

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CEBADAS CULTIVADAS BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE LABRANZA EN TRES LOCALIDADES DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Elizabeth Contreras-López¹, Judith Jaimez-Ordaz¹, Tania Hernández-Madrigal¹,
Javier Añorve-Morga¹ y Rosa Beltrán-Hernández¹

RESUMEN

En los últimos años han sido introducidos diferentes sistemas de cultivo en el estado de Hidalgo (México); aunque existe poca información que revele la influencia de estos en la calidad de los cereales producidos. El objetivo fue determinar las características químicas de cebadas cultivadas en tres de los municipios donde se utilizan diferentes sistemas de labranza. Los resultados mostraron que el sistema de cultivo afectó, en parte, la composición química de la cebada aunque sin tendencia definida en función de las distintas variables evaluadas. Bajo labranza mínima mostró los mayores promedios de proteína tanto en espiga como hojas y tallos. En general, las hojas y tallos presentaron contenidos altos de ceniza y bajos de fibra y lípidos. El potasio seguido por el magnesio mostraron los mayores valores entre los minerales. No se observó asociación entre los sistemas de labranza y el contenido de metales pesados.

Palabras clave adicionales: Proteína, metales pesados, labranza de conservación y convencional, rotación de cultivos

ABSTRACT

Chemical composition of barley grown under different tillage systems in three counties of Hidalgo State, Mexico

In the last years, several tillage systems have been introduced in the State of Hidalgo (Mexico), although there is a lack of information regarding their effect on the final quality of cereals produced. The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics of barley cultivated in three of the producer counties where different tillage systems are used. The results showed that the tillage system, in part, affected the chemical composition of barley although without any definite trend as a function of the different variables evaluated. The higher means of protein content were found under minimum tillage, either for ears or leaves and stalks. In general, leaves and stalks showed high contents of ash, and low of fiber and lipids. Potassium followed by magnesium showed the highest values among the minerals. No association was observed between the tillage systems and the content of heavy metals.

Additional key words: Protein, heavy metals conservation and conventional tillage, crop rotation

INTRODUCCIÓN

El consumo de cereales representa un porcentaje elevado en la alimentación de la población mundial; sobretodo, en los países en vías de desarrollo, debido en parte a su bajo costo. Entre los principales cereales cultivados en el mundo, la cebada ocupa el cuarto lugar después del trigo, maíz y arroz. En la República Mexicana, los estados con mayor producción de cebada son Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, pero en los últimos años se ha observado que la producción ha disminuido debido a diversos factores entre los

que se encuentra el agotamiento de los suelos. En respuesta a este problema, y con el fin de disminuir la pérdida de suelos agrícolas por erosión, se ha planteado cambiar el sistema de labranza tradicional por sistemas de labranza mínima y rotación de cultivos, sistemas que presentan ventajas comparativas como son la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características químicas de la cebada en tres zonas productoras del estado de Hidalgo en donde se utilizan diferentes sistemas de cultivo.

Recibido: Septiembre 28, 2007

Aceptado: Mayo 30, 2008

¹ Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. C.P.42076, Pachuca, Hidalgo, México. e-mail: eliclopez@yahoo.com.mx

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo de la cebada estuvo a cargo de los agricultores de las zonas de Zapotlán, Tultengo y Villa de Tezontepec, las cuales presentan un clima de templado a templado frío con una temperatura promedio anual de 15 a 17 °C y una precipitación media anual de 508 a 546 mm.

Los suelos de las tres zonas son similares en cuanto a su alto contenido de materia orgánica, muy baja salinidad, reacción moderadamente ácida a neutra y fertilidad media, diferenciándose sólo en su textura, ya que en Zapotlán los suelos son francos, en Villa de Tezontepec franco-arenosos y en Tultengo franco a franco-arcillosos (Domínguez, UAEH. Datos no publicados).

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio considerando cinco puntos diferentes, realizado en función de la zona y el sistema de cultivo (Cuadro 1). Las muestras consistieron en aproximadamente 1 kg de plantas de cebada variedad Esmeralda las cuales fueron secadas en estufa a 60 °C y luego separadas manualmente en espigas, hojas y tallos.

Cuadro 1. Muestras de cebadas cultivadas bajo diferentes sistemas de cultivo en Hidalgo, México

| Zona | Sistema de cultivo |
|---------------------|-----------------------|
| Zapotlán | Monocultivo (ZMC) |
| Zapotlán | Rotación (ZRC) |
| Villa de Tezontepec | Rotación (VTRC) |
| Tultengo | Convencional (TCV) |
| Tultengo | Labranza mínima (TLM) |

Por medio del método de cuarteo se seleccionaron 100 g de muestra que fue sometida a molienda en un molino Moulinex, obteniéndose un tamaño de partícula final de 250 µ. Las fracciones molidas se almacenaron en recipientes de plástico hermético a una temperatura no mayor a 24 °C hasta su análisis.

Las determinaciones de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas se realizaron siguiendo las técnicas descritas en el AOAC (1990). El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

Para el análisis de minerales se pesó 0,5 g de muestra y se adicionó de 10 a 15 mL de HNO₃ concentrado. La digestión se realizó en un horno

de microondas Marx-X con una potencia de 1200 W, programado según la compañía CEN (North Carolina USA).

La lectura fue realizada mediante espectrofotometría de emisión acoplada a plasma (ICP) utilizando un equipo Perkin-Elmer xl-3000. En cada corrida se introdujo al menos un blanco para el cálculo del límite de detección del método. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Para analizar estadísticamente los resultados, se realizó un análisis de un factor empleando el paquete SPSS versión 12.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal de espigas

Los porcentajes de humedad obtenidos de las espigas (Cuadro 2) fueron inferiores a los establecidos en las normas mexicanas que indican un rango máximo de humedad en granos de cebada de 11,5 a 13,5 % y a los valores promedio reportados por distintos autores, los cuales van desde 10 hasta 14 % (Shewry, 1992; Callejo, 2002). El hecho de que el contenido de humedad sea inferior a los reportados no representa necesariamente un efecto negativo, puesto que variedades de cereales que poseen un contenido bajo de humedad implican menos gasto en el manejo del grano, además de ser menos propensos a deteriorarse (Callejo, 2002). La variación en el contenido de humedad de las muestras de espigas analizadas puede estar influenciada por las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta y su estado de maduración con respecto a su cosecha (Shewry, 1992).

Con relación al contenido de cenizas (Cuadro 2), la muestra proveniente de Villa de Tezontepec fue la única que se encontró dentro del rango de 2 a 3 % reportado por Shewry (1992) y Desrosier (1999). Las demás muestras presentaron valores más altos lo cual podría deberse, en algunos casos, a la mayor cantidad de componentes fibrosos (Shewry, 1992). La diferencia significativa encontrada entre los porcentajes de cenizas para las distintas muestras podría estar influenciada por el sistema de cultivo el cual puede definir distintos factores edafológicos como la riqueza en humus y disponibilidad de nutrientes.

Contreras-López et al. Composición de cebadas según las condiciones de labranza**Cuadro 2.** Composición química (%) de espigas de cebadas cultivadas en Hidalgo, México (media \pm SD)

| Muestras | Espigas | | | | | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| | Humedad | Cenizas | Proteína | Lípidos | Fibra | Carbohidratos |
| ZMC | 9,57 \pm 0,07 | 4,02 \pm 0,02 | 6,27 \pm 0,04 | 0,97 \pm 0,00 | 10,72 \pm 0,33 | 68,45 |
| ZRC | 7,60 \pm 0,13 | 5,34 \pm 0,12 | 6,08 \pm 0,06 | 0,89 \pm 0,01 | 10,57 \pm 0,47 | 69,52 |
| VTRC | 9,71 \pm 0,03 | 2,38 \pm 0,06 | 7,07 \pm 0,04 | 1,40 \pm 0,05 | 10,91 \pm 0,32 | 68,30 |
| TCV | 9,34 \pm 0,13 | 5,27 \pm 0,08 | 6,63 \pm 0,13 | 0,60 \pm 0,00 | 19,51 \pm 0,54 | 58,58 |
| TLM | 9,64 \pm 0,13 | 4,63 \pm 0,14 | 9,15 \pm 0,06 | 1,11 \pm 0,01 | 35,33 \pm 1,41 | 40,14 |

Con relación al contenido de proteínas (Cuadro 2) se encontró que en Zapotlan no hubo diferencias entre los sistemas de cultivo utilizados (monocultivo y rotación). Las muestras de cebada de la zona de Tultengo cultivada bajo labranza mínima presentaron el mayor contenido protéico y fueron las únicas ubicadas dentro del rango típico de 9 a 15 % para granos (Shewry, 1992; Desrosier, 1999). Los valores de las demás muestras se encontraron por debajo del intervalo indicado, lo cual probablemente fue debido a que las muestras correspondían a espigas y no sólo granos, y la cascarilla aporta un mayor volumen a la muestra sin contribuir significativamente con el porcentaje de proteína. Así mismo, el bajo contenido protéico podría en parte atribuirse a las lluvias ocurridas durante el período de desarrollo del grano las cuales según Shewry (1992) pueden propiciar un bajo contenido de proteínas.

Los contenidos de lípidos de las muestras (Cuadro 2) fueron significativamente diferentes entre sí. Las espigas presentaron valores por debajo de los reportados para granos, que van del 2 al 3 % del peso seco total según distintos autores (Shewry, 1992; Desrosier, 1999; Tscheuschner, 1999). A diferencia de otros parámetros, no se encontraron reportes que justifiquen la variación en el contenido de grasa en la cebada. Las diferencias encontradas pueden estar primeramente basadas en el contenido de componentes estructurales de la espiga, los cuales contribuirían a diluir un poco el contenido de grasa en los granos. La época en que se efectúa la siega es un factor que debe también ser considerado (Shewry, 1992).

El contenido de fibra (Cuadro 2) estuvo por encima del valor reportado para granos, el cual varía de 4,5 a 7,2 % (Tscheuschner, 1999). El alto porcentaje de fibra en las espigas de cebada se

debe a que la cebada con cascarilla es más rica en fibra y en lignina que la cebada descascarillada, pues el 80 % del contenido de fibra pertenece al raquis, glumas y aristas de la espiga (Serna, 2001).

Con relación a los carbohidratos (Cuadro 2) todos los valores estuvieron por debajo del rango de 72,8-82,8 % señalado por Tscheuschner (1999) para la cebada. En general, se encontró que a más alto contenido de carbohidratos hubo menor contenido de proteína. Para la industria cervecera es deseable un mayor contenido de carbohidratos y una menor cantidad de proteína; de esta manera la cebada de Tultengo cultivada bajo labranza mínima, la cual presentó un contenido muy bajo de carbohidratos y el más alto en proteína, tendría poca probabilidad de utilización en dicha industria.

Análisis proximal de hojas y tallos

En general, los mayores contenidos de humedad lo presentaron las cebadas provenientes de Tultengo (Cuadro 3), independientemente del tipo de labranza. El contenido en humedad de la paja segada con el grado de maduración apropiada para la cosecha varía comúnmente desde 8 % en una temporada seca hasta 20 % en época húmeda (Staniforth, 1980), lo que permite señalar que todas las muestras de cebada provenientes de Zapotlán estuvieron por debajo de este rango.

La humedad en la paja de cebada es un factor importante para predecir su comportamiento durante el almacenamiento; una paca con un contenido de humedad inferior al 15 % en la paja (hojas y tallos) es menos susceptible a sufrir un enmohecimiento (Staniforth, 1980). Todas las muestras estudiadas, tanto de hojas como de tallos, estuvieron por debajo de este valor, por lo que sería menos probable un deterioro por presencia de hongos.

Cuadro 3. Composición química (%) de hojas y tallos de cebada cultivadas en Hidalgo, México (media \pm SD)

| Muestras | Humedad | | Cenizas | | Proteína | |
|----------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Hojas | Tallos | Hojas | Tallos | Hojas | Tallos |
| ZMC | 7,49 \pm 0,08 | 7,21 \pm 0,17 | 15,15 \pm 0,02 | 5,72 \pm 0,09 | 2,22 \pm 0,08 | 1,58 \pm 0,06 |
| ZRC | 5,88 \pm 0,13 | 5,88 \pm 0,03 | 17,47 \pm 0,16 | 6,74 \pm 0,09 | 2,81 \pm 0,05 | 1,29 \pm 0,06 |
| VTRC | 8,68 \pm 0,10 | 7,59 \pm 0,14 | 16,48 \pm 0,40 | 7,23 \pm 0,02 | 2,71 \pm 0,06 | 1,39 \pm 0,05 |
| TCV | 7,89 \pm 0,02 | 9,69 \pm 0,17 | 12,48 \pm 0,17 | 5,64 \pm 0,08 | 4,93 \pm 0,06 | 3,28 \pm 0,01 |
| TLM | 9,10 \pm 0,11 | 9,38 \pm 0,10 | 12,20 \pm 0,19 | 4,56 \pm 0,13 | 7,72 \pm 0,05 | 3,91 \pm 0,06 |

| Muestras | Lípidos | | Fibra | | Carbohidratos | |
|----------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|--------|
| | Hojas | Tallos | Hojas | Tallos | Hojas | Tallos |
| ZMC | 1,46 \pm 0,01 | 0,69 \pm 0,01 | 34,54 \pm 3,08 | 44,69 \pm 0,91 | 39,04 | 40,33 |
| ZRC | 1,85 \pm 0,00 | 0,64 \pm 0,02 | 31,82 \pm 2,56 | 40,38 \pm 0,73 | 40,17 | 45,08 |
| VTRC | 1,31 \pm 0,00 | 0,59 \pm 0,01 | 32,89 \pm 2,41 | 43,57 \pm 1,11 | 37,98 | 39,63 |
| TCV | 1,36 \pm 0,01 | 0,49 \pm 0,00 | 31,78 \pm 2,29 | 37,63 \pm 1,51 | 41,57 | 43,27 |
| TLM | 0,96 \pm 0,01 | 0,47 \pm 0,00 | 28,94 \pm 0,78 | 35,33 \pm 1,41 | 41,09 | 46,35 |

El análisis del contenido de cenizas para la paja de cebada mostró que las hojas presentaron contenido superior ($P \leq 0,05$) al encontrado en los tallos, lo que se atribuye a que los limbos y vainas de las hojas, junto con las espigas y panículas son más ricas en ceniza que las restantes fracciones de la paja (Staniforth, 1980).

Los menores valores tanto para hojas como para tallos correspondieron a las muestras provenientes de Tultengo. Sin embargo, todos los valores fueron superiores al promedio de 6,4 % reportado por Staniforth (1980) para la paja de cebada. Por otra parte, se pudo observar que los mayores contenidos de ceniza en hojas y tallos se presentaron en los cultivos con labranza de rotación.

Cabe destacar que en las cenizas de hojas y tallos de las muestras analizadas predominan sales principalmente de potasio y de calcio, debido a que son los elementos más absorbidos por las plantas (Fuentes, 1989), además del contenido de sílice, el cual es un componente insoluble de las cenizas de la paja de cereales y que es de interés para los nutriólogos porque inhibe la digestión de los carbohidratos (Staniforth, 1980).

Con relación al contenido de proteínas, se encontró que el valor en las hojas fue mayor ($P \leq 0,05$) al de los tallos (Cuadro 3), dado que la proteína generalmente abunda más en hojas, glumas y raquis que en nudos y entrenudos.

Se observa que los menores valores de proteína tanto para hojas como tallos se encontraron en las cebadas provenientes de Zapotlán y Villa de

Tezontepec, mientras que las provenientes de Tultengo presentaron los mayores valores.

La proteína en la paja de cereales es un componente de mucha importancia en la nutrición del ganado; la paja de cebada presentó el mayor contenido de proteína al igual que su grano cuando se cultivó bajo labranza mínima, sugiriendo que pudo existir un efecto favorable por este tipo de labranza.

El contenido de lípidos en hojas fue hasta dos veces mayor que el contenido de los tallos (Cuadro 3), lo que puede deberse a que las hojas poseen cantidades pequeñas de cera que contribuye a elevar el porcentaje de grasa en este órgano (Staniforth, 1980).

Los porcentajes de lípidos para las muestras de ambos órganos (hojas y tallos) fueron menores al valor de 1,6 % reportado para paja entera de cebada de invierno (Staniforth, 1980). Los mayores valores fueron encontrados en las muestras provenientes de Zapotlán, tanto en hojas como en tallos.

El porcentaje de fibra (Cuadro 3) encontrado en hojas y tallos estuvo por debajo de los valores reportados por Staniforth (1980) quien señaló un rango de 46,9 a 58,5 %. La fibra se considera un reflejo del contenido de celulosa, que es el componente esencial de las hojas y de los tallos de todos los cereales, así como de otros muchos tejidos vegetales. En general, las cebadas provenientes de Tultengo mostraron los menores valores de fibra, especialmente en los tallos.

Con relación al contenido de carbohidratos (Cuadro 3), se observa que los tallos contienen ligeramente mayores porcentajes que las hojas. No se encontraron reportes que indiquen el contenido de hidratos de carbono más conveniente en la paja de cebada, ni inconvenientes por tener altos porcentajes de los mismos.

Análisis de minerales en espigas, hojas y tallos. Macronutrientes

El K fue el elemento que presentó los valores más altos de los minerales cuantificados en cada órgano de las plantas (Cuadro 4). Las concentraciones de Mg, Ca y Na fueron variables para los diferentes órganos pero siempre menores a las concentraciones de K.

El K se moviliza rápidamente dentro de la planta y se acumula con facilidad en las zonas de mayor actividad vegetativa (Fuentes, 1989; Tisdale y Nelson, 1991), por lo que se observó una menor acumulación en las espigas que en hojas y tallos. Deficiencias de este mineral pueden originar debilitamiento de la paja de los cereales, lo cual repercute en la producción de granos pequeños, bajo rendimiento y disminución de la resistencia de la planta a las enfermedades (Tisdale y Nelson, 1991).

El Ca ocupó el segundo lugar después del K en cuanto a la composición mineral de hojas y tallos (Cuadro 4) lo que coincide con lo reportado por

Tisdale y Nelson (1991) en el sentido de que el Ca se encuentra en abundantes cantidades en las hojas de los cereales. El Ca es un mineral importante en la nutrición de las plantas y la presencia de este elemento en los granos va a ser siempre de gran valor para el consumo humano y para el ganado cuando la planta es utilizada como forraje.

En las espigas de cebada el Mg ocupó el segundo lugar después del K (Cuadro 4), en virtud de que gran parte de este elemento se encuentra en apreciables cantidades en las semillas. En la paja, la concentración de Mg fue mayor en hojas que en tallos; lo que explica el por qué la deficiencia de este mineral aparece a menudo en primer lugar en las hojas.

El contenido de Na presente en los granos de cebada (Cuadro 4) fue inferior, en la mayoría de los casos, al valor promedio de 490 mg·kg⁻¹ reportado por Bellido (1991). Las espigas, tallos y hojas de las plantas cultivadas bajo el sistema de labranza convencional fueron las que presentaron el mayor contenido de Na, lo que sugiere que el sistema empleado podría ser un factor que afecte el contenido de este mineral. Información sobre el contenido promedio de Na presente en paja de cebada no fue localizado en la bibliografía, probablemente debido a que esta planta es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad (SARH, 1983) y el Na afecta poco al rendimiento de la paja y grano de cebada (Isla, 1998).

Cuadro 4. Composición mineral de espigas, hojas y tallos de cebadas cultivadas en Hidalgo, México (los valores representan las medias con errores inferiores al 5%)

| Mineral (mg·kg ⁻¹) | Espigas | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|
| | ZMC | ZRC | VTRC | TCV | TLM |
| K | 851,50 | 12650,00 | 5200,00 | 6382,50 | 11500,00 |
| Ca | 72,48 | 976,25 | 218,33 | 466,00 | 810,00 |
| Mg | 97,15 | 1235,00 | 557,50 | 744,00 | 1040,00 |
| Na | 44,58 | 349,75 | 127,50 | 532,00 | 475,00 |
| | Tallos | | | | |
| K | 34355,56 | 27350,00 | 28050,00 | 13600 | 37350 |
| Ca | 1145,00 | 565,50 | 622,00 | 740 | 742 |
| Mg | 537,00 | 298,50 | 427,50 | 504 | 517 |
| Na | 1555,00 | 821,50 | 993,50 | 23850 | 13700 |
| | Hojas | | | | |
| K | 15400 | 13300 | 8130 | 7130 | 14750 |
| Ca | 8705 | 8565 | 6515 | 1740 | 4445 |
| Mg | 1100 | 1195 | 1140 | 671,5 | 860 |
| Na | 769 | 304,5 | 258 | 8965 | 1265 |

Micronutrientes

Los elementos que representaron la fracción mayoritaria fueron el Cu y Fe (Cuadro 5). Esto contrasta con los resultados de la composición mineral reportados para los cereales, los cuales indican que el orden frecuente de

incidencia de minerales en estas plantas es $Cu < Zn$ y $B < Fe$ (Domínguez, 1988). La labranza convencional pareció influir en el contenido de Fe, ya que los mayores valores fueron hallados en las muestras provenientes de este sistema de labranza.

Cuadro 5. Composición mineral de espigas, hojas y tallos de cebadas cultivadas en Hidalgo, México (los valores representan las medias con errores inferiores al 5%, ND= Valores por debajo del límite de detección del ICP)

| Mineral (mg·kg ⁻¹) | Espigas | | | | |
|-----------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | ZMC | ZRC | VTRC | TCV | TLM |
| Fe | 37,65 | 46,37 | 21,40 | 431,50 | 74,15 |
| Cu | 464,50 | 421,00 | 294,50 | 220,00 | 144,50 |
| Zn | 4,80 | 9,28 | ND | ND | 6,35 |
| B | 7,88 | 6,23 | ND | ND | ND |
| Co | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cr | ND | ND | ND | 2,05 | ND |
| Cd | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pb | ND | ND | ND | ND | ND |
| Ni | 2,58 | 5,90 | 12,65 | 14,90 | 16,40 |
| | Tallos | | | | |
| Fe | 69,87 | 48,23 | 19,40 | 169,25 | 146 |
| Cu | 439,00 | 263,50 | 255,50 | 147,5 | 113,5 |
| Zn | 3,43 | ND | ND | ND | ND |
| B | 5,60 | ND | ND | ND | ND |
| Co | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cr | ND | ND | ND | ND | 0,175 |
| Cd | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pb | ND | ND | ND | ND | ND |
| Ni | 3,50 | 10,40 | 11,65 | 15,75 | 16,8 |
| | Hojas | | | | |
| Fe | 926,00 | 584,00 | 82,40 | 938,00 | 219,00 |
| Cu | 451,00 | 296,00 | 329,50 | 189,50 | 137,50 |
| Zn | ND | ND | ND | ND | ND |
| B | 10,40 | 1,30 | 0,20 | ND | ND |
| Co | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cr | 2,05 | 1,05 | ND | 9,20 | 0,29 |
| Cd | ND | ND | ND | ND | ND |
| Pb | ND | ND | ND | ND | ND |
| Ni | 9,15 | 10,78 | 11,10 | 16,00 | 16,30 |

Las espigas pertenecientes a cebadas cultivadas mediante labranza convencional y mínima labranza presentaron valores superiores al promedio de 46 mg·kg⁻¹ mencionado por Bellido (1991), lo que parece sugerir que estos tipos de labranza podrían influir en el contenido de Fe.

Los cereales tales como el trigo, la cebada y la

avena, son las plantas más sensibles a la deficiencia de Cu, presentando a menudo enfermedades por la falta de este elemento (Domínguez, 1988; Tisdale y Nelson, 1991). Aun cuando es común la deficiencia de Cu, las muestras analizadas presentan contenidos muy elevados de dicho metal, sobrepasando

los 7 mg·kg⁻¹ reportado para este elemento en granos de cebada (Bellido, 1991), y lo cual pudiera estar asociado a la aplicación de fungicidas a base de Cu. De manera general, los órganos que presentaron mayor contenido de Cu fueron las espigas seguidas de las hojas y por último los tallos (Cuadro 5).

En lo que respecta al Zn, sólo algunas muestras de espigas y una muestra de tallos presentaron valores cuantificables (Cuadro 5). Los mismos se consideran deficientes de acuerdo al valor de 31 mg·kg⁻¹ reportado para granos de cebada (Bellido, 1991).

Similarmente, en cuanto al B, sólo algunas muestras de espigas presentaron valores cuantificables (Cuadro 5). Los cereales son poco sensibles a las deficiencias de B y ante tal situación presentan un desarrollo casi normal, aunque si el elemento está disponible se puede obtener un mejor rendimiento del cultivo (Tisdale y Nelson, 1991).

Las plantas de cebada presentaron concentraciones de Co por debajo del límite de detección. Las carencias de Co son comunes debido a que el contenido en los suelos es generalmente bajo.

Se detectó la presencia de Cr en las hojas de cebadas provenientes de Zapotlán y Tultengo. Las normas oficiales mexicanas no tienen contemplados límites máximos permisibles de Cr en cereales. La toxicidad asociada con los contenidos de cromo está determinada por la forma predominante del elemento en las plantas, ya que la forma hexavalente es la más tóxica para los seres vivos (ATSDR, 2000).

Metales pesados

Para el Cd y el Pb se encontraron valores por debajo del límite de detección (0,002 mg·L⁻¹) (Cuadro 5). La Norma Oficial Mexicana NOM (1996) establece un límite máximo de 0,5 mg·kg⁻¹ de Pb en cereales.

Los valores encontrados para el Ni estuvieron entre 2,58 y 13,80 mg·kg⁻¹ (Cuadro 5), los cuales contribuyeron de manera apreciable al contenido de metales pesados, pero fueron muy inferiores a los valores tóxicos reportados por Díaz et al. (2001) quienes señalan que cuando el Ni está presente en altas concentraciones ocasiona disminución del crecimiento de los granos. Las Normas Oficiales

Mexicanas no tienen contemplados límites máximos permisibles de Ni en cereales, y en la bibliografía no se encontró información sobre el contenido de dicho metal en paja o en grano de cebada. La presencia de estos metales tiene especial importancia, ya que son altamente tóxicos y presentan la propiedad de bioacumulación.

CONCLUSIONES

Aparentemente el sistema de cultivo afectó la composición química de las cebadas cultivadas en las zonas estudiadas en el estado de Hidalgo aunque sin tendencia definida en función de las distintas variables evaluadas.

La cebada cultivada bajo labranza mínima mostró los mayores promedios de proteína tanto en espiga como hojas y tallos.

La paja de cebada presentó contenidos altos de ceniza y bajos de fibra y lípidos. El potasio seguido por el magnesio mostraron los mayores valores entre los minerales.

En general, no se observó asociación entre los sistemas de labranza y el contenido de metales pesados.

LITERATURA CITADA

1. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2000. Reseña toxicológica del Cromo. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU. Atlanta, GA. CAS N° 7440-47-3.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Oficial Analytical Chemists. Helrich K (ed.). 15th edition, Arlington, Vol. I y II. pp. 17-18, 40-62, 69-83, 1012.
3. Bellido, L. L. 1991. Cultivos herbáceos. Vol. 1. Cereales. Edit. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 130-131, 252-255, 497-499.
4. Callejo, G.M.J. 2002. Industrias de Cereales y Derivados. Edit. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 21-36, 169-175.
5. Desrosier, N.W. 1999. Elementos de Tecnología de Alimentos. Edit. CECSA. México, DF. pp. 145-150, 179-185.

6. Díaz, A.I., M.U. Larqué, G.G. Alcanzar, A.A. Vázquez, F.V. González y R.G. Carrillo. 2001. Acumulaciones tóxicas de níquel en el crecimiento y la nutrición del trigo. *Terra* 19: 199-209.
7. Domínguez, V.A. 1988. Los Microelementos en la Agricultura. Edit. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 15-234.
8. Fuentes, Y.J. 1989. El Suelo y los Fertilizantes. Edit. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 163-185.
9. Isla, C.R. 1998. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. *Server de publicacions, Universitat de Lleida. Salamanca*. pp. 5-6.
10. NOM (Norma Oficial Mexicana). 1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Norma 147-SSA1.
11. SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en los cultivos de cebada, avena y triticale. INIA, México, D.F. pp. 6-16.
12. Serna, S.S.R. 2001. Química e Industrialización de los Cereales. Edit. AGT. México, D.F. pp. 3-28, 40-89.
13. Shewry, P.R. 1992. Genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology. Department of Agricultural Sciences, University of Bristol. Long Ashton. pp. 19-23, 302-311, 350-361.
14. Staniforth, A.R. 1980. Paja de Cereales. Edit. Acribia. Zaragoza. pp. 17-39, 50-170.
15. Tisdale, S. y W. Nelson. 1991. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Edit. Uteha. México, D.F. pp. 78-117, 271-309, 334-373, 622-626.
16. Tscheuschner, H.D. 1999. Fundamentos de Tecnología de los Alimentos. Edit. Acribia. España. pp. 9-15.