

ISSN 0104-1347

Influencia de la humedad y la temperatura del suelo sobre el crecimiento del trigo en dos sistemas de labranza

Soil temperature and moisture. Its relation with wheat growth in two tillage systems

Hugo Oscar Chidichimo¹ y Marcelo Daniel Asbornio²

Resumen - El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la humedad y temperatura del suelo sobre el crecimiento y desarrollo del trigo en dos sistemas de labranza: siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). Los ensayos se condujeron durante dos años consecutivos (1998 y 1999) en La Plata, Argentina. Se observaron cambios fenológicos y morfogénicos en dos cultivares de buena difusión comercial. Se registró la temperatura y condición hídrica del suelo en el período siembra – visualización del 1^{er} nudo aéreo, computando en 5 subperíodos el número de días y grados día (GD) requeridos por los cultivares para manifestar sus fases en cada tratamiento. Las condiciones de temperatura y humedad del suelo en siembra directa limitaron el porcentaje de emergencia, resultando 10% menor que labranza convencional; la duración del subperíodo siembra – emergencia fue 5 días mayor en siembra directa que en labranza convencional. En esta última la mayor producción de materia seca, en los estados doble lomo (8% más que siembra directa) y 1^{er} nudo (16% más que siembra directa), se atribuyó a la disponibilidad de nitrógeno más elevada y a condiciones termohídricas más adecuadas.

Palabras claves: temperatura y humedad del suelo, labranzas, trigo.

Abstract - The aim of this work was to evaluate the effect of soil's temperature and moisture on wheat's growth and development in two tillage systems: direct sowing and conventional tillage. These essays were conducted during 1998 and 1999 in La Plata, Argentina. Fenology and morphogenic changes were observed in two varieties, which have a good commercial diffusion. Soil's temperature and water content were registered in the sowing-sight of the first aerial node period, computerizing in five subperiods the number of days and degree days required by the varieties to show their phases in each treatment. Emergence percentage was conditioned by soil's temperature and humidity in direct sowing, resulting 10% less than conventional tillage; the length of the sowing - emergence subperiod was five days more in direct sowing than in conventional tillage. The highest production of dry matter noticed in the first node (16% more than direct sowing) and double-loin (8% more than direct sowing) stages in conventional tillage, was caused by a major disponibility of nitrogen and more adequate thermohidric conditions.

Key words: soil's temperature and moisture, tillage, wheat.

¹Ing. Agr. Profesor Titular de Cerealicultura. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 118 - (1900) La Plata, Argentina. CIC Buenos Aires. Email: hochidi@arnet.com.ar

²Ing. Agr. Profesor Titular de Climatología y Fenología Agrícola. Departamento de Biología y Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 118 - (1900) La Plata, Argentina. Email: masbornio@isis.unlp.edu.ar

Introducción

Los sistemas de labranza actúan sobre las propiedades físicas del suelo, determinando diferentes condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Las prácticas conservacionistas, con adecuados porcentajes de cobertura de residuos, modifican la temperatura del suelo por variación del intercambio de energía entre la superficie del mismo y la atmósfera. En dichos sistemas se verifica un mayor contenido hídrico como consecuencia de una infiltración más elevada y menor evaporación (GRANT et al., 1995), que resulta favorable para optimizar las condiciones de productividad.

Sin embargo, la menor disponibilidad de nitrógeno en los sistemas sin laboreo (DORAN, 1980; BERGH et al., 1996) o la mayor compactación superficial (BALBUENA et al., 1996; FERRERAS et al., 1996) pueden influir negativamente sobre el rendimiento y la producción de biomasa total de las plantas.

Bajo potencial agua interactuando con altas y bajas temperaturas de la rizósfera (12 a 32 °C), son factores que afectan la traslocación del carbono hacia diferentes partes de la planta (LI et al., 1994), distribuyendo los fotosintatos hacia raíces, tallos u hojas según las condiciones térmicas, siendo en numerosos casos éstas las que definen la performance final del cultivo (CARTER, 1994).

En el caso del trigo, como en otras gramíneas, el meristema de crecimiento se ubica aproximadamente a 2 cm por debajo de la superficie del suelo durante un período prolongado (emergencia a 1^{er} nudo aéreo visible) de su ciclo. Por ello, la valoración de la temperatura del suelo no solo resulta importante sino que además, asociada a los requerimientos del cultivo, contribuye a interpretar aspectos fenológicos y morfogénicos de este cereal en la situación de referencia. Frecuentemente se predice el tiempo que demanda la ocurrencia de importantes eventos del desarrollo de la planta a través del tiempo térmico, suma de temperaturas o grados día (COELHO & DALE, 1980; PEDROL et al., 1994). Este cómputo resulta también apropiado para determinar fases como la germinación, emergencia de la planta, aparición de primordios foliares, aparición de hojas o lígulas y duración del crecimiento foliar (RITCHIE & NESMITH, 1991).

Los cambios en la duración de las etapas del desarrollo de la planta pueden afectar de manera diferente los rendimientos de los genotipos de trigo.

El conocimiento preciso de las fechas de ocurrencia de fases durante el inicio del estado reproductivo (doble lomo, espiguilla terminal, primer nudo) contribuye en la toma de decisión respecto de prácticas agronómicas tales como la aplicación de herbicidas y/o fertilizantes.

Problemas en la emergencia o en el crecimiento de las primeras hojas durante el establecimiento del cultivo, han sido atribuidas a condiciones subóptimas de temperatura del suelo (inferiores a 12°C) y a contenidos de humedad del suelo menores al 60 % de la capacidad de campo o superiores a 80% de la misma. En la Argentina, HERNÁNDEZ et al. (1994) encontraron desuniformidad en el ritmo de germinación y comportamientos genotípicos diferentes cuando los cultivares fueron expuestos a temperaturas extremas de suelo (menores a 12°C y mayores de 22°C).

De lo expresado precedentemente, surge la siguiente hipótesis: variaciones en el contenido hídrico del suelo y su temperatura, como consecuencia de la labranza, deberían promover cambios fenológicos y modificaciones en la morfogénesis y biomasa del cultivo.

El objetivo del presente trabajo fue valorar la temperatura y humedad del suelo, generadas por dos sistemas de labranza, y su relación con el crecimiento y desarrollo del trigo.

Materiales y métodos

Se condujo un experimento a campo, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, en la localidad de La Plata (Argentina), a una latitud 34°52'S, longitud 57°58'W de G y altitud 15 m. Sobre un suelo Argiudol típico con ligeras deficiencias de drenaje interno se implementaron dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD), se fertilizó con 50 kg de N₂.ha⁻¹ en la siembra. El análisis de suelo, previo a la labranza y hasta los 20 cm de profundidad presentó los siguientes valores: fósforo disponible (Bray-kurtz I) 10,1 ppm; nitrógeno total 0,22 % y 4,1 % de materia orgánica.

Se sembraron dos cultivares de trigo pan a principios de julio, los días 1 y 4 para las campañas agrícolas 1998 y 1999, respectivamente, Buck Yapeyú de ciclo corto (83 días de emergencia a floración) y Buck Poncho de ciclo intermedio (94 días de emergencia a floración). Durante el crecimiento se determinaron las fechas de ocurrencia de las fases

fenológicas desde nacimiento hasta primer nudo utilizando el código decimal explicativo para los estados de crecimiento de cereales (TOTTMAN et al., 1979). En 30 plantas tomadas de cada tratamiento, con densidad normal (280 plantas por m²), se realizaron cortes histológicos para observar con lupa binocular la evolución del ápice de crecimiento. De esta forma pudieron determinarse con precisión los estados de desarrollo doble lomo y espiguilla terminal.

Asimismo, se realizaron determinaciones de biomasa aérea sobre una superficie de 1 m² en cada tratamiento en los estados de doble lomo y espiguilla terminal, expresando los resultados como materia seca (MS) por hectárea.

Se efectuaron mediciones del contenido hídrico del suelo por el método gravimétrico, en intervalos de 10 días a partir de la fecha de siembra, sobre muestras extraídas a 0,05 y 0,25 m de profundidad desde la superficie. Dichos valores se asociaron con la humedad del suelo en capacidad de campo determinada en estudios previos sobre el mismo ensayo (Asborn et al., 1995).

Se realizó un monitoreo meteorológico de la temperatura del suelo, con un aparato programable provisto de sensores Pt-100 (termoresistencias de platino), ubicados a 0,05 y 0,25 m de la superficie en los sistemas de labranza convencional y siembra directa. Los datos se registraron en un datalogger (Equidata RD-III). Luego se computaron el número de días y los grados día (GD), fijando una temperatura base de 5°C (NUTTONSON, 1955) para los subperíodos siembra - nacimiento (S-N), nacimiento a cuarta hoja (N-4ªHj), nacimiento a doble lomo (N-DL), doble lomo a espiguilla terminal (DL-ET) y nacimiento a primer nudo (N-1º nudo).

El ensayo quedó constituido por 2 tratamientos de labranza y 2 cultivares, según un diseño experimental de bloques al azar con 5 repeticiones, la unidad parcelaria tuvo una superficie de 1000 m². Los experimentos se condujeron durante las fases iniciales del cultivo de trigo, desde siembra hasta la visualización del primer nudo aéreo. Los resultados de biomasa aérea y número de espiguillas diferenciadas se procesaron con un análisis de varianza, la significancia entre valores medios para los tratamientos se calculó por la prueba LSD al 0,05 de probabilidad.

Resultados y discusión

Las precipitaciones medias mensuales registradas durante los años de ensayo presentaron

cierta irregularidad en relación a su distribución anual. Sin embargo, en ambas campañas ocurrieron abundantes precipitaciones en otoño y principios del invierno (453 mm y 468 mm para 1998 y 1999, respectivamente). Resultando menores en los meses de agosto (40 y 48 mm) y septiembre (52 y 61 mm), para los dos años. Ello pudo verificarse a través del control del estado de humedad del suelo, cuyos valores para el período de ensayo estuvieron cercanos a la capacidad de campo (CC = 0,3 bar), que en las profundidades de registro de la temperatura corresponderían a 27,9% (v/v) de humedad a 0,05 m de profundidad y 33,6% (v/v) para 0,25 m.

En la Tabla 1 se detallan las temperaturas decádicas para dos profundidades y dos sistemas de labranza. Las diferencias de temperatura a 0,05 m de profundidad entre labranza convencional y siembra directa resultaron de 1,56°C, similares a las encontradas por otros autores, 1,3°C (MARELLI y LATTANZI, 1981). Los valores calculados de amplitud térmica se ajustaron a lo esperado, siendo menores en el estrato inferior (0,25 m) que en el superior (0,05 m).

En relación a la humedad del suelo se evidenciaron mayores contenidos en la siembra directa, especialmente a 0,05 m (Tabla 2). Los registros señalados, de menor temperatura y mayor contenido hídrico en siembra directa son consecuencia de la presencia de residuos de cosecha, cuya cobertura modifica la temperatura por variación del intercambio de energía entre la superficie del suelo y la atmósfera. Asimismo, debido a una mayor infiltración y menor evaporación se incrementa el contenido de humedad del suelo (GRANT et al., 1995).

El ambiente más frío y húmedo generado por la siembra directa, sumado a las características de suelo y a otros inconvenientes operativos observados en este sistema de labranza (inadecuado contacto suelo - semilla, desuniformidad en la profundidad de siembra y excesiva cobertura de residuos), determina menores porcentajes de emergencia, que en este experimento resultaron del orden del 10 %. Además, dicha situación condiciona la velocidad de nacimiento y limita la producción de materia seca, especialmente durante los estados tempranos del cultivo, como consecuencia de una menor disponibilidad de nitrógeno, situación coincidente con lo señalado por otros autores (DORAN, 1980; BERGH et al., 1996).

En la Tabla 3 se detalla la duración en días y grados día de cada uno de los subperíodos considerados para ambos cultivares. A excepción del subperíodo siembra - nacimiento, donde se verifican diferencias significativas entre las labranzas en el resto

Tabla 1. Temperatura (°C) decádica del suelo a profundidad de 0,05 y 0,25 m en sistemas de labranza onvencional (LC) y siembra directa (SD) con trigo (promedio de dos años consecutivos).

Sistemas de labranza	Profundidad del suelo	Fechas					
		20/07	30/07	09/08	19/08	29/08	09/09
LC	0,05	10,1	10,6	11,2	12,4	13,0	13,6
SD	0,05	8,3	8,9	9,9	10,7	11,8	11,9
LC	0,25	8,6	8,7	9,6	10,5	11,7	12,0
SD	0,25	7,8	8,0	8,8	9,4	10,2	11,0

de los casos no las nubo, quedando en evidencia que el principal efecto fásico de la siembra directa, como consecuencia de las diferencias de temperatura y disponibilidad de humedad en el suelo, se presentó en ese subperíodo. Frente a esta situación los genotipos tuvieron un comportamiento homogéneo que estaría justificado por las temperaturas ocurridas en ambos años, no extremas, a diferencia de lo encontrado por HERNÁNDEZ (1994).

Entre las variedades ensayadas existieron diferencias en días y en los grados-día requeridos para alcanzar los estados de 4 hojas, doble lomo, espiguilla terminal y 1^{er} nudo visible. Ello como consecuencia de distintos requerimientos térmicos y sensibilidad al fotoperíodo especialmente durante el desarrollo del ápice (Tabla 3). La metodología utilizada para el cómputo térmico (método residual de sumas de temperatura) resultó adecuada para caracterizar las variedades de trigo, en coincidencia con lo señalado por PEDROL (1994).

Los grados día acumulados por los cultivares para alcanzar los estados fenológicos comprendidos entre nacimiento y visualización del 1^{er} nudo estuvieron acordes a la longitud de los eventos considerados. En el sistema siembra directa (Tabla 3: SD-GD) se registraron valores ligeramente inferiores a labranza convencional en cuatro de los cinco subperíodos analizados. En condiciones de campo, con temperaturas fluctuantes, la determinación de los tiempos térmicos resulta más compleja debido a que las mismas no son suficientemente homogéneas. Asimismo, las condiciones experimentales del ensayo posibilitaron situaciones diferentes en relación al

grado de porosidad (tamaño y número de canales) y residuos del perfil de suelo labrado, que incidieron en el intercambio calórico e hídrico y consecuentemente en la manifestación de las fases, determinando en ambas labranzas diferencias en el tiempo térmico (Tabla 4), acompañado por una menor conducción hidráulica que ocurre cuando la temperatura de la raíz decrece (BOLGER et al., 1992).

Al analizar la producción de materia seca (Tabla 4) no se encontraron diferencias significativas en el estado de doble lomo, sin embargo la labranza convencional mostró una mayor eficiencia en la producción de este parámetro. En el estado de visualización del F^r nudo aéreo, se verifica una elevada producción de materia seca acorde a los mayores requerimientos y toma de nitrógeno en esta fase fenológica en labranza convencional (WALDREN & FLOWERDAY, 1979). En dicho estado la menor producción de materia seca por hectárea en siembra directa estaría asociada a una menor disponibilidad de nitratos (34 ppm vs. 45 ppm de labranza convencional) en premacollaje. Ello como consecuencia de las características propias de cada sistema de labranza (temperatura, porosidad, humedad, mineralización) a las que deberían adicionarse otros aspectos físicos del suelo, tales como la mayor compactación, usualmente encontrada en siembra directa (BALBUENA et al., 1996; FERRERAS et al., 1996), que influyen negativamente en la disponibilidad de nitrógeno.

De igual modo, resulta atribuible a las condiciones de suelo y especialmente a la disponibilidad de nitrógeno, el número mas elevado

Tabla 2. Humedad (%) decádica del suelo a profundidad de 0,05 y 0,25m en sistemas de labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) con trigo (promedio de dos años consecutivos).

Sistemas de labranza	Profundidad del suelo	Fechas					
		20/07	30/07	09/08	19/08	29/08	09/09
LC	0,05	22,9	25,1	22,3	21,7	19,6	19,5
SD	0,05	27,2	28,2	25,8	23,0	22,8	22,0
LC	0,25	34,1	34,5	33,8	34,3	33,1	32,7
SD	0,25	37,8	39,3	36,6	35,0	35,8	35,9

Tabla 3. Número de días (ND) y grados día (GD en °C) en los subperíodos de trigo, (promedio de dos años consecutivos) para una profundidad de siembra de 0,05m, en sistemas de labranza convencional (LC) y siembra directa (SD).

	S-N	N-4 ^a Hj	N-DL	DL-ET	N-1 ^{er} nudo
Buck Poncho					
LC ND	11 a	23	33	13	48
SD ND	16 b	26	36	14	54
LC GD	56,6	138,0	210,4	101,0	339,0
SD GD	54,7	128,1	191,7	97,0	314,2
Buck Yapeyú					
LC	11 a	21	26	14	43
SD	16 b	23	28	15	48
LC-GD	56,6	124,1	160,0	108,1	307,3
SD-GD	54,7	109,2	139,1	96,2	271,0

S-N: siembra-nacimiento; N-4^a hoja: nacimiento a 4^a hoja; N-DL: nacimiento a doble lomo; DL-ET: doble lomo a espiguilla terminal.

Los valores seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren estadísticamente entre sí por la prueba LSD ($p>0,05$).

de espiguillas diferenciadas (Tabla 4) en la labranza convencional, el cual resultó significativamente mayor que en siembra directa.

Conclusiones

Las condiciones de temperatura y disponibilidad hídrica del suelo, generadas por la siembra directa, disminuyen el porcentaje de

Tabla 4. Producción de biomasa aérea (materia seca en kg.ha⁻¹) y número de espiguillas diferenciadas (ED) en espiguilla terminal (ET), (promedio de dos años consecutivos) para una profundidad de siembra de 0,05 m, en sistemas de labranza convencional (LC) y siembra directa (SD).

	Doble Lomo	1 ^{er} nudo	ED en ET
Buck Poncho			
LC	770 a	3857 a	15 a
SD	707 a	3107 b	14 b
Buck Yapeyú			
LC	877 a	3954 a	19 a
SD	816 a	3401 b	18 b

Los valores seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren estadísticamente entre sí por la prueba LSD ($p>0,05$).

emergencia y aumentan la duración del período siembra – nacimiento.

La labranza convencional determinó mayores porcentajes de emergencia y una duración menor de los días a nacimiento que facilitan la instalación del cultivo y un stand de plantas más adecuado.

La producción más elevada de materia seca en labranza convencional, 8% en el estado doble lomo y 16% en 1^{er} nudo, se asocia a una mayor disponibilidad de nitrógeno y mejores condiciones termohídricas que en siembra directa.

Agradecimientos

Al Ing. Agr. Martín H. Pardi por la colaboración prestada.

Referencias bibliográficas

- ASBORNO, M.D., ARAGON, A., CHIDICHIMO, H.O. Temperatura de la rizósfera en maíz: influencia del estado de humedad. **Agriscientia**. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, v. XII, p. 5-12, 1995. (Número especial).
- BALBUENA, R.H., ARAGÓN, A., MC.DONAGH, P.M. et al. Evolución de la resistencia a la penetración y la densidad aparente en tres sistemas de labranza. IV CONGRESO ARGENTINO Y II INTERNACIONAL DE INGENIERÍA RURAL, 1996, Neuquén. **Actas**. Neuquén : Univ. Nac. del Comahue - INTA CRP-UNLP, 1996. p. 197-202.
- BERGH, R., GARCÍA, F., RIZZALLI, R. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 15., 1996, Santa Rosa, La Pampa. **Actas**. Santa Rosa, La Pampa : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 1996. p. 41-42.
- BOLGER, T.P., UPCHURCH, D.R., MCMICHAEL, B.L. Temperature effects on cotton root hydraulic conductance. **Environ. Expt. Bot.**, England, v. 32, p. 49-54, 1992.
- CARTER, M.R. A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. **Soil & Tillage Research**, USA, v. 31, p. 289-301, 1994.
- COELHO, D.T., DALE, R.F. An energy crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 503-511, 1980.

- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of American Journal**, USA, v. 44, p. 765-771, 1980.
- FERRERAS, L.A., COSTA, J.L, RIZALLI, R.H. et al. Propiedades físicas del suelo bajo labranza convencional y siembra directa en el sudeste bonaerense. CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 15., 1996, Santa Rosa, La Pampa. **Actas**, Santa Rosa, La Pampa : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 1996. p. 17-18.
- GRANT, H.F., IZAURRALDE, R.C., CHANASYK, D.S. Soil temperature under different surface managements: Testing a simulation model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, Netherlands, v. 73, n. 1-2, p. 89-113, 1995.
- HERNÁNDEZ, L.F., ORIOLI, G.A., PAOLINI, P.J. Ritmo de germinación en cinco genotipos de trigo. Efecto de la temperatura. CONGRESO NACIONAL DEL TRIGO, 3., Bahía Blanca, Argentina. **Actas**, Bahía Blanca, Argentina : AIAMBA, Depto de agronomía, Univ. Nac. del Sur, 1994. L -1, p. 3-4.
- LI, X., FENG, Y., BOERSMA, L. Partition of photosynthates between shoot and root in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) as a function of soil water potential and root temperature. **Plant and Soil**, Den Haag, Netherlands, v. 164, p. 43-50, 1994.
- MARELLI, H., LATTANZI, A. **La temperatura del suelo y su relación con los sistemas de labranza** EERA : Marcos Juarez. 1981. 20 p. (Informe Especial 14).
- NUTTONSON, M.Y. **Wheat – climate relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat**. Washington, D.C. : American Institute of Crop Ecology, 1955. p. 330.
- PEDROL, H.M., CASTELLARÍN, J.M., PAPA, J.C. et al. Relación de las principales fases de desarrollo apical en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) con grados días de desarrollo, fotoperíodo y número de hojas expandidas. CONGRESO NACIONAL DEL TRIGO, 3., Bahía Blanca, Argentina. **Actas**, Bahía Blanca, Argentina : AIAMBA. Depto de agronomía, Univ. Nac. del Sur, L - 1, 1994. p. 27-28.
- RITCHIE, J.T., NESMITH, D.S. **Temperature and Crop Development**. East Lansing, Michigan. ASA-CSSA-SSSA, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Modeling Plant and Soil Systems : Michigan State University 1991. p. 5-29. (Agronomy Monograph n. 31).
- TOTTMAN, D.R., MAKEPEACE, R.J., BROAD, H. An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. **Annals of applied Biology**, London, v.93, p. 221-234, 1979.
- WALDREN, R.P., FLOWERDAY, A.G. Growth stages and distribution of dry matter, N, P and K in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 391-396, 1979.

