



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

Cruz Flores, G.; Aviles Marín, S.; Cortés Castelán, J. C.
Estudio de adaptabilidad del triticale a diferentes dosis de calcio y fósforo en andisoles
Terra Latinoamericana, vol. 16, núm. 1, enero-marzo, 1998, pp. 63-69
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316108>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTUDIO DE ADAPTABILIDAD DEL TRITICALE A DIFERENTES DOSIS DE CALCIO Y FOSFORO EN ANDISOLES

Adaptability Study of Triticale to Different Levels of Calcium and Phosphorus in Andisols

G. Cruz-Flores¹, S. Aviles Marín, J.C. Cortés Castelán

RESUMEN

Se evaluó, mediante estimación de rendimiento obtenido en el ciclo primavera-verano, la adaptabilidad del triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) en Andisoles; con dos niveles de calcio (0 y 40 kg ha⁻¹ de Ca) y tres niveles de fósforo (0, 40 y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicando calidra [Ca(OH)₂] y superfosfato triple (SFT) como fuente de calcio y fósforo, respectivamente. El estudio se realizó en dos localidades: Cuesta del Carmen (CDC) y Mesas de San Martín (MSM) del municipio Villa de Allende, México. El mayor rendimiento en CDC fue de 1672.7 kg ha⁻¹ y se obtuvo con el tratamiento 0-80 de calcio y fósforo; sin diferencia significativa entre las diferentes dosis de calcio y fósforo, para esta zona. En cambio, el rendimiento máximo en MSM se obtuvo con el tratamiento 40-40 con un rendimiento de 2528.5 kg ha⁻¹ siendo 31.55 % superior respecto a su testigo (1714.9) y aunque no se observaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos y dosis de Ca y P manejadas; en esta zona la adición de calcio optimiza disponibilidad y asimilación del fósforo por el triticale. En MSM el rendimiento promedio total fue de 1922 kg ha⁻¹ y aquí, éste es significativamente superior ($\alpha=0.05$) respecto al obtenido en CDC que fue de 1532 kg ha⁻¹. Se plantea la hipótesis de que el triticale se adaptó en ambas comunidades de estudio con una buena producción de grano al considerar que es la primera vez que se cultiva en la zona y que la aplicación de fósforo para el cultivo se realizó en dosis menores que las usadas en la zona para el trigo con la variante de aplicación de cal en el barbecho. El rendimiento obtenido para cada uno de los tratamientos en ambas localidades superó al rendimiento de los trigos harineros y duros que oscilan entre 1000 y 1400 kg ha⁻¹ en estos lugares.

¹FES Zaragoza, UNAM, J.C. Bonilla No. 66, Col. Ejército de Oriente, 09230 México, D. F.

Aceptado: Noviembre de 1997.

Palabras clave: Acidez del suelo, fijación de fósforo, eficiencia y adquisición de fósforo.

SUMMARY

The adaptability of triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) to Andisols was evaluated using two levels of calcium (0 and 40 kg ha⁻¹) and three levels of phosphorus (0, 40, and 80 kg ha⁻¹). The crop yield was calculated in the spring-summer season. The study areas were at Cuesta del Carmen (CDC) and Mesas de San Martín (MSM) in Mexico State. The highest crop yield was 1672.7 kg ha⁻¹ at CDC with 0 kg ha⁻¹ of calcium and 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅, although there was no significant difference between combinations. For MSM the combination of 40 kg ha⁻¹ of calcium and 40 kg ha⁻¹ of P₂O₅ showed a higher crop yield with 2528.5 kg ha⁻¹, and the combinations were not significantly different ($P=0.05$); however, calcium improved the availability and assimilation of phosphorus for the triticale plant. The average crop yield among areas was significantly different, 1922 kg ha⁻¹ in MSM and 1532 kg ha⁻¹ in CDC; but both were higher than the reported 1000 to 1400 kg ha⁻¹ for bread and durum wheat.

Index words: Soil acidity, phosphorus fixation, phosphorus efficiency.

INTRODUCCION

Los Andisoles, originados a partir de la depositación de cenizas volcánicas, están formados por complejos alófono-humus y se desarrollan en montañas cubiertas por bosques y praderas (Duchaufour, 1984). El factor limitante que presentan para el desarrollo de plantas cultivadas, es su acidez, misma que determina la baja disponibilidad del fósforo por las formas iónicas que presenta (H₂PO₄⁻¹, HPO₄⁻² y PO₄⁻³) (Hettel, 1989). En condiciones de alta acidez se disuelven suficiente hierro y aluminio que precipitan al ion fosfato, y forman sus correspondientes sales [Al(OH)₂H₂PO₄, Fe(OH)₂H₂PO₄] que

resultan difíciles de asimilar por las plantas (Fixen, 1994; León, 1991). Estos suelos presentan además, con distinto grado de intensidad, deficiencias de calcio, magnesio, molibdeno y potasio (Hettel, 1989).

No obstante lo descrito, existen plantas adaptadas a suelos ácidos que utilizan una gran variedad de mecanismos que están regulados separadamente (tolerancia al aluminio y manganeso) o bien, están relacionados (eficiencia y adquisición del fósforo).

En la región en la que se ubican las parcelas experimentales, se cultiva preferentemente maíz y otros cereales como trigo y avena para forraje de ganado principalmente bovino. Tanto trigo como avena generalmente producen rendimientos bajos (SEDAGRO, 1995). Medrano (1993) encontró que la aplicación de dosis de 40 y 80 kg por hectárea de P_2O_5 incrementa el rendimiento de triticale hexaploide (2.8 y 3.5 t ha, respectivamente) en el municipio de Villa de Allende.

El triticale es una especie desarrollada por el hombre que ha reemplazado al trigo en algunas regiones que presentan suelos de alta acidez (Bushuk, 1980), presenta tolerancia a la toxicidad del hierro y aluminio (Aguilar, 1987) y posee un alto valor nutritivo (Peña y Amaya, 1980). Los triticales, por otro lado, producen mayor biomasa y acumulación más alta de nitrógeno y fósforo que sus progenitores, aún en suelos de baja fertilidad.

Ante la problemática alimenticia y el estado de la fertilidad de los Andisoles, el triticale muestra ser una alternativa importante de alimento en regiones con este tipo de suelos.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en dos comunidades: Cuesta del Carmen (CDC) y Mesas de San Martín (MSM), en Villa de Allende, estado de México. Las características generales de cada zona se presentan en el Cuadro 1.

En cada localidad el área experimental se dividió en 18 parcelas de 26 m² cada una (8 surcos de 0.7 m X 4 m cada uno) con una densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹. Se aplicaron 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno como nitrato de amonio (NH_4NO_3) en todos los tratamientos y se manejaron dos niveles de calcio (0 y 40 kg ha⁻¹) y tres de fósforo (0, 40 y 80 kg ha⁻¹) empleándose

Cuadro 1. Datos generales de Cuesta del Carmen (CDC) y Mesas de San Martín (MSM).

	CDC	MSM
Latitud	19° 27.8´	19° 20.1´
Longitud	100° 12.1´	100° 5´
Altitud (m)	2700	2600
Temperatura media anual (°)	12-15 °C	11-14 °C
Precipitación media. anual (mm)	1150-1280	1000-1200
Frecuencia heladas	60 - 80 días	90 días
Tipo de suelo	Andosol humico	
Tipo de roca	Ignea extrusiva	
Clase textural	Media	Franca
Geología	Cenozoico	Terciario
Clima	C (w ₂) (z) Templado	

cal [$Ca(OH)_2$] como fuente de calcio y superfosfato triple (SFT) como fuente de fósforo, al ser éstas de fácil obtención. Las dosis de calcio y de fósforo se combinaron, resultando los tratamientos que se muestran en el Cuadro 2.

La distribución de tratamientos se hizo al azar con tres repeticiones en MSM y dos en CDC. Para realizar los análisis físicos y químicos (Cuadro 3) y de nutrientes (Cuadro 4) del suelo, se tomó una muestra compuesta mediante un muestreo semi-lineado, realizado antes de la siembra.

Para el análisis foliar se colectó, para cada una de las parcelas, de 24 plantas la hoja bandera en etapa de antesis. Posteriormente, este material se desecó a una temperatura entre 65 y 70 °C hasta alcanzar peso constante, se molió y se determinó la concentración de los nutrientes presentes en el tejido vegetal (Cuadro 5).

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades Físicas y Químicas del Suelo

El pH del suelo en ambas localidades se encuentra de fuerte a medianamente ácido, lo que coincide con

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

No.	Ca(OH) ₂ †	SFT‡	Tratamiento
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	(Ca,P ₂ O ₅)
1 (testigo)	0	0	(0,0)
2	0	40	(0,40)
3	0	80	(0,80)
4	40	0	(40,0)
5	40	40	(40,40)
6	40	80	(40,80)

† Hidróxido de calcio. ‡ Superfosfato triple.

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas del suelo en Cuesta del Carmen (CDC) y Mesas de San Martín (MSM).

Localidad	Densidad		CE§ 1:5 a 25 °C	Propiedad Color¶	pH#			MO†† %	CICT‡‡ cmol _c kg ⁻¹ suelo
	Aparente†	Real‡			H ₂ O 1:2.5	KCl 1N 1:2.5	Ca (Cl) ₂ cM 1:2.5		
	g cm ⁻³		dS m ⁻¹						
CDC	0.86	2.5	1.24	Café	5.13	5.1	5.3	3.55	53
MSM	0.66	1.97	1.45	Café	5.1	4.6	5.1	3.28	52.6

† Método de la probeta. ‡ Método del picnómetro. § Conductímetro. ¶ Tablas Munsell. # Potenciómetro. †† Método de óxido-reducción con dicromato vía húmeda. ‡‡ Saturación con sales de calcio.

los resultados reportados por Medrano (1993) y García y Hernández (1994). A estos niveles de pH no existe fuerte riesgo de toxicidad para el desarrollo de las plantas por la concentración de aluminio y manganeso, sin embargo, los fosfatos asimilables (monobásicos y dibásicos) se combinan con hierro y aluminio para formar sales y complejos químicos que son insolubles.

La densidad aparente es baja, debido a que son suelos no compactados, su textura de migajón favorece su aireación, retención de humedad, buen drenaje y mayor penetración radical (Duchaufour, 1984). Alta capacidad de intercambio catiónico total (CICT) para las dos comunidades pero muy baja concentración de calcio y magnesio, potasio y sodio, que no están disponibles para que sean absorbidos por el cultivo (Bohn *et al.*, 1993; Buol *et al.*, 1991; Laird, 1984).

Nutrientes del Suelo

La concentración de fósforo extractable es deficiente tanto en CDC como en MSM, lo que se atribuye a una baja movilidad del elemento por acción del material parental, y la presencia, principalmente del alófono-humus. Este material mineral amorfo es responsable de la fijación de ortofosfatos, que llega a fijar hasta 92 % del fósforo aplicado (Wada, 1985, citado por García y Hernández, 1994).

El calcio y el magnesio, al igual que el fósforo presentan concentraciones bajas, debido a que en los suelos ácidos el material parental que les da origen

-andesitas- son deficientes en estos elementos, y además existe pérdida de ellos por lixiviación (Tamhane, 1978) (Cuadro 4).

El nitrógeno total no es deficiente en ambas comunidades pero la acidez provoca una deficiente nitrificación en el suelo debido a la actividad microbiana que se ve afectada (Gros, 1981).

Nutrientes en Tejido Vegetal

Para determinar el estado nutricional del cultivo de triticale, se compararon los resultados obtenidos de la concentración de los nutrientes, con tablas de niveles de nutrientes reportadas para trigo por Loué (1987), debido a la falta de información sobre el estado nutricional del triticale, y a que el cereal que presenta características más similares, es el trigo.

El estado nutricional del cultivo del triticale obtenido a partir de la comparación de las tablas establecidas para el trigo, muestra que los macronutrientes fósforo, calcio, magnesio y nitrógeno presentes en el tejido vegetal se encuentran en bajas concentraciones para ambas comunidades, sin embargo, no se presentaron los síntomas de deficiencia de estos nutrientes (Cuadro 5).

Se ha reportado que el triticale tiene mayor eficiencia en uso de los nutrientes fósforo y nitrógeno (Varughese y Saari, 1986) y puede atribuirse a esa eficiencia el que la planta no manifieste síntomas de deficiencia de ellos a pesar de la baja concentración en sus tejidos.

Cuadro 4. Concentración de nutrientes del suelo en Cuesta del Carmen (CDC) y Mesas de San Martín (MSM).

Localidad	N†	Ca‡	Mg‡	Nutriente					P§
				B‡	Zn‡	Cu‡	Fe‡	Mo‡	
	%	cmol _c kg ⁻¹ suelo		ppm					%
CDC	0.8196	3.3	1.77	53.3	0.56	2.4	55.55	7.29	0.0032
MSM	0.6629	3.0	2.6	51.1	0.094	2.6	12.55	4.16	0.002

† Microkjeldahl. ‡ Espectrofotometría de absorción atómica. § Método de Olsen.

Cuadro 5. Concentración de nutrimentos en tejido vegetal del triticale con base en los niveles de trigo.

Tratamiento Ca,P ₂ O ₅	Mesas de San Martín								
	N [†]	‡P	Ca§	Mg§	B§	Zn§	Cu§	Fe§	Mo§
	%		ppm						
(0,0)	5.30	0.1192d	188	27d	66e	17.5o	2.82b	55.55	46.87e
(0,40)	4.15	0.1233d	183	38.3d	33e	17.7o	4.31b	73.09	46.87e
(0,80)	4.60	0.1333d	194	37.6d	77.6e	37.6o	5.53o	96.51	15.62e
(40,0)	3.88	0.1343d	172	403.4d	90.1e	20.5o	5.99o	64.32	23.43e
(40,40)	4.85	0.1163d	177	23.9d	55.3e	20.6o	5.23o	58.47	46.87e
(40,80)	3.62	0.1307d	177	22.8d	122.16e	23.5o	9.13o	117	31.25e
Cuesta del Carmen									
(0,0)	5.83	0.1309d	75	19.7d	33e	19.8o	3.78b	57.01	62.5e
(0,40)	2.70	0.1329d	83	22.2d	33e	15o	3.22b	52.63	78.12e
(0,80)	4.19	0.2115d	58	13.9d	32.5e	14.4b	3.55b	66.08	62.5e
(40,0)	5.87	0.1544d	66.5	19.3d	33e	17.4o	1.82b	43.85	70.31e
(40,40)	3.73	0.1960d	58	15.9d	31.5e	13.7b	3.32b	48.24	54.68e
(40,80)	4.84	0.1544d	91.5	24.6d	33e	18.2o	1.67b	21.85	70.31e

[†] Microkjeldahl. [‡] Vanadato-molibdato en espectrofotometría. [§] Espectrofotometría de absorción atómica.
d=deficiente, b=bajo, o=óptimo, e=excesivo.

Con respecto a los micronutrimentos, el boro y el molibdeno son excesivos (sin llegar a la toxicidad) para ambas comunidades, los requerimientos del primero aumentan al elevarse el pH, debido a la relación Ca/B en la nutrición vegetal; en cambio el molibdeno es un elemento esencial requerido por las plantas en muy pequeñas dosis siendo absorbido en forma de molibdato y resulta esencial en la reducción de los nitratos y en la fijación del nitrógeno atmosférico por *rhizobium*. Los fosfatos aumentan la disponibilidad del molibdeno, aunque en ocasiones la fertilización fosfatada acentúa la deficiencia de este elemento en la planta por promover su desarrollo y elevar los requerimientos de este nutrimento.

Los tratamientos obtenidos a partir de la combinación de los fertilizantes fosfatados y cálcicos que fueron empleados en el estudio, no afectan significativamente ($\alpha=0.05$) la concentración de los micronutrimentos y macronutrimentos determinados del tejido vegetal del cultivo para las comunidades de CDC y MSM. Sin embargo, la comparación de las medias (Cuadro 6) para cada zona de estudio presenta diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en la mayoría de los nutrimentos determinados, excepto nitrógeno y zinc.

El fósforo en tejido vegetal presenta concentraciones significativamente más altas en CDC, aunque el nivel que muestran las plantas es deficiente para ambas comunidades, esta deficiencia se relaciona con la concentración del fósforo disponible en el suelo que también es baja; sin embargo, el triticale tiene la

capacidad de absorber eficazmente el fósforo presente y el adicionado en el suelo, lo que le permite obtener rendimientos aceptables en ambas zonas. La adición progresiva de fertilizantes fosfatados al suelo aumenta su reserva en él sin saturar su capacidad de fijación del fósforo y pasa a formas cada vez más estables que lo hacen menos aprovechable. Este elemento mejora la precocidad de los cereales y favorece el desarrollo radical, y tiene un papel esencial en el desarrollo de la espiga y el grano.

Respecto a nitrógeno, en las dos zonas de estudio el cultivo no presenta diferencias significativas y se encuentra en estado deficiente, sin embargo, no se observaron síntomas de carencia, (como ya se indicó, por su mayor eficiencia en uso), del mismo como la senescencia temprana de las hojas basales. La absorción de los elementos minerales se hace más intensa a partir del ahijamiento y a lo largo del encañado, hasta la aparición de la espiga; y por lo general el nitrógeno y el potasio son absorbidos más intensa y precozmente que el fósforo.

El magnesio, aunque se encuentra deficiente en ambas comunidades, se presenta en concentraciones significativamente más altas en MSM, la deficiencia de este elemento puede ocurrir cuando la tasa de absorción del magnesio es disminuida por otros cationes presentes en el suelo, tales como el potasio, el amonio, el calcio y el manganeso, así también como por iones hidronio que se encuentran presentes con valores bajos de pH.

Cuadro 6. Promedio total de las medias de cada uno de los nutrimentos determinados en tejido vegetal para cada zona de estudio.

Comunidad	N	P	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Fe	Mo
	----- % -----		----- ppm -----						
CDC	4.52a	.163a	72b	19.3b	32.66a	16.4a	2.9b	48.27b	66.4b
MSM	4.52a	.126b	181.8a	32.1a	74.02b	22.9a	5.5a	77.5a	35.15a

Nota: Letras diferentes son estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$) entre comunidades por cada nutrimento.
 CDC= Cuesta del Carmen. MSM= Mesas de San Martín.

El zinc es óptimo en ambas comunidades; mientras que el cobre se encuentra en concentraciones bajas para la comunidad de CDC y de bajo a óptimo para la comunidad de MSM por lo que no se considera un problema. Generalmente el zinc aprovechable aumenta al disminuir el pH y forma compuestos insolubles con fosfatos y carbonatos por lo que la fertilización elevada y continua con superfosfatos ha conducido a la deficiencia de zinc y de cobre.

No fue posible determinar el hierro por comparación de tablas, sin embargo, en campo, no se observaron síntomas de deficiencia o toxicidad. La forma aprovechable del hierro es la ferrosa hidrosoluble e intercambiable, sin embargo, la mayor parte del hierro en los suelos ácidos se encuentra en forma de sesquióxidos hidratados.

Rendimiento

En ambas comunidades el triticale alcanzó una altura promedio de 1.5 a 1.7 m sin presentar problemas de acame, lo que sugiere que la concentración de nitrógeno fue adecuada y se evitó este problema. Sin embargo, durante el desarrollo del grano, parte del cultivo se infestó por el hongo *Fusarium* spp. (llamado carbón). Zillinsky, citado por Solís (1990), reporta que este hongo se presenta en trigo y en centeno produciendo grandes pérdidas en la

producción; el porcentaje de grano afectado estimado para el cultivo osciló entre 20 y 35 %, por lo que las pérdidas en el rendimiento, aunque considerables, no son definitivas.

Efecto del calcio. Los superfosfatos simple y triple contienen 19.6 y 14.3 % de este elemento, respectivamente, por lo que su uso en la corrección de deficiencias de fósforo puede colateralmente ayudar a corregir posibles deficiencias de calcio.

El efecto de la aplicación de calcio en el suelo provoca una respuesta diferencial entre la comunidad de CDC y MSM (Figura 1). Esto es, en la primera comunidad con adición de calcio el rendimiento obtenido (1448 kg ha^{-1}) no es mayor que su testigo ($1616.8 \text{ kg ha}^{-1}$), resultado diferente a lo esperado, mientras que en la segunda comunidad se presentó un aumento significativo de 23.5 % (2125 kg ha^{-1}) respecto a su testigo (1719 kg ha^{-1}).

La falta de respuesta en rendimiento en CDC se atribuye en parte a una mayor humedad del suelo. Cuando el superfosfato triple se hidrata, deja disponible al ion fosfato mismo que en solución se fija al aluminio y fierro una vez que se agrega al suelo, de manera que disminuye la cantidad de fósforo disponible para las plantas. También influyó la presencia del hongo *Fusarium* spp. en esta comunidad de mayor precipitación (Cuadro 1). A pesar de la diferencia en los rendimientos promedio obtenidos

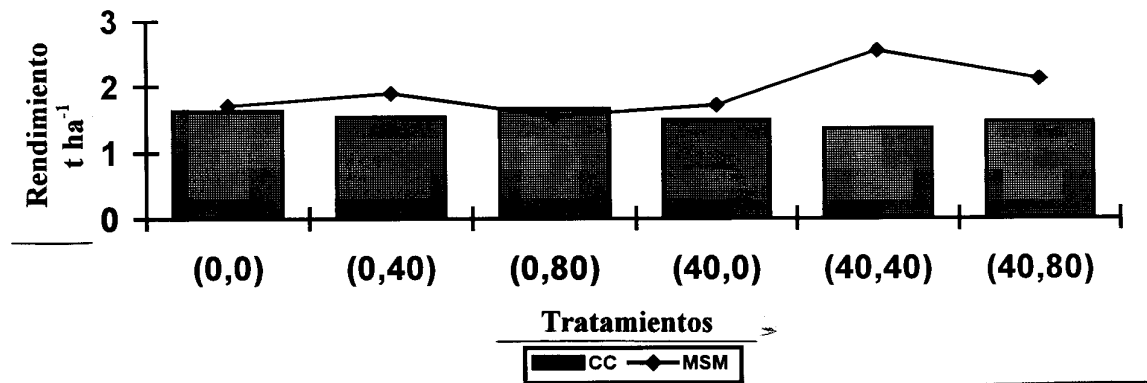


Figura 1. Efecto de los tratamientos en el rendimiento en grano del triticale.

entre una y otra comunidad (diferencia de hasta 500 kg), no se obtuvieron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los dos sitios.

No obstante, se considera que en MSM la aplicación de 40 kg ha⁻¹ de calcio favorece la concentración de este elemento asimilable en la solución del suelo, facilitando así la asimilación de fósforo por las plantas de triticale y se eleva con ello el rendimiento del cultivo.

Efecto del fósforo. El efecto del fósforo es diferente para las dos comunidades, ya que el mayor rendimiento se obtuvo en MSM (2219 kg ha⁻¹) con la dosis 40 kg ha⁻¹, pero la adición de una dosis mayor de fósforo (80 kg ha⁻¹) produjo un probable desbalance nutricional en las plantas que no se refleja en aumento sino en una ligera disminución de rendimiento (1832 kg ha⁻¹) (Cuadro 7).

En CDC, no se tienen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) de rendimiento del cultivo de triticale para dosis de fósforo aplicado. Es decir, la adición de este elemento no presenta efecto sobre el rendimiento del cultivo, lo que se atribuye a la capacidad del suelo para fijar el fósforo agregado.

Efecto de los tratamientos (Ca-P). El rendimiento en CDC con los diferentes tratamientos fue similar al rendimiento del testigo, no se presentan diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0.05$); sin embargo, el rendimiento más alto (1672 kg ha⁻¹) se obtiene con la fórmula (0,80), y con la fórmula (40,40) se obtiene el menor rendimiento (1366.9 kg ha⁻¹), contrario a lo que sucede en MSM (Cuadro 8). Para la comunidad CDC, el calcio y el fósforo adicionado al suelo con las fuentes ensayadas no se aprecia beneficio directo al cultivo. En MSM con el tratamiento (40,40) se tiene el máximo rendimiento (2543.43 kg ha⁻¹), el cual es 31.6 % mayor en comparación al testigo (1714 kg ha⁻¹), esto indica que la aplicación de 40 kg de calcio disminuye el efecto del pH ligeramente ácido y favorece la disponibilidad del fósforo y su asimilación por las plantas.

Cuadro 7. Rendimiento por dosis de fertilizante (kg ha⁻¹).

	CDC	MSM
Dosis de calcio (kg ha ⁻¹)		
0	1616.80a	1719.28a
40	1448.20a	2125.57a
Dosis de fósforo (kg ha ⁻¹)		
0	1569.80a	1716.04a
40	1454.81a	2218.91a
80	1572.88a	1832.34a

Nota: Letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$).
CDC= Cuesta del Carmen. MSM= Mesas de San Martín.

Cuadro 8. Rendimiento promedio por tratamientos de fertilizante.

Tratamiento (Ca,P ₂ O ₅)	CDC - - - Rendimiento (kg ha ⁻¹) - - -	MSM
(0,0)	1635 A	1714 A
(0,40)	1542.7 A	1894.38 A
(0,80)	1672.7 A	1549.48 A
(40,0)	1504.6 A	1718.08 A
(40,40)	1366.92 A	2543.45 A
(40,80)	1473.07 A	2115.2 A
Promedio total	1532	1922

Nota: Letras diferentes son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).
CDC= Cuesta del Carmen. MSM= Mesas de San Martín.

En las localidades estudiadas se obtuvo un rendimiento promedio de 1532 kg ha⁻¹ en CDC y de 1922 kg ha⁻¹ en MSM, que al ser comparados con lo reportado por Varughese y Saari (1986) supera el rendimiento de los trigos harineros y duros que presentan de 1000 a 1400 kg ha⁻¹, y con el rendimiento promedio obtenido de los tratamientos (40,40) y (40,80) de CDC quedan ligeramente por abajo del rendimiento promedio de los cinco mejores triticales para suelos ácidos que van de 2000 a 2200 kg ha⁻¹.

El triticale (*X. Triticosecale* sp. W.) utilizado en este estudio es considerado un triticale completo hexaploide que mantiene dos cromosomas de centeno y cuatro de trigo, mientras que el sustituido presenta uno de centeno y cinco de trigo (López, 1991); esta característica influye en el rendimiento del triticale, ya que los completos presentan una mayor adaptación a suelos ácidos que se refleja en mejores rendimientos. Varughese y Saari (1986) reportan que el rendimiento medio de las cinco mejores líneas de triticale aumenta en 100 % al cabo de cinco años. El rendimiento que reportan del primer año es similar al obtenido en este trabajo, se propone que el triticale mejorará su adaptación en el transcurso del tiempo y así aumentará su rendimiento bajo las condiciones locales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es importante señalar que la concentración de fósforo disponible en el suelo es baja, pero esta especie tiene la capacidad de asimilarlo eficazmente, con lo que obtiene rendimientos mayores que los trigos harineros y duros.

En las zonas de estudio no hay respuesta a la aplicación de dosis pequeñas de cal previas al barbecho, pues los valores de pH del suelo aunque

indican de fuerte a mediana acidez, las concentraciones de aluminio y manganeso no llegan a ser tóxicas para el triticale.

En CDC no hay respuesta a la fertilización fosfatada, mientras que en MSM se podría recomendar aplicar sólo 40 kg ha⁻¹ de calcio y 40 kg ha⁻¹ de fósforo con el que se obtienen los rendimientos más altos (2528.5 kg ha⁻¹) que al compararse con el testigo (1714 kg ha⁻¹) son mayores en 31.6 %.

La adaptabilidad del triticale en Andisoles parece ser satisfactoria como se demuestra en los rendimientos obtenidos con el testigo para las dos comunidades estudiadas.

Esta variedad de triticale se recomienda para las zonas aquí estudiadas, sin embargo, es necesario realizar estudios con otras variedades que se desarrollen en suelos ácidos para seleccionar la mejor.

Se recomienda el uso de otros fertilizantes y abonos que ofrezcan mayores beneficios que permitan elevar el rendimiento y elegir aquella o aquellas de bajo costo económico, ya que los aquí utilizados son de los que se puede disponer en la zona.

Es recomendable también dar mayor difusión a este tipo de cereal el cual es una alternativa alimenticia para zonas con suelos ácidos donde se obtienen rendimientos bajos de otros cereales de consumo tanto humano como ganadero.

LITERATURA CITADA

- Aguilar S., A. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 1.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal y G.A. O'Connor, 1993. Química de Suelo, Ed. Limusa, México.
- Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken. 1991. Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas, México.
- Bushuk, W. 1980. Triticale: Production, chemistry and technology. *In: Advances in cereal science and technology.* Vol. 3. Ed. Paramo, Manitoba, USA.
- Duchaufour, P. 1984. Edafología. Ed. Masson, Barcelona, España.
- Fixen, P. 1994. Dinámica suelo-cultivo del fósforo y manejo de los fertilizantes fosfatados (parte II). Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador (17): 9-12.
- García, G. A. y G. Hernández. 1994. Levantamiento nutricional del cultivo de maíz en Andosoles del Mpio. Villa de Allende, Edo. de Méx., Tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gros, A. 1981. Abonos, Guía práctica de la fertilización. 7a. ed. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Hettel, G.P. 1989. Wheat production. pp: 7-14. *In: Advances in South Americas Colossus, Today, Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo, México.*
- Laird, R. 1984. 25 Años de investigación agrícola de la Sierra Tarasca en el Estado de Michoacán. En Trinidad, S.A. y Miranda, J.O. Los suelos de Ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la Sierra Tarasca, 2da. edición, Colegio de Postgraduados, México.
- León, A. R. 1991. Nueva Edafología, Ed. Fontamara, 2da. Edición, México pags 177-223.
- López, L. 1991. Cereales. Vol. 1 Ed. Mundi-Prensa, Bilbao, Madrid.
- Loué, A. 1987. Wheat and barley. *In: Plant analysis. As a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops.* Martin-Prevel, J. Gagnard y P. Gautier (eds). Lavoisier Publishing, Paris, Francia.
- Medrano, B. A. 1993. Respuesta del triticale (*X Triticosecale* Wittmack) a diferentes dosis de fertilización fosfatada y abonamiento, bajo distintos tratamientos de encalado en un andosol. Tesis profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM. México.
- Peña B.R. y C. Amaya. 1980 Triticale, un nuevo cereal en desarrollo, Revista Pagnafa.
- SEDAGRO, 1995. Estimación de rendimientos de producción durante el ciclo 1994-1995. Edo. de Méx.
- Solís M. 1990. Distribución de biomasa, estado de nutrimentos y producción primaria en cinco cultivares de triticale (*Triticosecale* Wittmack) Tesis profesional, Chapingo México.
- Tamhane, R. V. 1978. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana, México
- Varughese T. B. y E. Saari. 1986 Triticale. CIMMYT, México, D. F.