

SISTEMAS SILVOPASTORALES: INCIDENCIA DE LA RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA SOBRE LA FENOLOGIA Y LA PRODUCCION ESTACIONAL FORRAJERA

H. A. ACCIARESI

R. M. MARLATS

J. L. MARQUINA

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
Casilla de Correo N.º 31 (1900) La Plata. Buenos Aires. ARGENTINA

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la biomasa aérea, la fenología y la producción de semillas del componente pascícola de Sistemas Silvopastorales (SSP) de *Populus deltoides* (P.d.) de 625 arb/ha; P.d. de 1.100 arb/ha y *Salix* sp. de 1.100 arb/ha y su asociación con la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), incidente sobre el tapiz herbáceo.

Se utilizó el método del cuadrado de corte para cuantificar la biomasa pastable. Las etapas fenológicas consideradas fueron Macollaje, Espigazón/Panojamiento, Floración y Maduración. Para la cuantificación de la producción de semilla forrajera se embolsaron las inflorescencias de las especies pascícolas.

Los registros de RFA del SSP *Populus deltoides* (625 arb/ha) se ubican entre el 6 p. 100 y el 50 p. 100 aproximadamente del valor registrado en la pradera control. La producción de biomasa se halla entre el 9 p. 100 y el 53 p. 100 del registro de la pradera testigo. Se evidencia un atraso de 15 días en las especies forrajeras bajo SSP a lo largo de su ciclo. La producción de semillas fue un 67 p. 100 menor en el SSP de *Populus deltoides* (1.100 arb/ha) y un 73 p. 100 menor en el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha).

La RFA registrada en los SSP afecta la producción forrajera (biomasa seca y semillas), a la vez que produce el atraso fenológico pastoril. La calidad y cantidad de radiación solar incidente actuaría como principal factor limitante del pastizal. Indirectamente también se modificaría el desarrollo del sistema radicular de la especie herbácea afectando su capacidad de absorción e incidiendo sobre su persistencia como componente pastoril del sistema. Se establece la necesidad de ensayar SSP en franjas con orientación N-S.

PALABRAS CLAVE: Sistemas Silvopastorales

Producción

Forraje

Radiación

Fenología

Semillas

INTRODUCCION

La Pampa Deprimida (PD) es una extensa cuenca de llanura ubicada en el Centro-Este de la provincia de Buenos Aires (Argentina), entre los 35° y 38° de

Recibido: 24-10-92

Aceptado para su publicación: 15-1-93

Latitud Sur y 57° y 62° de Longitud W. Abarca una superficie estimada de 8,6 millones de has. Ocupa el 20 p. 100 de la Provincia de Buenos Aires y aporta sólo el 4,5 p. 100 del Producto Bruto Interno Nacional (PBI). La actividad principal es la cría de ganado vacuno en pastizales naturales.

Desde el punto de vista edáfico la PD presenta un patrón muy intrincado. Sus suelos son arcillosos, con altos contenidos de sodio de intercambio (≥ 15 p. 100, Natracuoles y Natracualfes Soil Taxonomy) y con la capa freática dentro de los 100 cm de profundidad en gran parte del año. El horizonte sódico es una seria restricción al movimiento del agua en el perfil, debido a su escasa conductibilidad hidráulica. Este factor unido a la baja pendiente (0,25 m/km a 0,80 m/km), provoca encharcamientos que inhabilitan amplias zonas en la época invernal aún con escasas lluvias.

La utilización de Sistemas Silvo Pascícolas (SSP) en la PD podría llevar a superar la actual situación de estancamiento que las prácticas tradicionales no pudieron resolver.

Distintos autores han encarado el estudio de la relación existente entre los parámetros forestales y la producción forrajera en SSP. En general se obtiene un decaimiento en la producción forrajera a medida que se incrementa el área basal, diámetro, altura, longitud de copa verde o densidad arbórea (Pase, 1958; Halls, Schuster, 1965; Jameson, 1967; Cossens, 1984; Percival, Knowles, 1984; West, Percival, Dean, 1986; Anderson, Moore, 1987; Pieper, 1990).

Este comportamiento puede ser consecuencia de un cambio cuali y cuantitativo de la radiación fotosintéticamente activa (400-700 nm). Cuando la luz atraviesa la cubierta arbórea sufre una modificación en su distribución espectral debido a la absorción selectiva de las hojas (Combe, 1957; Federer, Tanner, 1966; Reifsnyder, 1987).

Esta modificación en la distribución incidirá sobre la fotosíntesis (Wong, Wilson, 1980), germinación (Small, Spruit, Blaawn-Jansen, Blaawn, 1979; Vázquez Yanez, Orozco-Segovia, Rincón, Sánchez-Coronado, 1990), crecimiento (Ludlow, Wilson, 1971), respuesta fotoperiódica (Kemp, 1988) y en la producción de semilla del pasto subyacente (Anderson *et al.*, 1983; De Oliveira, Humphreys, 1982).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la biomasa aérea, la fenología y la producción de semillas del componente pastoral de SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha) *Populus deltoides* (1.100 arb/ha) y *Salix sp.* (1.100 arb/ha) y su asociación con la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). De este modo los resultados obtenidos permitirán avanzar en el conocimiento de los SSP y su potencial implementación en la PD.

Para estas asociaciones específicas, configuraciones y densidades la hipótesis de trabajo plantea una disminución de la producción forrajera, atraso fenológico y menor rendimiento de semillas en los SSP respecto de la pradera control.

MATERIAL Y METODOS

Los trabajos se llevaron a cabo en SSP plantados en la Estación Experimental «Julio Hirschhorn» de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

de la Universidad Nacional de la Plata, República Argentina. (34° 55' LS y 57° 57' LW). La temperatura media mensual del mes más cálido (enero) es de 23,5 °C y 7 °C del mes más frío (julio). Las precipitaciones están entre los 800 y 1.000 mm, concentradas en otoño y primavera, con sequías estivales.

Los SSP estudiados, estuvieron integrados por:

- *Populus deltoides/Bromus unioloides, Dactylis glomerata y Lolium multiflorum*. 6 años de edad. 625 arb/ha. Area Basimétrica: 11,5 m²/ha.
- *Populus deltoides/Bromus unioloides, Dactylis glomerata y Lolium multiflorum*. 4 años de edad. 1.100 arb/ha. Area Basimétrica: 7 m²/ha.
- *Salix sp./Bromus unioloides, Dactylis glomerata y Lolium multiflorum*. 2 años de edad. 1.100 arb/ha. Area Basimétrica: 5 m²/ha.

La orientación de los SSP es NE-SW, con espaciamientos regulares (entre árboles y entre filas arbóreas).

El sector pradera sin árboles (3 ha) posee las mismas características que las mencionadas para los componentes herbáceos y edáficos de los SSP. Este sector se clausuró al corte y al pastoreo en agosto de 1990.

La evaluación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) y del comportamiento pastoril se realizó durante el período primavera de 1990 hasta el verano de 1991.

Se realizaron mediciones de RFA con un radiómetro (DATA LOGGER LICOR LI 1.000). Se establecieron siete estaciones entre hileras, con registros cada 10 segundos. Las mediciones fueron en días despejados y sin viento, en horas del mediodía.

La cuantificación de la producción forrajera se obtuvo mediante cortes estacionales. Se utilizó el método del cuadrado de corte de 0,25 m². Las determinaciones se realizaron en cinco parcelas de sectores representativos de la comunidad vegetal. El material se secó en estufa a 60° C hasta peso constante, obteniéndose la materia seca herbácea total (MS).

La fenología del pasto se llevó a cabo en el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha) y en el SSP de *Populus deltoides* (1.100 arb/ha). Las determinaciones fueron hechas de acuerdo al ciclo de las principales especies de la pradera. Las etapas fenológicas consideradas fueron Macollaje, Espigazón/Panojamiento, Floración y Maduración. La superficie considerada fue de 2m². Para la determinación de la fenología se consideró que el 50 p. 100 de la parcela debía encontrarse en el estadio analizado.

La producción de semilla forrajera se cuantificó en los mismos SSP utilizados en fenología pascícola. Se embolsaron las inflorescencias de las especies pascícolas en ambos sitios de estudio. El embolsado se realizó durante la segunda quincena de noviembre para aquellas especies que ya habían sido frecuentadas. Para las que todavía estaban en floración, se realizó el embolsado en la primera quincena de diciembre. La superficie cosechada fue de 2 m². Se determinó luego el rendimiento de semillas en kg/ha.

Los valores de porcentaje se corrigieron por la transformación de la raíz cuadrada del arcoseno. Se utilizó el análisis de la varianza para la comparación de los distintos tratamientos y el test de Tuckey para establecer las diferencias mínimas significativas (DMS).

RESULTADOS

Evolución estacional de la radiación fotosintéticamente activa de la producción forrajera

En las Tablas 1 y 2 se observan los datos registrados para la RFA y la producción forrajera respectivamente.

Los registros de RFA disminuyen a medida que se incrementa la densidad, para una misma especie arbórea (*Populus deltoides* de 625 arb/ha a 1.100 arb/ha). Esta tendencia ejerce su influencia sobre la producción herbácea en el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha) de seis años de edad, que fue la menor registrada a lo largo de las determinaciones. Lo cual está indicando que para esta etapa es necesario realizar tareas de raleo que permitan una mayor penetración de la luz a los estratos inferiores.

TABLA 1
COMPARACION DE PROMEDIOS DE RADIACION
FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA (Watt/m²)

Comparison of photosynthetically active radiation incidence
average values (Watt/m²)

Fecha	Rad. Fot. Act.	DMS 5%	DMS 1%
25/10/90			
SSP Salix sp. (1.100)	126,93 (100%)	I	I
Pradera Control	125,24 (98,6%)		
SSP Populus sp. (625)	66,46 (52,3%)	I	I
SSP Populus sp. (1.100)	60,42 (47,6%)		
2/1/91			
Pradera Control	134,13 (100%)	I	I
SSP Salix sp. (1.100)	129,09 (96,2%)		
SSP Populus sp. (625)	10,86 (8,1%)	I	I
SSP Populus sp. (1.100)	8,97 (6,7%)		
22/2/91			
Pradera Control	130,75 (100%)	I	I
SSP Salix sp. (1.100)	128,92 (98,6%)		
SSP Populus sp. (625)	71,07 (54,3%)		
SSP Populus sp. (1.100)	27,20 (20,8%)		
6/6/91			
Pradera Control	95,88 (100%)		
SSP Salix sp.	64,83 (67,6%)	I	I
SSP Populus sp. (625)	64,01 (66,7%)		
SSP Populus sp. (1.100)	52,88 (55,1%)		
7/10/91			
Pradera Control	118,56 (100%)	I	I
SSP Salix sp. (1.100)	85,33 (71,9%)	I	I
SSP Populus sp. (1.100)	49,68 (41,9%)	I	I
SSP Populus sp. (625)	37,59 (31,7%)		

Estación Experimental «Julio Hirschhorn»

Fac. Cs. Agr. y Ftiles, UNLP

(Los valores unidos por barras no difieren estadísticamente)

TABLA 2

ANALISIS DE LA COMPARACION DE MEDIAS DE LA PRODUCCION FORRAJERA (kgm/ha) PARA LOS TRATAMIENTOS CONSIDERADOS

Comparison analysis of forage production mean values of the treatments under consideration

Fecha	Prod. Forrajera (kg/ha)	DMS 5%	DMS 1%
27/9/90			
Pradera Control	1.840,40 (100%)	I I	I
SSP Salix sp. (1.100)	1.383,56 (75,1%)		
SSP Populus sp. (1.100)	1.260,44 (68,4%)		
SSP Populus sp. (625)	980,84 (53,2%)		
25/10/90			
SSP Salix sp. (1.100)	7.913,76 (100%)	I I	I I
Pradera Control	7.291,52 (92,1%)		
SSP Populus sp. (1.100)	3.172,16 (40,1%)		
SSP Populus sp. (625)	1.645,80 (20,8%)		
29/11/90			
Pradera Control	10.552,00 (100%)	I I	I I
SSP Salix sp. (1.100)	7.464,00 (70,7%)		
SSP Populus sp. (1.100)	4.000,00 (38,0%)		
SSP Populus sp. (625)	2.128,00 (20,2%)		
27/2/91			
Pradera Control	9.804,00 (100%)	I I	I I
SSP Salix sp. (1.100)	6.176,00 (63,0%)		
SSP Populus sp. (1.100)	2.868,00 (29,2%)		
SSP Populus sp. (625)	1.440,00 (14,7%)		
15/6/91			
Pradera Control	7.515,601 (100%)		I
SSP Salix sp. (1.100)	5.745,00 (76,4%)		
SSP Populus sp. (1.100)	2.784,00 (37%)		
SSP Populus sp. (625)	741,60 (9,8%)		
18/9/91			
Pradera Control	14.222,80	I I	I I
SSP Salix sp. (1.100)	6.382,20		
SSP Populus sp. (1.100)	2.966,64		
SSP Populus sp. (625)	820,00		

Estación Experimental «Julio Hirschhorn»

Fac. Cs. Agr. y Ftiles, UNLP

(Los valores unidos por barras no difieren significativamente entre ellos)

La mayor producción forrajera primaveral en 1991 respecto de 1990 de la Pradera Control es causada por la clausura implementada. Existe una mayor participación del compartimiento seco en la biomasa total y una menor participación del compartimiento dicotiledóneas. De la producción obtenida, el 60 p. 100 es material seco (datos no publicados).

El SSP de *Salix sp.* posee una respuesta semejante a la Pradera Control, tanto en la evolución de la RFA como en la producción forrajera. Este hecho se debe fundamentalmente a que no existe un cierre de la cubierta arbórea como el registrado en los SSP de *Populus deltoides*. Los mayores valores de RFA obtenidos en *Salix sp.* permiten una superior producción de las gramíneas primavera-estivo-otoñales a fines de la primavera y durante todo el verano. De este modo se logra su

sostenimiento productivo. La caída de la RFA en el SSP de *Salix sp.* a fines del otoño se debe a que esta especie arbórea aún no había perdido sus hojas, mientras que los SSP de *Populus deltoides* (para fin de marzo de 1991) ya estaban defoliados (debido a la sequía de febrero del mismo año). Esto permitió que se acercaran los valores de RFA para la evaluación de invierno sin Diferencias Mínimas Significativas (DMS). Este mismo factor permitió que la producción forrajera del SSP de *Salix sp.* fuese menor al de la Pradera Control (DMS 1 p. 100). El fenómeno de persistencia foliar en *Salix sp.*, podría transformarse en el futuro en un elemento más de competencia para la vegetación forrajera.

Evaluación de la fenología de las especies forrajeras

La misma se detalla en las Tablas 3A, 3B y 3C.

Se evidencia un atraso en las especies forrajeras bajo SSP a lo largo de su ciclo.

Es notorio el efecto que la disminución lumínica ejerce en *Dactylis glomerata* bajo el SSP de *Populus deltoides* (1.100 arb/ha). Sólo llegaron a florecer 2 ó 3 panojas/m², siendo posible considerar al pasto florecido recién a mediados de diciembre (fecha en que el 50 p. 100 de las parcelas alcanzaron dicho estado).

Para el 31 de enero de 1992 (fecha de la última evaluación) *Dactylis glomerata* aún no había producido grano. Este hecho se ve agravado por la sequía que se presenta en la región a partir de esta fecha.

TABLA 3A
FENOLOGIA DE LAS ESPECIES HERBACEAS EN LOS SSP
Y EN LA PRADERA CONTROL

Herbaceous species phenology in SSP and control prairie

Especie Forrajera	Estado Fenológico	Fecha
Dactylis glomerata	Panoja a 10 cm	
Pradera Control		15/10/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		5/11/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		21/11/91
	Panojamiento	
Pradera Control		1/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		25/11/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		10/12/91
	Floración	
Pradera Control		25/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		10/12/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		26/12/91
	Granazón (Comienzo)	
Pradera Control		6/12/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		30/12/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		—

Estación Experimental «Julio Hirschhorn». Fac. Cs. Agr. y Ftiles. UNLP.

TABLA 3B
FENOLOGIA DE LAS ESPECIES HERBACEAS EN LOS SSP
Y EN LA PRADERA CONTROL

Herbaceous species phenology in SSP and control prairie

Especie Forrajera	Estado Fenológico	Fecha
Bromus unioloides	Panoja a 10 cm	
Pradera Control		1/9/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		20/9/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		20/9/91
	Panojamiento	
Pradera Control		25/9/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		12/10/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		12/10/91
	Floración	
Pradera Control		10/10/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		25/10/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		25/10/91
	Granazón (Comienzo)	
Pradera Control		1/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		25/11/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		25/11/91

Estación Experimental «Julio Hirschhorn». Fac. Cs. Agr. y Ftiles. UNLP.

TABLA 3C
FENOLOGIA DE LAS ESPECIES HERBACEAS EN LOS SSP
Y EN LA PRADERA CONTROL

Herbaceous species phenology in SSP and control prairie

Especie Forrajera	Estado Fenológico	Fecha
Lolium multiflorum	Espiga a 10 cm	
Pradera Control		1/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		15/11/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		15/11/91
	Espigazón	
Pradera Control		15/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		20/11/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		22/11/91
	Floración	
Pradera Control		27/11/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		5/12/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		7/12/91
	Granazón (Comienzo)	
Pradera Control		8/12/91
SSP Populus deltoides (625 arb/ha)		22/12/91
SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)		24/12/91

Estación Experimental «Julio Hirschhorn». Fac. Cs. Agr. y Ftiles. UNLP.

El atraso registrado en *Bromus unioloides* es de aproximadamente 20 días en ambos SSP. A pesar de dicho atraso, esta especie logró completar su desarrollo antes de la sequía estival.

Lolium multiflorum siguió la misma tendencia que *Bromus unioloides* completando también su desarrollo en el inicio del verano. Esta especie registró un atraso de 15 días aproximadamente.

Evaluación de la producción de semillas

En la Tabla 4 se observa la producción en kg/ha.

Se manifiesta un menor rendimiento de ambos SSP para todas las especies forrajeras ensayadas. En el caso de *Bromus unioloides* se hallaron DMS al 5 p. 100 entre la Pradera Control y ambos SSP. En *Lolium multiflorum* estas diferencias fueron del 1 p. 100. Para *Dactylis glomerata* no se registraron diferencias entre la Pradera Control y el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha). En el SSP de *Populus deltoides* (1.100 arb/ha) no llegó a formar semilla para la última fecha de evaluación (31/1/92), estando para esta determinación en floración.

La producción de semilla del SSP *Populus deltoides* (1.100 arb/ha) fue el 67 p. 100 aproximadamente del producido en la Pradera Control (para *Bromus unioloides* y *Lolium multiflorum* conjuntamente). En cambio el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha) produjo el 73 p. 100 del valor de la Pradera Control.

TABLA 4

PRODUCCION DE SEMILLAS (kg/ha) DE LAS ESPECIES FORRAJERAS EVALUADAS. PROMEDIO DE 5 PARCELAS
(Valores entre paréntesis corresponden a la desviación standard)

Seed production (kg/ha) of the studied forage species average values from 5 plots
(Parenthesis values are standard deviations)

Especie Forrajera	Tratamiento	Producción	
Bromus unioloides	Pradera Control	632,60	(129,86)
	SSP Populus deltoides (625 arb/ha)	466,40	(50,84)
	SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)	429,80	(58,10)
Lolium multiflorum	Pradera Control	613,00	(106,02)
	SSP Populus deltoides (625 arb/ha)	418,00	(72,69)
	SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)	403,00	(68,90)
Dactylis glomerata	Pradera Control	224,00	(30,09)
	SSP Populus deltoides (625 arb/ha)	175,00	(33,35)
	SSP Populus deltoides (1.100 arb/ha)	0,00	-

DISCUSION

De la asociación de la RFA y la producción forrajera surge que, a medida que se cierra la cubierta arbórea por el avance estacional, la producción herbácea decrece. Este período crítico comienza a mediados de primavera (fin de octubre) cuando el pastizal declina su producción. Es un comportamiento similar al hallado por Percival, 1986.

La necesidad de raleo el SSP de *Populus deltoides* (625 arb/ha y 6 años de edad) concuerda con lo manifestado por Anderson, Moore, 1984; West, 1984 y Reid, Wilson, 1986. Con espaciamientos de plantación regulares y a los 6 años de edad estas densidades no son adecuadas para SSP aún de especies caducifolias siendo necesario realizar un raleo de árboles para favorecer la entrada de la RFA.

La menor producción forrajera registrada en los SSP ensayados se debe a una serie de factores que interactúan.

Diversas experiencias han demostrado que cuando se incrementa el sombreado, la materia seca aérea herbácea decrece (Black, 1957). Asimismo se observa la modificación de varios índices. La relación área foliar (RAF: cm² de hoja/gr de materia seca) se incrementa con menor intensidad lumínica pues las hojas se tornan más largas y angostas. El Coeficiente de Asimilación Neta (CAN: gr MS/cm² hoja x día) disminuye al aumentar el sombreado. De este modo la Tasa de Crecimiento Relativo, producido de los dos índices mencionados (gr MS/gr MS Total), disminuye debido a que el incremento en la RAF no puede compensar la caída que se registra en el CAN. Este índice decae por la caída en la tasa fotosintética, a pesar de registrarse también una menor tasa respiratoria (Blackman, Black, 1959; Ludlow, Wilson, 1975; Ludlow, Wilson, Heslehurst, 1974; Pierson, Mack, Black, 1990).

El filtrado de la luz por las hojas en un SSP enriquece la misma en longitud de onda de rojo lejano, disminuyendo la relación Fitocromo Rojo (FR) (660 nm)/Fitocromo Total (FT) (660 nm + 730 nm). Así se ve afectada la producción de biomasa y de semilla del pasto. Este hecho produce que la simiente posea un período de dormición más largo y un período de maduración mayor.

La hojarasca puede ejercer su acción a través de tres vías:

1. Acción química: efecto alelopático por presencia de sustancias que inhiben el crecimiento de otras especies herbáceas (Reid *et al.*, 1986).
2. Acción física: la suspensión de la semilla en la hojarasca, fuera del horizonte mineral, produce una germinación lenta. Además, pueden ocurrir en las semillas germinadas desecamientos periódicos que aumentan la mortalidad de las mismas (Young, Evans, Kay, 1971).
3. Acción lumínica: la hojarasca es un medio que también reduce la relación FR/FT actuando como un filtro lumínico, además de un impedimento mecánico a la germinación de las semillas. Small, Spruit, Blaawn-Jansen, Blaawn, 1979, encuentran que la germinación de semillas que han sido expuestas durante largos períodos a longitudes de onda del rojo lejano, requieren mayor cantidad de PAR para germinar que las semillas que no fueron tratadas. Vázquez Yáñez, Orozco-Segovia, Rincón, Sánchez Coronado, 1990, encuentran que la luz con baja relación FR/FT inhiben la germinación de semillas fotoblásticas. Este hecho es importante teniendo en cuenta que *Dactylis glomerata* y *Bromus unioloides* mejoran su capacidad germinativa por acción lumínica (ISTA, 1976).

Otro efecto que se manifiesta al disminuir la cantidad de luz a los estratos subyacentes y que contribuye a explicar la menor producción forrajera dentro del SSP es el atraso en la floración de las especies herbáceas. Este atraso impide al pastizal completar el desarrollo de la semilla antes de la sequía estival que se registra en la PD. Así, para mediados de enero existen plantas que no han completado la formación de semilla y no disponen ya de suficiente humedad para ello. Kemp, 1988, encontró que el incremento de la producción forrajera está asociado al pasaje temprano del estado reproductivo (a fines de invierno). Según el autor existiría un efecto hormonal del ápice reproductivo hacia las hojas que induciría a mayores tasas de crecimiento. El retraso en la floración ocasionado bajo los SSP puede ser un efecto más que se suma a deprimir los rendimientos.

Un factor asociado al anterior, fue la menor producción de semilla de los pastos sometidos a sombreado en los SSP de *Populus deltoides* (625 y 1.100 arb/ha). En este estudio surge, según los resultados, la adaptabilidad de *Dactylis glomerata* a regímenes de menor intensidad lumínica. *Lolium multiflorum* se manifiesta como la especie de menor adaptación a los niveles aquí evaluados. Anderson *et al.*, 1983, llegan a similares resultados. De Oliveira, Humphreys, 1982, observan que el sombreado influye sobre una serie de características de *Panicum maximum*, entre ellas: reducción del número de cañas floríferas/m², menor número de ramificaciones/caña florífera, menor número de espiguillas/rama floral y menor número de espiguillas granadas/espiguillas totales, que lleva a una menor producción de semilla/ha. Estos autores atribuyen este comportamiento al efecto que tendría el sombreado sobre las auxinas y citocininas, las cuales regularán el flujo de asimilados hacia la inflorescencia de manera distinta según el sombreado existente.

De esta manera *Bromus unioloides* y *Lolium multiflorum* (especies que contribuyen con el 80 p. 100 de la cobertura, densidad y producción forrajera de los SSP estudiados) han visto reducida su capacidad de producción de semillas. Asimismo la germinación de las mismas se ve dificultada por la acción de la hojarasca. De este modo se afectó su capacidad de resiembra y persistencia con los años, agotando progresivamente el banco de semillas en el suelo. Este hecho lleva a una declinación gradual de la producción forrajera con el avance de la rotación.

El sombreado posee además un marcado efecto en la reducción del número de macollos de Gramíneas y de los brotes de Leguminosas (Ludlow *et al.*, 1974). Debido a esto la estructura del pasto que crece en el SSP bajo sombra es modificada a través de una menor cobertura y densidad de plantas.

La reducción en la RFA también influye indirectamente en la producción del sistema radicular de las especies forrajeras asociadas al SSP. En esta situación la planta responde produciendo menos cantidad de materia seca aérea, alojando mayor cantidad de sustancias de reserva en la parte aérea de modo que aumenta el área foliar específica (cm²/gr MSA/especie); Caldwell, Richards, Johnson, Nowak, Dzurec, 1981; Pierson *et al.*, 1990. Esta redistribución de asimilados hacia la parte aérea produce una caída en la producción radicular. La menor intensidad lumínica en el SSP, al ocasionar una caída en la producción radicular contribuiría a deprimir aún más la producción forrajera del pastizal comparada con la Pradera Control.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos confirman la hipótesis de trabajo planteada por la cual, a las densidades ensayadas, y considerando una configuración cuadrangular con

orientación E-W, la RFA registrada en los SSP afecta la producción forrajera (biomasa seca y semillas), a la vez que produce el atraso fenológico pascícola.

La calidad y cantidad de radiación solar incidente actuaría como principal factor limitante del pastizal, condicionando la germinación, macollaje, crecimiento, velocidad de rebrote y producción de semilla. Indirectamente también se modificaría el desarrollo del sistema radicular de la especie herbácea afectando su capacidad de absorción e incidiendo sobre su persistencia como componente pastable del sistema.

SUMMARY

Silvopastoral systems: photosynthetically active radiation incidence on forage plant phenology and seasonal production

The evaluation of aerial biomass, phenology and seed production of the pastoral component of *Populus deltoides* (625 trees/ha), *Populus deltoides* (1.100 trees/ha) and *Salix sp.* (1.100 trees/ha), *Populus deltoides* (1.100 trees/ha) and *Salix sp.* (1.100 trees/ha) Silvopastoral Systems (SPS) and its association with the Photosynthetically Active Radiation (PAR) of the herbaceous layer was the objective of the present paper.

The PAR of the *Populus deltoides* (625 trees/ha) SSP was approximately between 6 p. 100 and 50 p. 100 of the control prairie values, and the biomass production was between 9 p. 100 and 53 p. 100. There was a 15 days delay of the foraging species cycle in the SSP. The seed production was 67 p. 100 less in the *Populus deltoides* (1.100 trees/ha) than in the control prairie and 73 p. 100 less in the *Populus deltoides* (625 trees/ha).

The PAR registered in the SSP influenced the foraging production (dry biomass and seeds) and produced pastoral phenologic delay. The quantity and quality of the sun radiation could act as the principal limiting factor of the ground pasture. The radicular system development was indirectly affected too, its absorption capacity and persistence as pastoral system component were modified.

It is necessary the study of SSP in hedgerow configuration with N-S orientation.

KEY WORDS: Silvopastoral systems

Production

Forage

Radiation

Phenology

Seeds

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSON R. C., LUCKS O. L., SWAIN A. M., 1969. Herbaceous response to canopy cover, light intensity and throughfall precipitation in coniferous forests. *Ecology* (50) 2: 255-263.
- ANDERSON G. W., MOORE R. W., 1987. Productivity in the first seven years of a *Pinus radiata*-annual pasture agroforestry in western Australia. *Austr. Journal of Experim. Agriculture*. 27(2): 231-238.
- BLACK J. N., 1957. The Influence of Varying Light Intensity on the Growth of Herbage Plants. *Herbage Abstracts*. Vol. 27 (2): 89-98.
- BLACKMAN G. E., WILSON G. L., 1951. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VI. An analysis of the differential effects of light intensity on the net assimilation rate, leaf-area ratio and relative growth rate of different species. *Annals of Botany*. 15: 273
- BRAY J. R., 1963. Root Production and the Estimation of Net Productivity. *Canadian Journal of Botany*. 41: 65-72.
- COSENS G. G., 1984. Grazed pasture production under *Pinus radiata* in Otago. Proceedings of a technical workshop on agroforestry. Dunedin. New Zealand.
- GOLD M. A., HANOVER J. W., 1987. Agroforestry systems for the temperate zone. *Agroforestry Systems*. 5: 109-121.

- JACKSON J. E., PALMER J. W., 1987. Light Interception at a tree/crop interface. Proceedings of an International Workshop on the Applications of Meteorology to Agroforestry Systems Planning and Management. Nairobi. Kenia. 391-401.
- LEWIS C. E., TANNER G. W., TERRY, W. S., 1985. Double vs Single Row Pine Plantation for Wood and Forage Production. South Journal App. Forestry. 9: 55-61.
- PERCIVAL N. S., KNOWLES, R. L., 1984. Relationship between Radiata pine and understorey pasture production. Agroforestry Symposium proceedings. FRI Bulletin 139. New Zealand.
- PIERSON E. A., MACK R. N., BLACK R. A., 1990. The effect of shading on photosynthesis, growth, and regrowth following defoliation for *Bromus tectorum*. Oecologia. 84: 534-543.
- REID R., WILSON G., 1986. Agroforestry in Australia and New Zealand. Chapter 6. Goddard and Dobson Publishers.
- SHIRLEY H. L., 1932. Light intensity in relation to plant growth in a virgin Norway pine forest. Journal Agr. Research. 44: 227-244.
- STRUIK J. G., BRAY J. R., 1970. Root/shoot Ratios of Native Forest Herbs and *Zea mays* at Different Soils Moisture Levels. Ecology. Vol. 51 (5): 892-894.
- WEIMANN H., 1948. Underground Development and Reserves of Grasses. A Review. Journal Brit. Grassl. Soc. Vol. 3: 115-140.
- WEST G. G., PERCIVAL N. S., DEAN M. G., 1986. Oversowing legumes and grasses for forest grazing: interim research results. Agroforestry Symposium proceedings. FRI Bulletin 139. New Zealand.