

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS

**TRIGO DOBLE PROPOSITO.
IMPACTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE LA
PRODUCCION Y COMPOSICION QUIMICA DEL FORRAJE.**

M.V. SILVINA SORAYA DENDA



BAHÍA BLANCA - ARGENTINA

2009

PREFACIO

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. La misma contiene resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la Universidad Nacional del Sur y en el Campo Experimental de Coronel Suárez, del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, bajo la dirección del Dr. Hugo Mario Arelovich.

Silvina Soraya Denda

Noviembre de 2009

Departamento de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Hugo Mario Arelovich por su guía y apoyo en el trabajo de tesis.

Al Ing. Martín Arzadún de la Estación Experimental Coronel Suarez que con su buena predisposición compartió sus ensayos e información.

A Ricardo Camina por el asesoramiento en el análisis estadístico de los datos.

Al Departamento de Agronomía que me permitieron la realización de mi trabajo de tesis.

A la Facultad de Ciencias Veterinarias de La Pampa por solventar todos mis gastos y confiar en que podía terminar mi trabajo.

A quienes fueron los responsables de mi comienzo y finalización de tesis:

Ricardo Tosso

Guillermo H. Pechin

A Mónica Boeris, mi compañera de viaje que siempre estuvo dispuesta a recorrer kilómetros, charlas y mates.

A mi familia que aguantó mis ausencias y mi mal humor: Raul, Marcos y Lucía.

A Claudia Chierri amiga y niñera de mi hija que me aseguraba un viaje tranquilo.

A mi familia política que siempre me apoyó.

A mi hermana Maricel un ser especial que adoro.

A todos los integrantes del laboratorio, en especial a la Lic. María Torrea.

A todos los que me ayudaron en mi formación y permitieron cerrar esta etapa de mi vida.

Muchas gracias!!!

CONTENIDOS

	Página
Contenidos	I
Tablas	IV
Figuras	VI
Resumen	VIII
Abstract	X
Capítulo 1: Introducción general	1
Capítulo 2: Revisión bibliográfica	3
2.1. Trascendencia del trigo doble propósito	3
2.2. Aspectos relativos a la producción de grano y utilización del forraje	5
2.3. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de producción forrajera.....	10
2.4. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la composición química del forraje	15
2.5. Relación entre la composición química del forraje y la productividad animal	18
2.5. Hipótesis de trabajo y objetivos	21
Capítulo 3: Materiales y métodos	22
3.1. Sitios experimentales y características edafo-climáticas.....	22
3.1.1 Relevamiento del suelo	22
3.1.2 Caracterización de variables climáticas	22
3.2. Cultivo de trigo y desarrollo experimental	22
3.2.1 Preparación del cultivo de trigo	22
3.2.2 Tratamientos y diseño experimental	23
3.3. Rendimiento de forraje y grano	24
3.4. Procesamiento de las muestras y determinaciones analíticas ..	24
3.5. Análisis estadístico	25
Capítulo 4: Resultados	27

4.1. Variables edáficas.....	27
4.2. Variables climáticas.....	27
4.3. Rendimiento de la biomasa forrajera y grano	30
4.3.1. Producción de forraje.....	30
4.3.2. Producción de grano.....	31
4.4. Composición química de forraje.	32
4.4.1. Contenido de materia seca.....	33
4.4.2. Componentes de la pared celular y digestibilidad	
de la materia seca	34
<u>Fibra detergente neutro</u>	34
<u>Fibra detergente ácido</u>	35
<u>Lignina</u>	37
<u>Digestibilidad de la MS</u>	38
4.4.3 Carbohidratos no estructurales solubles	39
4.4.4 Fracciones nitrogenadas	40
<u>Proteína Bruta</u>	40
<u>Proteína Soluble</u>	42
4.4.5 Relación proteína bruta -carbohidratos no estructurales	
solubles.	43
4.4.6 Relación proteína soluble-carbohidratos no estructurales	
solubles.	44
4.4.7 Composición mineral de la biomasa forrajera	46
<u>Cenizas</u>	46
<u>Macroelementos minerales</u>	47
<u>Microelementos minerales</u>	49
Capítulo 5: Discusión	51
5.1 Influencia ambiental potencial debidas a condiciones	
edafo-climáticas	51
5.2 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre la	
producción de forraje y grano	52
5.2.1 Producción forrajera	52
5.2.2 Producción de grano	54
5.3 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre el valor	

nutricional del verdeo	55
5.3.1 Concentración de materia seca	56
5.3.2 Fracción fibrosa y digestibilidad de la materia seca	57
<u>Componentes de la pared celular</u>	57
<u>Digestibilidad de la materia seca</u>	59
5.3.3 Fracciones nitrogenadas y carbohidratos solubles	60
<u>Proteína bruta y soluble</u>	60
<u>Carbohidratos no estructurales solubles y su</u> <u>relación con proteína</u>	63
5.3.4 Concentración de elementos minerales	65
Capítulo 6: Conclusiones e implicancias	67
Bibliografía	69
Anexo	81

TABLAS

Tabla 2.1. Estimación de la producción total de trigo en la República Argentina entre 1998 y 2007 (SAG PyA, 2008)	4
Tabla 2.2. Tasa de crecimiento de verdeos de avena con distintas dosis de N..	13
Tabla 2.3. Producción de MS, PB, digestibilidad in vitro, y FDN para los factores fertilización y momento de corte.....	16
Tabla 2.4. Producción promedio de materia seca y contenido de proteína bruta en Pasto clavel	16
Tabla 2.5. Concentración promedio de la proteína bruta en pasto clavel	17
Tabla 2.6. Composición química porcentual de diferentes verdeos invernales sobre base seca	19
Tabla 3.1. Fechas de corte y muestreo por año y localidad.....	23
Tabla 4.1. Determinaciones en suelo de fósforo extractable, materia orgánica y nitratos para Cabildo y Pasman durante los años 2000 y 2001.....	27
Tabla 4.2. Registro de temperatura, precipitación y heladas en la localidad de Pasman, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.....	28
Tabla 4.3 Registro de temperatura, precipitación y heladas de la localidad de Cabildo, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.	29
Tabla 4.4. Contenido medio de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida, lignina, carbohidratos no estructurales solubles, proteína bruta, proteína soluble y cenizas en TDP para cada corte y diferentes dosis de fertilización nitrogenada.....	32
Tabla 7.1. Niveles de probabilidad de F, para producción de biomasa forrajera y producción de grano en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	81
Tabla 7.2. Niveles de probabilidad de F, para concentración de materia seca, proteína bruta, proteína soluble y carbohidratos no estructurales soluble en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	82

Tabla 7.3. Niveles de probabilidad de F, para relación proteína bruta– carbohidratos no estructurales solubles, proteína soluble– carbohidratos no estructurales solubles, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y lignina en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	83
Tabla 7.4. Niveles de probabilidad de F, para digestibilidad de la MS y cenizas, en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	84
Tabla 7.5. Niveles de probabilidad de F, para Ca, P, Mg y K en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	85
Tabla 7.6. Niveles de probabilidad de F, para Fe, Zn y Mn en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	86

FIGURAS

Figura 2.1. Producción de grano vs. producción de carne	6
Figura 2.2. Rendimiento de grano de acuerdo al momento de fin de pastoreo	8
Figura 2.3. Tasa de crecimiento en verdeo de avena	9
Figura 2.4. Forraje acumulado de raigrás para 0 y 100 Kg de fertilización con nitrógeno.....	14
Figura 4.1. Producción de forraje en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	30
Figura 4.2. Producción de grano en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	31
Figura 4.3. Contenido de MS en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	33
Figura 4.4. Contenido de MS en TDP por corte para cada localidad y año.....	34
Figura 4.5. Contenido de FDN en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	34
Figura 4.6. Valores de FDN en TDP por localidad y corte.....	35
Figura 4.7. Contenido de FDA en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada, por localidad y corte.....	36
Figura 4.8. Contenido de FDA en TDP por corte para cada localidad y año....	36
Figura 4.9. Contenido de lignina para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	37
Figura 4.10. Contenido de lignina en TDP por localidad y año.....	38
Figura 4.11. Digestibilidad de la MS en TDP por corte para cada localidad y año.....	38
Figura 4.12. Contenido de CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	39
Figura 4.13. Contenido de CNES en TDP por corte para cada localidad y año.....	40
Figura 4.14. Contenido de PB en TDP con diferentes niveles de fertilización	

nitrogenada por año.....	41
Figura 4.15. Contenido de PB en TDP por corte.....	41
Figura 4.16. Contenido de PS en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por corte.....	42
Figura 4.17. Valores de PS en TDP por año y localidad.....	43
Figura 4.18. Relación PB-CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	43
Figura 4.19. Relación PB-CNES en TDP por corte para cada año y localidad.....	44
Figura 4.20. Relación PS-CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	45
Figura 4.21. Relación PS-CNES en TDP por corte para cada año y localidad.....	45
Figura 4.22. Contenido de Cenizas para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	46
Figura 4.23. Contenido de cenizas para TDP por corte para cada localidad y año.....	47
Figura 4.24. Contenido promedio de K para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.	47
Figura 4.25. Contenido promedio de Ca (a), P (b), Mg (c) y K (d) para TDP por corte para cada localidad.....	48
Figura 4.26. Contenido de Zn (a) y Mn (b) para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	49
Figura 4.27. Contenido promedio de Fe (a), Zn (b) y Mn (c) para TDP por corte para cada localidad y año.....	50

RESUMEN

En el centro-este del país, el cultivo de trigo y la ganadería forman una parte importante del ingreso de las explotaciones agropecuarias. La producción ganadera se basa en el uso de recursos forrajeros perennes y cultivos forrajeros anuales de uso invernal. Los verdes invernales son integrantes indispensables de la cadena forrajera de la invernada o el tambo en esta región. Teniendo en cuenta la magnitud de la superficie destinada a trigo, es importante considerar que, además de la producción de grano para cosecha, el forraje verde producido puede ser de utilidad simultáneamente para la producción bovina. La denominación “trigo doble proposito” (TDP) hace referencia a la utilización de este cultivo para un doble objetivo: la alimentación de animales a pastoreo durante el estadio de crecimiento vegetativo y la producción de grano. Así, el TDP es una alternativa forrajera en los sistemas mixtos agrícola-ganaderos. La importancia radica en que en este período invernal existe una disminución en la oferta de forraje y, por otro lado, se incrementa la competencia por el uso del suelo con cultivos exclusivamente para grano. De esta manera, el uso de TDP puede generar una mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles. En nuestro país es muy acotada la información referente al impacto producido por la fertilización nitrogenada sobre la composición nutricional de los verdes de invierno, en especial los TDP. Para investigar este aspecto, en los años 2000 y 2001 se sembró TDP cultivar “Prointa Super” en dos sitios experimentales localizados en la provincia de Buenos Aires, pertenecientes a la Estación Experimental Coronel Suárez del Ministerio de Asuntos Agrarios y de la Producción: Pasma (38° 21' LS y 62° 08' LO) y Cabildo (38° 25' LS y 61° 42' LO). Los suelos son Hapludol típico con diferencias de textura y variación en el contenido de materia orgánica (Pasma: 4,4 %; Cabildo: 2,1%). A las parcelas se les aplicó distintas dosis de nitrógeno en forma de urea (0, 40, 80, 120, 160 kg/ha), con un diseño experimental de bloques al azar (n = 4). Se realizaron dos cortes por año, coincidentes con distintos momentos del ciclo de crecimiento del cultivo, el primer corte se realizó cuando el volumen de materia verde fue suficiente para un pastoreo. En el caso del segundo corte, correspondió antes de la emergencia del primer entrenudo (evento que marca el inicio del estado reproductivo de la planta). En cada corte se valuó la producción de forraje,

tomándose muestras en cada corte para la determinación de materia seca (MS), proteína bruta (PB), proteína soluble (PS), carbohidratos no estructurales solubles (CNES), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina (L) y minerales. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza con un diseño factorial de 5 x 2 x 2. Con algunas variaciones entre localidades y años, la fertilización nitrogenada incrementó linealmente la producción de forraje y grano. Con respecto a la composición nutricional del TDP, la fertilización disminuyó linealmente la concentración de MS ($P<0,01$), como así también hubo una ligera disminución de la concentración de FDN ($P<0,05$), pero no tuvo un efecto marcado sobre el porcentaje de FDA ni de lignina. No hubo efecto sobre la digestibilidad de MS (DMS). La fertilización nitrogenada disminuyó el contenido de CNES sólo en el año 2000. Hubo un efecto lineal ascendente muy marcado sobre la concentración de PB y PS ($P<0,01$) con el incremento de la dosis de urea. La fertilización nitrogenada incrementó la relación PB/CNES y PS/CNES ($P<0,01$). Sin embargo, el primer corte (C1) fue mayor al segundo corte (C2) en el año 2001 ($P<0,01$). Con respecto a los macrominerales el efecto más significativo de la fertilización nitrogenada fue sobre el contenido de K, el que aumentó linealmente con la dosis de urea ($P<0,05$). A modo de conclusión, la fertilización nitrogenada tuvo un efecto importante sobre la producción de forraje y grano en TDP. Aunque no afectó la DMS, la disminución de la concentración de MS y el incremento en la PB y la PS podrían impactar negativamente sobre la productividad animal. Este aspecto amerita posteriores investigaciones.

Palabras claves: trigo doble propósito, fertilización nitrogenada, producción de forraje, producción de grano, composición nutricional, productividad animal.

ABSTRACT

Wheat cultivation and livestock raising are an important source of income in the middle east of the country. Livestock production depends on perennial forage and yearly winter forage crops. Small grain crops are an essential part of the forage chain for cattle or milk production in the region. The wheat small grain can be used simultaneously for both the production of grain and cattle. The so-called "dual purpose wheat" (DPW) refers to using this crop for a dual purpose: cattle grazing during the vegetative growth stage and crop yield. Thus, DPW is a forage option in livestock raising mixed systems and a greater efficiency in land use. There is little information concerning the impact of nitrogen (N) fertilization on nutritional composition of silage, especially that on DPW. During 2000 and 2001 "Super Printa" DPW was sown in two pilot locations in Buenos Aires province that belong to Coronel Suarez Research Station (Ministry for Rural Affairs and Production): Pasman (38° 21'SL and 62 ° 08'WL) and Cabildo (38 ° 25 'SL and 61 ° 42' WL). The soils are typical Hapludol with texture differences and variation in the content of organic matter (Pasman: 4.4%; Cabildo: 2.1%). Different doses of nitrogen in the form of urea (0, 40, 80, 120, 160 kg / ha) were applied using a randomized block design (n = 4). Two cuts a year were made, coinciding with different times of the cycle of crop growth. The forage production was assessed in each cut through samples in order to fix dry matter (DM), crude protein (CP), soluble protein (SP), non-structural soluble carbohydrates (NSSC), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (L) and minerals. Data were subjected to variance analysis with factorial design, 5 x 2 x 2. With some variations between localities and years, N fertilization increased linearly fodder production and grain. As regards DPW nutritional composition, there was a linear reduction in fertilization in DM concentration (P<0.01), and a slight one in NDF (P<0.05). No pronounced effect on ADF or L percentages were seen. There was no effect on the digestibility of DM (DMD). N fertilization reduced NSSC content only during 2000. There was an evident upward linear effect in CP and SP concentrations (P <0.01) while increasing urea doses. N fertilization increased to CP or SP / NSSC relation. However, the first cut (C1) was greater than the second one (C2) in 2001 (P<0.01). With respect to macrominerals the greatest N fertilization effect was in the K content due to an increase in urea doses

($P < 0.05$). As a conclusion, N fertilization had a significant impact on forage production and grain in DPW. Though was not affected the digestibility of DM, the decrease in DM concentration and the increase in CP and SP could negatively impact on animal yield. Further research is suggested.

Key words: dual-purpose wheat, nitrogen fertilization, forage production, grain production, nutritional composition, animal yield.