

FORAGE AND SEED YIELD OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) CULTIVARS UNDER RAINFED CONDITIONS OF POTHWAR REGION IN PAKISTAN

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y SEMILLA DE CULTIVARES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO CONDICIONES DE SECANO EN LA REGIÓN DE POTHWAR, PAKISTÁN

Muhammad Ansar^{1,5}, Ahmad Sher^{2,5*}, Ahmad Zaheer³, Asim Mehmood^{4*}, Muhammad Irfan¹, Muhammad Asad Mukhtar¹, Mubashir Hussain¹

¹Department of Agronomy, PMAS-Arid Agriculture University, Rawalpindi, Pakistan. ²College of Agriculture, Bahauddin Zakariya University, Bahadur Sub-Campus Layyah, Pakistan. ³Institute of Molecular Biology and Biotechnology, The University of Lahore, Defence Road, Lahore, Pakistan. ⁴Department of Biosciences, COMSATS University Islamabad, Sahiwal Campus 57000, Pakistan. ⁵Both authors contributed equally.

ABSTRACT

Livestock is an important asset of the rural community and plays a vital role in livelihood and intensification of agricultural productivity in rainfed farming systems. In this study, local (HAIDER, SNOBER-96, and JAU-83) and foreign (ICABA and ASTARIAN) barley cultivars were evaluated for forage and seed yield under rainfed conditions of Pothwar, Pakistan. The experimental design was randomized complete block with three replications. Variables analyzed were plant height, tillers per plant, shoot/root/spike dry weight, forage and seed yields. Local cultivar JAU-83 gave the maximum plant height, tillers per plant, forage (8.95 Mg ha⁻¹) and seed (1.76 Mg ha⁻¹) yields, whereas the lowest forage (4.04 Mg ha⁻¹) and seed yields (1.31 Mg ha⁻¹) were recorded in the foreign cultivar ASTARIAN. Local barley cultivars are a best option for the rainfed conditions of Pothwar Pakistan in terms of forage and seed yields than foreign cultivars.

Keywords: Forage barley cultivars, forage yield, seed yield, subtropical rainfed conditions, Pothwar Pakistan.

INTRODUCTION

Barley is the fourth most important cereal crop in the world after wheat, maize and rice; up to 85% of the harvested barley is used for animal feeding, including cattle, swine and poultry (Akar and Dusunceli, 2004; Pérez-Ruiz *et al.*, 2016). Barley can be used both as green fodder, hay, or can be harvested at maturity and threshed for grain and straw purposes, or sometimes its stubbles are grazed (Al-Jaloudy,

RESUMEN

El ganado es un activo importante para las comunidades rurales y tiene una función fundamental en el sustento y la intensificación de la productividad agrícola en los sistemas de secano. En este estudio, se evaluaron cultivares de cebada locales (HAIDER, SNOBER-96 y JAU-83) y extranjeros (ICABA y ASTARIAN), para forraje y semilla en condiciones de secano, en Pothwar, Pakistán. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables analizadas fueron la altura de la planta, los tallos por planta, el peso seco de los brotes, la raíz y la espiga y el rendimiento del forraje y la semilla. El cultivar local JAU-83 tuvo los niveles máximos de altura de la planta, tallos por planta y de rendimiento de forraje (8.95 Mg ha⁻¹) y semilla (1.76 Mg ha⁻¹), mientras que los porcentajes más bajos de rendimiento de forraje (4.04 Mg ha⁻¹) y semilla (1.31 Mg ha⁻¹) se registraron en el cultivar extranjero ASTARIAN. Los cultivares de cebada locales son mejor opción que los cultivares extranjeros, para las condiciones de secano en Pothwar, Pakistán, en términos de rendimiento de forraje y semilla.

Palabras clave: cultivares de cebada para forraje, rendimiento del forraje, rendimiento de la semilla, condiciones de secano subtropicales, Pothwar, Pakistán.

INTRODUCCIÓN

La cebada es el cuarto cultivo de cereal más importante en el mundo después del trigo, el maíz y el arroz; hasta el 85% de la cebada cosechada se utiliza para alimentar a los animales, incluyendo bovinos, porcinos y aves (Akar y Dusunceli, 2004; Pérez-Ruiz *et al.*, 2016). La cebada se puede utilizar como forraje verde y como heno; en su madurez, se puede cosechar y trillar para producir grano y paja; o, algunas veces, su rastrojo se pastorea (Al-Jaloudy,

*Authors for correspondence ♦ Autores responsables

Received: November, 2017. Approved: October, 2018.

Published as SCIENTIFIC NOTE in *Agrociencia* 53: 1005-1012. 2019.

2006). Besides, it can be an inexpensive and readily available feeding source (Helsel and Thomas, 1987). In Pakistan, barley is cultivated for grain production, green fodder and straw for the small ruminants during winter season (Khan *et al.*, 1999); in 2017-2018, and it covers 60 000 ha (GoP, 2018). Barley is well adapted to rainfed areas of Pakistan where it has the potential to yield more than wheat crop (Khan *et al.*, 1993; Ansaret *et al.*, 2010).

Main reason for the slower growth rate of the livestock is the low availability of forage, which adversely affect its health and productivity. Adequate and nutritious forage has direct effect on milk and meat production. Several environmental factors affect crop production, but the heat and water stress have more pronounced effect on crop production in dry land farming (Ludlow and Muchow, 1990), which is a serious problem for good crop yields. Therefore, the selection of the crop cultivars well adapted to low rainfall is a major objective of most crop breeding programs, particularly in arid and semi-arid areas of the world (Moustafa *et al.*, 1996).

For this study, the hypothesis was that the foreign barley cultivars will outyield local ones in forage and seed yields grown under rainfed conditions of Pothwar, Pakistan. Thus, the objective was to determine plant traits, and forage and seed yields in foreign and local barely cultivars grown rainfed in Pothwar, to provide agronomic information to base the selection of barely cultivars.

MATERIALS AND METHODS

This field experiment was conducted at University Research Farm, Chakwal (33° 40' 38" N, 72° 51' 21" E, altitude-498 m), during the 2015-2016 winter season. The monthly average minimum and maximum temperatures (°C), rainfall (mm) and relative humidity (%) recorded during the season is presented in Table 1.

Soil samples were taken from a soil depth of 0-15 cm before sowing. Soil was sandy loam having pH of 7.5, available phosphorus of 4.6 mg kg⁻¹, total nitrogen of 0.023%, extractable potassium of 118 mg kg⁻¹ and soil organic matter of 0.80%. The experimental area remained fallow for 6 months prior to barley sowing. The experimental design was a randomized complete block with three replications; blocking was by soil fertility level. Treatments were two foreign (ICABA, ASTARIAN) and three local (HAIDER, SNOBER-96, JAU-83) barley cultivars. Foreign barley cultivars were developed in Australia, the local

2006). Además, puede ser una fuente de alimento económica y fácilmente disponible (Helsel y Thomas, 1987). En Pakistán, durante la temporada invernal, la cebada se cultiva para la producción de grano, forraje verde y paja para rumiantes pequeños (Khan *et al.*, 1999); en 2017-2018 se cultivó en 60 000 ha (Gobierno de Pakistán, 2018). La cebada está muy bien adaptada a las zonas de temporal de Pakistán, en las cuales su potencial de producción es mayor que el de los cultivos de trigo (Khan *et al.*, 1993; Ansar *et al.*, 2010). Asimismo, la necesidad de agua de la cebada es menor, si se compara con el trigo, por lo cual es una mejor opción para las zonas agrícolas de secano de Pakistán (Dawn News, 2007).

La razón principal de la tasa de crecimiento más lenta del ganado es la baja disponibilidad de forraje, lo cual afecta de manera negativa su salud y la productividad. El forraje adecuado y nutritivo tiene un efecto directo en la producción de leche y carne. Varios factores ambientales afectan la producción de los cultivos, pero el estrés calórico y el hídrico tienen un efecto más pronunciado en la producción de los cultivos en la agricultura de zonas áridas (Ludlow y Muchow, 1990), lo cual es un problema serio para el buen rendimiento de las cosechas. Por lo tanto, un objetivo principal de la mayoría de los programas de fitogenética es la elección de cultivares bien adaptados a precipitaciones escasas, en particular, en las zonas áridas y semi áridas del mundo (Moustafa *et al.*, 1996).

La hipótesis de este estudio fue que el rendimiento de forraje y semillas de los cultivares extranjeros de cebada superaría al rendimiento de los locales, en condiciones de secano, en Pothwar, Pakistán. Así, el objetivo fue determinar las características de las plantas y el rendimiento del forraje y de la semilla en los cultivares de cebada locales y extranjeros, bajo condiciones de secano en Pothwar para proporcionar información agronómica como base de la elección de cultivares de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento de campo se realizó en la University Research Farm, Chakwal (33° 40' 38" N, 72° 51' 21" E, a 498 m de altitud), durante la temporada invernal de 2015-2016. En el Cuadro 1 se muestran el promedio mensual de temperaturas mínimas y máximas (°C), la precipitación (mm) y la humedad relativa (%) registradas durante esa temporada.

Table 1. Temperatures, rainfall and relative humidity during the winter season 2015-2016[†].**Cuadro 1.** Temperaturas, precipitación y humedad relativa, durante la temporada invernal 2015-2016[†].

Month	Minimum temperature (°C)	Maximum temperature (°C)	Rainfall (mm)	Relative humidity (%)
October	14.9	29.9	1.1	53.9
November	7.4	22.9	0.3	64.7
December	2.7	19.94	0.0	66.4
January	2.3	17.3	0.6	83.8
February	4.4	22.2	1.3	72.9
March	10.7	24.1	2.1	76.5
April	13.7	32.3	0.0	59

[†]Soil & Water Conservation Research Institute, Chakwal. ❖ [†]Instituto de Investigación de Conservación de Suelos y Agua, Chakwal.

ones were developed by the National Agricultural Research Center, Islamabad, Pakistan.

The crop was sown on October 01, 2015 using a net plot size of 15 m². Seeding rate was 40 kg ha⁻¹ using hand drill in 22.5 cm rows. The nitrogen and phosphorus fertilizers were applied at 80 and 60 kg ha⁻¹, respectively: urea (46% N) and diammonium phosphate (46% N, 18% P) at the time of sowing. Prior to sowing, a germination test was done in all barley cultivars, and the germination was above 98%.

Ten plants were selected at random from each plot to record plant height, tillers per plant, dry weight of shoot, root and spike at harvest. In each plot, forage yield and seed yields were recorded from a 1 m². The crop was harvested and the fresh forage yield was immediately recorded using a spring balance. The crop was kept in field for one week for sun drying. Then, the crop was threshed to record the seed yield. Both forage and seed yields were later expressed in Mg ha⁻¹.

The data was subjected to analysis of variance using the Statistics 8.1 software (Analytical Software, Statistix; Tallahassee, FL, USA, 1985-2003). Means were compared with HSD test ($p \leq 0.05$) if treatment effect was significant. Pearson's correlations (r) among plant traits and forage and seed yields were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphological and yield parameters

JAU-83 showed the highest plant height which was 26% above that of ASTERIAN, the cultivar with the lowest plant height (Table 2; $p \leq 0.05$). Afiah and Moselhy (2001) and Amanullah *et al.* (2011) found that plant height varies among barley genotypes, and Soliman *et al.* (2011) added that plant height among barley cultivars was associated to number of internodes.

Antes de la siembra, se recolectaron muestras de suelo a una profundidad de 0-15 cm. El suelo era limoso-arenoso, un pH 7.5, el fósforo disponible era 4.6 mg kg⁻¹, el nitrógeno era 0.023%, el potasio extraíble era 118 mg kg⁻¹, y la materia orgánica del suelo era 0.80%. La zona experimental permaneció improductiva durante los 6 meses anteriores a la siembra de la cebada. Los tratamientos fueron cinco cultivares de cebada: dos extranjeros (ICABA, ASTARIAN) y tres locales (HAIDER, SNOBER-96, JAU-83). Los cultivares de cebada extranjeros se desarrollaron en Australia, los locales se desarrollaron en el Centro Nacional de Investigación Agrícola, Islamabad, Pakistán. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con tres repeticiones; el bloqueo fue por nivel de fertilidad del suelo.

El cultivo se sembró el 1 de octubre de 2015, en parcelas de 15 m². La tasa de siembra fue 40 kg ha⁻¹ y se usó un taladro manual en hileras de 22.5 cm. Al momento de la siembra, se aplicaron 80 y 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno y fósforo, respectivamente: urea (46% N) y fosfato diamónico (46% N, 18% P). Antes de la siembra, se hizo una prueba de germinación de todos los cultivares de cebada y la tasa de germinación superó el 98%.

En la cosecha, se eligieron 10 plantas al azar de cada parcela para registrar la altura de la planta, los tallos por planta y el peso seco de los brotes, la raíz y las espigas. En cada parcela, se registró el rendimiento del forraje y la semilla en 1 m². El cultivo se cosechó y, de inmediato, se registró el rendimiento del forraje fresco con una balanza de resorte. El cultivo se secó al sol por una semana. Después, el cultivo se trilló para registrar el rendimiento de la semilla. Luego, el rendimiento del forraje y de la semilla se expresó en Mg ha⁻¹.

Con los datos se hizo análisis de varianzas usando el software Statistics 8 (Analytical Software, Statistix; Tallahassee, FL, EUA, 1985-2003), para determinar la significancia de los tratamientos. Si el efecto del tratamiento era significativo, las medias se separaron con el HSD test ($p \leq 0.05$). Las correlaciones de Pearson (r)

Table 2. Plant traits of local and foreign barley cultivars grown rain-fed.**Cuadro 2.** Características de los cultivares de cebada locales y extranjeros cultivados bajo condiciones de secano.

Cultivar	Plant height (cm)	Number of tillers per plant	Dry weight (g per plant)		
			Shoot	Root	Spike
ICABA	65.0 ^{bc}	5.6 ^b	43.1 ^a	22.8 ^a	39.8 ^c
JAU-83	77.4 ^a	9.2 ^a	55.5 ^a	24.2 ^a	77.5 ^a
SNOBER-96	72.4 ^{ab}	8.4 ^a	45.2 ^a	12.8 ^c	51.1 ^b
HAIDER	65.2 ^{bc}	5.7 ^b	27.4 ^b	17.8 ^b	41.9 ^c
ASTERIAN	61.6 ^c	5.2 ^b	19.8 ^b	11.6 ^c	19.6 ^d
<i>p value</i>	0.035	0.002	0.002	0.004	0.001
CV (%)	7.7	9.8	14.0	12.8	9.9

Means with different letters in a column are statistically different ($p \leq 0.05$). ♦ Las medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

The maximum tillers per plant were recorded in local cultivar JAU-83 followed by SNOBER-96, whereas minimum tillers per plant were found in foreign cultivar ASTERIAN followed by cultivars HAIDER and ICABA (Table 2). Rashid and Khan (2008) also reported differences in tillers per plant among barley genotypes. Similarly, Amanullah *et al.* (2011) found that different barley cultivars developed diverse number of tillers per plants under rainfed conditions. In our experiment, the local cultivar JAU-83 developed the maximum number of tillers as compared to the other cultivars, both foreign and local. This could be the result of inherited genetic potential of cultivar JAU-83 to produce more tillers under rainfed conditions of the Pothwar region.

Local cultivar JAU-83 showed the maximum shoot dry weight followed by SNOBER-96 and ICABA; besides, the foreign cultivar AESTERIAN showed the lowest shoot dry weight followed by HAIDER (Table 2; $p \leq 0.05$). The trend was to higher shoot dry weight as the tillers per plant was also higher. However, El-Soda *et al.* (2010) found that shoot dry weight and tillers per plant did not show this trend.

The maximum root dry weight was found in local cultivar JAU-83 followed by foreign cultivar ICABA. The minimum root dry weight was registered in cultivar ASTERIAN followed by cultivar SNOBER-96 (Table 2). The ability of genotypes with large root system to better maintain water uptake may explain their relatively high transpiration efficiency under drought stress. El-Soda *et al.* (2010) reported that tillers per plant were significantly correlated to root length. Songsri *et al.* (2009) pointed out that

se calcularon entre las características de las plantas y los rendimientos del forraje y de la semilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros morfológicos y de rendimiento

La altura de los cultivares de cebada fue diferente ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). JAU-83 mostró la mayor altura de plantas, la cual fue 26% más alta que las plantas de ASTERIAN el cultivar con la menor altura e inferior a SNOBER-96. Afiah y Moselhy (2001) y Amanullah *et al.* (2011) concluyeron que la altura de la planta varía entre los genotipos de cebada, y Soliman *et al.* (2011) afirman que la altura de la planta entre los cultivares de cebada está asociada a la cantidad de entrenudos.

El número máximo de tallos por planta se registró en el cultivar local JAU-83, seguido por SNOBER-96, mientras que el menor número de tallos por planta se encontró en el cultivar extranjero ASTERIAN, seguido por los cultivares HAIDER e ICABA (Tabla 2). Rashid y Khan (2008) también registraron diferencias en tallos por planta entre genotipos de cebada. De manera similar, Amanullah *et al.* (2011) también concluyeron que diferentes cultivares de cebada desarrollaron diferentes números de tallos por planta, bajo condiciones de secano. En nuestro experimento, el cultivar local JAU-83 desarrolló el mayor número de tallos, comparado con los otros cultivares, extranjeros o locales. Esto podría ser el resultado del potencial genético heredado por el cultivar JAU-83, que le permite producir más tallos bajo las condiciones de secano de la región de Pothwar.

El peso seco de los brotes fue diferente ($p \leq 0.05$) entre cultivares de cebada (Cuadro 2). El cultivar local

root dry weight is an important trait related to water use efficiency during long term drought, which suggests that root dry weight is a useful selection criterion for high water use efficiency under long term drought periods under rain-fed conditions.

The highest dry spike weight was shown by local cultivar JAU-83, while the lowest dry spike weight was recorded in foreign cultivar ASTERIAN (Table 2; $p \leq 0.05$). These results are in line with those obtained by El-Hindi *et al.* (1998).

Forage and seed yields

The maximum forage yield was achieved by local cultivar JAU-83 and foreign cultivar ASTERIAN had the lowest; JAU-83 yielded 1.2 times more forage than ASTERIAN (Table 3; $p \leq 0.05$), which indicated the better adaptability of JAU-83 to rainfed conditions of Pothwar. The Australian cultivar 'ASTERIAN' did not perform well under the climatic conditions of Pothwar. These results are similar to those achieved by Assad *et al.* (1998) and Amanullah *et al.* (2011). Besides, El-Banna (2011) also reported yield differences among barley cultivars. Soliman *et al.* (2011) found that foreign cultivar Giza 124 gave a higher yield than local cultivars, but in our experiment, the local cultivar JAU-83 gave more forage yield than other barley cultivars under rainfed condition of Pothwar. This indicates that the foreign barley cultivars did not always perform better than

JAU-83 obtuvo el mayor peso seco del brote, seguido por SNOBER-96 e ICABA. El cultivar extranjero ASTERIAN obtuvo el menor peso seco de brotes, seguido por HAIDER (Cuadro 2). La tendencia fue hacia un mayor peso seco de los brotes, dado que los tallos por planta también fueron mayores. Sin embargo, El-Soda *et al.* (2010) concluyeron que el peso seco de los brotes y el número de tallos por planta no mostraba esta tendencia.

El mayor peso seco de la raíz se registró en el cultivar local JAU-83, seguido del cultivar extranjero ICABA. El peso seco mínimo de la raíz se registró en el cultivar ASTERIAN, seguido por el cultivar SNOBER-96 (Cuadro 2). La capacidad de los genotipos con un sistema de raíces largas para aprovechar mejor el agua podría explicar la eficiencia relativamente alta de su transpiración, bajo condiciones de estrés por sequía. El-Soda *et al.* (2010) reportaron que el número de tallos por planta tenía una correlación significativa con el largo de la raíz. Songsri *et al.* (2009) indicaron que el peso seco de la raíz es una característica importante relacionada con la eficiencia del uso del agua durante sequías prolongadas; esto sugiere que el peso seco de la raíz es un criterio de selección útil para el uso altamente eficiente del agua, durante períodos extensos de sequía, bajo condiciones de secano.

El peso seco de las espigas fue diferente ($p \leq 0.05$) entre cultivares (Tabla 2). Las espigas del cultivar local JAU-83 registraron el mayor peso seco, mientras que

Table 3. Forage and seed yields of local and foreign barley cultivars grown under rainfed conditions.

Cuadro 3. Rendimientos de forraje y semilla de los cultivares locales y extranjeros de cebada cultivados bajo condiciones de secano.

Cultivars	Yield (Mg ha ⁻¹)	
	Forage	Seed
ICABA	7.54 ^b	1.41 ^c
JAU-83	8.96 ^a	1.76 ^a
SNOBER-96	6.72 ^{bc}	1.51 ^b
HAIDER	5.82 ^c	1.42 ^c
ASTERIAN	4.04 ^d	1.32 ^d
<i>p value</i>	0.001	0.001
CV (%)	7.4	11.2

Means with different letters in a column are statistically different ($p \leq 0.05$). ❖ Las medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

local ones that are well adapted to the environment, as was observed in this study.

Local cultivar JAU-83 achieved the maximum seed yield, while foreign cultivar ASTERIAN gave the lowest (Table 3; $p \leq 0.05$). The higher yield of JAU-83 could be the result of better performance of this cultivar in terms of growth components that directed more photosynthates towards grain filling and, subsequently, higher seed yield under rainfed conditions of Pothwar (Afiah and Moselhey, 2001; Assad *et al.*, 1998). In another study, barley cultivars showed differences in grain and biological yields and harvest index (Amanullah *et al.*, 2011).

Plant height showed positive correlation with all traits measured except root dry weight. Therefore, plant height is a trait that could give some information about trend of the other variables. Root dry weight showed a higher correlation with forage than seed yield, tillers per plant correlated to a larger extent with seed yield than with forage yield, and spike size measured as dry weight showed the highest correlation with seed yield (Table 4). Then, across barley cultivars plant height and tillering are major morphological traits associated to forage and seed yields, while root dry weight only showed a good correlation with forage yield.

CONCLUSION

Under rainfed conditions at Pothwar, Pakistan, local barley cultivars are a better option than foreign cultivars, according to forage and seed yields and other

el cultivar extranjero ASTERIAN mostró el menor peso seco en este aspecto (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por El-Hindi *et al.* (1998).

Rendimientos de forraje y semilla

El mayor rendimiento de forraje se presentó en el cultivar local JAU-83, mientras que el menor rendimiento se encontró en el cultivar extranjero ASTERIAN; JAU-83 produjo 1.2 veces más forraje que ASTERIAN (Cuadro 3), lo cual indica que el primero está mejor adaptado a las condiciones de secano de Pothwar. El cultivar australiano ASTERIAN no logró un buen desempeño bajo las condiciones climáticas de Pothwar. Estos resultados son similares a los registrados por Assad *et al.* (1998) y Amanullah *et al.* (2011). El-Banna (2011) también reportó diferencias en el rendimiento entre cultivares de cebada. Soliman *et al.* (2011) concluyeron que el cultivar extranjero Giza 124 obtuvo un mayor rendimiento que los cultivares locales, pero en nuestro experimento, el cultivar local JAU-83 obtuvo un mayor rendimiento de forraje que otros cultivares de cebada bajo las condiciones de secano de Pothwar, Pakistán. Esto indica que los cultivares extranjeros de cebada no siempre tuvieron un mejor desempeño que los locales bien adaptados al ambiente, como se observó en este estudio.

El rendimiento de semilla fue diferente ($p \leq 0.05$) entre cultivares (Cuadro 3). El cultivar local JAU-83 obtuvo el mayor rendimiento de semilla, mientras que

Table 4. Correlation coefficients among plant traits, forage and seed yields in local and foreign barley cultivars grown under rainfed conditions during winter 2015-2016.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre características de la planta, rendimientos de forraje y semilla en cultivares locales y extranjeros de cebada cultivados, bajo condiciones de secano, durante el invierno 2015-2016.

Plant traits	PH	NT	SDW	RDW	SPDW	FY
NT	0.73					
SDW	0.83	0.68				
RDW	0.32ns	0.22ns	0.55			
SPDW	0.63	0.78	0.68	0.31ns		
FY	0.61	0.65	0.82	0.79	0.61	
SY	0.74	0.88	0.76	0.30ns	0.93	0.68

Correlation coefficients without ns are significant ($p \leq 0.05$). PH: plant height; NT: number of tillers; SDW: shoot dry weight; RDW: root dry weight; SPDW: spike dry weight; FY: forage yield; SY: seed yield; ns: non-significant. ✧ Las cifras sin ns son significativas ($p \leq 0.05$). PH: altura de la planta; NT: número de tallos; SDW: peso seco del brote; RDW: peso seco de la raíz; SPDW: peso seco de la espiga; FY: rendimiento de forraje; SY: rendimiento de semilla; ns: no significativo.

plant traits related to these two. Barley cultivars should be developed under the environment conditions they would be grown. In barley, plant height is a trait correlated to forage and seed yields, but not root dry weight.

LITERATURE CITED

- Al-Jaloudy, M. A. 2006. Country Pasture/Forage Resource Profiles. Food and Agriculture Organization. Jordan. pp: 1-22.
- Afiah, S. A. N., and N. M. M. Moselhy. 2001. Evaluation of selected barley genotypes under rainfed conditions of Ras El-Hekma. North Western Coast, Egypt. *Annals Agric. Sci. Cairo*. 46: 619-629.
- Akar, T. M., and F. Dusunceli. 2004. Barley: post-harvest technologies. <http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch31/ch31.htm>. (Accessed: August, 2015). 64 p.
- Amanullah, S. K., S. K. Khalil, A. Jan, A. Z. Khan, and K. Nawab. 2011. Performance of high yielding wheat and barley cultivars under moisture stress. *Pak. J. Bot.* 43: 2143-2145.
- Ansar, M., Z. I. Ahmed, M. A. Malik, M. Nadeem, A. Majeed, and B. A. Rischkowsky. 2010. Forage yield and quality potential of winter-cereal vetch mixtures under rainfed conditions. *Emir. J. Food Agric.* 22: 25-36.
- Assad, F. A., M. M. Noaman, A. A. Elsayed, and A. O. Elbawab. 1998. Developing high-yielding barley cultivars under different stress conditions in Egypt. *Egyptian J. Agri. Res.* 76: 1037-1061.
- El-Banna, M. N., M. A. A. Nassar, M. N. Mohamed, and M. A. Boseely. 2011. Evaluation of 16 barley genotypes under calcareous soil conditions in Egypt. *J. Agri. Sci.* 3: 105-121.
- El-Hindi, M. H., A. T. El-Kassabey, A. E. Sharief, and K. A. Amer. 1998. Yield of barley as affected by different sources and levels of nitrogen fertilization under the environmental conditions of newly reclaimed soils at northern delta of Egypt. *Proc. 8th winter barley in rainfed conditions of the Central Anatolian Region. J. Crop Res.* 11: 11-16.
- El-Soda, M., S. S. Nadakuduti, K. Pillen, and R. Uptmoor. 2010. Stability parameter and genotype mean estimates for drought stress effects on root and shoot growth of wild barley pre-introgression lines. *Mol. Breeding*. 26: 583-593.
- GOP (Government of Pakistan). 2017-2018. Economic Survey. Govt. of Pakistan, Finance Division, Economic Adviser Wing. Islamabad. 19 p.
- Helsel, Z. R., and J. W. Thomas. 1987. Small grains for forage. *J. Dairy Sci.* 70: 2330-2338.
- Khan, M. A., S. Ahmad, I. Begum, A. S. Alvi, and M. S. Mughal. 1999. Development of barley as a feed/fodder crop for the Mediterranean environment of highland Balochistan, Pakistan. *Cah. Opt. Mediterr.* 39: 229-233.
- Khan, M. A., S. Ahmad, S. A. Jalil, Z. Mirza, and A. S. Alvi. 1993. Germplasm evaluation in the arid highlands of Balochistan. Annual Report of the AZRI Germplasm Research Group. MART/AZRI Research Report 80. ICARDA, Quetta, Pakistan.
- Ludlow, M. M., and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of the traits for improving crop yield in water limited environment. *Adv. Agro.* 43: 107-153.
- el cultivar extranjero ASTERIAN mostró el menor rendimiento (Cuadro 3). El mayor rendimiento de JAU-83 podría atribuirse al mejor desempeño de este cultivar, en términos de los componentes de crecimiento que dirigieron más fotosíntatos al crecimiento del grano; por lo tanto, se logró un mayor rendimiento de semilla bajo las condiciones de secano de Pothwar (Afiah y Moselhey, 2001; Assad *et al.*, 1998). En otro estudio, los cultivares de cebada variaron en los rendimientos biológico y de grano y el índice de cosecha (Amanullah *et al.*, 2011).
- La altura de la planta mostró una correlación positiva con todas las características registradas, excepto el peso seco de la raíz. Por lo tanto, la altura de la planta es una característica que podría dar cierta información sobre la tendencia de las otras variables. El peso seco de la raíz mostró una mayor correlación con el rendimiento de forraje que con el de semilla, mientras que el tamaño de la espiga (medida como peso seco) mostró una mayor correlación con el rendimiento de semilla (Cuadro 4). Entonces, en los cultivares de cebada, la altura de la planta y el tallo son características morfológicas principales asociadas con el rendimiento de forraje y semilla, mientras que el peso seco de la raíz sólo obtuvo una buena correlación con el rendimiento de forraje.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones de secano de Pothwar, Pakistán, los cultivares de cebada locales son una mejor opción que los cultivares extranjeros debido a los rendimientos de forraje y semilla y otras características de la planta relacionadas con éstos. Los cultivares de cebada deberían ser desarrollados bajo las condiciones ambientales en la que serían cultivados. La altura de las plantas de cebada tiene una correlación con los rendimientos de forraje y semilla, pero no con el peso seco de la raíz.

—Fin de la versión en Español—



- Moustafa, M. A., L. Boersma, and W. E. Kronstad. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Sci.* 36: 982-986.
- Pérez-Ruiz, J., M. Zamora-Díaz, J. A. Mejía-Contreras, A. Hernández-Livera, and S. Solano-Hernández. 2016. Assessment of ten barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) sown

- on five planting dates in two agricultural cycles. *Agrociencia* 50: 201-213.
- Rashid, A., and R. U. Khan. 2008. Comparative effect of varieties and fertilizer levels on barley (*Hordeumvulgare*). *Int. J. Agri. Biol.* 10: 124-126.
- Soliman, M. A. M., I. K. Abbas, and S. El-Khatieb. 2011. Statistical evaluation of irrigation optimization on barley crop yield and water use efficiency. *Int. J. Academic Res.* 31: 720-726.
- Songsri, P., S. Jogloy, C. C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agric. Water Manage.* 96: 790-798.