Rev. Fitotec. Mex. 15:114-124. 1992

CRITERIOS MORFOLOGICOS DE LA MADUREZ FISIOLOGICA EN TRIGO[1]

Juan Valadéz Gutiérrez, Luis Manuel Serrano Covarrubias[2] y Leopoldo E. Mendoza Onofre[3]

RESUMEN

Con el fin de encontrar un indicador morfológico de la madurez fisiológica del grano en trigo (*Triticum aestivum* L.), se hizo un estudio en Chapingo, México en el que se evaluaron 15 cultivares con características contrastantes en altura de planta, precocidad y presencia de aristas. El estudio comprendió dos experimentos. El primero, en campo, donde se evaluaron 9 criterios basados en la pérdida del color verde en porciones de la espiga y del pedúnculo, más dos testigos: cinco y diez días después de la pérdida del color verde en la espiga. El segundo, en laboratorio, donde se evaluó la germinación de la semilla y el vigor de las plántulas obtenidas de cada uno de los criterios considerados en el primer experimento. Del análisis de los resultados del primer experimento se concluyó que la pérdida de color verde en el raquis fue el mejor indicador de la madurez fisiológica del grano, entendiendo ésta como la máxima acumulación de materia seca en ese órgano, la cual ocurrió 45 días después de antesis en promedio de los 15 cultivares. En el segundo experimento se presentaron porcentajes de germinación superiores a 90% en semillas cosechadas desde los 25 días posteriores a la antesis; además, se observaron las mayores longitudes de radícula, plúmula y plántula en semillas cosechadas 36 días después de antesis, lo que sugiere que la madurez fisiológica del embrión ocurre antes de la máxima acumulación de materia seca en el grano.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Germinación, vigor de plántulas, *Triticum aestivum* L.

SUMMARY

A study was performed at Chapingo, México in order to identify morphological indexes of grain physiological maturity in wheat (*Triticum aestivum* L.). Fifteen cultivars contrasting in plant height, earliness and in awn presence, were evaluated in two experiments. In the first one, under field conditions, 9 maturity criteria, based upon the loss of green color in spikelet and peduncle were compared, plus two checks: five and ten days after color loss in the spikelet. In the second one, carried out under laboratory conditions, seed germination and seedling vigour were evaluated and related to the criteria included in the first experiment. Results from the first experiment indicated that green color loss in the rachis was the best indicator of kernel physiological maturity (PM), assuming that PM is reached when grain accumulates its maximum dry weight; PM occurred 45 days after anthesis as an average of the 15 cultivars. In the second experiment, highest germination percentages (above 90%) were obtained from seeds harvested 25 days after anthesis; besides, the longest values of radicle, plumule and seedlings, were obtained from seeds harvested 36 days after anthesis. It is then suggested that the embryo physiological maturity occurs before the maximum kernel dry weight is obtained.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Germination, seedling vigour, *Triticum aestivum* L.

[1] Información contenida en la tesis que el primer autor presentó como requisito para obtener el título de Ing. Agr. Especialista en Fitotecnia, en la Universidad Autonóma Chapingo (UACH).

[2,3] Investigador Docente y Profesor Investigador Titular, respectivamente, del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, C.P. 56230 Chapingo, México; y Profesores Colaboradores del Depto. de Fitotecnia de la UACH.

INTRODUCCION

En cereales de grano pequeño, al estudiar la fisiología del rendimiento económico con base en los sucesos que ocurren después de la antesis, siempre y cuando la capacidad de movilizar productos fotosintéticos al grano no sea un factor limitante, se considera que la acumulación de materia seca en el grano es función de: 1) La duración del período de llenado de grano y 2) La eficiencia metabólica durante ese período. La eficiencia metabólica puede medirse indirectamente a través de la tasa de incremento de peso seco en el grano; sin embargo, el período de llenado de grano, definido por el número de días transcurridos desde antesis (dehiscencia de anteras) hasta la madurez fisiológica (máximo peso seco del grano), no es fácil de ser determinado en trigo, especie donde se requiere de un indicador morfológico que sea fácilmente identificable y de aceptación general, como es el caso de la presencia de la capa negra en la región placental del maíz *Zea mays* L. (Daynard y Duncan, 1969) y del sorgo *Sorghum bicolor* L. Moench (Eastin *et al.*, 1973).

En este contexto, la madurez fisiológica del grano de trigo, ha sido determinada con base en diversos criterios. El más común y más antiguo se basa en el contenido de humedad, considerándose que cuando fluctúa entre 31 y 40% el grano está fisiológicamente maduro (Olson, 1923; Wilson y Raleigh, 1939); sin embargo, este método no es confiable ya que la humedad del grano puede ser fácilmente alterada por las condiciones ambientales. Hanft y Wych (1982) señalan que la pérdida de color verde en la hoja bandera puede ser utilizada como un indicador del rápido decremento de humedad y del estado final del llenado de grano, el cual ellos consideran que termina cuando la "hebra del pliegue" del grano está pigmentada y las glumas han perdido casi todo el color verde; sin embargo, en su estudio, estos criterios no coincidieron con el máximo peso seco en el grano. También, se ha empleado como criterio al "anillado" o pérdida de color verde en una sección del pedúnculo o parte superior del tallo, pero esta característica no ha sido posible observarla en todos los genotipos de manera uniforme[1].

Otros conceptos de la madurez fisiológica (Bartel, 1941; Frey *et al.*, 1956; Kerting *et al.*, 1961) están relacionados con el porcentaje de germinación y el vigor de las plántulas, considerándose que tales características se expresan al máximo cuando las semillas alcanzan su madurez fisiológica; después de esta etapa el proceso de deterioro avanza en forma progresiva, afectándose tanto la viabilidad de la semilla como el vigor de las plántulas, aunque el vigor decrece a una tasa más rápida que la viabilidad. En el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) Frey *et al.* (1956) señalan que la semilla fue capaz de germinar cuatro días después de antesis, pero el porcentaje de germinación se incrementó conforme avanzó el llenado de grano alcanzando su máximo en la madurez fisiológica.

El objetivo del presente trabajo fue determinar un indicador morfológico que permita identificar la madurez fisiológica del grano (máximo peso del grano) de una manera rápida y confiable, así como cuantificar la germinación de las semillas y el vigor de las plántulas obtenidas de semillas en crecimiento cosechadas y evaluadas en base a cada uno de los criterios estudiados.

---

[1] M.C. Héctor Villaseñor Mir. C.E. Valle de México. INIFAP. Comunicación personal.

MATERIALES Y METODOS

Experimento de campo

Se sembraron 15 cultivares de trigo, seleccionados por presentar una amplia variación en algunas características agronómicas (Cuadro 1), el 5 de julio de 1983, en el Campo Agrícola Experimental Xaltepa de la Universidad Autónoma Chapingo; ello ocurrió sin considerar diseño alguno en particular.

Al momento de antesis, se etiquetaron los tallos principales de 200 plantas en cada cultivar y a medida que se fueron presentando los criterios empleados como indicadores de madurez fisiológica (Cuadro 2), se anotaba la fecha de ocurrencia y se cosechaban muestras de 10 espigas (10 repeticiones) en cada uno de ellos, de esta manera dentro de cada cultivar se empleó el diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones.

Las variables consideradas fueron: 1) El peso seco promedio por grano (PPG), el cual se obtuvo a partir del peso total y número de granos del tercio central de cada una de las 10 espigas, una vez que éstas alcanzaron un peso seco constante en una estufa donde la temperatura no excedió a 25°C; y 2) La oportunidad de llenado de grano (OLLG), definida por los días transcurridos desde antesis hasta la fecha de cosecha en base a cada criterio.

Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias en cada variedad, así como análisis de regresión con base en un modelo cuadrático, siendo PPG la variable dependiente y OLLG la independiente.

Experimento de laboratorio

Las semillas colectadas en base a los once criterios evaluados en campo se pusieron a germinar en cajas de Petri en una cámara

Cuadro 1. Características agronómicas de los cultivares de trigo utilizados.

Cultivar	Días a floración[1]	Precocidad	Días a madurez[1]	Altura de planta	Período de llenado de grano	Presencia de arista
Huamantla Rojo	66	Intermedia	117	Alta	51	con
Supremo 211	83	Tardía	131	Alta	48	con
Kentana 54	64	Intermedia	114	Alta	50	con
Bajío M67	61	Precoz	111	Baja	50	con
Jaral F66	59	Precoz	111	Baja	52	con
INIA F66	58	Precoz	111	Baja	53	con
Pénjamo T62	64	Intermedia	113	Baja	49	con
Tobarí F66	61	Precoz	112	Baja	51	con
Zacatecas VF74	61	Precoz	113	Baja	52	con
Mixteco S82	58	Precoz	110	Intermedia	52	con
Celaya F81	72	Tardía	117	Baja	45	con
Obregón	64	Precoz	108	Baja	44	sin
Lerma Rojo S64	60	Precoz	112	Baja	52	con
Mochis F73	70	Intermedia	126	Intermedia	56	con
Toluca 53	62	Precoz	109	Baja	47	sin

[1] Fuente: López A., G. 1984.

germinadora a 25°C, empleando un diseño experimental completamente al azar para cada cultivar, con tres repeticiones; la unidad experimental estuvo constituída por una muestra de 40 semillas. En este caso, solamente se evaluaron 12 cultivares.

Cuadro 2. Criterios evaluados como indicadores de madurez fisiólogica.

Número	Descripción[1]
C1	Pérdida del color verde en el primer tercio superior de la arista
C2	Pérdida del color verde en los dos tercios superiores de la arista
C3	Pérdida del color verde en toda la arista
C4	Ausencia del color verde en la mitad de las glumas
C5	Tonalidad amarillenta en la mitad superior del raquis
C6	Pérdida del color verde en todo el raquis
C7	Pérdida del color verde en los 3 cm superiores del pedúnculo
C8	Pérdida del color verde en los 6 cm superiores del pedúnculo
C9	Pérdida del color verde en los 10 cm superiores del pedúnculo
C10 (T_1)	Cinco días después de ocurrido el último de los criterios antes descritos
C11 (T_2)	Diez días después de ocurrido el último de los criterios antes descritos

[1] Los criterios C1, C2, C3 y C4 se aplicaron en las espiguillas centrales de la espiga. T_1 y T_2: testigos.

Una vez transcurridos ocho días, se cuantificaron las variables siguientes: Porcentaje de germinación (PG); longitud de radícula, en cm (LR); longitud de plúmula, en cm (LP); peso seco de radícula, en g (PRA); peso seco de plúmula, en g (PPL) y peso seco del resto de la semilla (PRS). Se consideró como semilla germinada la que presentaba tanto radícula como plúmula. En todos los casos, se obtuvo el promedio con base en 40 semillas por repetición.

Otras variables generadas fueron:

Longitud total de plántula (LTP); LTP = LR + LP

Peso total de plántula-1 (PTP1); PTPl = PRA + PPL

Peso total de plántula-2 (PTP2); PTP2 = PRA + PPL + PRS.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las variables evaluadas en el experimento de campo se encontró lo siguiente:

Peso promedio de grano

En cada cultivar existieron diferencias significativas en el PPG al considerar un criterio con respecto a los demás, como se muestra en el Cuadro 3. Sin embargo, resulta evidente que los criterios que con mayor frecuencia compartieron el grupo de igual significancia estadística con testigos, fueron cuando la mitad superior (C5) o todo el raquis perdió el color verde (C6), por lo que la pérdida de color verde en el raquis puede considerarse como un indicador visual aceptable de que el grano ha acumulado su máximo peso seco y por tanto, de que ha llegado a madurez fisiológica. Asimismo, es notorio que el C9, que es el más usado en los programas nacionales de trigo (Villaseñor Mir, comunicación personal) coincide con el C5 o C6 en la mayoría de las variedades.

Cuadro 3. Peso promedio (miligramos) de granos cosechados en base a cada criterio indicador de madurez fisiológica por cultivar.

Cultivar	Criterios											RMSH
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Huamantla Rojo	11 g	17 f	22 e	26 e	32 c	36 abc	31 d	34 bc	32 cd	39 a	37 ab	4
Supremo 211	9 c	30 b	39 a	42 a	40 a	41 a	38 a	37 a	41 a	40 a	40 a	4
Toluca 53	- sin arista -			35 a	34 a	39 a	34 a	36 a	36 a	37 a	38 a	4
Kentana 54	19 e	27 d	36 a	36 a	36 a	39 a	35 bc	36 ab	38 ab	37 ab	37 ab	3
Bajío M67	18 f	28 e	33 d	34 cd	39 a	33 ab	36 abc	35 b	37 abc	38 ab	36 abc	3
Jaral F66	18 e	25 d	29 bc	33 a	33 a	30 abc	27 cd	28 cd	28 cd	29 bc	32 ab	3
INIA F66	23 c	31 b	34 ab	37 a		35 ab	35 ab	36 ab	34 ab	35 ab	36 ab	5
Pénjamo T62	21 d	30 c	39 b	40 a	40 a	44 a	38 b	40 a	40 a	38 b	41 ab	4
Tobarí F66	21 d	33 c	33 b	41 a	37 abc	39 ab	39 ab	36 b	39 ab	38 ab	38 ab	4
Zacatecas VF74	25 e	31 d	36 b	34 cd	36 abc	40 a	33 cd	37 abc	39 ab	40 a	40 a	4
Mixteco S82	20 e	24 d	36 b	36 b	37 bc	42 a	35 c	40 ab	40 ab	42 a	42 a	4
Celaya F81	22 e	29 d	31 c	39 b	40 ab	44 a	42 ab	43 ab	43 ab	44 a	44 a	4
Obregón	- sin arista -			31 ab	31 ab	32 a	28 b	28 b	28 b	31 ab	32 a	3
Lerma Rojo	20 e	22 d	35 c	39 b	41 ab	44 a	42 ab	42 ab	43 a		43 a	3
Mochis F73	18 d	20 c	32 b	37 a	39 a	38 a	38 a	40 a	40 a	40 a	39 a	3
Media	18.8	26.7	33.3	35.9	36.6	38.8	35.4	36.5	37.2	37.8	38.3	

Nota: Cifras con la misma letra en cada cultivar son consideradas estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Oportunidad de llenado de grano

La pérdida de color verde en los diversos órganos estudiados se presentó de manera diferente, ya que en las aristas y glumas siempre fue del ápice hacia la base, mientras que en el raquis, dicha pérdida de color se observó de los extremos hacia el centro, siendo en algunos casos la parte inferior del tercio medio la última en tornarse amarilla; en tanto que en otros, fue la parte media y en ocasiones la parte superior.

En el pedúnculo la pérdida de color se inició aproximadamente de 2 a 3 cm abajo del nudo superior, en algunos casos formó de inmediato un anillo en torno al pedúnculo y en otros tendió a formar franjas verticales sobre todo en el costado de mayor incidencia solar. Así, el patrón de pérdida de color verde entre los órganos estudiados varió dependiendo del genotipo (Cuadro 4). Por ejemplo, en las variedades Kentana 54 y Bajío M67, la pérdida de color verde en las glumas (C4) y en las diversas porciones del pedúnculo (C7, C8 y C9) ocurrió en fechas muy próximas a la del raquis (C5 y C6). Es decir, en esos cultivares, al cosechar el criterio 4 (que en promedio de todos los genotipos se presentó 42 días después de antesis), ya había también espigas que presentaban características propias del criterio 6 (el cual, en los demás genotipos ocurrió, en promedio, tres días después de C4). Esto fue la causa de que algunas variedades presentaran similares valores de OLLG para dos o más criterios y probablemente esta variación en el patrón de secado de los diversos órganos, sea lo que origine discrepancia entre los investigadores en cuanto a la identificación de indicadores visuales de madurez fisiológica.

Conviene destacar que en general, el secado total del raquis (C6) fue el indicador visual más tardío de los criterios morfológicos analizados, lo que explica el que los granos cosechados en esas fechas hayan acumulado la mayor cantidad de materia seca y confirma que ése sea el criterio que mejor represente la madurez fisiológica del grano.

Análisis de regresión

Los resultados del análisis de regresión indican que el modelo cuadrático (Figura 1) fue adecuado para representar el comportamiento de la variable PPG, ya que se ajustó y todos sus componentes resultaron ser estadísticamente diferentes de cero ($\alpha = 0.001$) y con desviaciones estándar de 0.02, 0.01 y 0.001 para β_0, β_1 y β_3, respectivamente. En la Figura 1, se aprecia la curva ajustada que resultó de alimentar el modelo estimado con valores en OLLG que variaron de 25 a 55 días, de donde se ratifica que el criterio 6 es el más representativo de la madurez fisiológica de los granos en los cultivares estudiados.

En el caso del experimento de laboratorio, los resultados de las variables analizadas fueron los siguientes:

Porcentaje de germinación

En el Cuadro 5 se presenta el comportamiento promedio de 12 cultivares observándose que el porcentaje de germinación numéricamente mayor (exceptuando los testigos C10 y C11) fue alcanzado por las semillas cosechadas cuando las aristas de la espiga habían perdido el color verde (C3). Nótese, sin embargo, que en todos los criterios se alcanzaron porcentajes de germinación superiores al 90%, por lo que las diferencias detectadas pueden considerarse de poca importancia agronómica.

Cuadro 4. Días a partir de antesis, en que se llegó a cada criterio indicador de la madurez fisiológica.

Cultivar	Criterios											RMSH
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Huamantla Rojo	26.8h	24.9h	29.8g	42.9f	44.9e	48.9d	47.9d	50.0d	52.8c	58.0b	62.8a	2.45
Supremo 211	28.2g	34.6f	43.5e	47.3d	43.3e	51.7c	42.7e	43.5e	43.8e	56.7b	61.7a	0.99
Toluca 53	-sin arista -			34.0f	39.0d	40.0c	38.0e	38.2e	39.1d	45.1b	50.0a	0.18
Kentana 54	24.8h	30.1g	35.8f	42.0d	42.0d	42.8c	41.3e	41.9d	42.2d	48.8b	53.9a	0.32
Bajío M67	24.4g	30.3f	39.6e	44.4d	44.5cd	45.0c	44.2d	44.7cd	44.9c	50.6b	56.6a	0.59
Jaral F66	26.5i	35.0g	40.5f	46.7d	46.0d	47.2c	42.0e	42.3e	42.7e	51.8b	56.9a	0.58
INIA F66	27.1h	35.7g	41.6f	46.9d		48.6c	45.7e	45.9de	46.5de	53.8b	58.6a	1.02
Pénjamo T62	27.0i	30.0h	40.0g	43.0f	44.0e	38.0c	44.0e	44.6e	46.0d	54.0b	59.0a	0.01
Tobarí F66	27.3h	33.9g	40.0ef	43.5d	46.3c	46.6c	39.8f	40.3ef	41.0e	51.8b	57.0a	1.12
Zacatecas VF74	29.0i	33.0h	34.0g	39.0f	41.0d	42.0c	40.0e	41.0d	41.7d	47.0b	52.0a	0.01
Mixteco S82	23.9g	27.1f	35.6e	39.5d	39.5d	46.6c	39.2d	39.5d	40.2d	51.4b	56.5a	0.81
Celaya F81	24.2i	28.5h	31.6g	41.1f	45.8c	46.0c	40.3f	41.3e	43.3d	51.1b	56.0a	0.90
Obregón	- sin arista -			34.5e	36.1d	37.2c	31.3g	32.2f	32.7f	42.1b	47.1a	0.53
Lerma Rojo	24.0g	25.0f	26.0e	43.0c	43.0c	43.4b	37.9d	38.0d	38.2d		53.0a	0.28
Mochis F73	24.0g	29.0f	36.0e	42.6d	42.5d	47.6c	42.0d	42.3d	42.7d	52.5b	57.2a	0.49
Media	25.2	30.5	36.4	42.0	42.7	44.8	41.1	41.7	42.5	51.1	55.9	

Nota: Cifras con la misma letra en cada cultivar son consideradas iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$).

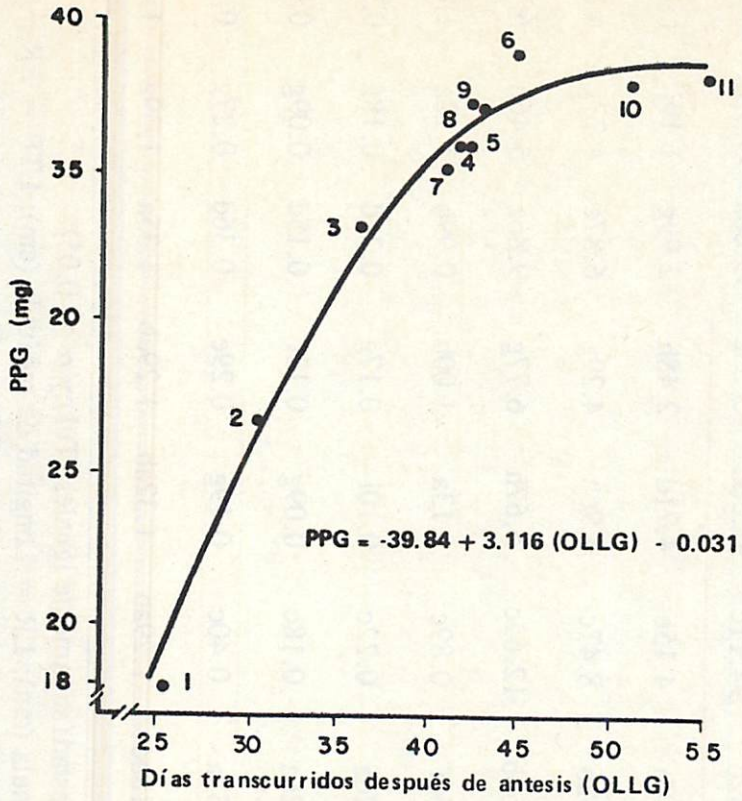

Figura 1. **Curva de valores de peso promedio por grano (PPG) esperados para cada criterio (1 a 11) conforme transcurren los días después de antesis (valores promedio de 15 variedades de trigo).**

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Frey *et al.* (1956) en avena, y Bishnoi (1974) en triticale, quienes encontraron que los niveles de germinación más altos en estas especies se alcanzaban en semillas cosechadas de 20 a 28 días después de antesis. En el presente estudio, de acuerdo con los datos del Cuadro 4, el criterio 1, que fue el primero en aparecer, fue cosechado a los 25 días (en promedio de las quince variedades) y el criterio 3, se cosechó 37 días después de la antesis. En virtud de que el máximo peso seco del grano se obtuvo generalmente 45 días después de la antesis, se deduce que el desarrollo del embrión es un proceso que se completa antes que las células del endospermo lo hagan durante la etapa de llenado de grano. Además, estos datos resaltan la importancia que tendría estudiar la dinámica de la germinación de semillas en desarrollo cosechadas antes de los 25 días posteriores a la

Cuadro 5. Comparación de medias por criterios para variables relacionadas con germinación de semillas y características de plántula en doce variedades de trigo.

Variable	Criterios											RMSH
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
PG	94.88c	99.67a	99.91a	96.14b	91.42d	94.11c	91.56d	95.03c	99.00a	99.92a	92.92a	1.35
LP	3.22g	3.58f	6.73a	5.58c	6.18b	4.15e	4.71d	2.48h	2.99g	1.19j	1.99i	0.35
LR	5.70f	7.37d	11.43a	9.54b	9.32b	8.47c	3.96h	4.29g	6.87e	4.27g	4.20gh	0.30
LTP	8.92f	10.95d	8.16a	15.12b	15.50b	12.62c	5.67h	6.77g	9.86e	5.46h	6.19g	0.60
PRS	0.51h	0.70e	0.58g	0.79d	0.66f	0.89c	1.13a	1.00b	0.99b	1.12a	1.02b	0.05
PRA	0.09j	0.16h	0.25b	0.22c	0.26a	0.22c	0.10i	0.17g	0.21d	0.18f	0.20e	$\doteq 0$
PPL	0.08h	0.13e	0.23b	0.18c	0.26a	0.18c	0.09g	0.12f	0.15d	0.09g	0.09g	$\doteq 0$
PTP1	0.17h	0.29e	0.48b	0.40c	0.52a	0.40c	0.19g	0.29e	0.36d	0.27g	0.29f	$\doteq 0$
PTP2	0.68e	0.99d	1.06cd	1.19bc	1.18bc	1.29ab	1.32ab	1.29ab	1.35a	1.39a	1.31ab	0.15

Nota: Medias con la misma letra para cada variable, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).
PG = Porciento de germinación; LP = Longitud de plúmula (cm); LR = Longitud de radícula (cm); LTP = LR + LP; PRS = Peso seco del resto de la semilla (g); PRA = Peso seco de la radícula (g); PPL = Peso seco de la plúmula (g); PTP1 = PRA + PPL; PTP2 = PRA + PPL + PRS.

antesis, puesto que en algunas situaciones situaciones el fitomejorador podría cosechar y sembrar esas semillas acortando el tiempo requerido para obtener generaciones avanzadas de poblaciones valiosas, pues no sería necesario esperar a que el grano llegara a acumular su máximo peso seco para asegurar un porcentaje de germinación aceptable.

Longitud de radícula, plúmula y plántula

Estas tres variables presentaron un comportamiento muy similar en todos los cultivares, pues al analizar las comparaciones múltiples de medias por criterios (Cuadro 5), se observa que las semillas cosechadas cuando las aristas de la espiga habían perdido el color verde (criterio 3) dieron origen a plántulas cuya longitud de radícula (LR), plúmula (LP) y total de plántula (LTP) fue estadísticamente mayor que las de plántulas provenientes de granos cosechados en los demás criterios.

En el Cuadro 5 también resalta que las plántulas correspondientes a los criterios del 1 al 6 alcanzaron mayores longitudes en estas tres variables, que las alcanzadas por las plántulas correspondientes a los criterios 7 al 11, lo que en principio puede interpretarse, de acuerdo con lo propuesto por Helmer *et al.* (1962), que el deterioro en el vigor de las semillas (reflejado a través de la menor longitud de radícula, plúmula y total) fue más evidente en las plántulas originadas de semillas cosechadas 5 y 10 días (C10 y C11, respectivamente) después de que el grano había acumulado su máximo peso seco. Sin embargo, no resulta fácil explicar las disminuciones en longitud de esos dos órganos en plántulas cosechadas por los criterios 7, 8 y 9, respecto al comportamiento mostrado por las plántulas provenientes de granos cosechados con base en los criterios 4 y 5, a pesar de que éstos cinco criterios se presentaron prácticamente en las mismas fechas (Cuadro 4) .

Al comparar los datos de estas tres variables en plántulas provenientes del criterio 1, respecto al observado en plántulas producidas por los criterios 10 y 11 (testigos), resalta una vez más, la conveniencia de estudiar el vigor de las plántulas y la viabilidad de las semillas en desarrollo durante los primeros días posteriores a antesis, pues evidentemente las plántulas provenientes de semillas cosechadas 25 días después de antesis produjeron plúmulas y radículas más largas que las correspondientes a los testigos, cosechados 5 y 10 días después de la madurez fisiológica del grano.

Peso de radícula, plúmula, plántula y resto de semilla

En general, el peso seco de radícula (PRA), plúmula (PPL) y de plántula, sin incluir el resto de la semilla (PTP1), mostraron tendencias similares a las observadas en sus longitudes, puesto que los criterios del 3 al 6 presentaron los valores más altos. En el caso del peso seco del resto de semilla (PRS) y del peso seco por plántula donde se incluyó al resto de la semilla (PTP2), los resultados demuestran el efecto de la acumulación de materia seca en el endospermo de la semilla a medida que la cosecha fue mas tardía. Al respecto, este comportamiento refleja también la ausencia de factores limitantes para el crecimiento de la plántula (la germinación se obtuvo en ambiente controlado y en un estrato prácticamente líquido), así como que los datos se hayan tomado en un lapso corto (10 días después de la siembra en la cámara germinadora).

CONCLUSIONES

La pérdida de color verde en el raquis de la espiga puede considerarse como un indicador confiable de la madurez fisiológica del grano de trigo, entendiendo ésta como la acumulación máxima de peso seco en el grano, lo cual ocurrió 45 días después de la antesis (promedio de 15 cultivares).

El patrón más común de secado de los órganos de la espiga fue: aristas, luego el pedúnculo, posteriormente las glumas y por último el raquis.

En cámara germinadora, las mayores longitudes de radícula, plúmula y plántula se obtuvieron en semillas cosechadas 36 días después de antesis, por lo que la madurez fisiológica del embrión no coincide con la máxima acumulación de materia seca en el grano.

Las semillas cosechadas 25 días después de la antesis presentaron 95% de germinación y las longitudes de radícula, plúmula y plántula producidas excedieron en 65, 35 y 53% a las longitudes promedio respectivas de las plántulas producidas por semillas cosechadas 5 y 10 días después de que el grano llegó a la madurez fisiológica.

SUGERENCIA

Se sugiere evaluar la germinación y características de plántulas de semillas cosechadas durante los primeros 25 días inmediatos a la antesis en trigo.

BIBLIOGRAFIA

Bartel, A.T. 1941. Green seeds in inmature small grains and their relation to germination. J. Amer. Soc. Agron. 33: 732-738.

Bishnoi, U.R. 1974. Physiological maturity of seeds in *Triticale hexaploid* L. Crop Sci. 14: 819-821.

Daynard, T.B. and **W.G. Duncan. 1969.** The black layer and maturity in corn. Crop Sci. 9: 473-476.

Eastin, J.D., J.H. Hultquist, and **C.Y. Sullivan. 1973.** Physiological maturity in grain sorghum. Crop Sci. 13: 175-178.

Frey, K.J., E. Ruan, and **S.C.W. Wiggans. 1956.** Dry weights and germination of developing oat seeds. Agron. J. 50: 248-250.

Hanft, J.M. and **R.D. Wych. 1982.** Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat. Crop Sci. 22: 584-587.

Helmer, J.D., J.C. Develouche, and **M. Lienhard. 1962.** Some indexes of vigour and determination in seed of crimson clover. Proc. Ass. Off. Seed Annal. 52: 154-158.

Kerting, J.F., F.C. Stickler, and **A.W. Pauli. 1961.** Grain sorghum caryopsis development, I. Changes in dry weight, moisture percentage and viability. Agron. J. 53: 36-38.

Lopez G., A. 1984. Comportamiento genético de variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) liberadas en México en diferentes épocas. Tesis M.C. Centro de Genética, C.P. Chapingo, México.

Olson, G.A. 1923. A study of factors affecting the nitrogen content of wheat and of the changes that occur during the developments of wheat. J. Agric. Res. 24: 939-953.

Wilson, H.K. and **S.M. Raleigh. 1939.** Effect of harvesting wheat and oats at different stages of maturity. J. Am. Soc. Agron. 21: 1057-1078.