UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

RESPUESTA A LA APLICACION DE NITROGENO, POTASIO Y AZUFRE EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN MAIZ (*Zea mays* L.) EN SUELOS CALCAREOS DEL NORTE DE TAMAULIPAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN PRODUCCION AGRICOLA

PRESENTA:

ING. RICARDO SANCHEZ DE LA CRUZ

MARIN, NUEVO LEON ABRIL 1995

TM
SB191
.M2
S2
c.1

1080063693

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

RESPUESTA A LA APLICACION DE NITROGENO, POTASIO Y AZUFRE EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN MAIZ (*Zea mays* L.) EN SUELOS CALCAREOS DEL NORTE DE TAMAULIPAS

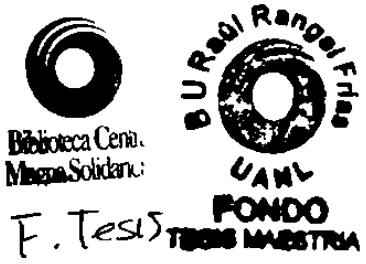
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN PRODUCCION AGRICOLA

PRESENTA:

ING. RICARDO SANCHEZ DE LA CRUZ

11951

TM
SB191
.M2
S2



045.633
FA1
1995
.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

RESPUESTA A LA APLICACION DE NITROGENO, POTASIO Y AZUFRE EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN MAIZ (*Zea mays* L.) EN SUELOS CALCAREOS DEL NORTE DE TAMAULIPAS

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE MAESTRO
EN CIENCIAS EN LA ESPECIALIDAD DE
PRODUCCION AGRICOLA

PRESENTA:

ING. RICARDO SANCHEZ DE LA CRUZ

MARIN, NUEVO LEON ABRIL 1995

RESPUESTA A LA APLICACION DE NITROGENO, POTASIO Y AZUFRE EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN MAIZ (*Zea mays* L.) EN SUELOS CALCAREOS DEL NORTE DE TAMAULIPAS.

TESIS

SOMETIDA AL CONSEJO DE GRADUADOS COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

APROBADA POR:

Ph D. Emilio Olivares Sáenz
Asesor principal

Ph. D. Rigoberto Vázquez Alvarado
Asesor secundario

Ph. D. Francisco Zavala García
Asesor secundario

D E D I C A T O R I A

A mi esposa e hijas

Ana María Salazar Montes, Ana Laura, Nubia Patricia y Ariana

Con amor eterno

A mis padres

Antonio Sánchez Veloquio y Purificación de la Cruz de Sánchez

Con cariño sincero

A mis hermanos

Antonio Javier, Héctor, María Josefina, Leticia, Agustín, Patricia, Idalia y Maricruz

Con cariño sincero

A mi abuelita

Sra. Josefina Veloquio Vda. de Sánchez

Con cariño sincero

A mis sobrinos

A mis cuñadas y cuñados

A mis familiares y amigos

Por la gran comprensión y apoyo brindado para hacer posible mi superación profesional

A todos ¡MUCHAS GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Emilio Olivares Sáenz por su dirección en el trabajo de tesis y estímulos brindados durante mi formación académica.

Al Dr. Rigoberto Vázquez Alvarado por sus consejos e interés mostrado en la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco Zavala García por la ayuda que me brindó y la asesoría en la culminación de este trabajo.

Al Ing. M. C. Ricardo D. Valdez Cepeda por su colaboración en la obtención de las variables estudiadas y asesoría en la técnica DRIS.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, a las autoridades del Centro de Investigación Regional del Noreste y Campo Experimental de Río Bravo, por la oportunidad y apoyo brindado para realizar mis estudios de postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico durante mis estudios de postgrado.

Al Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal de H. Matamoros, Tamaulipas, por su apoyo económico durante mis estudios de postgrado.

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

A los directivos, profesores y personal administrativo de la Subdirección de Estudios de Postgrado de la FAUANL por su apoyo otorgado en todo momento.

Al Fondo de Aseguramiento Agrícola (PROAGRO)-Díaz Ordáz, Tam. por el apoyo brindado y el interés mostrado en esta investigación.

A la familia Olivares, en especial al Ing. José Olivares Sáenz por su colaboración desinteresada en el establecimiento y manejo de la parcela experimental.

Y a todas aquellas personas que intervinieron de alguna forma en la culminación de este trabajo, así como en esta etapa de mi formación académica.

CONTENIDO

Página

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS x

RESUMEN xvii

SUMMARY xxi

1. INTRODUCCION 1

2. LITERATURA REVISADA 5

2.1. Los suelos en el norte de Tamaulipas 5
2.1.1. Características de los suelos del norte de Tamaulipas 5
2.1.2. Origen de los suelos del norte de Tamaulipas 5
2.2. Suelos calcáreos 6
2.2.1 Que es un suelo calcáreo 6
2.2.2. Generalidades de los carbonatos 7
2.2.3. Principales minerales carbonatados 8
2.2.4. Reacción del fósforo en suelos calcáreos 9
2.3. Características de los suelos alcalinos 10
2.3.1. Influencia del pH en la utilidad del fósforo 11
2.3.2. Método de aplicación del fósforo 12
2.4. Nitrógeno 12
2.4.1. Formas utilizables del nitrógeno y su función en las plantas 12
2.4.2. Formas y movimiento del nitrógeno en el suelo 13
2.4.3. Epoca de aplicación del nitrógeno 14
2.4.4. Pérdidas del nitrógeno 16
2.5. Potasio (K) 17
2.5.1. El potasio en el suelo 17
2.5.2. Funciones del potasio en las plantas 18
2.5.3. Efectos del potasio en el crecimiento y desarrollo de las plantas 19
2.5.4. Concentración de potasio en las plantas de maíz 20
2.5.5. El potasio en suelos calcáreos 20

Página

2.5.6. Respuesta a aplicaciones de potasio en suelos con concentración alta 21
2.5.7. Recomendaciones para la aplicación de potasio al suelo 21
2.5.8 Interacción de otros factores con la absorción de potasio en maíz 22
2.6 Azufre 23
2.6.1. Oxidación del S en el suelo 23
2.6.2. Mejoramiento en la utilidad de fertilizantes en suelos calcáreos 24
2.6.3. Corrección de pH por medio de acidificación del suelo 25
2.6.4. Acidificación en la banda del fertilizante 27
2.7. Densidad de población 28
2.7.1. Competencia como resultado de la densidad 29
2.7.2. Factores ambientales y características de la planta que fectan la densidad optima de plantas 30
2.7.3. Respuesta de la planta a cambios en la densidad 33
2.8. DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) 35

3. MATERIALES Y METODOS 39

3.1. Localización 39
3.2. Características del clima 39
3.3. Diseño experimental, tratamientos y croquis 40
3.4. Preparación del suelo y material genético 41
3.5. Establecimiento del experimento y aplicación de tratamientos 43
3.6. Siembra 44
3.7. Riegos y labores culturales 44
3.8. Plagas y enfermedades 45
3.9. Suelo 46
3.10. Variables de estudio en etapa vegetativa 47
3.10.1.Altura de planta 47
3.10.2. Diámetro de tallo 48
3.10.3. Area foliar 49

Página

3.10.4. Contenido de humedad del suelo 48
3.11. Variables de estudio en etapa de floración 49
3.11.1. Altura total de planta 49
3.11.2 Altura a la mazorca 49
3.11.3. Area foliar 49
3.11.4. Peso seco de maleza 50
3.12. Variables en la epoca de cosecha 50
3.12.1. Rendimiento de grano 51
3.13. Indice de cosecha 51
3.14. Determinación de pH y conductividad eléctrica 52
3.15. Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio en tejido vegetal 52
3.16. Estado nutricional de las plantas según la técnica DRIS 52
3.17. Análisis estadístico 54
3.18. Análisis estadístico de la variable rendimiento por parcela útil 55

4. RESULTADOS 57

4.1. Etapa vegetativa 57
4.1.1. Area foliar 57
4.1.2. Diámetro de tallo 58
4.1.3. Altura de planta 59
4.1.4. Error de muestreo en las variables en la etapa vegetativa 62
4.2. Variables en la etapa de floración 62
4.2.1. Area foliar 62
4.2.2. Altura de mazorca 63
4.2.3. Altura de planta 64
4.3. Variables de suelo y maleza en la etapa de floración 65
4.3.1. pH del suelo 66
4.3.2. Conductividad eléctrica del suelo 67
4.3.3. Peso seco de maleza 68
4.4. Análisis foliares en la etapa de floración 69
4.4.1. Nitrógeno foliar 69
4.4.2. Fósforo foliar 70
4.4.3. Potasio foliar 71
4.4.4. Resultados de los análisis foliares con la metodología DRIS 73

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

Página

4.5. Variables en la época de cosecha 73
4.5.1. Altura de planta 73
4.5.2. Altura a la mazorca 74
4.5.3. Peso seco total de planta 75
4.5.4. Peso de mazorca 76
4.5.5. Longitud de mazorca 78
4.5.6. Perímetro de mazorca 79
4.5.7. Longitud de mazorca sin llenado de grano 80
4.5.8. Hileras por mazorca 81
4.5.9. Granos por hilera 82
4.5.10. Peso de olote 84
4.5.11. Peso de 100 granos 85
4.5.12. Peso de grano 86
4.5.13. Indice de cosecha 87
4.5.14. Rendimiento por parcela útil 88

5. DISCUSIÓN 92

5.1. Aplicación de nitrógeno antes de la siembra 92
5.2. Aplicación de potasio 95
5.3. Aplicación de azufre agrícola 97
5.4. Densidad de población 98
5.5. Interpretación de los análisis foliares utilizando el criterio de los niveles críticos 101
5.5.1. Nitrógeno 101
5.5.2. Fósforo 102
5.5.3. Potasio 103
5.6. Interpretación de los análisis foliares utilizando el criterio DRIS 104
5.6.1. Nitrógeno 104
5.6.2. Potasio 104
5.6.3. Densidad 105
5. 7. Análisis estadísticos utilizados en el rendimi[illegible] por parcela útil 105
5. 8. Diseño de tratamientos 107

6. CONCLUSIONES 109
7. BIBLIOGRAFIA 111
8. APENDICE 118

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Página

Cuadro 1. Factores y niveles estudiados en el experimento "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 40

Cuadro 2. Resultados del análisis de suelo del sitio experimental "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 46

Cuadro 3. Efectos y grados de libertad (G. L.) en el diseño Taguchi L 8 55

Cuadro 4. Medias por factor y nivel de la variable área foliar en la etapa vegetativa en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 58

Cuadro 5. Medias por factor y nivel de la variable diámetro de tallo en la etapa vegetativa en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 59

Cuadro 6. Medias por factor y nivel de la variable altura de planta en la etapa vegetativa en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 60

Cuadro 7. Medias de altura en la etapa vegetativa de los factores densidad y potasio en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 61

Cuadro 8. Medias de altura en la etapa vegetativa de los factores nitrógeno y azufre en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 61

Página

Cuadro 9. Medias por factor y nivel de la variable área foliar en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 63

Cuadro 10. Medias por factor y nivel de la variable altura a la mazorca en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 64

Cuadro 11. Medias por factor y nivel de la variable altura de planta total en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 65

Cuadro 12. Medias por factor y nivel de la variable pH de suelo en la etapa de floración en el experimento "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 66

Cuadro 13. Medias por factor y nivel de la variable conductividad eléctrica del suelo en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 67

Cuadro 14. Medias por factor y nivel de la variable peso seco de maleza en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 69

Cuadro 15. Medias por factor y nivel de la variable % de nitrógeno foliar en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 70

Cuadro 16. Medias por factor y nivel de la variable % de fósforo foliar en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 71

Página

Cuadro 17. Medias por factor y nivel de la variable % de potasio foliar en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 72

Cuadro 18. Medias de la variable % de potasio foliar en la etapa de floración de los factores potasio y azufre en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 72

Cuadro 19. Indices DRIS para nitrógeno, fósforo y potasio y el orden de requerimiento en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 73

Cuadro 20. Medias por factor y nivel de la variable altura total en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 74

Cuadro 21. Medias por factor y nivel de la variable altura a la mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 75

Cuadro 22. Medias por factor y nivel de la variable peso seco total de planta en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 76

Cuadro 23. Medias por factor y nivel de la variable peso de mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 77

Cuadro 24. Medias por factor y nivel de la variable longitud de mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 79

Página

Cuadro 25. Medias por factor y nivel de la variable perímetro de mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. .80

Cuadro 26. Medias por factor y nivel de la variable longitud sin llenado de grano en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 81

Cuadro 27. Medias por factor y nivel de la variable hileras por mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 82

Cuadro 28. Medias por factor y nivel de la variable granos por hilera en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 83

Cuadro 29. Medias por factor y nivel de la variable peso de olote en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 85

Cuadro 30. Medias por factor y nivel de la variable peso de 100 granos en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 86

Cuadro 31. Medias por factor y nivel de la variable peso de grano en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 87

Cuadro 32. Medias por factor y nivel de la variable índice de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 88

Página

Cuadro 33. Coeficientes de variación, F y P para tratamientos y covariables obtenidos con los diferentes métodos de análisis del rendimiento por parcela útil en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 90

Cuadro 34. Medias ajustadas por covarianza por factor y nivel de la variable rendimiento de grano por parcela útil transformadoa kg por hectárea en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 91

APENDICE

Cuadro A1. Cuadrados medios para las variables área foliar, diámetro de tallo y altura de planta en la etapa vegetativa en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 118

Cuadro A2. Cuadrados medios para las variables área foliar, altura de mazorca y altura total en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 118

Cuadro A3. Cuadrados medios para las variables pH de suelo,conductividad eléctrica del suelo y peso seco de maleza en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 119

Cuadro A4. Cuadrados medios para las variables % de nitrógeno foliar, % de fósforo foliar y % de potasio foliar determinados en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94 119

Cuadro A5. Cuadrados medios para las variables altura total, altura de mazorca, peso seco total de planta y peso de mazorca en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94.... 120

11951

Página

Cuadro A6. cuadrados medios para las variables longitud de mazorca, perímetro de mazorca, longitud sin llenado de grano e hileraspor mazorca determinados en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94..... 120

Cuadro A7. Cuadrados medios para las variables granos por hilera, peso de olote, peso de 100 granos y peso de grano determinados en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94.....121

Cuadro A8. Cuadrados medios para la variable índice de cosecha y rendimiento por hectárea con la covariable humedad de suelo en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94..... 121

Cuadro A9. Medias por tratamiento de las variables área foliar, diámetro de tallo y altura de planta en la etapa vegetativa en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94..... 122

Cuadro A10. Medias por tratamiento de las variables área foliar, altura de mazorca y altura de planta en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 122

Cuadro A11. Medias por tratamiento de las variables pH de suelo, conductividad eléctrica del suelo y peso seco de maleza en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94..... 123

Cuadro A12. Medias por tratamiento de las variables % de nitrógeno foliar, % de fósforo foliar y % de potasio foliar determinados en la etapa de floración en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94..... 123

Página

Cuadro A13. Medias por tratamiento de las variables altura de planta, altura de mazorca, peso seco total de planta y peso de mazorca evaluados en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 124

Cuadro A14. Medias por tratamiento de las variables longitud de mazorca, perímetro de mazorca, longitud sin llenado de grano y número de hileras por mazorca determinadas en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 124

Cuadro A15. Medias por tratamiento de las variables granos por hilera, peso de olote, peso de 100 granos y peso de grano en la época de cosecha en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 125

Cuadro A16. Medias por tratamiento de las variables índice de cosecha y rendimiento en kg ha^{-1} en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 125

FIGURAS.

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo del experimeto "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 42

Figura 2. Croquis del experimento en el campo con el número de tratamiento y errores estimados en el estudio "Respuesta a nitrógeno inicial, potasio y azufre en dos densidades de maíz en Díaz Ordáz, Tam.". Ciclo O-I 1993-94. 89

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

RESUMEN

En el norte de Tamaulipas se sembraron en el ciclo O-I 93-94 236,000 hectáreas de maíz, por lo que este cultivo es el de mayor importancia en la región. La fertilización es uno de los factores que limitan el rendimiento de maíz en la región y es uno de los insumos más altos que elevan el costo de producción. Por lo que los objetivos del presente trabajo fueron 1) evaluar la fertilización nitrogenada aplicada antes de la siembra, 2) evaluar la respuesta a la aplicación de potasio, 3) determinar si existe diferencia entre densidades de población de un híbrido de maíz altamente productivo, así como la interacción de densidades con fertilización y 4) evaluar el efecto del azufre agrícola sobre el pH del suelo, rendimiento de maíz y la concentración foliar de N, P, K.

El estudio se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno 1993-94 en el municipio de Reynosa, Tamaulipas en la parcela ubicada en el canal sublateral 0-14 y lateral 61-7 comprendida en el área de riego del Distrito de Desarrollo Rural 2, Díaz Ordáz. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar con un arreglo ortogonal Tag chi L8; las unidades experimentales fueron de 5 surcos de 10 m de largo, utilizando como parcela útil tres surcos de 8 m. Los factores de estudio y sus niveles fueron: nitrógeno (N1=0 y N2=50 kg ha^{-1}) potasio (K1=0 y K2=80 kg ha^{-1}), azufre agrícola (S1=0 y S2=120 kg ha^{-1}) y densidad de población (D1=50,000 y D2=70,000 plantas ha^{-1}); los tratamientos evaluados fueron: 1) N1 K1 S1 D1, 2) N1 K1 S2 D2, 3) N1 K2 S1 D2, 4) N1 K2 S2 D1, 5) N2 K1 S1 D2, 6) N2 K1 S2 D1, 7)N2 K2 S1 D1 y 8) N2 K2 S2 D2.

Las variables evaluadas en la etapa vegetativa fueron: área foliar, diámetro de tallo y altura de planta; en la etapa de floración se midió área foliar, altura de mazorca, altura de planta, pH y conductividad eléctrica del suelo, peso seco de maleza y concentración de N, P, K en la hoja de la mazorca; en la cosecha se evaluó el rendimiento por parcela útil, además se cosecharon nueve plantas por parcela en donde se midió: altura de mazorca, altura de planta, peso seco total de planta, peso de mazorca, peso de grano, longitud de mazorca, perímetro de mazorca, longitud de mazorca sin polinizar, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de olote, peso de 100 granos y rendimiento por área de las nueve plantas.

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para nitrógeno en las variables altura de planta a los 45 días, altura de mazorca y altura de planta en la cosecha, longitud de mazorca, perímetro de mazorca, peso de olote, peso de grano rendimiento por área y rendimiento por parcela útil. En todas las variables se obtuvieron valores mayores con la aplicación de 50 kg ha^{-1} de nitrógeno inicial. La diferencia en rendimiento entre los niveles de nitrógeno fue de 440 kg ha^{-1}, encontrando que al aplicar 50 kg ha^{-1} de N al momento de la siembra se obtuvo una ganancia neta de $186.00, considerando el precio de maíz en $0.65 por kg, y el precio de un kg de N igual a $2.0.

Para potasio se encontró diferencia significativa para rendimiento por hectárea y concentración de potasio en la hoja de la mazorca. El efecto de la aplicación de 80 kg ha^{-1} de potasio fue de 302 kg, lo que equivale a una ganancia bruta de $196.00; considerando el precio de un kg de potasio en $3.00, se tiene una inversión de $240.00 por hectárea al aplicar esta dosis, por lo que el incremento en rendimiento no compensó el costo del fertilizante.

En cuanto al azufre agrícola, este solo tuvo efecto sobre el pH y conductividad eléctrica del suelo, las diferencias encontradas fueron mínimas a pesar de ser significativas. No se encontró efecto de este factor en el resto de las variables medidas ni sobre el rendimiento de grano.

Para densidad, se encontró mayor área foliar y un mayor desarrollo de mazorca en la densidad de 50,000 plantas ha^{-1}. En la densidad de 70,000 plantas ha^{-1} se encontró una mayor altura de planta y mayor rendimiento por área. Al aumentar la densidad de 50,000 a 70,000 plantas ha^{-1} se observó un incremento en rendimiento de 560 kg, con lo que se obtuvo una ganancia bruta de $364.00. Si se considera la bolsa de semilla con 65,000 granos a $250.00; el costo en el incremento de la densidad es de $76.90, lo que da una ganancia neta de $287.00.

En cuanto a la interpretación de los análisis foliares utilizando el criterio de los niveles críticos; se encontró que los niveles de nitrógeno y potasio estuvieron por debajo de los valores críticos, solo el fósforo estuvo dentro del rango de suficiencia reportado por la literatura. Al interpretar los análisis foliares por la técnica DRIS, los índices indicaron que para los niveles de nitrógeno estudiados, existió un mayor desbalance nutricional para el nivel N1 (0 kg ha^{-1}); para potasio, en general se observó un desbalance nutricional más fuerte para el nivel K1 (0 kg ha^{-1}); en el caso de densidad, se encontró un mayor desbalance nutricional en el nivel D2 (70,000 plantas por hectárea).

En el rendimiento por parcela útil se compararon varias técnicas de análisis estadístico, sobresaliendo la técnica de vecindad cercana con ajuste norte-sur y el análisis de covarianza usando como variable concomitante a la humedad de suelo. El

arreglo de tratamientos Taguchi L8 mostró buena eficiencia para comparar cuatro factores a dos niveles cada uno.

SUMMARY

Corn is the most important crop at the North of Tamaulipas, Mexico, and fertilization is one of the major factors that impairs yield and increases the cost of the crop. Therefore, the purpose of this work was: 1) to evaluate if nitrogen fertilization before planting is a profitable practice; 2) to determine if potassium fertilization increases yield in a calcareous soil; 3) to determine if elemental sulfur decreases the soil pH and increases yield and mineral concentration in the leaf tissue; and 4) to evaluate two planting populations and its interaction with nitrogen, potassium and sulfur.

The experiment was carried out at the North of Tamaulipas Mexico on an irrigated field in the spring of 1994. The treatment design was a Taguchi L8 and the eight treatments were randomly distributed in a complete block experimental design with four replications. The studied factors and their levels were: nitrogen (N1=0 y N2=50 kg ha^{-1}), potassium (K1=0 y K2=80 kg ha^{-1}), elemental sulfur (S1=0 y S2=120 kg ha^{-1}) and plant density (D1=50,000 y D2=70,000 plants ha^{-1}); the treatments were: 1) N1 K1 S1 D1, 2) N1 K1 S2 D2, 3) N1 K2 S1 D2, 4) N1 K2 S2 D1, 5) N2 K1 S1 D2, 6) N2 K1 S2 D1, 7)N2 K2 S1 D1 and 8)N2 K2 S2 D2.

Plants were sampled at the 8 leave stage, leaf area, stem diameter, and plant height were measured. At the silking stage, the variables studied were leaf area, ear height, plant height, soil pH, soil electrical conductivity, weeds dry weight and foliar concentration of N, P and K. Nine plants per experimental unit were harvested and

the following variables were registered: ear height, plant height, dry weight per plant, ear weight, ear length, ear perimeter, length of ear without polinization, number of rows per ear, number of kernels per row, weight of cob, weight of 100 grains, and yield per area of the nine plants.

Analysis of variance showed significant differences between the nitrogen levels for plant height at the 8 leave stage, ear height, plant height at harvest, ear length, ear perimeter, weight of cob, kernel weight, and yield per plot. All variables showed higher values in the plots with 50 kg N ha^{-1}. Nitrogen application increased yield in 440 kg ha^{-1}, with a profit of $186.00.

Potassium fertilization did not show any effect on plant growth or ear development. However, analysis of variance showed significant differences in yield per hectare and K concentration in the leave tissue. Potassium application increased yield in 302 kg ha^{-1}, however, this yield did not pay for the cost of potassium fertilizer.

Elemental sulfur decreased soil pH and increased soil electrical conductivity. However, sulfur did not have any effect on variables related with plant growth and yield.

Plant density had a marked effect on yield. Plant density of 70,000 plants ha^{-1} had higher yields (560 kg ha^{-1}) than the 50,000 plants ha^{-1}, with an estimated profit of $287.00. However, the high density had a higher leaf area per plant and a better ear growth.

Nitrogen and potassium tissue concentrations were below of the critical range reported for corn, and phosphorus was within the critical range. DRIS (Diagnostic Recommendation Integrated System) indices were computed for nitrogen phosphorus and potassium tissue concentrations. The indices showed a greater nutrient imbalance for the N1 level of nitrogen (0 kg ha^{-1}), compared with the N2 level (50 kg ha^{-1}). Level K1 (0 kg ha^{-1}) of potassium showed a greater nutrient imbalance than level K2 (80 kg ha^{-1}). The higher plant density (70,000 plants ha^{-1}) showed a greater nutrient imbalance than the low density (50,000 plants ha^{-1}).

Yield per plot was analyzed using different statistical techniques. Nearest neighbor analysis (adjusted by north-south direction) and covariance analysis with soil water content as covariable were the statistical analysis that gave the lowest coefficient of variation. The treatment design (Taguchi L8) showed to be a good technique to test four factors in a field experiment.