

Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte

Productive response and regrowth dynamics of perennial ryegrass to different defoliation heights

Ma. Teresa Pérez Bribiesca^a, Alfonso Hernández Garay^a, Jorge Pérez Pérez^a,
José Gpe. Herrera Haro^a, Ricardo Bárcena Gama^a

RESUMEN

Se efectuó un experimento, en condiciones de invernadero, para determinar el efecto de la altura de corte en la respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne (*Lolium perenne* L.). Los tratamientos incluyeron cortes de forraje dos veces por semana a cinco diferentes alturas (3, 6, 9, 12 y 15 cm) y un testigo sin corte. Las variables evaluadas fueron: forraje cosechado y acumulado; densidad y peso de los tallos; relación hoja:tallo y hoja:no hoja (tallo + material muerto, MM) y tasa de recambio. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento y se realizó una regresión por pasos (stepwise). Los resultados indican que la mayor acumulación de forraje se presentó al cosechar a 9 ó 12 cm ($P < 0.05$). La densidad de tallos fue mayor en las plantas sin corte durante el inicio del experimento ($P < 0.05$); sin embargo, en la etapa final no se presentaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso de los tallos se incrementó conforme la altura de corte fue menor ($P < 0.05$). La mayor relación hoja:tallo y hoja:no hoja se obtuvo en el corte a 3 cm ($P < 0.05$). La tasa de recambio tendió a ser mayor en los tratamientos con una altura de corte menor ($P > 0.05$) y en las plantas sin corte fue negativa. La densidad de tallos estuvo más correlacionada con la producción de forraje, antes del ataque de la plaga y después fue el peso de los tallos ($P < 0.01$). Se observó que entre 9 y 12 cm de altura de corte, la combinación óptima de densidad de tallos y producción de hoja por tallo incrementó el forraje cosechado por unidad de tiempo.

PALABRAS CLAVE: *Lolium perenne*, Defoliación, Intensidad, Respuesta productiva.

ABSTRACT

The objective of this study (which was carried out in a greenhouse) was to investigate the effects of cutting height on herbage production and regrowth dynamics of perennial ryegrass swards. All plots were randomly allocated to six treatments (3, 6, 9, 12, 15 cm cutting height and control) with 15 replicates (three per tray). All pots were cut twice weekly. Every four weeks from March 7 to July 15 all pots contained in one tray were withdrawn for destructive readings of tiller population density, tiller weight, leaf:stem ratio and leaf:non-leaf ratio. Treatments were analyzed in a completely randomized design with three replicates. A multiple regression analysis (stepwise) was also carried out. Cumulative herbage mass was higher at 9 and 12 cm cutting heights ($P < 0.05$). Tiller population density was highest in the control treatment ($P < 0.05$), but at the end of the experiment's period did not vary significantly due to treatments ($P > 0.05$); stem, leaf and dead material and total tiller weight increased as cutting height decreased ($P < 0.05$). The highest leaf:stem and leaf:non-leaf ratios were obtained at a 3 cm cutting height ($P < 0.05$). Leaf growth, senescence and net leaf growth was highest at a 12 cm cutting height. The optimal combination of tiller population density and leaf production per tiller, which increased the weight of herbage harvested per time unit, was observed between 9 and 12 cm cutting height.

KEY WORDS: *Lolium perenne*, Defoliation, Intensity, Productive response.

Los forrajes constituyen una parte importante en la dieta de los rumiantes y representan un alto costo en la producción animal. Por lo tanto, el manejo

Forages constitute an important part of ruminants' diets and also a high fraction of animal production costs. Therefore, an efficient pasture management

Recibido del 28 de septiembre de 2001 y aceptado para su publicación el 22 de febrero de 2002.

^a Especialidad de Ganadería, IREGEP. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel. (595)46333 Fax: (595)20279 mtbribiesca@hotmail.com Correspondencia y solicitud de separatas al primer autor.

eficiente de las praderas es primordial para mantener una alta productividad y calidad del forraje, sin propiciar el deterioro de las mismas. La capacidad de rebrote de una planta, después de la cosecha o defoliación, está influenciada entre otros, por factores fisiológicos, tales como la acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz^(1,2), el área foliar remanente y la activación de los meristemos de crecimiento^(3,4,5).

La producción de forraje en una pradera puede ser dividida en dos componentes: el número de tallos por unidad de área de suelo y el rendimiento individual por tallo⁽⁶⁾. Así, la persistencia y producción de las especies forrajeras depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la muerte de los ya establecidos. En el desarrollo de una pradera, los tallos continuamente emergen, crecen y mueren en tasas que difieren dependiendo de las condiciones ambientales, estado de desarrollo y manejo^(6,7). Este balance es fuertemente influenciado por las prácticas de manejo, especialmente la frecuencia e intensidad de defoliación⁽⁸⁾.

El crecimiento vegetativo de una pradera, depende de las tres características morfológicas principales: aparición de hojas, elongación y vida media^(9,10). Estas características están influenciadas por cambios en la temperatura, disponibilidad de nitrógeno y humedad en el suelo. La combinación de estos elementos morfológicos determinan a su vez tres características estructurales de la pradera: tamaño de hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas por tallo^(9,10). La combinación de estas características, determinan el índice de área foliar de la pradera, que es el factor principal para la intercepción de luz y, por tanto, de la dinámica de rebrote de la misma⁽¹¹⁾. La tasa de crecimiento de una pradera es, la integración de las tasas de crecimiento de los tallos individuales y está influenciada por la tasa de aparición y muerte de los mismos⁽¹²⁾. El objetivo de este experimento fue estudiar el efecto de la intensidad de corte en la respuesta productiva y dinámica de crecimiento del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.), en condiciones de invernadero.

is essential to maintain high forage productivity and quality, and also to prevent pasture decline. The regrowth capacity of a plant after harvest or grazing is influenced by physiological factors, such as the accumulation of carbohydrate reserves in roots^(1,2), remaining leaf area and restoration of meristematic activity^(3,4,5).

Herbage production in a pasture depends mainly on two components: number of shoots per area unit and yield per shoot⁽⁶⁾. The vegetative growth of a pasture, depends on three main morphological characteristics: emergence of leaves, elongation and average age^(9,10). In turn, these are influenced by temperature changes, nitrogen availability and soil moisture. The combination of these morphogenic elements determine three structural characteristics of a pasture: leaf size, tiller density and number of live leaves per tiller^(9,10). The combination of these characteristics determine the leaf area index (LAI) of a pasture, which is the main factor for light interception and therefore for regrowth dynamics⁽¹¹⁾. The growth rate of a pasture corresponds to the integration of the growth rate of individual tillers which is influenced by death and emergence rates⁽¹²⁾. The objective of this study was to research the effect of defoliation intensity in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) production and growth dynamics in greenhouse conditions.

This experiment was carried out between December 1998 and July 1999 in a greenhouse at the Instituto de Recursos Genéticos y Productividad of the Colegio de Postgraduados in Montecillo, Texcoco, Mexico, at 2,240 meters above sea level⁽¹³⁾, 19° 31' North and 98° 53' West, with a 645 mm annual rainfall, mainly in summer, and an average annual temperature of 16 °C⁽¹⁴⁾. A total of 100 pots, each having 23.5 cm diameter and 20 cm height, were used. Pots were filled with a sandy loam soil which prevails in the locality. The seeding rate was 20 kg ha⁻¹ of perennial ryegrass var. American Tetraploid. 20 % more seeds were planted to ensure the required number of plants per pot. Pots were fertilized on January 14, 1999 with 50 kg N ha⁻¹ as urea, and watered every other day at the beginning of the experiment, and when the plants were well established, once a week or as needed.

El experimento se llevó a cabo de diciembre de 1998 a julio de 1999 en un invernadero del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, en el Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México, a 2,240 msnm⁽¹³⁾, y a 19° 31' Norte y 98° 53' Oeste; precipitación pluvial anual de 645 mm y lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 16 °C⁽¹⁴⁾.

Se usaron 100 macetas, de 23.5 cm de diámetro y 20 cm de profundidad, las cuales se llenaron con suelo arcillo-arenoso prevaeciente en el lugar. La densidad de siembra fue de 20 kg ha⁻¹ de ballico perenne (var. Tetraploide americano) y se adicionó 20 % más, para garantizar el número requerido de plantas por maceta; se fertilizó el 14 de enero de 1999, con 50 kg ha⁻¹ de N como urea; los riegos se realizaron cada tercer día, al inicio del experimento y una vez que las plantas estuvieron bien establecidas, cada semana o antes si era necesario.

Antes de la aplicación de los tratamientos, se efectuó un corte de uniformización a 8 cm y se realizó un aclareo, para dejar la densidad de siembra preestablecida de 25 plantas por maceta. Inmediatamente después, las macetas se asignaron aleatoriamente a seis tratamientos de cortes de forraje (sin corte, 3, 6, 9, 12 y 15 cm de altura de corte). Cada tratamiento con tres repeticiones se distribuyó en cinco grupos dando un total de 18 macetas por grupo; esto permitió utilizar parte de las macetas para los muestreos destructivos y continuar con las aplicaciones de los tratamientos en las otras macetas. Cada maceta se envolvió en tubo de polietileno negro, a la altura de corte correspondiente y estos se realizaron con tijeras dos veces por semana.

Con el fin de conocer la densidad inicial de tallos, masa aérea y radicular inicial, al momento de aplicar los tratamientos, el 10 de febrero de 1999, se realizó un muestreo destructivo en tres macetas. A partir de esta fecha, a intervalos de cuatro semanas, se destruyó un grupo de 18 macetas (tres por tratamiento), en las que se determinó la parte aérea y radicular de las plantas. A partir de mayo de 1999 en un grupo de 18 macetas, se marcaron 10 tallos con anillos de colores; a estos tallos se les marcó la hoja madura con líquido corrector y se

Plants were clipped at a height of 8 cm for uniformity and a thinning out of plants was carried out to leave 26 plants per pot, previous to the commencement of the different treatments. All pots were allocated at random to six treatments (3, 6, 9, 12, 15 cm and control) with three replications each, and distributed in five groups of 18 pots each. This pattern allowed for destructive sampling and to follow up treatments in the remaining pots. Each pot was wrapped up in a black polyethylene tube, whose height corresponded to the cutting height. Two cuts per week were practiced in all pots.

With the object of knowing initial tiller density and biomass, on February 10, 1999, that is to say when treatments started, a destructive sampling was carried out on three pots. From that date onwards, every four weeks a total of 18 pots (3 for each treatment) were destroyed to conduct the same tests. Starting on May 1999, 10 stems within a group of 18 pots were identified with colored plastic rings. Mature leaves of these stems were identified with correcting liquid and readings on elongation and on new leaf *emergence* were taken. Owing to a white moth (*Trialeurodes vaporarum*) attack, three sprayings with mytomil were applied on April 1999. Each pot was clipped (on Tuesdays and Saturdays) in accordance with the programmed heights. Harvested forage was collected in paper bags, dried at 80 °C for 24 h and weighted.

At the beginning of the experiment, a destructive sampling was carried out in three pots, to determine tiller density. Thereafter, every four weeks, destructive samplings were carried out in each group and live shoots were counted. To determine stem weight, in each destructive sampling, 10 tillers per pot were chosen at random, and these in turn were separated into stem, leaf and dead material, dried at 80°C for 24 hours and weighted separately, to estimate a leaf:stem ratio and a leaf:non-leaf (stem + dead material) ratio.

Readings for a tissue turnover rate were taken from June 29 till July 3. For this, 10 stems per pot were chosen at random and identified with colored rings. Leaf length in each stem was measured from the ligula to the tip, or to the point where senescence

tomaron las lecturas de elongación y aparición de nuevas hojas. En virtud de que se presentó una plaga de mosca blanca (*Trialeurodes vaporarum*), se realizaron tres fumigaciones en abril de 1999 con Mytomyl. En las plantas de cada una de las macetas se realizaron cortes dos veces por semana (martes y sábado) de acuerdo a los tratamientos. El forraje cosechado fue colectado en bolsas de papel, secado en una estufa a 80 °C por 24 h y pesado.

Al inicio del experimento se realizó un muestreo destructivo en tres macetas, para determinar la densidad de tallos presentes. Posteriormente, cada cuatro semanas se realizaron muestreos destructivos en el grupo correspondiente y se contó el número total de tallos vivos. Para determinar el peso de los tallos, en cada muestreo destructivo se seleccionó al azar una submuestra de 10 tallos por maceta, y estos se separaron en tallo, hoja y material muerto (MM), se secaron a 80 °C por 24 h y se pesaron. En los muestreos destructivos mensuales, se tomó una submuestra de 10 tallos, los cuales se separaron en sus componentes, se secaron y pesaron y se estimó la cantidad de hoja:tallo y hoja:no hoja (tallo + MM).

Las mediciones para la tasa de recambio de tejido se realizaron del 29 de junio al 3 de julio de 1999; para ello se seleccionaron al azar 10 tallos por maceta y se marcaron con anillos de colores. La longitud de cada hoja del tallo se tomó a partir de la lígula, hasta el ápice o al inicio de la parte senescente de la hoja; estas mediciones se hicieron después del corte el martes y antes del siguiente corte el sábado, durante cuatro semanas, hasta efectuar el siguiente muestreo destructivo. La longitud de la parte senescente se obtuvo por diferencia; las longitudes tanto de la parte senescente como de las láminas foliares verdes, se sumaron y se dividieron entre el número de tallos, para obtener el promedio por tallo y hoja. La tasa de elongación neta se obtuvo restando la longitud promedio de la parte senescente de la longitud de las láminas foliares verdes⁽¹⁵⁾.

Los datos se expusieron a un análisis de varianza con el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS⁽¹⁶⁾. Las cinco alturas de corte y el testigo sin corte, se analizaron mediante un diseño completamente al azar⁽¹⁷⁾ con tres repeticiones por tratamiento. La comparación de medias se realizó mediante la

began. These readings were taken after the Tuesday clip and before Saturday's for four weeks before the next destructive sampling. The senescent fraction reading was calculated by difference.

Data was tested through variance, in accordance with the GLM procedure of the SAS Statistical program⁽¹⁶⁾. Means comparisons were analyzed through Tukey's test at 5 % probability. To determine which variables better explained forage production performance, the stepwise procedure was used. Stem density and weight, root and aerial biomass, leaf emergence and leaf net elongation rate⁽¹⁸⁾, were analyzed before and after the white moth attack.

Harvested forage

In Figure 1, changes in forage accumulation are described. The highest yield was obtained at 9 and 12 cm cutting heights and the lowest at 3 cm, for the whole time period ($P < 0.05$). At the end of the experiment, the following progression in accordance with yields was obtained: $9 > 12 > 15 > 6 > 3$ cm. Similar results were obtained, when plants were clipped at 2, 4, 8, 12 and 16 cm in perennial ryegrass pots⁽¹⁹⁾, in which the higher and lower yields were obtained at 12 and 2 cm cutting heights.

The most severe treatment (3 cm), showed the lowest growth rate for the whole period ($P < 0.05$) (Figure 2). From February through April, the highest growth rates were obtained at 9 and 12 cm cutting heights, but at the end of the experiment, the production level at the 12 cm cutting height treatment showed a downward trend and was surpassed by the 15 cm cutting height. Harvested forage at the 9 cm cutting height showed the best results, even though differences were non significant ($P > 0.05$). All treatments showed a fall in production during May owing to a white moth attack.

Pasture management for maximum forage accumulation over time, requires that all or nearly all solar energy be intercepted by leaves showing photosynthetic activity in periods of active growth⁽⁹⁾. To that end, the higher the pasture leaf area index (LAI) is, the higher will be the radiation ratio intercepted by the leaf mass, and during regrowth, herbage growth

prueba de Tukey, al 5 % de probabilidad. Para determinar las variables que explicaran mejor el comportamiento de la producción de forraje, se utilizó el procedimiento de selección de variables denominado regresión por pasos (stepwise), en el cual se incluyeron las variables densidad y peso de los tallos, masa radicular y aérea, aparición de hoja y tasa de elongación neta de hoja⁽¹⁸⁾, en la fecha anterior y posterior al ataque de la plaga.

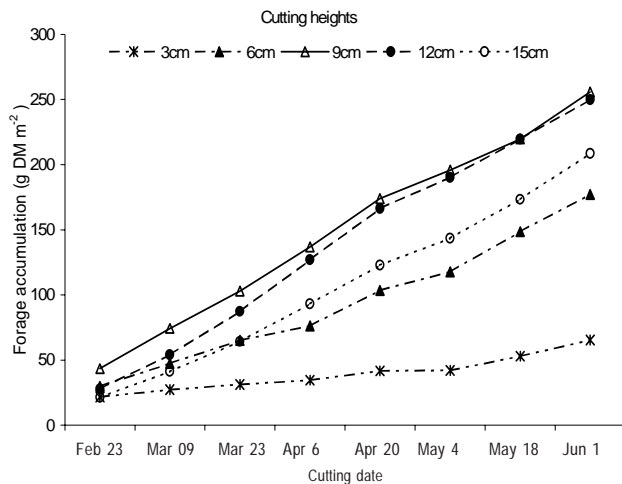
Forraje cosechado

Los cambios ocurridos en la acumulación de forraje durante el periodo experimental, se muestran en la Figura 1. El mayor rendimiento se presentó al cortar a alturas entre 9 y 12 cm y el menor a 3 cm, durante todo el periodo de evaluación ($P < 0.05$). Al final del estudio, los tratamientos se ubicaron en el siguiente orden de acuerdo al rendimiento $9 > 12 > 15 > 6 > 3$. Resultados similares se obtuvieron, al efectuar cortes a 2, 4, 8, 12 y 16 cm de altura, en macetas de ballico perenne⁽¹⁹⁾, en las que se obtuvieron la mayor y menor acumulación de forraje al cosechar a 12 y 2 cm, respectivamente.

El corte más severo efectuado a 3 cm, presentó la menor tasa de crecimiento de forraje ($P < 0.05$),

Figura 1. Efecto de la altura de corte en el forraje acumulado de ballico perenne, durante el periodo de estudio

Figure 1. Effects of cutting height on perennial ryegrass forage accumulation for the time period under study



rate increases till 95 to 100 % of solar light is intercepted⁽²⁰⁾. In this study, the higher yield was obtained at a 9 – 12 cm cutting height (Figures 1, 2), that is to say, between those cutting heights in which the best LAI is obtained^(21,22) as well as the best growth rates (Table 4). Similar results were obtained by other authors⁽¹⁹⁾, who found that the highest yields for forage and leaf mass were obtained at a 12 cm cutting height.

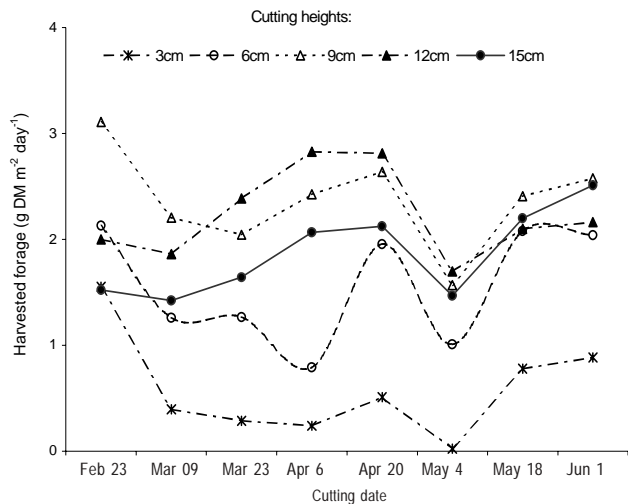
Stem density

At the beginning of the experiment, average density was 2,497 stems/m² and two months after, the 3 cm cutting height treatment showed a 50 % loss in stem density; in May this treatment showed ($P < 0.01$) the lowest density (408 stems/m²) and was only 25 % of that recorded in the other treatments. Starting in May, stem population showed an upward trend for all treatments except for the 9 cm cutting height, which was the one which suffered more owing to a white moth attack (Table 1). By the end of the experiment, although differences between treatments were non significant, the 6 cm treatment showed the highest stem density.

Stem density increase from April through June

Figura 2. Efecto de la altura de corte en el forraje cosechado de ballico perenne

Figure 2. Effects of cutting height on perennial ryegrass harvested forage



Cuadro 1. Efecto de la altura de corte en la densidad de tallos de ballico perenne

Table 1. Effects of cutting height on perennial ryegrass stem density (stems m⁻²)

Cutting height (cm)	March 10	April 7	May 5	June 2	July 3
3	2175 b	1144 b	526 b	1464 b	3078 a
6	2289 ab	1849 ab	2026 a	2486 ab	3250 a
9	2350 ab	2657 a	2333 a	2157 ab	1105 a
12	1960 b	1912 ab	2394 a	2710 ab	2842 a
15	1223 b	1526 b	1798 a	2500 ab	2578 a
Control	3754 a	2701 a	2447 a	3263 a	2903 a
SE	303	202	188	283	441

SE= Standard Error.

ab Means with different literals in the same column are different ($P < 0.05$).

durante todo el periodo experimental (Figura 2). De febrero a abril, las mayores tasas de crecimiento se obtuvieron al cortar entre 9 y 12 cm; al final del experimento, la producción obtenida al cortar a 12 cm tendió a disminuir y fue superado por el de 15 cm; cosechar a 9 cm resultó mejor, a pesar de que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$). En mayo se observó una drástica caída en la producción de forraje, en todos los tratamientos, debido al ataque de una plaga de mosca blanca.

El manejo de las praderas para maximizar la acumulación de forraje en el tiempo, requiere que toda o casi toda la energía solar sea interceptada por las hojas fotosintéticamente activas, a través de periodos de crecimiento activo⁽⁹⁾. Para ello, entre mayor sea el índice de área foliar (IAF) de una pradera, mayor será la proporción de radiación incidente interceptada por la masa foliar y, durante el rebrote, la tasa de crecimiento del forraje aumenta hasta que el 95 a 100 % de la luz incidente es interceptada⁽²⁰⁾. En este experimento, el mayor rendimiento se presentó al cortar entre 9 y 12 cm de altura (Figuras 1 y 2), es decir, entre esas alturas se obtiene el IAF óptimo^(21,22) y las mayores tasas de crecimiento. Resultados similares fueron encontrados por otros autores⁽¹⁹⁾, al obtener el mayor rendimiento de forraje y masa de hojas, al cortar a 12 cm de altura.

Densidad de tallos

(Table 1) could probably be attributed to an increase in solar light hours^(19,21). From March 10 to May 5 stem density in the 3 cm treatment decreased by 75 %. At that date, most of the stems were erect and died when leaves were removed by clipping at the prescribed height and date. Those stems which survived showed adaptation, developing a somewhat creeping growth pattern⁽¹²⁾. This serves to explain why in the 3 cm treatment stem density showed such a great increase at the end of this study (Table 1). Besides, a high harvest intensity in a pasture stimulates the stem appearance rate as consequence of a higher solar light incidence^(15, 20). For *Dactylis glomerata* an intense but low frequency defoliation is the treatment which favors a higher stem appearance rate⁽²³⁾.

Stem weight

Table 2 shows differences ($P < 0.05$) between treatments, in morphological components (stem, leaf, dead material) weight and total stem weight, for the duration of this study, except in the first clip for dead material contents. In general, for higher cutting intensities, stem and morphological components weight diminished ($P < 0.05$). Referred to the control treatment, a significant increase ($P < 0.05$) in morphological components was noted, especially towards the end of the experiment, when dead material represented more than 50 % of total forage.

Studies made with low plant density⁽²⁴⁾, suggest that

Cuadro 2. Efecto de la altura de corte en el peso de tallos, hojas y material muerto de ballico perenne
 Table 2. effect of cutting height on tiller weight, leafs and dead material of perennial ryegrass (mg tiller⁻¹)

Cutting date	Cutting height, cm	Tiller	Leaf	Dead material	Total weight
March 10	3	3.4 d	9.0 c	4.4 a	8.8 d
	6	9.9 dc	3.8 c	3.1 a	16.8 d
	9	20.0 ab	20.3 b	2.3 a	42.6 bc
	12	17.5 bc	17.9 b	3.9 a	39.4 c
	15	26.5 a	24.8 b	6.4 a	57.8 b
	Control	27.5 a	45.3 a	12.5 a	85.3 a
	SE	1.6	1.7	2.2	3.5
April 7	3	1.8 d	2.1 b	5.6 b	8.0 c
	6	4.9 d	2.8 b	10.5 b	18.2 c
	9	10.8 dc	11.1 b	7.3 b	29.3 bc
	12	20.7 bc	18.9 b	8.6 b	48.3 b
	15	28.3 ab	16.4 b	9.8 b	54.5 b
	Control	41.5 a	56.8 a	59.1 a	157.4 a
	SE	2.9	5.5	2.0	5.9
May 5	3	2.8 c	3.5 b	13.4 c	19.7 e
	6	8.2 c	11.4 b	30.4 bc	50.1 de
	9	12.9 bc	13.9 b	42.5 b	69.4 cd
	12	23.7 b	28.9 ab	36.3 bc	88.9 bc
	15	25.7 b	27.2 ab	52.1 c	105.1 b
	Control	44.5 a	43.9 a	109.3 a	197.7 a
	SE	2.8	5.1	4.8	7.5
June 2	3	6.6 b	13.4 b	12.6	32.6 c
	6	16.8 b	19.6 ab	31.7 bc	68.1 bc
	9	24.7 b	38.9 ab	44.3 bc	107.9 b
	12	25.4 b	34.5 ab	60.1 b	120.1 b
	15	23.0 b	37.6 ab	43.6 bc	104.2 b
	Control	82.9 a	48.1 a	119.1 a	250.1 a
	SE	8.2	7.3	6.7	11.1
July 3	3	13.3 b	27.3 b	8.8 c	49.4 b
	6	22.3 b	18.5 b	16.4 bc	57.2 b
	9	22.3 b	27.6 b	52.0 bc	101.9 b
	12	31.9 b	36.4 ab	70.8 b	139.1 b
	15	35.2 b	45.5 ab	69.9 b	150.6 b
	Control	121.5 a	64.5 a	260.7 a	446.7 a
	SE	11.0	6.7	11.7	22.6

SE= Standard error.

abc Values with different superscripts in the same column are different ($P \leq 0.05$).

Al iniciar el estudio, la densidad promedio fue de 2,497 tallos m⁻² y dos meses después, en el corte a 3 cm, disminuyó aproximadamente 50 %, en comparación con la población inicial; en mayo este tratamiento tuvo la menor densidad ($P < 0.01$) con 408 tallos m⁻² y representó sólo el 25 % de la obtenida en los otros tratamientos. A partir de mayo, la población de tallos tendió a incrementarse en todas las alturas de corte, excepto en la de 9 cm, la cual fue más afectada por el ataque de la plaga (Cuadro 1). Al final del estudio, aunque no existieron diferencias significativas entre tratamientos, la altura de corte a 6 cm presentó la más alta densidad de tallos.

El aumento en la densidad de tallos de abril a julio se debió probablemente al incremento en las horas de brillo solar, debido al cambio de invierno a primavera^(19,21). Del 10 de marzo al 5 de mayo la densidad de tallos en el corte a 3 cm decreció aproximadamente en 75 %. En ese momento la mayoría de tallos eran erectos y, una vez que las hojas fueron removidas por el corte, esos tallos murieron. Los tallos que sobrevivieron se adaptaron al corte, al adoptar un crecimiento más postrado⁽¹²⁾. El restablecimiento en esa forma de la población de tallos en el corte a 3 cm, probablemente explique el gran incremento en la densidad de tallos que presentó ese tratamiento al final del estudio. Además, una alta intensidad de cosecha promueve una mayor densidad de tallos en la pradera, como

stem formation is more important than individual stem weight for forage production. However, when stem density is high, or the pasture is in its reproductive stage, individual weight is more important⁽²⁵⁾. There-fore, stem density and weight should be available.

Uncut plants showed a significant increase in morphological components, and towards the end of this study dead material was more than 50 % of total weight (Table 2). This happened because leaves in the higher strata lower light's compensation point and also shadow leaves in the lower strata, which lose carbon by respiration. Those leaves in the lower strata eventually die, and therefore the leaf tissue loss rate is higher than the creation rate, resulting in a negative leaf tissue increase⁽²⁶⁾.

Photosynthesis and losses owing to leaf senescence diminish as harvest intensity increases from 16 to 2 cm⁽²⁷⁾ and this should be seen in harvested plants' phenological patterns⁽²⁸⁾. An intense 3 cm clip reflected on lower morphological components weight. This fact has been stated before and it can be drawn as a conclusion that high frequency and severe cutting intensities, reduce stems' average weight owing to less carbohydrates' reserves⁽²⁹⁾.

Leaf:stem ratio

The first destructive sampling carried out on March 10 showed that this ratio increased (Table 3) when

Cuadro 3. Efecto de la altura de corte en la relación hoja:tallo, de ballico perenne

Table 3. Effects of cutting height on perennial ryegrass leaf:stem ratio

Cutting height (cm)	March 10	April 7	May 5	June 2	July 3
3	0.277 d	1.142 a	1.266 a	2.122 a	2.088 a
6	0.383 dc	0.566 a	1.359 a	1.119 ab	0.823 bc
9	1.012 b	1.041 a	1.079 a	1.584 ab	1.241 b
12	1.070 b	0.918 a	1.214 a	1.333 ab	1.115 bc
15	0.939 bc	0.628 a	1.028 a	1.652 ab	1.303 b
Control	1.660 a	1.442 a	0.981 a	0.684 b	0.546 c
SE	0.119	0.212	0.166	0.240	0.136

SE= Standard error.

abc Values with different literals in the same column are different ($P < 0.05$).

consecuencia de la mayor penetración de la luz solar, la cual estimula la tasa de aparición de tallos^(15,20). En pasto ovillo, se encontró que una cosecha severa pero poco frecuente (a 3 cm cada 35 días), es la que favorece la mayor tasa de aparición de tallos⁽²³⁾.

Peso de los tallos

El Cuadro 2 muestra que existen diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, en el peso de los componentes morfológicos (hoja, tallo, material muerto) y peso total del tallo, durante todo el periodo experimental, excepto para el primer corte en el contenido de material muerto. En general, se observó que a medida en que aumentó la intensidad de corte de 15 a 3 cm, disminuyó el peso del tallo y de sus componentes morfológicos ($P < 0.05$). En el tratamiento testigo conforme transcurrió el periodo de evaluación, se registró un incremento significativo de los componentes morfológicos, sobre todo al final del experimento, cuando el material muerto representó más de 50 % de forraje total ($P < 0.05$).

Estudios efectuados con baja densidad de plantas⁽²⁴⁾, sugieren que la formación de tallos es más importante, para determinar la producción de forraje, que el peso individual de cada uno de ellos; sin embargo, cuando la densidad de tallos es alta o la pradera se encuentra en estado reproductivo, su peso individual es más importante⁽²⁵⁾, por lo que es necesario conocer tanto la densidad como el peso de los mismos.

harvesting intensity decreased from 3 to 12 cm cutting heights ($P < 0.01$) and also that its higher value was in the control group. This situation showed a reversal in the final stages of the experiment when the leaf:stem ratio for the 3 cm cutting height was 2.088 (highest) and 0.546 (lowest) for the control group.

Leaf:non-leaf ratio

This ratio showed a similar pattern to the leaf:stem ratio (Table 4), that is to say, an increase in the first stages of the experiment and a decrease at the end. It should be pointed out that as time elapses, plants show an increased maturity and therefore, a bigger contribution from structural elements, that is to say the proportion of stem and dead material show an upward trend⁽¹⁵⁾, and that leaf percentage, forage quality and animal intake, show exactly the opposite⁽³⁰⁾.

At the initial stages of this study leaf:stem and leaf:non-leaf ratios showed an increase when harvest intensity decreased from a 3 to a 12 cm cutting height, with the highest reading for the control group. At the final stages the opposite was true. When two cuts per week were applied at 2, 4, 8, 12 and 16 cm cutting heights, these ratios (leaf:stem and leaf:non-leaf) increased following an increase in harvest intensity⁽¹⁹⁾ and decreased when the cutting height was reduced from 6 to 3 cm and

Cuadro 4. Efecto de la altura de corte en la relación hoja:no hoja de ballico perenne

Table 4. Effects of cutting height on perennial ryegrass leaf:non-leaf* ratio

Cutting height (cm)	March 10	April 7	May 5	June 2	July 3
3	0.128 c	0.297 a	0.249 a	0.799 a	1.257 a
6	0.295 bc	0.184 a	0.289 a	0.389 a	0.497 b
9	0.901 a	0.644 a	0.256 a	0.570 a	0.371 b
12	0.860 a	0.645 a	0.491 a	0.403 a	0.353 b
15	0.760 ab	0.469 a	0.358 a	0.582 a	0.442 b
Control	1.193 a	0.572 a	0.283 a	0.254 a	0.168 b
SE	0.115	0.109	0.076	0.142	0.083

* Non-leaf= stem + dead material.

SE= Standard error.

abc Values with different literals in the same column are different ($P < 0.05$).

Las plantas sin corte presentaron un incremento significativo en los componentes morfológicos y, al final del estudio más del 50 % de su peso total correspondió a material muerto (Cuadro 2); esta acumulación ocurrió, porque las hojas presentes en los estratos superiores sombrean a las hojas de las capas inferiores y mueven hacia abajo el punto de compensación por luz, por lo que se presenta una pérdida de carbono a través de esas hojas por respiración. Estas hojas sombreadas eventualmente mueren, por lo que la tasa de pérdida supera a la tasa de formación de nuevo tejido, que resulta en una disminución en la acumulación neta de tejido foliar⁽²⁶⁾.

La capacidad fotosintética y las pérdidas por senescencia de las hojas, disminuyen a medida que aumenta la intensidad de corte de 16 a 2 cm⁽²⁷⁾ y esto se refleja en el cambio de los patrones fenológicos de las plantas cosechadas⁽²⁸⁾. Los cortes severos a 3 cm promovieron un menor peso de los componentes morfológicos; esta situación ha sido mencionada, y se concluye que intensidades de corte frecuentes y severas, reducen el peso promedio por tallo, debido a la disminución en las reservas de carbohidratos de las plantas⁽²⁹⁾.

Relación hoja:tallo

En el primer muestreo destructivo efectuado en marzo 10, se pudo apreciar que la relación hoja:tallo

harvesting frequency was reduced from 21 days to 28 days⁽²³⁾.

Tissue turnover rate

This evaluation was carried out before the last destructive sampling, to record the effect of cutting height on fodder growth. In Table 5, elongation, senescence and net elongation rates for perennial ryegrass can be appreciated. In general, it can be said that the 12 cm cutting height treatment production surpassed by 14, 19, 22, 60 and 155 % that of the 9, 3, 15, 6 cm and control treatments ($P < 0.05$) respectively. Excepting the 12 cm cutting height treatment, the senescence rate tended to decrease when the cutting height decreased from 15 to 3 cm. Even though the elongation rate didn't show significant differences between treatments ($P > 0.05$), the 12 cm cutting height surpassed by 12, 14, 65 and 48 % respectively the 9, 15, 6 and 3 cm cutting height treatments.

Severe cutting height treatments may be the cause for a great decrease in leaf elongation rates⁽³¹⁾. In this study, those treatments which were more intensively harvested showed less growth, which could be the result of a quasi complete leaf removal, and of a very short interval between cuts, with negative effects on new tissue formation, and therefore preventing ryegrass to achieve an optimal LAI⁽¹⁹⁾.

Cuadro 5. Efecto de la altura de corte en la tasa de recambio de tejido de ballico perenne

Table 5 – Effects of cutting height on perennial ryegrass turnover rate tissue (cm stem⁻¹ day⁻¹)

Cutting height (cm)	LTER (July 3)	SR (July 3)	LNER (July 3)
15	1.8191 a	0.4241 b	1.5775 a
12	2.2216 a	0.6066 b	1.7975 a
9	1.9450 a	0.3675 b	1.6087 a
6	1.3937 ab	0.3025 b	1.0912 a
3	1.8737 a	0.2650 b	1.2125 a
Control	0.8716 b	2.1241 a	-1.2525 b
SE	0.1958	0.2208	0.2452

LTER= Leaf total elongation rate; SR= Senescence rate; LNER= Leaf net elongation rate.

SE= Standard error.

ab Values with different literals in the same column are different ($P < 0.05$).

se incrementó (Cuadro 3), conforme disminuyó la intensidad de corte de 3 a 12 cm ($P < 0.01$) y llegó a su valor máximo en las plantas sin corte. En las etapas finales del experimento se observó una tendencia a invertirse esta situación, puesto que las plantas expuestas a un corte más intenso (3 cm), presentaron una mayor relación hoja:tallo (2.088), mientras que la relación más baja (0.546) ocurrió en las plantas que no se cosecharon.

Relación hoja:no hoja

En el Cuadro 4 se observa que esta relación presentó un comportamiento similar al de la relación hoja:tallo, ya que en la primera etapa del experimento hubo un incremento, conforme disminuyó la intensidad de corte y durante los dos últimos muestreos destructivos, se observó una tendencia a invertirse esta situación.

Es importante señalar que con el transcurso del tiempo, la planta presenta un estado más avanzado de madurez y, por tanto, mayor aporte de elementos estructurales, de tal manera que a medida que transcurrió el periodo de evaluación, la proporción de tallo y material muerto tendió a aumentar⁽¹⁵⁾ y, en consecuencia, disminuye la cantidad de hoja, la calidad del forraje y el consumo del mismo⁽³⁰⁾. En las etapas iniciales del experimento se observó que la relación hoja:tallo y hoja:no hoja se incrementó, conforme disminuyó la intensidad de cosecha de 3 a 12 cm y alcanzó su valor máximo en las plantas sin corte; mientras que en las etapas finales del experimento se observó una tendencia inversa a esta situación. Con cortes dos veces por semana a 2, 4, 8, 12 y 16 cm, se han obtenido resultados que indican que la relación hoja:tallo y hoja:no hoja se incrementaron conforme aumentó la intensidad de cosecha⁽¹⁹⁾ y, por el contrario, se ha mencionado que la relación hoja:tallo y hoja:no hoja tuvo una tendencia a disminuir, al incrementarse la intensidad de corte de 6 a 3 cm y reducir la cosecha de 21 a 28 días⁽²³⁾.

Tasa de recambio de tejido

Fue evaluado antes del último muestreo destructivo, con el fin de medir el efecto de la altura de corte en el crecimiento de forraje. El Cuadro 5 muestra las tasas de elongación, senescencia y elongación

As cutting height intensity diminished from 3 to 12 cm, elongation and net growth increased. This may be due, probably, to adequate energy reserves accumulated by the pasture and also to a substantial amount of leaf remaining after defoliation⁽²⁰⁾. Similar results have been recorded by other authors⁽³²⁾ for ryegrass and tall fescue.

The control treatment showed a negative turnover rate, because losses owing to senescence were higher than new tissue formation⁽²⁰⁾. When the time period between cuts is very long, senescence increases, which results in a decrease of leaves' longation rate.⁽³³⁾.

By using the stepwise regression analysis it was possible to determine that before the white moth attack, forage production could be explained up to 68.6 % by tiller density (TD) and the prediction equation obtained $\{Y_i = -2.18 + 0.07 (TD)\}$ shows that fodder production was higher when tiller density increased ($P < 0.01$); that is to say that production showed an increase of 0.07 g for each tiller density unit. However, after the white moth attack, fodder production could be explained up to 92 % by stem weight (TW) and the prediction equation obtained $\{Y_i = -17.62 + 9730.91(TW)\}$ shows that fodder production increased ($P < 0.01$) by 9.73 g for each stem weight unit.

Results obtained in this study show that an intense 3 cm cutting height harvest, resulted in a decrease in the amount of harvested fodder and of a 50 % stem density decrease, until the plants were able to readjust their plasticity. Stem weight and tissue turnover rate also showed a downward trend as well as dead material accumulation. Those plants which were clipped between 9 and 12 cm showed a better performance, because at higher cutting heights or without any cuts, dead material accumulated. Of all variables under study, stem weight and density account for 68 % of forage production performance.

End of english version

neta del ballico perenne. En general, se observa que el corte a 12 cm, superó en 14, 19, 22, 60 y 155 % a los de 9, 3, 15, 6 y testigo, respectivamente ($P < 0.05$). Con excepción del corte a 12 cm, la

tasa de senescencia tendió a disminuir al aumentar la intensidad de corte de 15 a 3 cm. A pesar de que en la elongación neta, no se observaron diferencias significativas entre alturas de corte ($P > 0.05$), el corte a 12 cm superó en 12, 14, 65 y 48 % a los de 9, 15, 6 y 3 cm, respectivamente.

Los cortes severos pueden causar una alta disminución en la tasa de elongación de las hojas⁽³¹⁾. En este estudio, los tratamientos cosechados más severamente presentaron menor crecimiento, que puede ser resultado de una remoción casi total de las hojas y de un intervalo entre cortes muy frecuente, el cual afectó la rápida formación de nuevo tejido y, en consecuencia, no permitió que el ballico perenne alcanzara el IAF óptimo⁽¹⁹⁾.

A medida que disminuyó la intensidad de corte de 3 a 12 cm se incrementó la elongación y crecimiento neto; lo anterior probablemente se debió a que la pradera mantuvo buenas reservas de energía y una cantidad sustancial de hoja remanente después de la defoliación⁽²⁰⁾. Resultados similares han sido observados por otros autores⁽³²⁾, en ballico perenne y festuca alta.

En las plantas sin corte se encontró una tasa de recambio negativa, ya que las pérdidas por senescencia eventualmente superaron a la tasa de formación de nuevo tejido⁽²⁰⁾. Al respecto se señala que cuando el periodo entre cosechas es prolongado, se incrementa la senescencia, lo que provoca disminución en la tasa de elongación neta de la hoja⁽³³⁾.

Mediante el análisis de regresión por pasos (stepwise) se determinó que, antes del ataque de la plaga, el comportamiento de la producción de forraje se explicó en 68.6 % por la densidad de tallos (DT) y la ecuación de predicción obtenida $\{Y_i = -2.18 + 0.07 (DT)\}$ indica que la producción de forraje fue mayor, a medida que se incrementó la densidad de tallos ($P < 0.01$); esta producción aumentó en 0.07 g por cada unidad en la densidad de tallos; sin embargo, después del ataque de la plaga se observó que la producción de forraje se explicó en 92 % por el peso de los tallos (PT) y la ecuación de predicción obtenida $\{Y_i = -17.62 + 9730.91 (PT)\}$ indica que la producción de forraje

aumentó en 9.73 g, por cada unidad en el peso de los tallos ($P < 0.01$).

Los resultados de este estudio indican que con una cosecha severa efectuada a 3 cm, disminuyó la cantidad de forraje cosechado y que la densidad de tallos se redujo alrededor de 50 %, hasta que la planta reajustó su plasticidad, también disminuyó el peso de los tallos y la tasa de recambio, así como la acumulación de material muerto. Las plantas cosechadas a una altura entre 9 y 12 cm presentaron un mejor comportamiento, dado que en las alturas de corte superiores o en ausencia de éste, se promovió un incremento en la acumulación de material muerto. De las variables determinadas, el peso y densidad de tallos, explican más del 68 % del comportamiento de la producción de forraje.

LITERATURA CITADA

1. Brougham RW. Pasture growth rate studies in relation to grazing management. *Proceed New Zealand Soc Anim Prod* 1957;(17):46-55.
2. Phillips DA, Center DM, Jones MB. Nitrogen turnover and assimilation during regrowth in *Trifolium subterranean* L. and *Bromus mollis* L. *Plant Physiology* 1983;(71):472-476.
3. Culvenor RA, Davidson IA, Simpson RJ. Regrowth by swards of subterranean clover after defoliation. 2. Carbon exchange in shoot, root and nodule. *Annals Botany* 1989;(64):557-567.
4. Köhner CH. Some often overlooked plant characteristics as determinants of plant growth: a reconsideration. *Functional Ecology* 1991;(5):162-173.
5. Bilbrough CJ, Richards JH. Growth of sagebrush and bitterbrush following simulated winter browsing: mechanisms of tolerance. *Ecology* 1993;(74):481-492.
6. Briske DD. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: Joss PJ, Lynch PW, Williams OB editors; *Rangelands: A resource under siege*. Cambridge Univ Press; 1986:425-427.
7. Volenec JJ, Nelson RL. Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. *Crop Sci* 1983;(23):720-724.
8. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand J Agric Res* 1997;(40):37-50.
9. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings. XVII International Grassland Congress*. Palmerston North, N. Z. 1993:95-104.
10. Lemaire, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant population in swards. *Proceedings. XVII International Grassland Congress*. Brazil. 12001:29-37.

RESPUESTA PRODUCTIVA Y DINÁMICA DE REBROTE DEL BALLICO PERENNE

11. Dale BE. Biomass refining: Protein and ethanol from alfalfa. *Ind Eng Chem Prod Res Dev* 1983;(22):466-472.
12. Milthorpe FL, Davidson JL. Physiological aspect of regrowth in grasses. In: Milthorpe FL, Ivins JD editors. *The growth of cereals and grasses*. London, England. Butterworths; 1966:241-245.
13. Huez MA. Caracterización de algunas propiedades físico químicas de los suelos y espesores subyacentes del predio Montecillo [tesis maestría]. Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados; 1985.
14. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª ed. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México; 1981.
15. Hernández-Garay A. Defoliation management, tiller density and productivity in perennial ryegrass swards [tesis doctoral]. New Zealand: Massey University; 1995.
16. SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 6 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1995.
17. Steel RGD, Torrie JH. Bioestadística: principios y procedimientos. Traductor Martínez BR. 2ª ed. México, D.F: McGraw-Hill/Interamericana de México; 1988.
18. Herrera HJG, Barreras SA. Manual de procedimientos. Análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados; 2000.
19. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *New Zealand J Agr Res* 1999;(54):347-356.
20. Hodgson J. *Grazing management. Science into practice*. Harlow, England: Longman Scientific and Technical; 1990.
21. Velasco ZME, Hernández-Garay A, González-Hernández VA, Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis SA. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Téc Pecu Méx* 2001;(39):1-14.
22. Matthew C, Van Loo EN, Thom ER, Dawson LA, Care DA. Understanding shoot and root development. *Proceedings. XIX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brazil. 2001:19-27.
23. González OV. Frecuencia e intensidad de defoliación en el crecimiento y rendimiento del pasto ovillo [tesis maestría]. Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados; 1999.
24. Hernández-Garay A, Hodgson J, Matthew C. Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/white clover pasture. *Proceedings. New Zealand Grassland Association* 1993;(55):133-136.
25. Terry PA, Tilley RMA. The digestibility of leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, tymoty, tall fescue, lucerne and sainfoin as measured by *in vitro* procedure. *J Br Grassland Soc* 1964;(19):363-372.
26. Bircham JS, Hodgson J. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass Forage Sci* 1983;(38):323-331.
27. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Sci* 2000;(55):1-5.
28. Nowak RS, Caldwell MM. A test of compensatory photosynthesis in the field: Implications for herbivory tolerance. *Oecologia* 1984;(62):311-318.
29. Volenec JJ, Nelson CJ. Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. *Crop Sci* 1983;(23):720-724.
30. Poppi DP, Huges TP, L'Huilier PJ. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol AM editor. *Feeding livestock on pasture*. New Zealand Soc Anim Prod. Occasional publication. 1987;(10):55-63.
31. Davidson JL, Milthorpe FL. Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. *Annals Botany* 1966;(30):185-198.
32. Butler BM, Hodgson J. Effect of management on leaf growth and senescence of three contrasting grass species. *Proceedings. XVII International Grassland Congress*. Palmerston North, N. Z. 1993:147-149.
33. Mc Lean A, Wikeem S. Influence of season and intensity of defoliation on Bluebunch Wheatgrass survival and vigor in Southern British Columbia. *J Range Manage* 1985;(38):21-26.

