

Informe de avance de tesis

Alumno: Ing. Agr. Lattour Kevin

Director: Dra. Zamuner Ester

Asesores: Dr. Reussi Nahuel y Ing. Agr. Echeverría Hernán (M. Sc)

Título de proyecto de tesis: "Concentración de fósforo en pecíolo como indicador del estado nutricional del cultivo de papa"

1. Exposición sintética de la labor experimental desarrollada (trabajos, técnicas empleadas, métodos, análisis estadístico, resultados preliminares). No exceder de 4000 palabras.

Introducción

La papa es un cultivo de elevado rendimiento e ineficiente en la absorción de fósforo (P) desde el suelo (Rosen *et al.*, 2014), por lo que es necesaria una adecuada nutrición fosfatada desde los estadios iniciales de crecimiento hasta la madurez. Una correcta nutrición de la planta con P mejora el crecimiento, el rendimiento y la calidad del tubérculo, y la resistencia a ciertas enfermedades (Rosen *et al.*, 2014) Con la finalidad de asegurar una adecuada nutrición y un alto rendimiento, es habitual la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes fosfatados a la plantación.

El estado nutricional fosfatado del cultivo de papa, durante el ciclo de crecimiento, puede monitorearse mediante el análisis de tejido vegetal. Para identificar y cuantificar las deficiencias de P en la planta, se puede utilizar el índice de nutrición fosfatada (INP) o la concentración de P en pecíolo (Ppe). El INP es considerada la metodología de referencia y su uso ha sido sugerido en timote (Bélanger y Ziadi, 2008), en trigo de primavera (Ziadi *et al.*, 2008; Bélanger *et al.*, 2015) y en papa (Zamuner *et al.*, 2016). Este índice se calcula como la relación entre la concentración de P en la planta entera para una situación dada y el P_c (concentración mínima de P en la planta necesaria para lograr el máximo crecimiento en un momento específico, en condiciones de campo). Los valores de INP igual o mayor que 1 indican que el cultivo no presenta limitaciones de P para el crecimiento; mientras que los valores menores a 1 indican deficiencia de P (Bélanger *et al.*, 2015).

La concentración de Ppe es una metodología sencilla, habitualmente utilizada en el cultivo de papa para definir deficiencias de P en la planta (Hegney *et al.*, 2000). La misma se basa en la determinación de la concentración de P total (Pt) o de P soluble (Ps). Se considera que la tasa de producción de materia seca es adecuada para el crecimiento de tubérculos cuando la concentración de Ppe es mayor a 2200 o 1000 mg kg⁻¹ (Pt y Ps, respectivamente). Este umbral fue establecido por Westermann y Kleinkopf (1985) para la variedad Russet Burbank. Sin embargo, en estudios más recientes, no se ha encontrado una relación consistente entre la dosis de fertilizante fosfatado y la concentración de Pt en pecíolo (Hegney *et al.*, 2000; Rosen y Bierman, 2008; Mohr y Tomasiewicz, 2011).

Establecer la concentración de Ppe (Pt y Ps) que corresponde a INP=1, en cultivares de papa para uso industrial, permitiría validar los umbrales de concentración de Ppe, actualmente empleados en el diagnóstico del estado nutricional fosfatado del cultivo de papa en el sudeste bonaerense. Además, la determinación de la concentración de Ppe,

durante el ciclo de crecimiento del cultivo, podría ser una herramienta de utilidad para remediar eventuales deficiencias de P mediante aplicaciones foliares. Si bien la fertilización foliar es una práctica ampliamente difundida para micronutrientes, son escasas las investigaciones respecto del efecto de P sobre la concentración de P en la planta o en los pecíolos (Hiller y Koller, 1987; Allison, 2001).

Hipótesis

Para el cultivo de papa para industria y para las condiciones edafoclimáticas del sudeste bonaerense se plantea que:

- I. La concentración de P en pecíolo está relacionada estrecha y positivamente con el INP.
- II. La concentración de P en pecíolo se asocia con: a) fertilización fosfatada a la plantación b) el rendimiento del cultivo.
- III. La aplicación foliar de P aumenta: a) la concentración de P en pecíolos y b) el rendimiento del cultivo.

Objetivos generales

- ✓ Evaluar el uso de la concentración de P en pecíolo como estimador del estado nutricional y del rendimiento del cultivo.
- ✓ Evaluar el efecto de la aplicación foliar de P sobre el estado nutricional y el rendimiento del cultivo.

Objetivos particulares

1. Establecer relaciones entre el INP, P total y P soluble en pecíolo, y tratamientos de fertilización de P durante el ciclo de crecimiento del cultivo.
2. Estimar el rendimiento total y comercial del cultivo.
3. Asociar el INP, P total y P soluble en pecíolo, y los tratamientos de fertilización de P con el rendimiento del cultivo.
4. Evaluar el efecto de la aplicación foliar sobre la concentración de P total y soluble en pecíolo, y el rendimiento.

Métodos y técnicas a empleadas

Se realizaron cuatro ensayos en lotes de producción de papa variedad Innovator, ubicados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, durante la campaña agrícola 2016-17. Las características edáficas de los primeros 20 cm de suelo de cada sitio se muestran en la Tabla 1. En cada sitio experimental, se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 68 m² (parcelas de 8 surcos de 10 m de largo separados 0,85 m). Con la finalidad de mantener

el nivel de N disponible no limitante para el cultivo, se agregaron 100 kg ha⁻¹ de urea (46-0-0) a la plantación y 150 kg ha⁻¹ de urea al aporcar el cultivo.

Tabla 1. Características del suelo (0-20 cm) y manejo del cultivo.

Sitio	P-Bray (mg kg ⁻¹)	pH	MO (%)	N-NO ₃ (ppm)	Variedad	Plantación	Cosecha
1	30,3	5,9	5,3	51,0	Innovator	12/10/16	07/03/17
2	31,1	6,6	6,3	39,3	Innovator	27/10/16	02/03/17
3	38,2	6,1	4,1	29,8	Innovator	08/11/16	22/03/17
4	41,5	5,5	6,1	31,5	Innovator	28/10/16	17/03/17

Se evaluaron 8 tratamientos de fertilización, que consistían en tres dosis de fertilización de base (50, 100 y 150 kg P ha⁻¹) y un testigo sin fertilizar con P. Las dosis de 100 y 150 kg P ha⁻¹ se dividieron en pre-plantación y plantación. Además, en algunos tratamientos se realizaron 1 o 2 aplicaciones foliares de P como se muestra en la Tabla 2. Las fuentes de P utilizadas fueron superfosfato triple (P₂O₅: 46%) y SENIPHOS (P₂O₅: 31%, N: 3,9% y Ca: 4%), para las aplicaciones al suelo en preplantación-plantación y foliares, respectivamente.

Tabla 2. Tratamiento de fertilización

Tratamiento	Momento de fertilización					Dosis final de P
	Preplantación	Plantación	70 DDP*	80 DDP*	90 DDP*	
	-----kg P ha ⁻¹ -----					
T0	0	0	0	0	0	0
T1	0	50	0	0	0	50
T2	0	50	1,4	0	0	51,4
T3	0	50	1,4	1,4	0	52,8
T4	50	50	0	0	0	100
T5	50	50	1,4	0	0	101,4
T6	50	50	1,4	1,4	0	102,8
T7	50	100	1,4	1,4	1,4	154,2

*Las dosis de P a los 70, 80 y 90 días después de plantación (DDP) corresponden a aplicaciones foliares.

La preparación del suelo, plantación y conducción del cultivo fue realizada de acuerdo con la modalidad de la zona. En cada unidad experimental, se tomaron muestras de plantas de dos metros lineales de surco a los 60, 80 y 100 días después de plantación (DDP). Las plantas se seccionaron en tubérculos y parte aérea (288 muestras de cada fracción). Se determinó el peso fresco aéreo y de tubérculos. Las muestras fueron secadas en estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante. También, se recolectaron 40 pecíolos de la primera hoja totalmente expandida del tallo principal a los 60, 70, 80, 90 y 100 DDP (480 muestras de pecíolos en total), los cuales fueron secados en estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante. Todas las muestras de material vegetal se molieron y se pasaron por un tamiz de 1 mm. En las muestras de pecíolos, se determinó la concentración de Ps por extracción con ácido acético (Johnson and Ulrich, 1959). La concentración de P en las soluciones se determinó colorimétricamente (Murphy y Riley, 1962).

A la madurez fisiológica del cultivo, se cosecharon los tubérculos de 4 metros lineales de cada unidad experimental en forma manual (96 muestras en total) y se pesaron para determinar el rendimiento total (Mg ha⁻¹). Luego se separaron y pesaron los tubérculos

menores a 50 mm y los podridos o defectuosos. Se calculó el rendimiento comercial (Mg ha^{-1}) como el rendimiento total menos el rendimiento de tubérculos menores a 50 mm, podridos y defectuosos. Finalmente, se tomó una alícuota de cada tratamiento y repetición, y se determinó el contenido de materia seca por el método gravimétrico.

En cada ensayo, luego de la cosecha, se tomaron muestras de suelo compuestas de 0-20 cm de profundidad en cada unidad experimental. Se determinó la concentración de P-Bray1 por el método de Bray and Kurtz (1945) en el Laboratorio de Análisis de Suelos de INTA Balcarce.

Los resultados se analizaron con el programa Statistical Analysis Systems (SAS) (SAS, Institute, 2002). El efecto de los tratamientos de fertilización a la plantación sobre el rendimiento total y comercial, y la concentración de Ps en pecíolo, fueron analizados utilizando el PROC MIXED. El sitio y los bloques se consideraron factores aleatorios, y los tratamientos y DDP los factores fijos. Las medias entre tratamientos fueron comparadas utilizando el test de DUNCAN ($P < 0,05$). Se realizó análisis de regresión lineal entre el rendimiento total y comercial. Para evaluar el efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento total, y la concentración de Ps en pecíolo se utilizó la prueba de contrastes ortogonales ($P < 0,05$).

La relación entre rendimiento relativo ($\text{RR} = \text{rendimiento del tratamiento} / \text{mayor rendimiento obtenido en ese sitio} * 100$) y la concentración de Ps de los pecíolos en diferentes momentos del ciclo de crecimiento, fue estimada usando la metodología propuesta por Cate y Nelson (1971). Para ello fue necesario definir una reducción en RR aceptable y el umbral crítico de Ps en pecíolo. Así quedaron definidos 4 posibles cuadrantes: 1) plantas suficientes en P y diagnóstico correcto (RR mayor al 90% del máximo y concentración de Ps mayor al crítico); 2) plantas deficientes en P pero diagnóstico correcto (RR mayor al 90% del máximo y concentración de Ps menor al nivel crítico); 3) plantas deficientes y diagnóstico incorrecto (RR menor al 90% del máximo y concentración de Ps menor al nivel crítico) y por último 4) plantas suficientes y diagnóstico incorrecto (RR menor al 90% del máximo y concentración de Ps mayor al nivel crítico). Los cuadrantes 1 y 3 se consideran positivos, y los 2 y 4 negativos.

Resultados

1) Relación entre P soluble en pecíolo y tratamientos de fertilización fosfatada a la plantación

La concentración de Ps en pecíolo varió significativamente por efecto del agregado de P a la plantación ($P < 0,001$). Si bien la disponibilidad inicial de P en el suelo fue elevada (mayor a 30 mg kg^{-1}), el aumento de la dosis de P incrementó significativamente la concentración de Ps en pecíolo (Tabla 3). Los tratamientos T0 y T1 presentaron los menores valores de concentración de Ps, seguidos por T4 y T7. Maier *et al.* (1994) determinaron que la aplicación de P aumenta la concentración de Pt en pecíolo y que ésta es significativamente mayor en la variedad Kennebec que en Atlantic. Freeman *et al.* (1998) evaluaron los cultivares Russet Burbank y Kennebec y concluyeron que la fertilización fosfatada incrementa la concentración de Pt en pecíolo en todos los estadios de crecimiento en ambos cultivares. De manera similar Hopkins *et al.* (2010), Mohr *et al.* (2011) y Rosen (2008) indican un aumento de la concentración de Pt en pecíolos con el

aumento de las dosis de P a la plantación en Russet Burbank. Si bien no se dispone al momento, de los resultados de la concentración de Pt en pecíolos para Innovator, se prevé una tendencia similar a la concentración de Ps, considerando la estrecha relación entre Pt y Ps ($R^2 = 0,86$) determinada en la variedad Russet Burbank (Westermann, 1985).

Tabla 3. Concentración de Ps en pecíolo, promedios de sitios y DDP, para distintas dosis de P a la plantación.

Tratamiento	Dosis (kg P ha ⁻¹)	Concentración de Ps en pecíolo (mg kg ⁻¹)
0	0	933.78 c
1	50	1062.51 c
4	100	1201.58 b
7	150	1412.73 a

Valores seguidos por letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según el test de Duncan.

Se determinó interacción significativa sitio x DDP en la concentración de Ps, por lo tanto se analizó el efecto de la fecha de muestreo dentro de cada sitio (Tabla 4). La máxima concentración de Ps en pecíolo se observó a los 70 DDP, lo cual coincide con el inicio de llenado de tubérculos. Luego de dicho periodo, la misma disminuyó debido a la translocación de P desde la parte aérea hacia los tubérculos que se produce con la madurez del cultivo. Similar tendencia fue reportada para la concentración de Pt en pecíolo, en la variedad Russet Burbank, por Westermann y Kleinkopf (1985), Freeman *et al.* (1998) y Sanderson *et al.* (2003). No obstante, otros autores y para el mismo cultivar, obtuvieron patrones variables según el año (Rosen y Bierman, 2008). La variación en la concentración de Ps durante el ciclo de crecimiento resalta la importancia de considerar el momento de muestreo si se quiere usar este parámetro como indicador del estado nutricional del cultivo.

Tabla 4. Concentración de Ps en pecíolo, a lo largo del ciclo del cultivo para los distintos sitios. El valor representa el promedio de todas las dosis.

DDP	Concentración de Ps en pecíolo (mg kg ⁻¹)			
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
60	1031 c	-	1401 a	-
70	1614 a	1347 a	1465 a	1266 a
80	1305 b	1147 b	1191 b	1021 b
90	-	973 c	793 c	1254 a
100	581 d	-	899 c	-

Valores seguidos por letras distintas dentro de cada sitio indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según el test de Duncan.

2) Rendimiento

El rendimiento total del cultivo varió entre 38 y 73 Mg ha⁻¹ (Tabla 5), según el tratamiento y el sitio experimental. Estos valores son similares a los presentados por Caldiz (2006) para cultivos de la región, con rendimientos promedio de 40 Mg ha⁻¹ y máximos de 70 Mg ha⁻¹. El rendimiento comercial, que incluye tubérculos mayores a 50 mm y sin defectos, estuvo estrechamente relacionado con el rendimiento comercial (Figura 1). La relación determinada indica que el rendimiento comercial es el 88 % del rendimiento total.

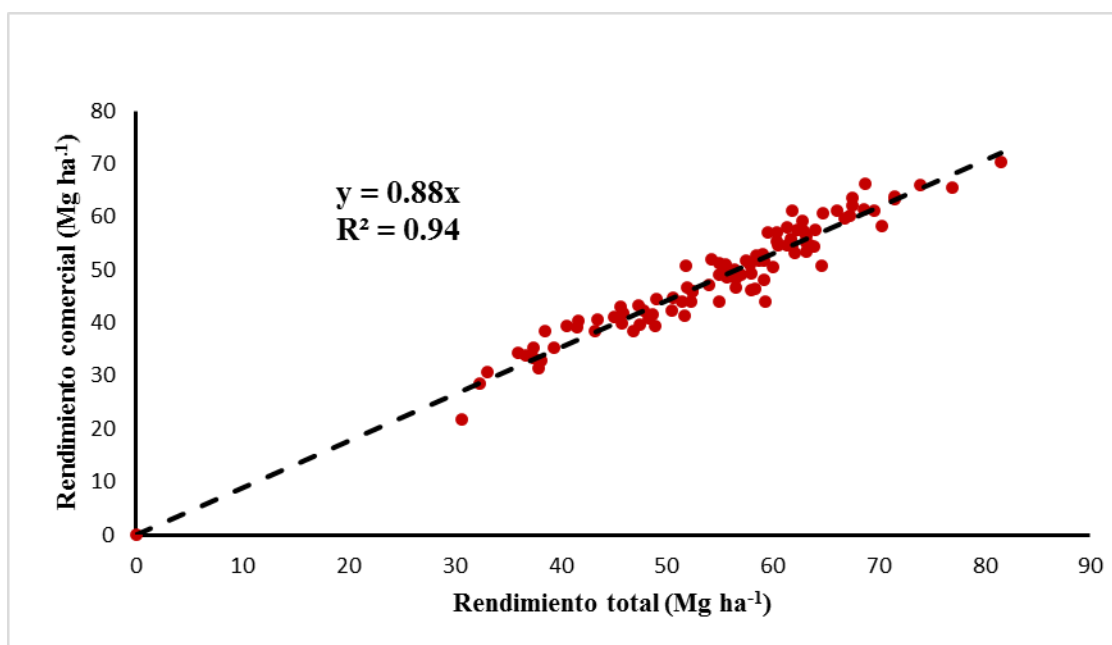


Figura 1. Relación entre rendimiento total y comercial.

Efecto de la fertilización a la plantación sobre el rendimiento

Cuando se compararon los tratamientos que solo recibieron fertilización a la plantación, no se determinó aumento significativo en el rendimiento por al agregado de P (Tabla 5). Zamuner *et al.* (2016) determinaron que, una disponibilidad inicial de P-Bray en el suelo, mayor a 32 mg kg⁻¹, permite obtener el 95% del RR.

Tabla 5. Rendimiento total para distintas dosis de P aplicadas a la plantación.

Tratamiento	Dosis de P (kg ha ⁻¹)	Rendimiento Total (Mg ha ⁻¹)			
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
0	0	52.7	59.3	37.9	52.0
1	50	52.8	58.0	44.6	59.2
4	100	53.9	60.7	47.9	61.4
7	150	58.8	68.8	47.4	60.9

3) Concentración de Ps en pecíolo como estimador del rendimiento del cultivo

En la Figura 2 se observa la relación entre la concentración de Ps en pecíolo y el RR para diferentes momentos del ciclo, utilizando como umbral crítico el valor de concentración de Ps indicado en la bibliografía internacional (1000 mg kg⁻¹). Mediante el conteo de puntos en los cuadrantes positivos (1 y 3) se determinó solo un 40% y 50% de casos correctamente diagnosticados para los 60 DDP y 70-80-100 DDP, respectivamente. Una mejor predicción del rendimiento se obtuvo a los 90 DDP, ya que el 80% de los casos fue correctamente diagnosticado.

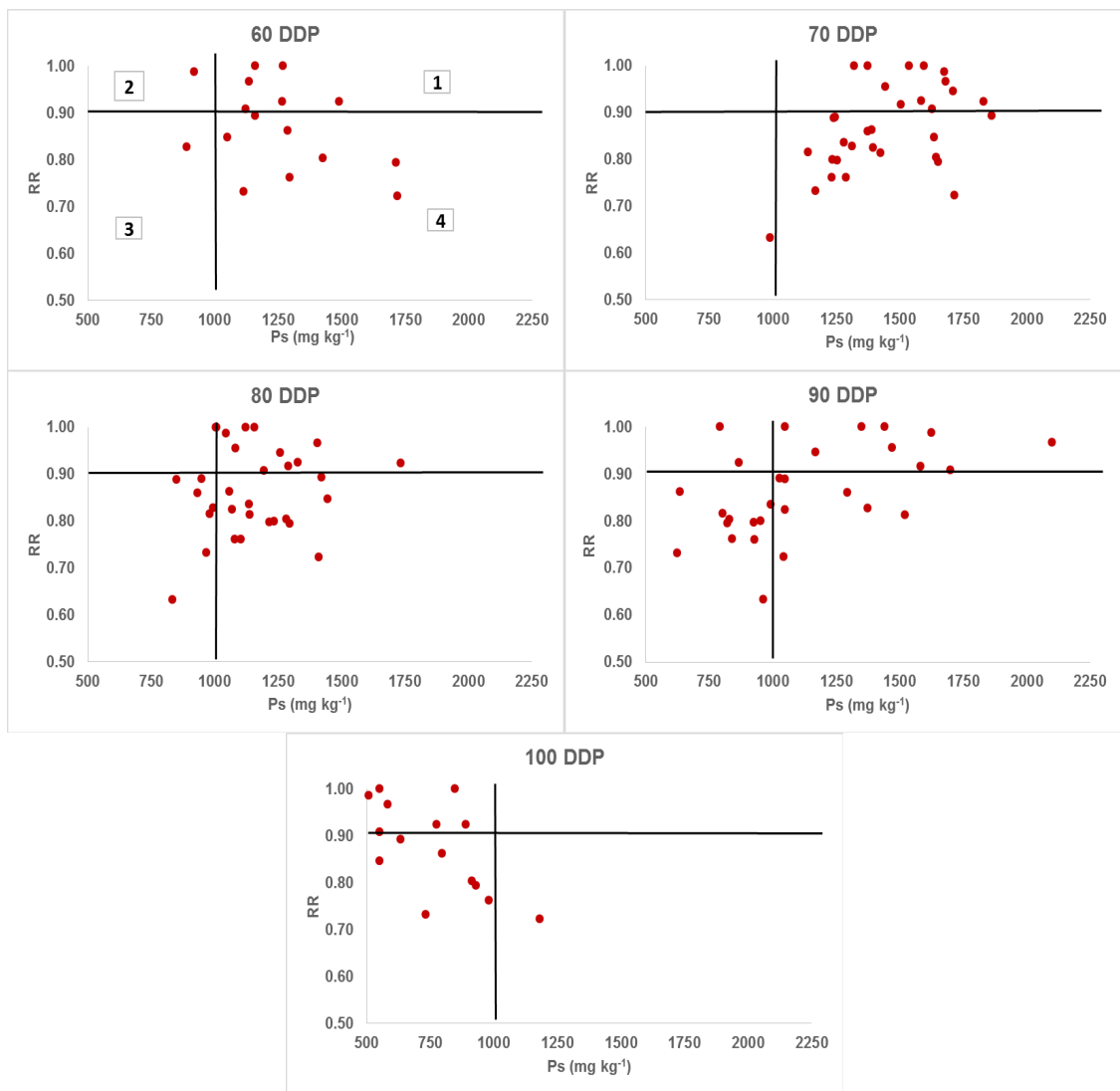


Figura 2. Relación entre la concentración de fósforo soluble (Ps) en pecíolo y el rendimiento relativo (RR) para los diferentes momentos muestreos. DDP: días desde plantación.

*1) cultivos con RR y Ps adecuados; 2) cultivos con RR adecuado y Ps deficiente; 3) cultivos con RR y Ps deficientes; 4) cultivos con RR no adecuado y Ps suficiente.

A los 60, 70 y 80 DDP se logró una mejor predicción del RR, cuando se utilizó como umbral de concentración de Ps, el valor que maximizó los puntos en los cuadrantes 1 y 3. A los 60 y 80 DDP concentraciones umbrales de Ps de 1115 mg kg^{-1} y 1250 mg kg^{-1} , respectivamente, diagnosticaron correctamente el 56% de los datos. En el inicio de llenado de tubérculos (70 DDP) el umbral de concentración de Ps de 1430 mg kg^{-1} permitió ajustar el 71% de los datos en los cuadrantes positivos. Los valores umbrales determinados siguen la misma tendencia de la concentración de Ps mostrado en la Tabla 4, con un valor máximo a los 70 DDP y disminuyendo con la madurez del cultivo.

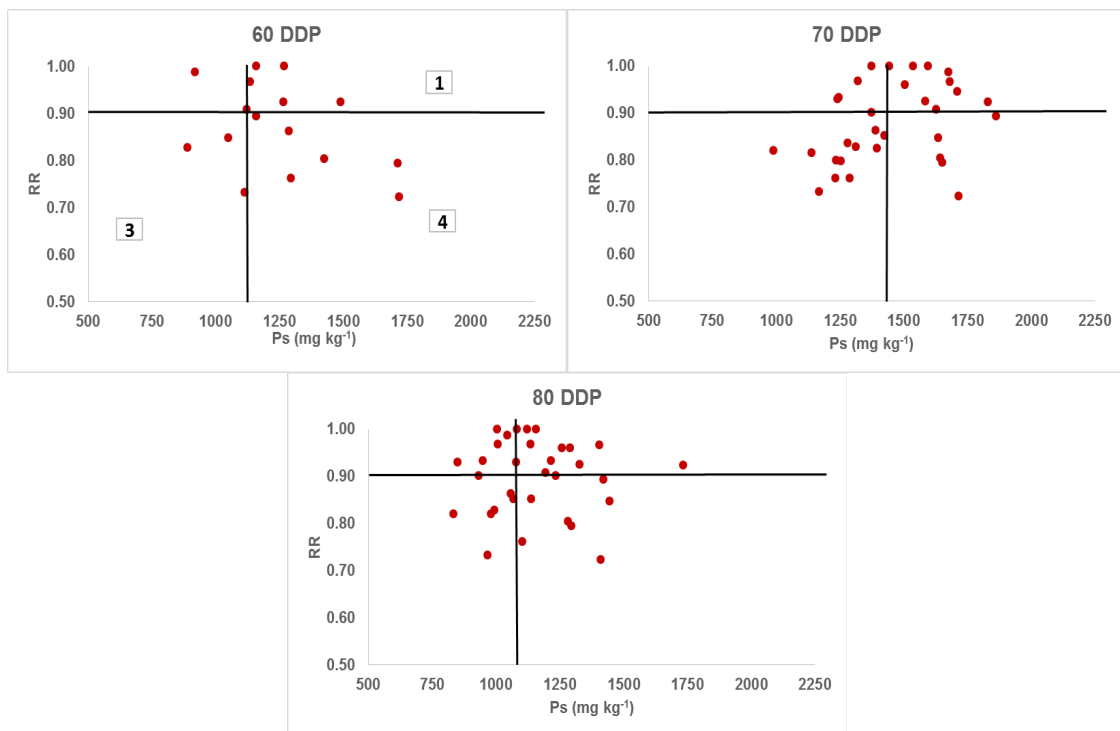


Figura 3. Relación entre la concentración de fósforo soluble (Ps) en pecíolo y el rendimiento relativo (RR) para los diferentes momentos muestrales. DDP: días desde plantación.

*1) cultivos con RR y Ps adecuados; 2) cultivos con RR adecuado y Ps deficiente; 3) cultivos con RR y Ps deficientes; 4) cultivos con RR no adecuado y Ps suficiente.

4) Efecto de las aplicaciones foliares de P sobre la concentración de Ps en pecíolo

Se compararon los tratamientos que solo se fertilizaron a la plantación (T1 y T4) versus los mismos tratamientos pero con aplicaciones foliares de P (T2, T3, T5 y T6). Por lo tanto se probaron los siguientes contrastes: T1 vs T2, T1 vs T3, T4 vs T5 y T4 vs T6. Los resultados mostraron que no hubo un aumento significativo en la concentración de Ps debido a la aplicación foliar de P (Figura 5). Hopkins *et al.* (2010) lograron un incremento significativo en la concentración de Pt en pecíolo con la fertirrigación de 25 kg P ha⁻¹, durante el ciclo del cultivo en la variedad Russet Burbank.

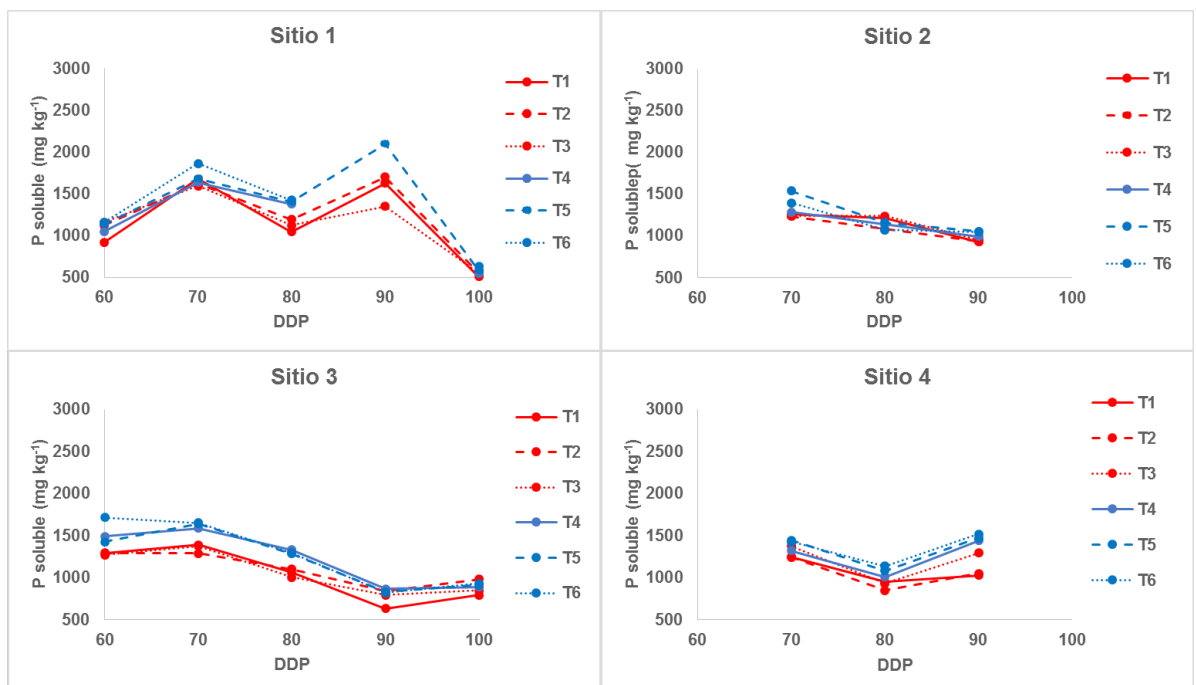


Figura 5. Concentración de Ps en pecíolos a lo largo del ciclo del cultivo

Efecto de las aplicaciones foliares de P sobre el rendimiento

Cuando se comparó el rendimiento total de los tratamientos que solo recibieron fertilización a la plantación con aquellos que tuvieron además aplicaciones foliares de SENIPHOS, (T1 vs T2, T1 vs T3, T4 vs T5 y T4 vs T6) se observa que no hubo diferencias ($P= 0.1624$) en rendimiento debido a las aplicaciones foliares (Tabla 6). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Allison (2001), quien no observó diferencias significativas en rendimiento aún con aplicaciones foliares de $6,6 \text{ kg P ha}^{-1}$.

Tabla 6. Rendimiento total en cada sitio para distintos tratamientos de fertilización de base y de aplicaciones foliares.

Tratamiento	Rto Total (Mg ha^{-1})			
	Sitio			
	0	1	2	3
T1	52.8	58.0	44.6	59.2
T2	57.8	55.3	39.4	59.0
T3	63.7	58.2	51.8	57.1
T4	53.9	60.7	47.9	61.4
T5	61.6	72.7	41.6	63.5
T6	56.9	59.9	41.1	54.0
Contrastes ortogonales	Pr > F*			
T1 vs T2	0.41	0.62	0.48	0.98
T1 vs T3	0.89	0.98	0.34	0.72
T4 vs T5	0.22	0.05	0.40	0.60
T4 vs T6	0.62	0.88	0.37	0.05

*Valores de $P < 0,05$ indican diferencias significativas según los contrastes ortogonales.

Consideraciones finales

Si bien la alta disponibilidad inicial de P en el suelo no permitió obtener diferencias significativas en rendimiento, se pudo determinar que la concentración de Ps aumentó con el agregado de P a la plantación. La concentración de Ps en pecíolo, permitió obtener un diagnóstico confiable del RR cuando el muestreo se realizó a los 70 y 90 DDP. Las dosis de P utilizadas para las aplicaciones foliares en este estudio, no modificaron significativamente la concentración de Ps en pecíolo ni el rendimiento del cultivo.

Bibliografía

- ALLISON, M.F; FOWLER, J.H; ALLEN, E.J. 2001. Effects of soil- and foliar-applied phosphorus fertilizers on the potato (*Solanum tuberosum*) crop. Journal of Agricultural Science, Cambridge 137: 379–395
- BELANGER, G.; ZIADI, N. 2008. Phosphorus and nitrogen relationships during spring growth of an aging timothy sward. Agronomy Journal 100: 1757-1762.
- BELANGER, G.; ZIADI, N.; PAGEAU, D.; GRANT, C.; HOGNASBACKA, M.; VIRKAJARVI, P.; HU, Z.; LU, J.; LANFOND, J.; NYIRANEZA, J. 2015. A model of critical phosphorus concentration in the shoot biomass of wheat. Agronomy Journal 107:963–970.
- CALDIZ, D.O. 2006. Producción, cosecha y almacenamiento de papa en la Argentina. McCain Argentina SA, Balcarce-BASF Argentina SA, Capital Federal. Argentina. 226 p.

- CATE, R.B.; NELSON, L.A. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Science Society of America Journal* 35:658-660.
- FREEMAN, K.L.; FRANZ, P.R.; de JONG, R.W. 1998. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cv. Russet Burbank and Kennebec) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 83-93.
- HEGNEY, M. A.; MC PHARLIN, I. R.; JEFFERY, R. C. 2000. Using soil testing and petiole analysis to determine phosphorus fertiliser requirements of potatoes (*Solanum tuberosum* L. cv. Delaware) in the Manjimup-Pemberton region of Western Australia. *Animal Production Science* 40: 107-117.
- HILLER, L. K.; KOLLER, D.C. 1987. Foliar fertilization of potatoes: Some 1986 results. *Potato Country, U.S.A.* 32(17): 1-2.
- HOPKINS, B.G.; ELLSWORTH, J.W.; SHIFFLER, A.K.; COOK, A.G.; BOWEN, T.R. 2010. Monopotassium phosphate as an in-season fertigation option for potato. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 1422-1434.
- JOHNSON, C.M; ULRICH, A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Bulletin N° 766 (California Agricultural Experiment Station: CA, U.S.A)
- MAIER, N.A.; DRAHLENBUG, A.P.; M.J. WILLIAMS. 1994. Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on yield and petiolar nutrient concentration of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kennebec and Atlantic. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34: 825-34.
- MOHR, R. M.; TOMASIEWICZ, D.L. 2011. Effect of phosphorus fertilizer rate on irrigated Russet Burbank potato. *Communications in Soil science and Plant Analysis* 42: 2284-2298.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemical Acta* 27: 31-36.
- ROSEN, C. J.; BIERMAN, P.M. 2008. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. *American Journal Potato Research* 85: 110-120.
- ROSEN, C.J.; KELLING, K.A.; STARK, J.C.; PORTER, G.A. 2014. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. *American Journal Potato Research* 91: 145-160.
- SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRIA, H.; ANGELINI, H. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra Pampeana argentina. *RIA* 38 (1): 33-39
- SANDERSON, J.B.; MACLEOD, J.A.; DOUGLAS, B.; COFFIN, R.; BRUULSEMA, T. 2003. Phosphorus research on potato in PEI. *Acta Horticulturae*. 619: 409-417.
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release version 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
- SHAW, W. 1959. Nitric- perchloric acid oxidation for sulfur in plant and animal tissues. *J. Agric. F. Chem.* 7: 844-847
- WESTERMANN, D.T; KLEINKOPF, G.E. 1985. Phosphorus Relationships in Potato Plants. *Agronomy Journal* Vol. 77.
- ZAMUNER, ESTER C; LLOVERÁS, J; ECHEVERRÍA, HERNÁN H. Use of a critical phosphorus dilution curve to improve potato crop nutritional management. *AMERICAN JOURNAL OF POTATO RESEARCH*. Berlin: SPRINGER. 2016 vol. n°. 93(4),p392-403. . issn 1099-209X.
- ZIADI, N., BRASSARD, M.; BELANGER, G.; CAMBOURIS, A.N; TREMBLAY, N.; NOLIN, M.C.; CLAESSENS, A.; PARENT, L. 2008. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in Eastern Canada. *Agronomy Journal* 100: 271-276.

2. Principales dificultades para la ejecución del trabajo.

No se consiguieron sitios de producción con contenido bajo y medio de P-Bray1 para realizar los ensayos. Por lo tanto para la próxima campaña se planifica iniciar contactos con productores con mayor anticipación.

3. Grado de cumplimiento del proyecto original.

Objetivo 1: 33%

Para cumplir este objetivo resta determinar concentración de Pt en pecíolos (ya se realizó un 50% de las 480 muestras), plantas y tubérculos.

Objetivo 2: 50%

Para cumplir este objetivo falta determinar concentración de Pt en pecíolos.

Objetivo 3: 50%

Resta determinar concentración de Pt en pecíolos (ya se realizó un 50% de las 480 muestras), plantas y tubérculos.

4. Cronograma para cumplir las tareas a completar dentro del plazo (24 meses para maestría/ 12 meses para especialización).

Actividad	Juli o	Agost o	Septiembr e	Octubr e	Noviembr e	Diciembr e	Enero	Febrer o	Marzo
Determinaciones analíticas en muestras de planta	x	x	x						
Análisis de resultados	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Redacción de publicación				X	x	x			
Redacción de manuscrito				x	x	x	x	x	X

5. Publicaciones relacionadas con el proyecto de tesis.

6. Grado de avance en la redacción del manuscrito de tesis/monografía

