro¹, M. Pascual² y J. Rufat³.

¹ Centro para el Desarrollo de la Agricultura sostenible. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).

² Departamento de Horticultura, Botánica y Jardinería. Universitat de Lleida.

³ Fruitcentre. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias. Lleida.



árboles frutales, es aún más importante en cultivos bajo manejo intensivo como en el caso del olivar de regadío. El manejo de la fertilización nitrogenada, particularmente la dosis aplicada y el fraccionamiento de ésta, puede dar lugar a una distinta distribución del N de reserva y del absorbido del fertilizante (Quiñones *et al.*, 2020) originando un incremento en la cosecha de aceitunas (Rufat *et al.*, 2014) y un diferente fraccionamiento de la materia seca de la planta (Rufat *et al.*, 2022).

Por otro lado, las excesivas aplicaciones de nitrógeno en olivar intensivo están provocando numerosos efectos negativos tanto para el cultivo como para el medio ambiente y la rentabilidad de las parcelas (Centeno *et al.*, 2017), afectando así mismo a la calidad y cantidad de aceite producido (Fernández-Escobar *et al.*,

2006). En este sentido, la técnica de dilución isotópica con ^{15}N nos permite conocer, de una manera exhaustiva y fiable, el destino final del N procedente de los fertilizantes en el sistema planta-suelo, permitiendo la cuantificación precisa de la absorción de éste por la planta. De esta forma, podemos establecer aquellas pautas de manejo que den lugar a una mayor producción de aceituna, incrementando la eficiencia de uso del N y reduciendo la dosis necesaria de fertilizantes.

Esta es la segunda parte del artículo publicado en el número 522 de *Vida Rural* y su objetivo ha sido la evaluación del efecto del fraccionamiento del abonado nitrogenado en la distribución del N absorbido, procedente del fertilizante, en una plantación superintensiva adulta de olivo cv. Arbequina.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en una parcela comercial de olivo cv. Arbequina de nueve años, localizada en Maials (Lleida) en cultivo superintensivo (1.000 árboles/ha) y en riego localizado a goteo. Los árboles se regaron con una dosis anual de 3.010 m^3/ha y recibieron una dosis de abonado de 70, 35 y 87 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

La fertilización nitrogenada se ha aplicado en dos períodos de abonado. Se inició el 15 de abril en ambos tratamientos, continuando la fertirrigación hasta finales de junio (tratamiento Junio) y, en el segundo, hasta finales de septiembre (tratamiento Septiembre), con la misma dosis en ambos casos (70 $\text{kg N}/\text{ha}$). Los tratamientos (época de distribución) se repitieron

SulfActive

Tu complejo más eficiente

Nitrogen +

Tu nitrógeno más eficiente





Foto 1. Detalle de la aplicación del fertilizante enriquecido en las tuberías de riego.

CUADRO I

PRODUCCIÓN POR ÁRBOL Y CALIDAD DEL FRUTO SEGÚN LA ÉPOCA DE APLICACIÓN DEL N.

Trat.	Cosecha aceitunas (kg/árbol)		Humedad (%)	Producción aceite		Índice madurez	Peso fruto (g)
	Smf ¹	Sms ²		Rdto. smf	kg/árbol		
Junio	8,2 a	4,1	50,5	23,4	1,9 a	4	1,2
Sept	7,1 b	3,6	48,6	21,8	1,6 b	4	1,2
AE3	*	ns	ns	ns	*	ns	ns

¹ Smf: sobre materia fresca.

² Sms: sobre materia seca. Se ha calculado en relación con todos los árboles del ensayo y no los cuatro árboles extraídos completamente.

³ Anova: análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas. Se aplicó el test LSD para comparación de medias (*p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001; ns: no significativo).

cinco veces con bloques de 30 árboles por repetición. En cinco árboles de cada uno de ellos, se aplicó sulfato amónico enriquecido con ¹⁵N (7 % átomos ¹⁵N en exceso) durante toda la campaña de fertirriego (foto 1). El fertilizante fue enriquecido con ¹⁵N para discriminar el procedente del fertilizante de otras fuentes como el suelo o el agua de riego.

En el momento de la recolección (12 de noviembre de 2021), se obtuvo la producción final de los árboles de cada tratamiento y se tomó una muestra representativa de frutos para el análisis de ionómica.

El 18 de noviembre de 2021 se arrancaron completamente cuatro árboles, dos por cada tratamiento. De la parte aérea, se separaron los órganos jóvenes (hojas y ramas de la brotación del año) y los órga-

CUADRO II

BIOMASA SECA DE LOS ÓRGANOS DE LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS EN NOVIEMBRE.

Órgano	Biomasa (g)			Distribución (%)		
	Junio	Septiembre	ANOVA ¹	Junio	Septiembre	ANOVA ¹
Fruto	3.850	3.571	NS	19,56	16,02	NS
Hojas < 1 año	520	507	NS	2,57	2,27	NS
Ramas < 1 año	105	109	NS	0,51	0,49	NS
Órganos jóvenes	4.476	4.187	NS	22,58	18,78	NS
Hojas > 1 año	326	244	NS	1,52	1,09	NS
Ramas > 1 año	8.386	9.653	NS	41,29	43,27	NS
Tronco	6.789	7.337	NS	30,35	32,95	NS
Órganos viejos	15.501	17.234	NS	73,17	77,30	NS
Parte aérea	19.977	21.421	NS	95,75	96,08	NS
Raíz > 3 cm	843	838	NS	4,14	3,75	NS
Raíz 1-3 cm	11	18	NS	0,06	0,08	NS
Raíz gruesa	854	856	NS	4,20	3,83	NS
Raíz fibrosa	8	21	NS	0,05	0,10	NS
Sist. Radicular	861	877	NS	4,25	3,92	NS
PLANTA	20.838	22.298	NS	100	100	

¹ ANOVA: Análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas.

Se aplicó el test LSD para comparación de medias (* p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001; ns: no significativo).

nos viejos (hojas y ramas de brotaciones de más de un año, ramas viejas y tronco). Además, se extrajo la raíz completa y se separaron las fracciones: raíz gruesa, de 1 a 3 cm y menos de 1 cm de diámetro (**foto 2**). Se pesaron directamente en el campo y se tomó una muestra de cada una de las fracciones para cuantificar la materia seca total de las plantas y para realizar las analíticas de N y ^{15}N .

Las muestras de material vegetal se lavaron con detergente no iónico y se enjuagaron, posteriormente, con agua desionizada, se pesaron y se secaron en estufa a 65°C hasta peso constante. Posteriormente, se trituraron en molinillo refrigerado (IKA10) y se almacenaron hasta su posterior análisis. Los análisis de N y ^{15}N en exceso se llevaron a cabo con un Analizador Elemental (Flash IRMS, Thermo Fisher Scientific) acoplado a un espectrómetro de masas isotópico (Delta Plus Thermo Finnigan).

El contenido de ^{15}N en cada órgano se ha calculado según la **ecuación 1**.

Ecuación 1.

$$^{15}\text{N}_{\text{órgano}}(\text{mg}) = N \frac{(\% \text{ peso seco}) \times \text{biomasa}(\text{g}) \times \text{átomos } \%^{15}\text{N}_{\text{exceso}}}{10}$$

Donde los átomos $\%^{15}\text{N}_{\text{exceso}}$ se calculan restando la abundancia natural de ^{15}N a los valores de ^{15}N en cada órgano. Se considera la abundancia natural de ^{15}N como el enriquecimiento en ^{15}N del N_2 atmosférico, 0,3663%, según al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 1983).

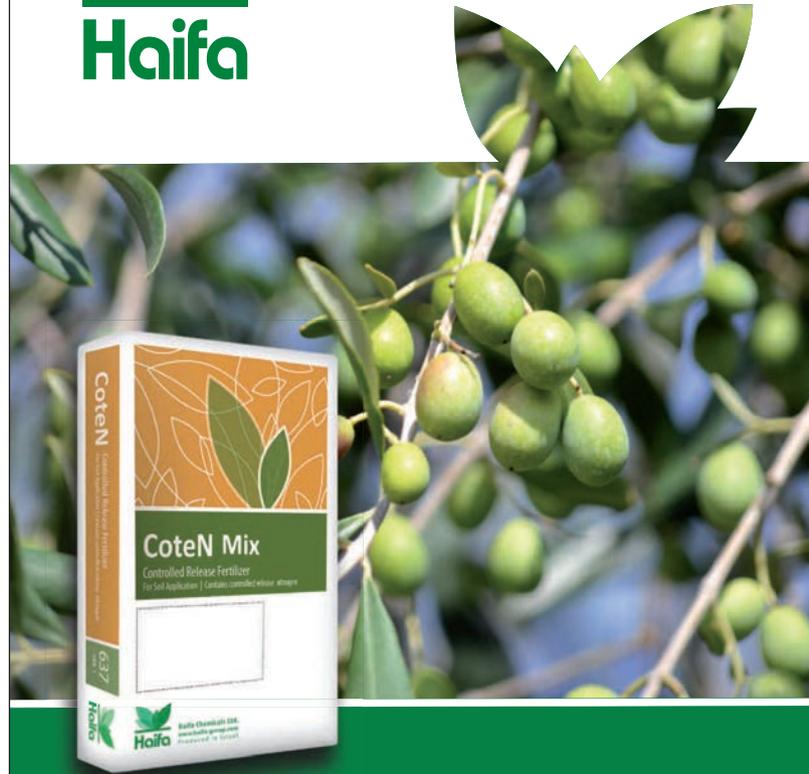
Se ha realizado un análisis de varianza con el programa Statgraphics Centurion (versión 5.1.) utilizando el test de LSD para realizar la separación de medias a un nivel de probabilidad $p < 0,05$ y el análisis de contrastes para la comparación entre grupos de tratamientos.

Resultados y discusión

El **cuadro I** muestra el efecto del diferente periodo de aplicación del abonado nitrogenado sobre la producción y calidad del fruto (modificación de los valores presentados en Rufat *et al.*, 2022). Los árboles que recibieron la dosis anual de N hasta junio presentaron una mayor producción de aceituna en fresco y de aceite. Estas diferencias no se observaron en el peso seco del fruto.

La distribución de la materia seca en la planta se muestra en el **cuadro II**. El aporte de N desde abril a septiembre no dio lugar a biomasa seca diferente ni a la distribución de esa biomasa entre los diferentes órganos.

En términos generales, más del 95% de la biomasa total del olivo intensivo se corresponde con la parte aérea, frente a



CoteN™ Mix

Fertilizante de liberación controlada

El secreto está en la cápsula

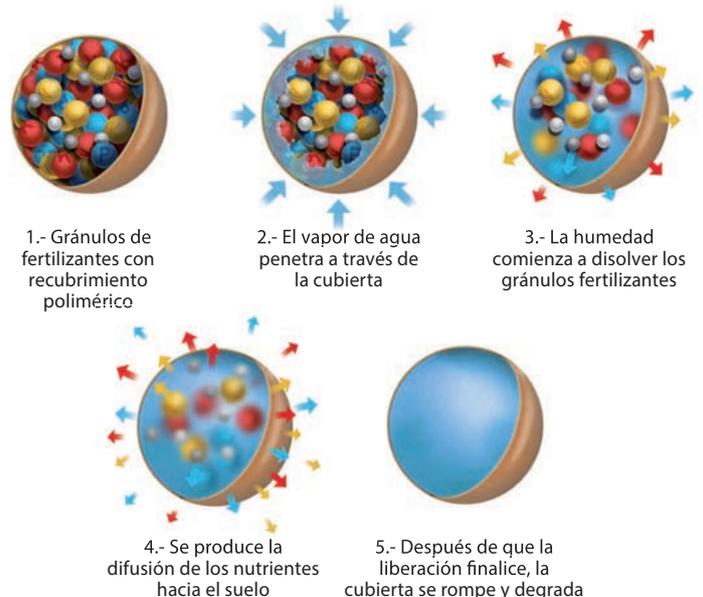




Foto 2. Extracción de los árboles y fraccionamiento de los órganos muestreados.

menos del 5% del sistema radicular. Bajo manejo convencional, este porcentaje aumenta significativamente (datos no mostrados).

En otros frutales, como los cítricos, el sistema radicular representa más del 30%

del peso seco total (Quiñones *et al.*, 2005).

En cuanto al N_{total} , tanto en las hojas como en las ramas y raíces, la concentración de N disminuye al aumentar la edad del órgano, como ocurre en los nutrientes móviles como el caso del N (cuadro III).

CUADRO III

CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO (% PESO SECO) DE LOS ÓRGANOS DE LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS EN NOVIEMBRE.

Órgano	Junio	Septiembre	ANOVA ¹
Fruto	1,43	1,43	NS
Hojas < 1 año	1,82	2,41	*
Ramas < 1 año	1,04	1,22	NS
Órganos jóvenes	1,47	1,55	NS
Hojas > 1 año	1,36	1,79	*
Ramas > 1 año	0,75	0,84	NS
Tronco	0,55	0,64	NS
Órganos viejos	0,67	0,77	*
Parte aérea	0,85	0,92	NS
Raíz > 3 cm	1,16	1,19	NS
Raíz 1-3 cm	1,17	1,48	*
Raíz gruesa	1,16	1,20	NS
Raíz fibrosa	1,30	1,69	*
Sist. Radicular	1,16	1,21	NS
PLANTA	0,86	0,93	NS

¹ ANOVA: Análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas. Se aplicó el test LSD para comparación de medias (* p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001; ns: no significativo).

CUADRO IV

CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LOS ÓRGANOS DE LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS EN NOVIEMBRE.

Órgano	N (g)			Distribución (%)		
	Junio	Septiembre	ANOVA ¹	Junio	Septiembre	ANOVA ¹
Fruto	55,12	51,20	NS	31,49	24,55	NS
Hojas < 1 año	9,45	12,20	NS	5,43	5,89	NS
Ramas < 1 año	1,10	1,33	NS	0,57	0,64	NS
Órganos jóvenes	65,67	64,73	NS	35,43	31,09	NS
Hojas > 1 año	4,45	4,36	NS	2,40	2,10	NS
Ramas > 1 año	62,62	81,26	NS	35,43	39,09	NS
Tronco	37,23	47,11	NS	19,05	22,64	NS
Órganos viejos	104,29	132,73	NS	56,88	63,78	NS
Parte aérea	169,97	197,46	NS	94,37	94,87	NS
Raíz > 3 cm	9,75	10,01	NS	5,48	4,83	NS
Raíz 1-3 cm	0,13	0,26	NS	0,08	0,13	NS
Raíz gruesa	9,88	10,27	NS	5,56	4,96	NS
Raíz fibrosa	0,10	0,36	NS	0,07	0,17	NS
Sist. Radicular	9,98	10,63	NS	5,63	5,13	NS
PLANTA	179,94	208,09	NS	100	100	

¹ ANOVA: Análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas. Se aplicó el test LSD para comparación de medias (* p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001; ns: no significativo).

El aporte de fertilizante nitrogenado desde abril hasta septiembre dio lugar a una mayor concentración de N_{total} en las hojas jóvenes y viejas, así como en los órganos viejos de la parte aérea, las raíces de 1-3 cm y la raíz fibrosa. No obstante, aunque se observa una mayor concentración en algún órgano, no dio lugar a una mayor concentración y un contenido de N en el total de plantas que recibieron fertilizante más tardío (**cuadros III y IV**).

La distribución del N de forma diferencial a lo largo del ciclo de cultivo no da lugar a una distribución diferente del contenido de N total de la planta, procedente del suelo, el fertilizante y las reservas de la planta (**cuadro IV**). Como se observa en la biomasa, alrededor del 95% del N se acumula en la parte aérea, con más del 50% en los órganos de reserva y, tan solo, un 5% en el sistema radicular.



La aplicación hasta septiembre se acumula en los órganos de reserva y será vital en el estado nutricional de la plantación para la siguiente campaña de cultivo y ciclos de cultivo con una gran producción, donde las reservas de la planta quedan mermadas.

En cuanto al N procedente del fertilizante aplicado (**cuadro V**), al igual que ocurre con el N_{total} , los órganos más jóvenes de la parte aérea de la planta como del sistema radicular, desarrollados durante este ciclo vegetativo, presentan una concentración de ^{15}N superior a los órganos de reserva. Indicando que los órganos anuales se comportan como sumidero del fertilizante aplicado.

En cuanto al efecto de la distribución, el N que se aportó de forma retrasada con el fertilizante dio lugar a diferencias en cuanto a la concentración y al absorbido del mismo (**cuadros V y VI**). La aplicación hasta septiembre se acumula en los órganos de reserva y será vital en el estado nutricional de la plantación para la siguiente campaña de cultivo y ciclos de cultivo con una gran producción, donde las reservas de la planta se quedan mermadas.

SERVICIOS DE
TRANSFORMACIÓN
INTEGRAL

AGRICULTURA
MODERNA,
RENTABLE Y
SOSTENIBLE.

BALAM.ES



CONOCE NUESTROS
ÚLTIMOS PROYECTOS

SULTANA
sultana.balam.es

CULTIVA
CARBONO
cultivacarbono.es

De este modo, los órganos viejos de la parte aérea y todo el sistema radicular presentaron un mayor contenido de ¹⁵N, nitrógeno que procede del fertilizante, ocasionando un mayor contenido del N procedente

del fertilizante en la planta completa. La distribución en la parte aérea se modificó significativamente en función de la curva de distribución del N. Aportes realizados hasta junio se acumulan proporcional-

mente en mayor medida en los órganos jóvenes (órganos sumidero) frente a los aportes retrasados que se acumulan, como hemos dicho, en los órganos de reserva. Tan sólo el 2% del N aportado se encuentra en el sistema radicular del olivo intensivo.

CUADRO V

ENRIQUECIMIENTO DE NITRÓGENO MARCADO (ÁTOMOS % ¹⁵N) EN LOS ÓRGANOS DE LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS EN NOVIEMBRE.

Órgano	Junio	Septiembre	ANOVA ¹
Fruto	0,992	1,384	NS
Hojas < 1 año	1,123	1,319	NS
Ramas < 1 año	1,412	1,331	NS
Órganos jóvenes	1,018	1,371	NS
Hojas > 1 año	0,310	0,761	*
Ramas > 1 año	0,395	0,770	*
Tronco	0,213	0,310	*
Órganos viejos	0,327	0,606	*
Parte aérea	0,594	0,857	*
Raíz > 3 cm	0,188	0,316	*
Raíz 1-3 cm	0,238	0,467	*
Raíz gruesa	0,188	0,320	NS
Raíz fibrosa	0,385	0,555	NS
Sist. Radicular	0,190	0,328	*
PLANTA	0,571	0,830	*

¹ ANOVA: Análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas. Se aplicó el test LSD para comparación de medias (* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001; ns: no significativo).

CUADRO VI

NITRÓGENO ABSORBIDO DEL FERTILIZANTE (mg ¹⁵N) EN LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS EN NOVIEMBRE.

Órgano	mg ¹⁵ N			Distribución (%)		
	Junio	Septiembre	ANOVA ¹	Junio	Septiembre	ANOVA ¹
Fruto	546,57	708,61	NS	54,41	44,83	NS
Hojas < 1 año	106,14	161,02	NS	10,13	9,17	NS
Ramas < 1 año	15,52	17,71	NS	1,38	0,94	NS
Órganos jóvenes	668,23	887,34	NS	65,91	54,94	*
Hojas > 1 año	13,79	33,19	*	1,33	1,89	NS
Ramas > 1 año	247,60	625,29	*	23,97	33,40	NS
Tronco	79,14	146,05	*	6,98	7,75	NS
Órganos viejos	340,53	804,53	*	32,28	43,04	*
Parte aérea	1.008,76	1.691,87	*	98,19	97,98	NS
Raíz > 3 cm	18,30	31,62	NS	1,74	1,84	NS
Raíz 1-3 cm	0,31	1,23	*	0,03	0,07	NS
Raíz gruesa	18,61	32,85	NS	1,77	1,91	NS
Raíz fibrosa	0,37	2,00	*	0,04	0,11	NS
Sist. Radicular	18,98	34,85	NS	1,81	2,02	NS
PLANTA	1.027,75	1.726,72	*	100,00	100,00	

¹ ANOVA: Análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre las medias obtenidas. Se aplicó el test LSD para comparación de medias (* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001; ns: no significativo).

Conclusiones

El aporte retrasado de fertilizantes nitrogenados, hasta septiembre, da lugar a una diferente distribución del N procedente del fertilizante aplicado esa misma campaña. Así, el nitrógeno se acumula en mayor medida en los órganos de reserva, pudiendo afectar al balance de N para la siguiente campaña de cultivo y ciclos de cultivo con una gran producción.

Será necesario evaluar cómo afecta a futuras campañas el mantenimiento de estas dos pautas de distribución, así como su efecto sobre la producción y, sobre todo, la calidad del aceite. ■

AGRADECIMIENTOS

Este estudio está financiado por los contratos de investigación establecidos entre el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias y el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) y del IRTA con Eurochem Agro Iberia, S.L.

BIBLIOGRAFÍA

Centeno, A.; García, JM & Gómez del Campo, M (2017) Effects of nitrogen fertilization and nitrification inhibitor product on vegetative growth, production and oil quality in 'Arbequina' hedgerow and 'Picual' vase-trained orchards. Grasas y aceites 68(4). doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0441171>

Fernández-Escobar, R; Beltrán, G; Sánchez-Zamora, MA & García-Novelo, J; Aguilera, MP; Uceda, M (2006) Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. HortScience 41:215-219.

Quiñones, A.; Bañuls, J.; Primo-Millo, E.; Legaz, F (2005) Recovery of the ¹⁵N-labelled fertiliser in citrus trees in relation with timing of application and irrigation system. Plant and Soil 268:367-376.

Quiñones, A.; Rodríguez-Carretero, I; Villar, J.M; Arbonés, A; Pascual, M & Rufat, J. (2020) Efecto del inhibidor de la nitrificación DMPP junto con el fraccionamiento del abonado nitrogenado en el melocotonero temprano. Agrícola Vergel 426:143-147.

Rufat, J.; Villar, J.M; Pascual, M; Falguera.V & Arbonés, A (2014) Productive and vegetative response to different irrigation and fertilization strategies of an Arbequina olive orchard grown under super-intensive conditions. Agricultural Water Management 144:33-41

Rufat, J.; Pascual, M; Rodríguez-Carretero, I; Morales-Alfaro, J & Quiñones, A. (2022) Fraccionamiento de la materia seca y del nitrógeno en olivo superintensivo (I). Vida Rural 522:50-52.