

17 ABONADO DE LOS CEREALES DE PRIMAVERA: MAÍZ

Jesús Betrán Aso

Ingeniero Agrónomo
Laboratorio Agroalimentario
Gobierno de Aragón

CONSIDERACIONES GENERALES

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial. Originario de América del sur y Centroamérica, sin que pueda precisarse el lugar en el que se inició su cultivo hace unos 5.000 años, fue la base de alimentación en ese continente y hoy es, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos.

Procede de la mejora de una gramínea silvestre, que data de las culturas precolombinas y aunque hoy existen muchas variedades, todas están emparentadas con la especie *Zea mexicana* (teosinte), que crece silvestre en Méjico. La mejora genética realizada por el hombre durante siglos hace que, en la actualidad, la morfología del maíz sea muy diferente de la de su antepasado.

La producción mundial está en torno a los 760 millones de t/año. El mayor productor es Estados Unidos (aproximadamente el 43%), se-

guido por China (19%) y Brasil (cerca del 7%). La Unión Europea ocupa el cuarto lugar como productor, con poco menos de 50 millones de t/año.

La producción de cereales en general, y en particular del maíz, se ha visto incrementada durante el siglo XX por dos hechos fundamentales: la mejora genética y la fertilización. Hoy se estima que la producción de maíz en los países desarrollados, podría incrementarse al menos un 30% si se adoptaran programas de abonado correctos.

En un cultivo como el maíz, con elevada demanda de nutrientes, ajustar las dosis de fertilización a las necesidades reales es imprescindible para reducir costes, manteniendo o incremen-

Tabla 17.1. Superficie de maíz por CC.AA. (000 ha). Año 2009*

Castilla y León	103,9
Aragón	66,0
Extremadura	43,7
Cataluña	35,5
Castilla-La Mancha	32,0
Andalucía	24,0
Galicia	17,6
Otras	22,8
TOTAL ESPAÑA	345,5

*Avance

Fuente: MARM (2009)



Ensayo de fertilización del maíz con parcela testigo sin ningún aporte

tando la producción, y también para garantizar el mejor aprovechamiento de los fertilizantes. La pérdida de elementos por lavado (nitratos) o por arrastre (fosfatos) supone una pérdida económica y un daño ambiental considerable, sobre el que cada día se ejerce mayor presión.

Exigencias de suelo y clima

El maíz es muy exigente en cuanto la "fertilidad física" del suelo. Este aspecto, que a menudo se olvida, puede ser en muchos casos el principal factor limitante de la producción. Entre las características físicas del suelo, las más importantes, desde el punto de vista del maíz, son:

- Capacidad de retención de agua.
- Aireación.
- Temperatura.

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo es fundamental para asegurar un suministro continuo entre riegos. El maíz es particularmente sensible a la falta de agua en el entorno de la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después.

En suelos con escasa profundidad, o pedregosos, la capacidad de almacenamiento se ve limitada y, cuando es posible, debe suplirse con mayor frecuencia de riegos. Lo ideal es mante-

ner una alta disponibilidad de agua en el suelo, en términos de potencial de agua del suelo (no debe superarse 1,5 atmósferas en el periodo de la floración y algo más en el resto del ciclo). Si el potencial hídrico es mayor (en términos absolutos) comienza a mermar la producción.

En relación con la disponibilidad de agua, el maíz es muy sensible a la salinidad del suelo. Una concentración salina, expresada como conductividad eléctrica en extracto de pasta saturada, superior a 1,7 dS/m a 20 °C comienza a afectar al cultivo, y con 3,8 dS/m la producción descien-

de un 25%. El maíz es muy sensible a la asfixia radicular. No soporta los suelos apelmazados o con mal drenaje. Necesita un mínimo del 10% del volumen de suelo ocupado por aire.

Tanto la aireación del suelo como la circulación de agua están estrechamente ligadas a la estructura del suelo, que favorece la formación y mantenimiento de la porosidad. Es esencial proteger la estructura frente a agresiones como el tránsito de maquinaria pesada en malas condiciones de humedad, el laboreo intenso o la elevada energía del agua aportada en riegos por aspersión.

Respecto a la temperatura, el maíz se muestra especialmente sensible durante la germinación, nascencia e inicio de la vegetación. Requiere un mínimo de 12° C de temperatura del suelo para la germinación. Algunos síntomas de carencia en el inicio del cultivo están originados por bajas temperaturas que impiden el desarrollo radicular.

La temperatura del suelo puede, hasta cierto punto, modificarse mediante el manejo de los restos orgánicos en superficie y del riego.

En resumen, es esencial el mantenimiento de la "fertilidad física" del suelo. Su deterioro puede causar limitaciones no siempre fáciles de identificar y, a menudo, de muy lenta corrección.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

El maíz tiene unas necesidades nutricionales por unidad de producción similares a otros cereales, como el trigo o la cebada. Pero debido a sus producciones, habitualmente mucho

Tabla 17.2. Extracción de nutrientes principales y secundarios por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano	
	Grano	Resto planta
Nitrógeno (N)	14	7
Fósforo (P ₂ O ₅)	7	2
Potasio (K ₂ O)	5	20
Calcio (CaO)	0,3	6
Magnesio (MgO)	2	6
Azufre (S)	1,3	1

Fuente: Olson y Sander (1988)

Tabla 17.3. Extracción de nutrientes principales por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano
Nitrógeno (N)	28
Fósforo (P ₂ O ₅)	11
Potasio (K ₂ O)	23

Fuente: Domínguez Vivancos (1984)

Tabla 17.4. Extracción y exportación real de nutrientes principales por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano	
	Exportación (grano)	Extracción total
Nitrógeno (N)	15,5-19,1	24,7-30,0
Fósforo (P ₂ O ₅)	7,0-12,3	10,2-12,3
Potasio (K ₂ O)	4,5-5,4	20,7-25,2

Fuente: Canadian Fertilizer Institute (1998)

Tabla 17.5. Extracción de microelementos para una cosecha de 18,7 t de grano de maíz

Nutrientes	g/ha	
	Exportación (grano)	Extracción total (planta entera)
Hierro (Fe)	143	6.240
Manganeso (Mn)	37	483
Zinc (Zn)	187	440
Cobre (Cu)	37	199
Boro (B)	36	126
Molibdeno (Mo)	5,5	11,1

Fuente: Benne et al. (1964), citado por Loué (1988)

más altas, las cantidades de nutrientes demandadas por el maíz, en términos absolutos, son mucho más elevadas. Existen diferentes referencias sobre las cantidades de nutrientes esenciales consumidos en mayor cantidad. (tablas 17.2, 17.3 y 17.4).

Dependiendo del autor, cabe situar las necesidades de maíz, en un máximo de 28-30 kg de nitrógeno (N), 10-12 kg de fósforo (P₂O₅), y 23-25 kg de potasio (K₂O), por cada 1.000 kg de grano producido. Adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio y azufre.

Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Esto hace que existan importantes diferencias entre la extracción total de nutrientes y la exportación (tablas 17.4 y 17.5). Estas diferencias son particularmente importantes en el potasio, en el que sólo una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha, y en los microelementos.

Ritmo y forma de extracción de los nutrientes

Aunque la extracción comienza tras la nacimiento, la extracción más fuerte de nutrientes se produce a partir de las 4-5 semanas (estado 8 hojas), en que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso. La absorción de macroelementos va adelantada respecto a la generación de materia seca. Esto ocurre especialmente en el potasio, cuya absorción prácticamente termina poco después de la floración.

En torno al 47% de todo el nitrógeno se extrae entre los 15 días anteriores y los 15 posteriores a la floración. El maíz puede asimilar nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal, éste último incluso de forma más rápida que el primero. La forma amoniacal presenta la ventaja de

ser retenida en el suelo, pero puede presentar el inconveniente de que bajo esa forma puede competir en la absorción con otros nutrientes como calcio, magnesio o potasio.

Fuentes de nutrientes

El suministro de los nutrientes requeridos se puede producir por diferentes vías, y todas ellas deben considerarse a la hora de ajustar la fertilización. Estas son:

- El suelo.
- El agua de riego.
- Los restos de cosecha.
- Cultivo precedente.
- Los fertilizantes orgánicos (estiércoles, purines, etc.) y órgano-minerales.
- Los fertilizantes minerales.

La cantidad de nutrientes suministrada por el suelo puede conocerse mediante su análisis, imprescindible para orientar la fertilización fosfatada y potásica. Aunque el análisis no indicará directamente la cantidad de esos nutrientes que va a suministrar el suelo, sí que da una pau-



Planta de maíz en floración

ta sobre si es necesario suplementarlo o no con otras fuentes.

Respecto al nitrógeno, la mayor parte está en el suelo en forma orgánica (no directamente asimilable); la determinación de la materia orgánica que contiene el suelo permite obtener una buena estimación de la cantidad de nitrógeno que será liberado (tabla 4.2). Al tratarse de un cultivo de verano puede aprovechar la mayor parte de ese nitrógeno.

Si se desea tener un conocimiento más ajustado de la disponibilidad real de nitrógeno mineral, se puede recurrir al análisis de nitrógeno mineral en el suelo (nitratos), hasta una profundidad de 60 cm. La cantidad de nitrógeno así obtenida puede considerarse que está disponible inmediatamente para el cultivo.

El agua de riego contiene siempre cierta cantidad de sales, muchas de las cuales son nutrientes. En España, donde el maíz se cultiva mayoritariamente en regadío, el volumen de agua añadido es muy importante, de modo que cualquier sal que ésta contenga, será aportada también en cantidades considerables.

Cuando el agua de riego procede de sondeos es muy habitual que contenga cantidades muy importantes de nitrógeno, directamente asimilable. Cuando son aguas superficiales, el contenido de nitrógeno será bajo, pero pueden contener potasio o, si reciben algún tipo de vertido, fósforo u otros elementos.

También el agua de lluvia realiza pequeños aportes de nitrógeno disuelto a través de la atmósfera. Se calcula unos 8 kg N/ha anualmente.

Es imprescindible conocer la calidad del agua para manejarla adecuadamente. Esa información puede proceder de los organismos de cuenca o de un análisis realizado por el propio agricultor.

Los restos de cosecha contienen una parte importante de los nutrientes extraídos por la planta, por lo que su restitución o no al suelo, re-



Cultivo de maíz en Aragón

percute en las aportaciones que de los mismos se hagan al cultivo.

Es habitual que el maíz forme parte de una rotación de cultivos detrás de una leguminosa (alfalfa, guisante, veza, etc.). En este caso, es importante considerar el aporte de nitrógeno fijado por la leguminosa que pasará al cultivo del maíz, y que de forma orientativa puede situarse, si se trata de la alfalfa, entre los 100 y 150 kg N/ha.

Si el precedente no es una leguminosa, esa fijación no se da, pero debe tenerse en cuenta que si la fertilización fue superior a las necesidades, es decir, si se obtuvo una cosecha inferior a la prevista, habrá un residuo de nutrientes a disposición del maíz.

Los fertilizantes orgánicos, cuyo uso es cada vez más habitual en la agricultura, contienen una cantidad de nutrientes que se liberarán con la mineralización de esa materia orgánica (en general de forma más lenta que los fertilizantes minerales). Cuanto menor es la relación C/N, más rápidamente se mineralizan los aportes orgánicos. En la tabla 6.7 se indica la composición media de estiércoles de diferentes especies.

Los fertilizantes minerales están presentes en el mercado en una gran diversidad de formulaciones, con formas y concentraciones de nutrientes que permiten adaptarse a las necesidades del cultivo no cubiertas con las fuentes antes mencionadas. Por ello, la necesidad de estos fertilizantes debe calcularse para "cerrar" el balance entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Respecto a los nutrientes secundarios y microelementos, en general el suelo es capaz de proporcionar las cantidades requeridas. Los restos de cosecha, los fertilizantes orgánicos, y en menor medida los fertilizantes minerales son una fuente adicional de estos nutrientes. Localmente, en áreas con particulares condiciones de suelo, pueden darse deficiencias de magnesio o de azufre, y difícilmente de calcio. No suelen presentarse deficiencias importantes de microelementos, con excepción del zinc.

En caso de deficiencias, puestas de manifiesto por síntomas en el cultivo, detectadas mediante análisis de suelo o de planta, puede recurrirse a fertilizantes minerales que contengan esos nutrientes secundarios y microelementos. No de-



Parcela de maíz

ben realizarse estos aportes con carácter preventivo y sin conocimiento del estado del suelo, puesto que ello puede ser innecesario o perjudicial.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Dosis y fraccionamiento

El aporte de nutrientes debe calcularse como un balance en el que entradas y salidas deben quedar compensadas:

- Las salidas son la demanda del cultivo que se obtienen multiplicando las necesidades de nutrientes (en kg/t de grano) por la producción realmente esperable.
- Las entradas deben calcularse para cada fuente de nutrientes, como antes se ha señalado.

Los nutrientes que son retenidos por el suelo pueden ser aportados de una sola vez en el abonado de fondo, pero esto no debe hacerse para el nitrógeno ya que es un elemento móvil. La dosis total de nitrógeno debe fraccionarse entre fondo y, al menos, una cobertera. En suelos con poca capacidad de almacenamien-

to de agua y nutrientes debe recurrirse a dos coberteras.

Es recomendable aplicar en torno a 1/3 del total de nitrógeno en fondo, junto al fósforo y el potasio, y el resto en una cobertera, cuando el maíz tiene 40 cm de altura (8 hojas). Si se hacen dos coberteras, la segunda será con el maíz a 1 m de altura, dividiendo en dos partes el nitrógeno que se aporta en cobertera.

Las coberteras deben servir para ajustar la dosis de nitrógeno, puesto que en ese momento se conocen mejor las expectativas de cosecha.

A modo de ejemplo, se indican, de forma práctica y sencilla, los cálculos básicos para establecer la recomendación de abonado para un cultivo de maíz con una expectativa de producción de 12.000 kg/ha de grano comercial, teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes recogidos en las tablas 17.6 y 17.7.

Tabla 17.6. Necesidades (kg/t grano)

Concepto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grano	18	7	4
Parte aérea	9	3	16
Total	27	10	20

Tabla 17.7. Necesidades (kg para una producción de 12 t de grano/ha)

Concepto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grano	216	84	48
Parte aérea	108	36	192
Total	324	120	240

Balance de nutrientes

Salidas para una producción de 12 t/ha:

Nitrógeno (N)324 kg/ha
 Fósforo (P₂O₅)120 kg/ha
 Potasio (K₂O)240 kg/ha

Abonado de los cereales de primavera: maíz

17

Entradas estimadas:

Agua de riego	
15 mg NO ₃ /l (tabla 3.1)	24 kg N/ha
Materia orgánica del suelo	
1,5% MO (tabla 4.2)	33 kg N/ha
Deposición atmosférica anual	
(capítulo 9).....	8 kg N/ha
Enterrado de la parte aérea.....	95 kg K ₂ O/ha

Es práctica habitual en este cultivo, picar y enterrar las cañas y las hojas con lo que se obtienen unas entradas de nutrientes adicionales:

- Las entradas de nitrógeno pasan a formar parte de la MO del suelo y ya se han tenido en cuenta a efectos de este balance.
- Las entradas de potasio, que es el elemento presente en mayor cantidad en la parte aérea del maíz, son muy importantes. Se estima que un 50% del potasio contenido en la parte aérea que se incorpora, está disponible. Es decir,

con esta práctica se aportan en torno a 95 kg/ha.

- Las entradas de fósforo por este concepto son poco significativas, ya que este elemento se encuentra presente en la parte aérea del cultivo en proporciones muy inferiores.

Consecuentemente la cantidad de nutrientes que se deben aportar con los fertilizantes deberá ser la correspondiente al balance entre salidas y entradas, que se recoge en la tabla 17.8.

Tabla 17.8. Nutrientes a aportar a través de la fertilización (kg/ha)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Salidas	324	120	240
Entradas	65	0	95
Aporte con fertilizantes	259	120	145

Programa de fertilización

En la tabla 17.9 se recoge a modo de ejemplo, un programa de fertilización para el abonado del maíz.

Tabla 17.9. Programa de fertilización

	Suelos con alto contenido en potasio	Suelos con alto contenido en fósforo
Abonado de Fondo	800 kg/ha NPK 8-15-15	800 kg/ha NPK 12-10-17
Abonado de Cobertera*	1ª aportación (40 cm) 250 kg/ha urea 46 2ª aportación (100 cm) 320 kg/ha NAC 27 ó 330 kg/ha nitrosulfato amónico 26 Si se dispone de sistema de riego por aspersión: 630 kg solución nitrogenada 32 a lo largo del ciclo de cultivo	1ª aportación (40 cm) 200 kg/ha urea 46 2ª aportación (100 cm) 285 kg/ha NAC 27 ó 296 kg/ha nitrosulfato amónico 26 Si se dispone de sistema de riego por aspersión: 530 kg solución nitrogenada 32 a lo largo del ciclo de cultivo

* En suelos básicos o salinos, sustituir el NAC 27 por nitrosulfato amónico 26.

Bibliografía

- Domínguez Vivancos, A., 1984. El abonado de los cultivos. Ed. Mundi Prensa España.
- Guerrero García, A., 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Ed. Mundi Prensa.
- Hagin, J.; Tucker B., 1982. Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. Springer-Verlag.
- Loue, A., 1988. Los microelementos en la agricultura. Ed. Mundi Prensa, España.
- Llanos Company, M., 1984. El Maíz. Ed. Mundi Prensa.
- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Roquero, C., 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. 849 pp. 2ª ed. España.
- Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D., 1985. Soil fertility and fertilizers. Ed. Macmillan Publishing Company.