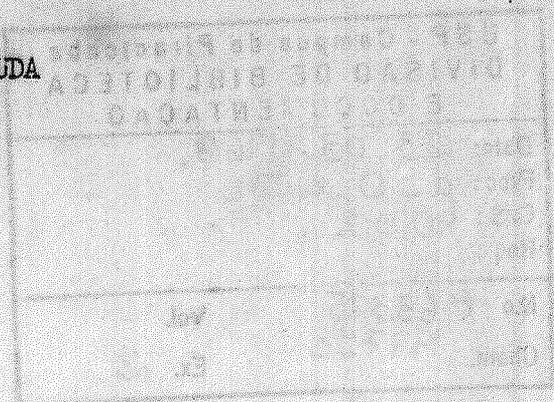


HERMÃO VAZ DE ARRUDA

Engenheiro-Agrônomo



CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO
DA ADUBAÇÃO MINERAL DO MILHO NAS
TERRAS ROXAS DO MUNICÍPIO DE
RIBEIRÃO PRÊTO

TESE DE DOUTORAMENTO

Apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de S. Paulo

1959



Wang

A G R A D E C I M E N T O S

O autor exprime os seus agradecimentos aos professores Frederico Pimentel Gomes, Tufi Coury e Eurípêdes Malavolta, e aos engenheiros-agrônomo E. S. Freire, Heli Camargo Mendes e Glauco Pinto Viégas, pela leitura do texto e sugestões apresentadas; à Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de S. Paulo, de Ribeirão Preto, pelas análises químicas das terras; e a Da. Marieta Teixeira Mendes Scarnari, pelos trabalhos datilográficos.

CONTEÚDO

H. V. M.

	pag.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
4. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
4.1 Efeito da adubação mineral sobre a produção de milho	13
4.1.1 Resultados obtidos no ano agrícola 1957-58	13
4.1.2 Resultados obtidos no ano agrícola 1958-59	15
4.1.3 Análise conjunta dos experimentos instalados nos dois anos	18
4.2 Efeito da adubação mineral sobre o peso médio das espigas	23
4.3 Efeito da adubação mineral sobre o índice de espigas	24
4.4 Efeito da adubação mineral sobre o rendimento de grãos	25
4.5 Resultados de outros experimentos instalados em terra roxa legítima da Estação Experimental de Ribeirão Preto	26
4.6 Resultado de análises químicas das terras onde foram instalados os experimentos	29
5. DISCUSSÃO	32
6. RESUMO E CONCLUSÕES	33
7. SUMMARY AND CONCLUSIONS	35
8. LITERATURA CITADA	36

Hvam

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa o segundo lugar no Estado de S. Paulo, com relação ao total da área cultivada, conforme dados publicados pela Divisão de Economia Rural, da Secretaria da Agricultura (9). De acordo com os referidos dados foram plantados no ano agrícola de 1958/59 um total de 987 300 hectares com milho, com produção estimada em 25 100 000 sacos de 60 kg.

Entre os municípios que mais plantam milho no Estado figura o de Ribeirão Preto, constituído pela sede e três distritos, Guatapar, Bomfim Paulista e Dumond, que totalizam uma superfície de 1 150 km² ou sejam 115 000 hectares. A rea correspondente  zona rural do município  de 108 300 hectares e nesta a parte cultivada  de 29 040 hectares, segundo dados fornecidos pela Casa da Lavoura de Ribeirão Preto. De acordo com essa mesma fonte de informao, as culturas são distribuidas pelas áreas seguintes:

Culturas	rea plantada ha
Café	9 680
Milho	4 840
Algodão	3 146
Arroz	3 630
Cana de aucar	3 630
Outras culturas	4 114

Vê-se, por a, que no município de Ribeirão Preto o milho também ocupa o segundo lugar, em relao  área cultivada.

A produo estimada para os 4 840 hectares com milho foi para o ano 1958-59, de 110 000 sacos de 60 kg, ou 1 363 kg por hectare, que se aproxima da média do Estado (1 525 kg por hectare) para o referido ano agrícola.

A produo média do município de Ribeirão Preto, levando-se em conta os últimos dez anos  de 1 355 kg por hectare, conforme dados colhidos também na Casa da Lavoura local, ou seja inferior  média geral de todo o Estado.

Ora, considerando-se a decantada fertilidade da terra roxa, e ainda, que o município de Ribeirão Preto possui grande área dêste tipo de solo, não se justifica, a não ser pela queda de fertilidade, a baixa produo constatada nos dez últimos anos. PAIVA NETTO e outros (21) chamam a ateno para a queda lenta, mas progressiva da fertilidade das terras roxas, o que les atribuem  pobreza em minerais primários, portado-

H. V. M.

res de elementos químicos no estado potencial. Assim, é razoável admitir que estes solos que vêm sendo intensivamente explorados há mais de cem anos, sem receberem (ou mui raramente) uma adubação de restituição que devolva ao menos os elementos químicos retirados pelas colheitas, estejam hoje com sua capacidade de produção sensivelmente reduzida.

Uma prova a mais, em favor da baixa fertilidade destas terras roxas, do município de Ribeirão Preto, está em que a produção média de 1.355 kg por hectare, foi obtida com o emprêgo de sementes de milho híbrido, na proporção de pelo menos 40% da área plantada, conforme dados fornecidos pela Casa da Lavoura local, apresentados a seguir:

Quadro 1 - Sacos de semente de milho híbrido vendidos pela Casa da Lavoura de Ribeirão Preto aos agricultores do município

Ano agrícola	Número de sacos de 50 kg
1950 - 1951	340
1951 - 1952	953
1952 - 1953	1 184
1953 - 1954	591
1954 - 1955	1 009
1955 - 1956	2 514
1956 - 1957	1 204
1957 - 1958	1 013
1958 - 1959	778

Releva notar que, a esta quantidade de sacos de sementes, vendidos pela Casa da Lavoura, ter-se-á ainda que acrescentar a parcela vendida por firmas especializadas particulares (Agroceres, Parnaíba), principalmente nos últimos anos; assim, com relação ao plantio de sementes híbridas, ocupa o município de Ribeirão Preto, posição de destaque no Estado de S. Paulo.

É claro que, embora as sementes de milho híbrido não tenham encontrado o ambiente para o seu máximo rendimento, vieram em parte diminuir o efeito da queda da fertilidade do solo sobre a produção por unidade de área, nos últimos dez anos. A produção unitária seria, sem dúvida, muito mais baixa, se fôsem plantadas somente as antigas variedades Armour e Cg teto, conforme mostram os resultados de experimentos de competição de hí-

H. V. M.

bridos e variedades de milho, instalados na Estação Experimental de Ribeirão Preto (28).

Vê-se, pelo exposto, que o aumento de produção será conseguido através do aumento da fertilidade das terras do município, sendo a adubação química um dos meios indicados, considerando-se as ótimas propriedades físicas das terras roxas e o seu apreciável teor em matéria orgânica.

A área adubada na cultura do milho é muito pequena, desprezível mesmo, em confronto com a área total plantada com este cereal, no município em aprêço. O atual elevado preço dos fertilizantes e o valor relativamente baixo do milho, por ocasião da colheita, impedem o incremento na aplicação de adubos. Por outro lado, o elevado valor das terras, em média, Cr\$80.000,00 por alqueire, obriga o lavrador a tirar maior rendimento para compensar o juro do capital invertido.

A despeito da necessidade de adubação, o uso de adubos minerais na lavoura do milho só poderá ser concretizado quando se dispuzerem os dados experimentais suficientes, para orientar seguramente as adubações, obtendo o máximo rendimento por unidade de superfície, com os demais fatores de produção num valor próximo do ótimo.

Os experimentos já instalados em terra roxa, da Estação Experimental de Ribeirão Preto (29, 30), em número reduzido, revelaram boas reações para o potássio, para o estêrco, para o nitrogênio na forma protéica (tortas oleaginosas) e nenhuma praticamente para o fósforo. A reação para o potássio até certo ponto se explica pelo mapa de distribuição dos elementos químicos nas terras da referida Estação, feito há anos atrás pela Seção de Agrogeologia, o qual mostra ser baixo o teor deste elemento na área experimental utilizada. Análises químicas recentes das terras onde se situavam estas experiências, comprovaram plenamente a indicação obtida através do referido mapa.

Quanto ao fósforo, a baixa reação pode ser explicada pelo alto teor deste elemento no solo, conforme acusam as análises químicas. A boa reação ao nitrogênio na forma orgânica protéica e praticamente nula para as formas nitrogenadas minerais, aplicadas no sulco de plantio como adubação fundamental, abriu um campo novo para o estudo da aplicação em cobertura e parcelada deste elemento nas formas minerais, embora os resultados das análises de terra revelassem teores em matéria orgânica e nitrogênio bastante elevados quando comparados aos das demais terras do Estado.

Com o objetivo de obter dados que pudessem melhor orientar a adubação do milho, em terras roxas, do município de Ribeirão Preto, nos anos agrícolas 1957-58 e 1958-59, foram instaladas 27 experiências de adubação, cujos resultados são apresentados no presente trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os resultados de ensaios de adubação de milho, realizados em nosso meio, já publicados, indicam efeito no geral muito elevado para o fósforo, menor e muito variável para o nitrogênio, e desprezível ou mesmo depressivo em alguns casos para o potássio.

CAMARGO e HERMANN (3), em experimentos instalados há mais de 30 anos, em terra roxa misturada de Campinas, mostraram que o fósforo combinado com NK dobrou a produção em relação ao tratamento com NK apenas (1 620 kg/ha para NK e 3 215 kg/ha para NPK).

KIEHL (16) e KIEHL e PIMENTEL GOMES (17), estudando o efeito de diversos adubos fosfatados sobre a produção de milho, em terra roxa de Piracicaba, concluíram que a farinha de ossos e o hiperfosfato apresentaram maiores efeitos que o superfosfato e fosfato de rocha. No segundo ano, estudando o efeito da readubação com os mesmos adubos fosfatados, verificaram que o fosfato de rocha foi inferior aos demais tipos de adubo fosfatado. A dose de P_2O_5 utilizada foi de 83 kg por hectare.

MALAVOLTA e outros (18), estudando também o efeito da adubação fosfatada para o milho, em terra roxa arenosa (formação Corumbataí), de Piracicaba, concluíram que os adubos mais solúveis foram os que apresentaram maiores efeitos. A dose de P_2O_5 utilizada foi de 200 kg por hectare.

MALAVOLTA e outros (19) estudaram novamente o efeito da adubação fosfatada sobre a produção de milho, usando desta vez três formas diferentes, hiperfosfato, fosfato americano e superfosfato, com duas doses, 83 kg e 200 kg de P_2O_5 por hectare, usadas nos experimentos anteriores (16,18), na presença de 200 kg de N, 200 kg de K_2O e 1 tonelada de calcário por ha. A conclusão final foi a de que todos os tratamentos foram superiores à testemunha; não houve diferença entre as duas doses, para os três adubos; o fosfato da Flórida não diferiu do superfosfato, sendo ambos superiores ao hiperfosfato. Estes resultados não confirmaram os encontrados por KIEHL e PIMENTEL GOMES, atrás mencionados (16), o que pode ser atribuído às doses diferentes empregadas.

VIEGAS (32) apresentou os resultados de experimentos de adubação mineral quantitativa, instalados durante cinco anos em solo do tipo glacial de baixa fertilidade, em três localidades do Estado de S. Paulo: Campinas, Ipanema e Eng. Hermilo. Constatou esse pesquisador que o fósforo apresentou efeito elevado nas três localidades; o azoto, efeito variável e bem menor, enquanto o potássio não mostrou efeito algum. O azoto nestes experimentos foi empregado na forma de salitre do Chile, o fósforo na de super

H. V. A.

fosfato e o potássio na de cloreto, todos aplicados nos sulcos de plantio.

VIÉGAS e CATANI (33) dão os resultados de um experimento conduzido por três anos consecutivos em terra roxa misturada de Campinas, visando estudar o efeito da adubação mineral sobre a produção de milho. Concluíram eles que, apenas a adubação fosfatada deu efeitos significativos, enquanto que o nitrogênio e o potássio mostraram efeitos desprezíveis. O nitrogênio, na forma de salitre do Chile, o fósforo na de superfosfato e o potássio na de cloreto, foram aplicados nos sulcos de plantio.

VIÉGAS e FREIRE (29) estudaram o efeito da torta de algodão aplicada isolada e em combinação com cinzas de café e farinha de ossos sobre a produção do milho, através de 10 experimentos instalados no período entre os anos agrícolas 1943-44 e 1951-52, em sete diferentes estações experimentais do Estado de S. Paulo, inclusive a de Ribeirão Preto. Enquanto a farinha de ossos só aumentou a produção em uma delas, as cinzas de café em duas a torta provocou aumentos de produção em quatro.

VIÉGAS e FREIRE (30) estudaram também o efeito da aplicação de estêrco e adubos minerais no milho, através de três experimentos instalados em Campinas, Ribeirão Preto e Engenheiro Hermilo. No experimento de Campinas, situado em terra roxa misturada, as três adubações aumentaram extraordinariamente a produção: a adubação organo-mineral foi a de maior efeito, vindo a seguir a com estêrco e, por último, a mineral. Em Ribeirão Preto, situado em terra roxa legítima, o milho não reagiu à adubação fosfatada, mas tanto o potássio quanto o estêrco elevaram consideravelmente a produção. Em Engenheiro Hermilo, situado em terreno arenoso de glacial, o estêrco e a farinha de ossos mostraram efeitos elevados, enquanto o potássio não reagiu.

CATANI, GALLO e GARGANTINI (4), num estudo sobre a disponibilidade de nitrogênio em diversos fertilizantes nitrogenados, fazem inicialmente considerações a respeito do pouco êxito em nossa experimentação do campo com uso desses fertilizantes, a não ser quando são aplicados na forma orgânica, tortas de sementes oleaginosas e outros resíduos orgânicos vegetais e animais. Admitem que a baixa reação com as formas amoniacais e nítricas seja devida à sua solubilidade em água, à falta de retenção no solo e conseqüente lavagem.

Deixou-se por último a citação de literatura sobre aplicação de adubos nitrogenados em cobertura, na cultura do milho. O primeiro a chamar a atenção para este estudo e a apresentar resultados de seus experimentos entre nós foi MENDES (20). Ele demonstrou, através de experimentos insta-

H. Van

lados em terra roxa de Piracicaba, que enquanto o azoto aplicado no plantio ou logo após o nascimento do milho não deu resultados favoráveis, a sua aplicação em cobertura 40-50 dias após a germinação completa aumentou extraordinariamente a produção.

Posteriormente, VIÉGAS, CATANI e FREIRE (34) estudaram o efeito do fracionamento e aplicação em cobertura do azoto, em terra roxa misturada de Campinas. Chegaram à conclusão de que quanto mais fracionada a dose total e menor a porção aplicada nos sulcos de plantio, tanto maior foi a resposta do milho ao azoto. O aumento de produção por eles constatado foi porém bem menor que o observado por MENDES (20).

ARAÚJO (1) estudou o efeito da adubação nitrogenada sobre a cultura do milho, no Estado de Minas Gerais. Ele apresenta os resultados de 9 experimentos instalados em diferentes estações experimentais procurando estudar a forma (salitre do Chile, sulfato de amônio) e o fracionamento da dose empregada (50 kg de N por ha). A conclusão final foi a de que em nenhum dos experimentos analisados a adubação azotada conseguiu aumentar a produção do milho.

O uso de fertilizantes nos Estados Unidos elevou-se de 2,2 milhões de toneladas em 1900, para 18,3 milhões em 1950. O decênio em que se registrou maior consumo foi o de 1940-1950: 7,8 milhões para 1940 versus 18,3 para 1950. Nota-se uma variação grande no consumo de adubos mineiros pelos diversos estados americanos, em função do nível de fertilidade de suas terras, distribuição de chuvas, tipo de cultura, e grau de educação dos fazendeiros (26).

Para o milho a adubação nitrogenada ocupa especial destaque, principalmente nos últimos anos. Atribui-se o maior consumo das adubações nitrogenadas ao crescente plantio de sementes híbridas, mais exigentes em fertilidade, e ao uso de espaçamentos mais cerrados (26).

SAYRE (24) executou meticoloso trabalho, procurando estudar a nutrição mineral do milho através da determinação do acúmulo progressivo de elementos minerais nas diferentes partes e idade da planta. Ele fez as determinações em g de elementos por planta, que depois foram transformadas em libras de elemento por acre, em função da densidade de plantas com a qual trabalhou. Os resultados destes seus estudos, obrigatoriamente citados em todos os trabalhos a respeito, estão reproduzidos no gráfico da figura 1.

Hvam

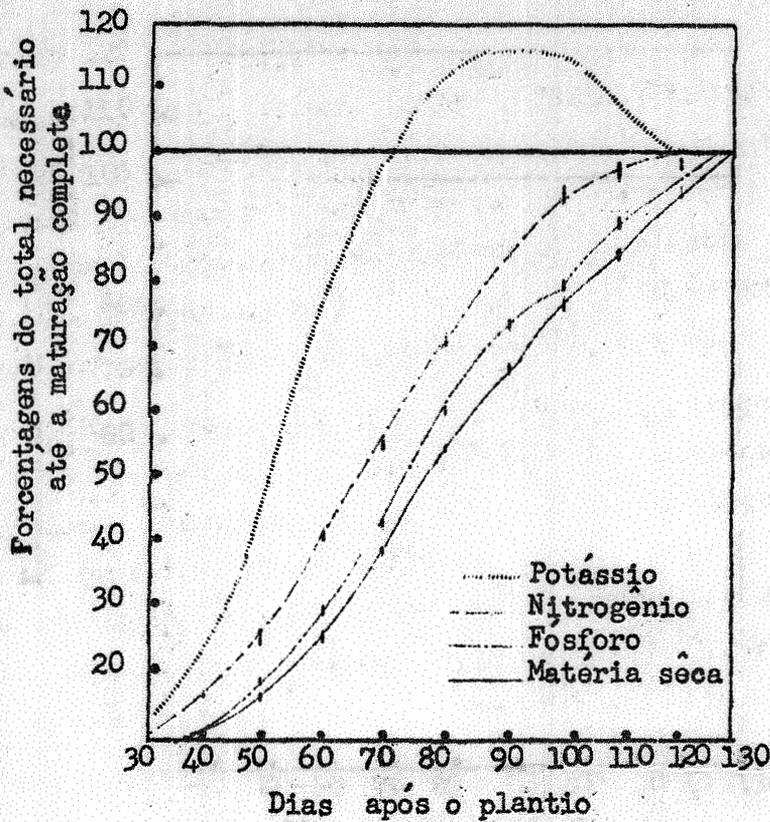


Figura 1.- Proporção de nutrientes absorvidos pelo milho em diferentes idades; (Gráfico apresentado por THOMPSON segundo dados de SAYRE)

A absorção do nitrogênio pelo milho até o primeiro mês de idade foi de apenas 3,5 kg por hectare, enquanto a de potássio foi de 4,9. Vê-se, assim, que o milho necessitou mais de potássio que de nitrogênio nesta primeira fase de seu crescimento. Durante o período de máximo crescimento a absorção diária de nitrogênio foi de 4 kg por hectare. Dos 30 dias para diante o acúmulo, ou melhor, a formação de matéria seca está intimamente ligada à absorção de nitrogênio.

Outros trabalhos executados por diversos pesquisadores (14, 15, 22) inclusive europeus, citados por VIÉGAS, CATANI e FREIRE (34), deram resultados concordantes com os de SAYRE, revelando que o milho começa a retirar do solo, em escala apreciável, o nitrogênio de que necessita para o seu desenvolvimento dos 40 aos 50 dias após a germinação.

DUMENIL (8) mostrou o efeito amplamente favorável da adubação nitrogenada do milho, em Iowa. As respostas variaram de acordo com o tipo de solo, sendo a dose de 40 kg de N por hectare, aplicada em cobertu-

H. Van

ra, a que deu melhores resultados. Em todos os experimentos por êle analisados no período de 1943 a 1946 encontrou um aumento médio de 400 kg de grãos por hectare, com a aplicação da referida dose de nitrogênio. Êle mostra também neste trabalho que o efeito do nitrogênio é tanto maior quanto maior for a densidade de plantas.

Vários outros trabalhos (15, 25) realizados em diferentes estados americanos revelam a possibilidade de aumento de produção do milho através do aumento do número de plantas e de adubação por unidade de área. Aumentando a densidade de plantas notou-se que era necessária maior dose de nitrogênio.

RHOADES e outros (23) estudaram o efeito da adubação associada à irrigação, na produção do milho no Estado de Nebraska. Concluíram que o nitrogênio é deficiente na maioria dos solos da região, e o fósforo apenas em alguns tipos. Recomendam a aplicação do nitrogênio na dose de 80 a 120 kg por hectare.

TISDALE (27) e outros fizeram uma ótima revisão de trabalhos publicados nos Estados Unidos sobre a adubação nitrogenada em diversas culturas inclusive a do milho. Citam trabalhos nos quais foi demonstrada a possibilidade de plantas novas de milho usarem diretamente o nitrogênio na forma amoniacal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados, em terras roxas do município de Ribeirão Preto, nos anos agrícolas de 1957-58 e 1958-59, 27 experimentos fatoriais 3x3x3, para N, P, K, visando estudar a possibilidade do uso da adubação mineral como meio de elevar a produção do milho na citada região. Cada experimento tinha apenas uma repetição, com 27 parcelas, dadas pelas diferentes combinações dos elementos químicos. Os experimentos foram distribuídos de modo a cobrir a área com terra roxa do município, procurando-se, assim, obter informações mais gerais sobre a reação dos adubos neste tipo de terra.

Os níveis de elementos fertilizantes foram 0, 40 e 80 kg por hectare para os três elementos, N, P_2O_5 e K_2O . O nitrogênio foi aplicado na forma de sulfato de amônio, em cobertura apenas, aos 30 e 60 dias após a germinação, aplicando-se a metade da dose em cada época. A aplicação era feita dos dois lados da linha de plantas, numa faixa de aproximadamente 50 cm de largura, 25 de cada lado da linha. O fósforo foi aplicado na forma de superfosfato simples e o potássio na de cloreto de potássio, ambos aplicados nos sulcos por ocasião do plantio. Êstes dois adubos eram aplica -

H. V. ...

dos no fundo dos sulcos, que de propósito eram feitos um pouco mais profundos, tendo-se semeado o milho num outro sulco feito a enxada, no talude do sulco primitivo; com esta operação cobria-se o adubo com uma leve camada de terra, evitando o contacto direto deste com as sementes, o que poderia afetar a germinação (7, 31).

A decisão de se aplicar o nitrogênio apenas em cobertura foi tomada em vista do teor relativamente alto deste elemento na terra roxa e dos trabalhos publicados, examinados no capítulo anterior, mostrando que a absorção do nitrogênio pelo milho é muito intensa dos 30 aos 110 dias após a germinação, e que é muito pequena, menos de 3% da quantidade total exigida, nos primeiros trinta dias após a germinação.

A instalação das experiências foi feita considerando-se 9 tratamentos apenas, dados pelas combinações 3x3, para P, K, com 3 blocos.

Tratamentos iniciais: 3x3 para PK

P \ K	0	1(40)	2(80)
0 -----	00	01	02
1(40) ----	10	11	12
2(80) ----	20	21	22

Para a execução destes tratamentos foram feitas apenas 3 misturas dos dois adubos, 12, 21, (11 + 22), sendo os demais tratamentos constituídos pela aplicação de adubos simples, em doses diferentes.

Utilizaram-se canteiros com 4 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas de 1 m, para colher apenas as duas centrais. O espaçamento entre plantas dentro da linha foi de 0,20 m no ano de 1957-58 e de 0,40 m, com duas plantas por cova, no ano de 1958-59. No plantio foram colocadas sementes em dobre em relação ao número de plantas que se desejava obter, 2 sementes a 0,20 m e 4 a 0,40 m, com auxílio de ripas de madeira convenientemente marcadas.

No desbaste, feito dos 20 aos 25 dias após a germinação, deixou-se o número de plantas de acordo com os espaçamentos atrás indicados.

Antes do desbaste procurou-se verificar se havia algum efeito prejudicial do potássio sobre a germinação das sementes, não tendo sido encontradas diferenças que comprovassem este fato.

A germinação foi muito uniforme, principalmente para os experimentos instalados no ano agrícola 1957-58, com ocorrência de chuvas bem dis-

H. Viana

tribuídas por ocasião do plantio (verificar dados de distribuição de chuva, apresentados no Quadro 2). No ano de 1958-59 nas experiências plantadas na segunda quinzena de outubro se conseguiu ótima germinação e as plantadas no mês de novembro foram prejudicadas por falta de chuva, mas assim mesmo conseguiu-se suficiente uniformidade no stand final.

Quadro 2 - Chuvas, em mm por décadas, no período de outubro a abril, para os anos agrícolas 1957-58 e 1958-59. Dados fornecidos pelo Posto Meteorológico da Estação Experimental de Ribeirão Preto.

Mês	Décadas	Ano agrícola	
		1957-58	1958-59
		mm	mm
Outubro	1 - 10	0,0	37,9
	11 - 20	16,4	51,3
	21 - 30	98,5	95,3
Novembro	1 - 10	48,0	11,2
	11 - 20	60,8	9,3
	21 - 30	20,4	45,6
Dezembro	1 - 10	68,7	17,3
	11 - 20	77,2	115,9
	21 - 31	8,8	10,1
Janeiro	1 - 10	0,2	155,6
	11 - 20	71,2	268,6
	21 - 30	146,5	70,1
Fevereiro	1 - 10	45,6	53,1
	11 - 20	2,6	6,5
	21 - 28	129,3	8,5
Março	1 - 10	94,4	43,8
	11 - 20	85,5	32,5
	21 - 31	14,5	123,9
Abril	1 - 10	39,7	6,1
	11 - 20	78,9	0,0
	21 - 30	0,0	35,6

H. V. A. M.

Em alguns experimentos instalados no ano agrícola 1957-58 foram necessárias duas aplicações de DDT, a 1% do produto comercial, para combater a lagarta dos milharais (*Laphygma frugiperda*).

Nos experimentos de número 1 a 9, instalados no ano agrícola 1957-58, foi feita somente a primeira aplicação do nitrogênio em cobertura, com metade das doses (20, 40 kg de N/ha). A segunda aplicação não foi feita nestes experimentos por coincidir com um período de intensa seca, apresentando as plantas visíveis sintomas de falta d'água no solo. Em 4 outros experimentos instalados neste ano os de número 9 a 13, que se mostravam menos sentidos, foi feita a segunda aplicação do nitrogênio em cobertura.

As pesagens das colheitas dos experimentos foram executadas diretamente no campo, após a contagem do "stand" final e do número de espigas de cada parcela. No ano agrícola 1958-59 foram aproveitadas as produções de 8 canteiros (esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, NPK) de diversos experimentos, para verificar o efeito das adubações sobre o rendimento em grãos.

As amostras de terra para as análises químicas foram tomadas à profundidade de 0 a 20 cm, por ocasião do desbaste. De cada experimento retiravam-se amostras em 10 pontos, nos caminhos de 1 m de largura, constituindo uma amostra única para análise.

Cada experimento constava de 3 blocos de 9 canteiros, com confundimento de 2 graus de liberdade da interação tripla. Os blocos foram colocados um em seguida ao outro no campo, ocupando a área total de (16 x 100) m² de conformidade com o esquema anexo.

Os tratos culturais foram aqueles que se devem dar a esta cultura: uma capina de enxada, visando principalmente o mato da linha, executada na operação do desbaste, mais uma ou duas capinas com carpideira puxada a burro, no período restante do ciclo vegetativo.

Os experimentos foram todos instalados dentro dos meses de outubro e novembro, com exceção de dois do ano de 1958-59, números 11 e 13, que foram plantados no início do mês de dezembro.

H. V. M.

4. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.1 EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL SÔBRE A PRODUÇÃO DO MILHO

Para julgamento do efeito da adubação química sôbre a produção de milho pesaram-se as produções dos canteiros, em espigas despalhadas.

Êstes resultados são apresentados e analisados separadamente, para os anos agrícolas 1957-58 e 1958-59.

4.1.1 RESULTADOS OBTIDOS NO ANO AGRÍCOLA 1957-58

Neste ano foram colhidos 13 experimentos e como já foi mencionado no capítulo 3, 9 deles somente receberam a primeira adubação em cobertura, com nitrogênio.

No quadro 3 são apresentados os resultados em produções de milho em espigas, por canteiro (20 m²), separadamente para os três elementos N, P e K. O valor correspondente a cada dose de elemento representa a média de 9 canteiros.

Quadro 3 - Produções médias de milho em kg de espigas, por canteiro de 20 m², referentes aos três níveis de cada elemento e obtidas em 13 experimentos fatoriais N P K (3x3x3), instalados em terra roxa do município de Ribeirão Preto no ano agrícola 1957-58.

Número do experimento	N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha			K ₂ O kg/ha		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
1 -----	4,59	5,46	6,71	5,59	5,56	5,62	5,99	5,47	5,30
2 -----	3,43	4,54	5,31	4,58	4,43	4,27	4,28	3,90	5,10
3 -----	5,13	4,82	6,13	5,03	5,45	5,59	5,63	4,84	5,59
4 -----	7,17	8,87	9,56	8,16	8,54	8,89	8,73	8,78	8,09
5 -----	9,43	9,25	9,51	9,30	9,11	9,78	9,35	9,96	8,88
6 -----	11,05	11,64	11,58	10,99	11,50	11,78	10,75	12,14	11,38
7 -----	6,56	6,99	7,46	6,63	6,92	7,46	6,90	7,08	7,03
8 -----	8,43	9,22	10,73	8,92	10,13	9,33	8,54	10,29	9,54
9 -----	4,30	5,67	6,15	5,10	5,53	5,49	5,19	5,48	5,45
10 -----	4,94	8,29	9,03	6,70	7,63	7,94	7,47	7,09	7,71
11 -----	8,63	12,52	12,83	10,99	11,30	11,69	11,18	11,84	10,97
12 -----	9,20	12,72	12,69	10,39	11,38	12,84	12,90	10,97	10,73
13 -----	7,26	8,02	8,34	6,57	7,81	9,25	8,14	7,64	7,85
Médias ----	6,87	8,31	8,93	7,61	8,10	8,46	8,08	8,11	7,97

Fêz-se a análise estatística de cada experimento, tomando-se como erro experimental a interação N P K, com 6 graus de liberdade, acrescida da parte não linear das interações de dois fatores com 9 graus de liberdade.

Um resumo destas análises, apresentando os quadrados médios residuais e os componentes lineares e quadráticos dos três elementos, é apresentado no quadro 4. Neste quadro é assinalada com asteriscos a significância dos valores de F, para 1 e 15 graus de liberdade.

Quadro 4 - Quadrados médios dos componentes lineares para N, P, K e respectivos resíduos, dos experimentos instalados no ano agrícola 1957-58

Número dos experimentos	N		P		K		Resíduo
	N _L	N _Q	P _L	P _Q	K _L	K _Q	
1 -----	20,16**	0,23	0,01	0,04	2,13	0,18	1,13
2 -----	15,96**	0,18	0,42	0,10	3,00*	3,76**	0,39
3 -----	4,50**	3,95**	1,39	0,17	0,07	1,43	0,44
4 -----	25,68**	1,53	2,38	0,01	1,80	0,84	0,77
5 -----	0,04	0,29	1,02	1,10	0,98	4,24	2,31
6 -----	1,28	0,62	2,80	0,89	1,77	7,01	2,21
7 -----	3,64	0,01	3,12	0,09	0,08	0,07	1,14
8 -----	23,69**	0,79	0,76	6,13	4,45	9,42*	1,66
9 -----	15,31**	1,15	0,68	0,34	0,29	0,13	1,55
10 -----	75,23**	10,20**	6,97*	0,57	0,26	1,52	1,40
11 -----	79,21**	19,27**	2,23	0,01	0,21	3,55	1,99
12 -----	54,77**	18,97	27,13	0,35	21,23	4,31	6,46
13 -----	5,25	0,29	32,53**	0,06	0,38	0,72	1,24

Verifica-se que o nitrogênio mostrou efeito positivo altamente significativo em nove experimentos; o fósforo em dois e o potássio também em dois. Dos 9 experimentos que responderam para N, 4 estão no grupo que recebeu duas aplicações em cobertura.

Verificadas as respostas individuais dos experimentos fêz-se uma análise conjunta (6,10) cujo resultado é apresentado no quadro 5.

Hvam

Quadro 5 - Análise da variância do conjunto de dados de produção de milho em espigas, por canteiro de 20 m², correspondentes a 13 experimentos fatoriais 3x3x3 (N,P,K), instalados no ano agrícola 1957-58, em terra roxa do município de Ribeirão Preto

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		N	P	K
Experimentos -----	12	18,35	18,35	18,35
Tratamentos -----	2	13,53**	2,41**	0,08
Linear -----	1	25,82**	4,64**	0,06
Quadrática -----	1	1,24	0,17	0,10
Interação -----	24	0,64**	0,22	0,34**
Resíduo -----	195	0,19	0,19	0,19

Pelo resultado desta análise observa-se que tanto o nitrogênio quanto o fósforo apresentaram efeitos altamente significativos, enquanto o potássio não mostrou efeito. Os componentes lineares de N e P, altamente significativos, indicam que a resposta do milho a estes elementos é proporcional à dose empregada.

4.1.2 RESULTADOS OBTIDOS NO ANO AGRÍCOLA 1958-59

Neste ano foram colhidos 14 experimentos cujos resultados expressos em produções médias (9 canteiros) de milho em espigas, por área de 20 m², são reunidos no quadro 6.

Hvam

Quadro 6 - Produções médias de milho em espigas, por canteiro de 20 m², referentes aos três níveis de cada elemento e obtidas em 14 experimentos fatoriais N, P, K (3x3x3), instalados em terra roxa do município de Ribeirão Preto, no ano agrícola 1958-59

Número do experimento	N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha			K ₂ O kg/ha		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
1 -----	5,29	8,61	9,84	7,51	7,84	8,39	7,66	7,70	8,32
2 -----	6,76	8,29	9,30	6,68	8,39	9,30	7,51	8,00	8,84
3 -----	4,87	5,82	6,88	5,42	5,46	6,69	5,13	6,48	5,96
4 -----	9,32	10,50	11,64	9,81	10,50	11,16	10,18	10,59	10,70
5 -----	8,73	11,27	10,12	9,98	9,91	10,23	9,17	10,33	10,62
6 -----	5,33	6,34	6,79	5,98	6,34	6,14	6,16	6,03	6,27
7 -----	5,48	8,30	8,47	6,94	7,18	8,13	7,04	7,79	7,42
8 -----	8,33	12,33	14,69	11,57	11,43	12,34	11,95	11,64	11,76
9 -----	7,59	11,49	12,20	9,81	10,74	10,73	10,86	10,12	10,30
10 -----	7,62	10,32	11,92	9,75	10,99	9,12	10,68	9,84	9,35
11 -----	5,59	7,03	7,79	6,11	7,01	7,28	6,83	6,86	6,71
12 -----	7,60	9,34	10,29	8,66	9,24	9,33	8,88	9,16	9,20
13 -----	5,68	7,06	8,26	6,99	6,89	7,12	7,01	6,98	7,01
14 -----	8,76	10,66	12,01	10,50	10,22	10,70	10,64	10,76	10,02
Médias ----	6,92	9,10	10,01	8,26	8,72	9,05	8,55	8,73	8,75

Fêz-se a análise individual dos experimentos e os resultados, apresentando os componentes linear e quadrático de cada elemento e o resíduo, são apresentados no Quadro 7.

H. V. M.

Quadro 7 - Quadrados médios dos componentes linear e quadrático para N, P, K e respectivos resíduos, dos experimentos instalados no ano agrícola 1958-59

Número dos experimentos	N		P		K		Resíduo
	N _L	N _Q	P _L	P _Q	K _L	K _Q	
1 -----	93,80**	6,13	3,51	0,08	2,31	0,59	1,78
2 -----	28,88**	0,41	30,42**	1,01	8,00	0,18	2,23
3 -----	18,10**	0,12	7,28*	2,10	3,08	5,32	1,43
4 -----	24,38**	0,15	8,20	0,10	1,31	0,14	1,64
5 -----	8,68**	20,29**	0,29	0,23	9,53	1,16	0,52
6 -----	9,61**	0,49	0,11	0,47	0,05	0,20	0,16
7 -----	40,50**	10,49**	6,42**	0,75	0,66	1,91	0,64
8 -----	182,47**	4,08	2,68	1,66	0,19	0,27	1,82
9 -----	96,10**	15,26**	3,76	1,34	1,37	1,35	1,12
10 -----	83,59**	1,82	1,81	14,48**	7,96	0,18	1,86
11 -----	21,78**	0,69	6,18**	0,60	0,07	0,05	0,37
12 -----	32,50**	0,95	2,01*	0,34	0,46	0,07	0,42
13 -----	29,90**	0,96	0,07	0,17	0,01	0,01	0,52
14 -----	47,69**	0,45	0,18	0,86	1,74	1,08	1,53

Verifica-se que o nitrogênio reagiu significativamente, aumentando a produção em todos os experimentos instalados neste ano. O fósforo reagiu significativamente, aumentando também a produção em 6 experimentos, e o potássio não reagiu em nenhum dos experimentos.

A análise conjunta dos 14 experimentos é apresentada no Quadro 8.

H. V. A. M.

Quadro 8 - Análise da variância do conjunto de dados de produção de milho em espigas, por canteiro de 20 m², correspondentes a 14 experimentos fatoriais 3x3x3 (N, P, K) instalados no ano agrícola 1958-59 em terra roxa do município de Ribeirão Preto.

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		N	P	K
Experimentos ----	13	10,61	10,61	10,61
Tratamentos ----	2	35,24**	2,18**	0,17
Linear -----	1	66,80**	4,28**	0,28
Quadrática ----	1	3,68**	0,08	0,06
Interação ----	26	0,61**	0,25*	0,20
Resíduo -----	210	0,13	0,13	0,13

Esta análise revela efeitos altamente significativos para o nitrogênio e para o fósforo, não tendo reagido o potássio, como se constatou nos experimentos do ano anterior.

A significância do componente quadrático, além do linear, para o nitrogênio, mostra que a resposta do milho a este elemento no ano em apreço é melhor interpretada através de uma curva do segundo grau. No caso presente, em que se verifica que a dose 80 pouco difere da 40, havendo uma tendência de se estabilizar a ação deste elemento sobre a produção de milho, a melhor interpretação é obtida através da curva de Mitscherlich.

4.1.3 ANÁLISE CONJUNTA DOS EXPERIMENTOS INSTALADOS NOS DOIS ANOS

As análises feitas para cada ano em separado foram muito concordantes, revelando alta resposta para nitrogênio, menor para fósforo e nenhuma para potássio. As variâncias residuais também não diferiram significativamente. Em vista disto, fez-se uma análise conjunta para os dados dos 27

H. Van

experimentos colhidos nos dois anos agrícolas, 1957-58 e 1958-59. O resultado desta análise é apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 - Análise da variância do conjunto de dados de produção de milho em kg de espigas por canteiro de 20 m², correspondentes a 27 experimentos fatoriais 3x3x3 (N, P, K) instalados nos anos agrícolas 1957-58, 1958-59, em terra roxa do município de Ribeirão Preto

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		N	P	K
Experimentos -----	26	14,08	14,08	14,08
Tratamentos -----	2	46,61**	4,58**	0,17
Linear -----	1	88,58**	8,91**	0,04
Quadrática -----	1	4,64**	0,25	0,30
Interação -----	52	0,69**	0,23*	0,26*
Resíduo -----	405	0,16	0,16	0,16

Esta análise mostrou, como as parciais de cada ano, que somente o nitrogênio e o fósforo conseguiram elevar a produção de milho, nos experimentos em aprêço.

O efeito do nitrogênio foi consideravelmente maior que o do fósforo. O nitrogênio mostrou uma tendência em estabilizar seu efeito sobre a produção, conforme prova a significância do componente quadrático. As doses e respectivas produções, em kg de grãos por ha (rendimento 80%) são as seguintes:

Doses de N	Produções de grãos
kg/ha	kg/ha
0 -----	2 758
40 -----	3 482
80 -----	3 788

Hvam

Neste caso foi possível o uso da equação de Mitscherlich (12,11) que é a seguinte:

$$Y = 4\ 016 \left[1 - 10^{-0,931(x + 0,545)} \right] \text{ kg/ha}$$

Calculou-se, a partir desta curva, a dose mais econômica de N, segundo PIMENTEL GOMES (13):

$$x = \frac{1}{2} x_u + 1/c \log w u / x_u t$$

$$x = \frac{1}{2} 80 + 1/0,931 \log 4,50 \times 1\ 036 / 80 \times 45$$

$$x = 40 + \frac{0,112}{0,931} \times 10 \approx 50 \text{ kg/ha}$$

onde

- x_u = dose do nutriente em kg/ha
- t = preço do kg do elemento
- w = preço do kg de milho, no campo
- u = aumento de produção em kg/ha

Para o fósforo são as seguintes as doses e respectivas produções em kg de grãos por hectare:

Doses de P ₂ O ₅	Produções de grãos
kg/ha	kg/ha
0 -----	3 174
40 -----	3 364
80 -----	3 502

Como se vê a resposta foi bem menor, sendo linear a relação dose - produção.

Pesquisou-se a existência de interações de fatores. Para tal, considerou-se apenas a parte linear destas interações, que é a que tem sentido prático. Os dados correspondentes aos valores destas interações são apresentados no Quadro 10.

Hum

Quadro 10 - Interações dos fatores N, P e K: componente linear x linear para os 27 experimentos analisados

Número do experimento	N'P'	N'K'	P'K'
1957-58			
1 -----	+ 0,35	+ 2,60	+ 2,80
2 -----	+ 1,75	+ 2,15	+ 2,45
3 -----	- 5,05	+ 2,70	+ 3,00
4 -----	+ 0,85	- 1,05	- 3,30
5 -----	- 5,40	- 3,00	+ 2,80
6 -----	+ 0,70	+ 4,16	+ 1,39
7 -----	- 4,27	+ 4,09	- 7,44
8 -----	+ 4,60	- 3,50	- 7,60
9 -----	- 5,83	- 0,38	- 5,52
10 -----	+ 3,60	- 6,80	+ 5,15
11 -----	+ 2,70	+ 1,60	+ 2,10
12 -----	+ 9,10	- 3,45	- 0,60
13 -----	+ 5,65	- 2,70	+ 0,10
1958-59			
1 -----	- 3,85	- 0,70	- 8,10
2 -----	+ 2,95	- 0,45	- 8,40
3 -----	+ 4,85	+ 5,95	+ 5,50
4 -----	+ 1,70	+ 2,45	+ 4,35
5 -----	+ 2,20	+ 2,60	- 0,40
6 -----	+ 2,85	- 1,35	+ 1,25
7 -----	+ 1,70	+ 3,40	+ 1,05
8 -----	+ 3,96	- 3,32	+ 5,89
9 -----	+ 0,31	- 3,17	- 3,78
10 -----	- 5,19	- 2,56	- 3,16
11 -----	+ 2,85	+ 2,20	+ 3,05
12 -----	+ 0,52	+ 1,17	+ 3,73
13 -----	+ 0,20	- 2,00	+ 5,05
14 -----	+ 5,90	+ 1,60	- 2,10

As análises estatísticas destes resultados são dadas no quadro 11.

H. V. V. V.

Quadro 11 - Análises da variância dos valores correspondentes às interações dos fatores N, P, K, para o total de 27 experimentos analisados

N'P'

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Interação -----	1	32,68	32,68	2,20
Resíduo -----	26	386,49	14,86	
Total -----	27	419,17		

N'K'

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Interação -----	1	0,19	0,19	...
Resíduo -----	26	245,64	9,45	
Total -----	27	245,83		

P'K'

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Interação -----	1	0,02	0,02	...
Resíduo -----	26	518,63	19,95	
Total -----	27	518,65		

Por estas análises pode-se admitir que não existiram interações entre os três fatores.

H/Am

4.2 EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL SÔBRE O PÊSO MÉDIO DAS ESPIGAS

A ação dos adubos aumentando a produção do milho é explicada em grande parte pelo acréscimo no peso das espigas.

Procurou-se estimar o efeito da adubação química sôbre o peso médio das espigas despalhadas nos experimentos em aprêço. Os dados referentes a 10 experimentos instalados no ano agrícola 1958-59 são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 - Peso médio das espigas despalhadas, em gramas, determinado em 9 parcelas para cada nível de elemento químico, em experimentos instalados em terra roxa do município de Ribeirão Preto, no ano agrícola 1958-59

Número dos experimentos	N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha			K ₂ O kg/ha		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
1 -----	73	106	116	96	98	102	93	96	106
2 -----	86	98	107	81	105	105	90	96	106
3 -----	66	78	83	74	72	80	68	82	76
6 -----	80	84	94	83	90	87	86	85	87
7 -----	71	97	103	85	90	96	90	90	92
8 -----	119	153	180	151	146	156	147	149	157
9 -----	123	158	162	135	150	158	141	146	156
10 -----	142	151	168	147	160	153	158	159	154
12 -----	111	136	148	129	139	135	137	133	125
14 -----	128	142	148	135	131	150	144	136	139
Médias -----	100	120	131	112	117	122	115	118	118

As análises estatísticas destes resultados mostraram ser altamente significativos os efeitos devidos ao nitrogênio e fósforo sôbre o peso médio das espigas. O efeito do potássio não foi significativo.

H. van

Observa-se que o nitrogênio, em concordância com os resultados de produção atrás mencionados, foi o elemento que mostrou maior efeito, aumentando sensivelmente o peso médio das espigas. Este fato podia ser observado no campo, por ocasião da contagem e pesagem das espigas, que sempre se mostravam maiores nos canteiros que haviam recebido nitrogênio. O aumento no peso da espiga, proporcionado pela aplicação da dose de 80 kg de N por ha, foi de 31%.

4.3 EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL SOBRE O ÍNDICE DE ESPIGAS

Procurou-se também estimar o efeito da adubação química sobre o índice de espigas, que é usado para expressar o número de espigas por 100 plantas. Os dados correspondentes aos três níveis de cada elemento são apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Índice de espigas (número de espigas por 100 plantas) determinado em 10 experimentos 3x3x3, instalados em terra roxa do município de Ribeirão Preto no ano agrícola 1958-59. Os resultados são apresentados para os três níveis de cada elemento.

Número dos tratamentos	N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha			K ₂ O hg/ha		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
1 -----	86	97	101	92	98	94	94	95	95
2 -----	86	92	96	86	90	97	89	91	93
3 -----	94	98	104	95	97	104	95	103	99
6 -----	93	97	98	100	91	97	99	94	95
7 -----	89	92	97	89	95	94	89	100	89
8 -----	93	103	103	98	100	101	103	102	94
9 -----	89	101	109	100	96	103	103	99	97
10 -----	90	105	118	106	106	101	112	102	100
12 -----	92	107	109	102	102	104	103	100	105
14 -----	100	124	123	117	118	112	119	115	114
Médias -----	91	101	106	98	99	100	100	100	98

Hvam

O efeito da adubação sobre o índice de espigas foi menor do que o verificado para o peso médio das espigas. As análises estatísticas revelaram que somente o nitrogênio mostrou efeito significativo elevando o índice de espigas de 91 para 106 na média dos 10 experimentos analisados.

4.4 - EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL SOBRE O RENDIMENTO DE GRÃOS

Em oito experimentos instalados no ano agrícola 1958-59 foram determinados os rendimentos em grãos, obtidos através do cálculo

$$\left(\frac{\text{pêso de grãos}}{\text{pêso de espigas despalhadas}} \right) \times 100.$$

Para este estudo tomaram-se apenas 8 tratamentos de cada experimento, de acordo com esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, para N, P, K. O resultado desta determinação é apresentado no quadro 14.

Quadro 14 - Determinação do rendimento em grãos em 5 experimentos instalados no ano agrícola 1958-59. Os tratamentos escolhidos correspondem ao esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, para N, P, K.

Tratamentos N P K	Número dos experimentos					Médias
	8	9	10	11	4	
0 0 0 ----	80,7	80,5	79,0	80,2	81,1	80,3
0 0 2 ----	80,9	81,2	83,8	79,5	80,1	81,1
0 2 0 ----	81,9	79,2	80,6	81,0	79,1	80,4
2 0 0 ----	83,4	81,0	79,2	80,8	78,0	80,5
0 2 2 ----	80,3	81,9	78,1	80,3	80,1	80,1
2 0 2 ----	81,5	80,9	80,6	79,5	80,2	80,5
2 2 0 ----	79,2	81,3	79,7	80,4	81,1	80,3
2 2 2 ----	81,0	74,6	80,2	81,3	81,8	79,7

Vê-se que a relação peso de grãos para peso de espigas não foi influenciada pelo uso dos diferentes adubos químicos, conforme outros resultados já obtidos por VIÉGAS (32).

4.5 RESULTADOS DE OUTROS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM TERRA ROXA LEGÍTIMA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE RIBEIRÃO PRÊTO

Aos resultados de experimentos de adubação de milho já publicados por VIÉGAS e FREIRE (29,30), instalados na Estação Experimental de Ribeirão Preto, serão acrescentados os obtidos mais recentemente por ARRUDA (2) e os referentes a um experimento de rotação - adubação, em andamento, cuja execução é feita em colaboração com a Seção de Conservação de Solos, do Instituto Agronômico de Campinas.

ARRUDA (2) estudou em 1956-57, através de dois experimentos instalados em parcelas diferentes da Estação Experimental de Ribeirão Preto, o efeito da aplicação de dois adubos azotados, salitre do Chile e sulfato de amônio, sobre a produção do milho. Estes adubos foram aplicados em duas doses, 80 e 160 kg/ha de N, em cobertura, aos 30, 60 e 80 dias após a germinação, na presença de P K, nas doses de 100 kg/ha de P_2O_5 e K_2O aplicados no sulco de plantio.

Os resultados destes dois experimentos são apresentados no Quadro 15.

H. V. ...

Quadro 15 - Resultados de dois experimentos de adubação nitrogenada em milho, instalados no ano agrícola 1956-57, na Estação Experimental de Ribeirão Preto, em dois locais diferentes. Produções de milho em espigas, por 40 m² de área.

Tratamentos (*)	Locais	
	Parcela nº 65	Parcela nº 22
Testemunha -----	8,81	11,46
P K (100,100) -----	15,39	16,25
N ₁ P K -----	19,91	23,02
N ₂ P K -----	20,73	23,41
N ₃ P K -----	20,42	21,63
N ₄ P K -----	18,56	21,36

(*) N₁, N₂, respectivamente 80 e 160 kg de N por ha, na forma de salitre do Chile; N₃, N₄, 80 e 160 kg de N por ha, na forma de sulfato de amônio.

A análise estatística revelou ser altamente significativo o efeito do nitrogênio, em média 33%, para os dois experimentos, não havendo diferença entre os tipos e doses de adubos nitrogenados usados. O efeito de P K foi também altamente significativo, comparado com a testemunha. Os resultados das análises das terras destes dois experimentos são apresentados juntamente com os referentes aos experimentos já apresentados, com os números 28, 29, respectivamente para as parcelas 22 e 65.

A seguir são dados os resultados de um experimento de rotação de

H. V. Amm

culturas associada à adubação química, instalado também na parcela nº 65, da referida Estação Experimental. Neste a adubação química é feita segundo um esquema fatorial 2x2x2, para N P K, com duas repetições, uma em cultura contínua, outra em rotação. Inicialmente as doses eram de 25, 50, 30 kg, de N, P₂O₅ e K₂O por hectare. O nitrogênio era aplicado na forma de salitre do Chile, de uma só vez, nos sulcos de plantio. No ano agrícola de 1958-59 elevou-se a dose de N para 40 kg por ha, aplicando-se 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura, aos 40 dias após a germinação.

Os resultados dos últimos cinco anos são apresentados no Quadro 16, para as 8 combinações de adubos e média de duas repetições.

Quadro 16 - Resultados em kg de grãos por canteiro de 42 m² de área, referentes ao experimento de rotação - adubação, instalado na Estação Experimental de Ribeirão Preto

Tratamentos	Anos agrícolas				
	1954-55	1955-56	1956-57	1957-58	1958-59
Testemunha ---	12,95	3,32	13,40	7,60	13,20
N -----	9,35	3,52	10,00	8,50	16,70
P -----	8,40	3,70	9,70	6,00	11,00
NP -----	7,52	3,51	13,00	7,40	17,50
K -----	15,00	9,15	16,50	16,50	15,20
NK -----	17,02	7,54	17,00	16,30	18,20
PK -----	18,90	8,62	17,50	14,30	16,70
NPK -----	16,40	6,83	19,00	16,30	22,70

H. V. M.

Neste experimento, bem como em outros publicados por VIÉGAS e FREIRE (29,30), instalados na mesma área experimental, verificou-se um efeito decisivo do potássio, desprezível para N aplicado no sulco, e nenhum para o fósforo, até o ano agrícola 1957-58. Com a aplicação do nitrogênio em cobertura e elevação da dose de 25 para 40 kg de N por ha, feita no ano 1958-59, os resultados mostraram efeito também para o nitrogênio, continuando o fósforo sem reação. O efeito médio do nitrogênio foi de 45%, do potássio de 30% e do fósforo apenas 2% neste último ano agrícola.

A análise da terra deste experimento é apresentada em conjunto com as demais análises, com o número 30.

4.6 RESULTADO DE ANÁLISES QUÍMICAS DAS TERRAS ONDE FORAM INSTALADOS OS EXPERIMENTOS

As análises químicas foram feitas no laboratório de Química Agrícola, da Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de S. Paulo, de Ribeirão Preto.

Deve-se lembrar aqui que a solução extratora do PO_4^{4-} foi a de H_2SO_4 0,05 N. A interpretação da grandeza dos teores dos diversos elementos foi feita segundo CATANI e outros (5).

Os resultados destas análises são apresentados no Quadro 17.

H. V. M.

Quadro 17 - Análises químicas das terras onde foram instalados os experimentos, nos anos agrícolas 1957-58 e 1958-59. Na parte inferior do quadro aparecem as análises das terras onde foram instalados outros experimentos, na Estação Experimental de Ribeirão Preto

Número do experimento	Determinações em terra fina seca ao ar						
	pH	M. org.	N total	Teor trocável miliequivalentes / 100 g terra			
				PO ⁴	K ⁺	Ca ⁺⁺	H ⁺
1957-58		%	%				
1 -----	5,9	2,26	0,168	0,41	0,67	7,2	6,80
2 -----	5,6	2,36	0,189	0,50	0,44	6,7	6,72
3 -----	5,4	2,42	0,199	0,37	0,34	3,2	8,24
4 -----	5,7	2,58	0,154	0,43	0,53	2,5	8,08
5 -----	5,7	2,32	0,203	0,42	0,31	6,1	6,00
6 -----	5,4	2,32	0,150	0,43	0,27	2,7	8,32
7 -----	5,1	2,21	0,147	0,32	0,33	1,3	9,20
8 -----	5,2	2,06	0,157	0,40	0,29	4,1	9,28
9 -----	5,4	2,30	0,154	0,41	0,49	4,4	7,20
10 -----	5,3	2,16	0,154	0,41	0,27	1,1	8,72
11 -----	5,5	1,80	0,133	0,42	0,28	1,6	7,12
12 -----	6,4	2,83	0,210	0,51	0,72	13,6	4,88
13 -----	5,8	3,30	0,245	0,35	0,67	3,8	7,60
1958-59							
1 -----	5,8	2,90	0,213	0,34	0,57	7,2	4,80
2 -----	6,0	2,94	0,196	0,38	0,29	7,3	4,96
3 -----	5,3	2,19	0,154	0,34	0,13	1,8	5,12
4 -----	6,0	2,58	0,161	0,37	0,32	6,2	4,16
5 -----	5,6	2,11	0,133	0,40	0,14	1,8	4,32
6 -----	6,0	2,06	0,175	0,37	0,17	5,2	4,88
7 -----	5,8	1,91	0,157	0,26	0,26	4,9	4,80
8 -----	5,8	2,22	0,168	0,35	0,16	4,4	4,32
9 -----	5,6	1,88	0,147	0,31	0,27	2,8	4,24
10 -----	5,9	2,06	0,154	0,41	0,25	5,1	5,36
11 -----	5,9	2,06	0,140	0,35	0,44	3,5	5,52
12 -----	5,7	2,32	0,168	0,39	0,24	5,0	4,82
13 -----	6,0	2,78	0,187	0,35	0,55	5,9	4,16
14 -----	5,6	1,95	0,154	0,35	0,46	5,6	3,28
E.E.R.P.							
28 -----	5,4	2,28	0,147	0,25	0,16	1,5	2,28
29 -----	5,6	2,26	0,159	0,25	0,15	3,2	2,26
30 -----	5,9	1,87	0,147	0,33	0,10	4,6	4,72
31 -----	5,7	2,42	0,161	0,39	0,13	5,7	4,56

Hvam

As respostas ao potássio, constatadas em alguns experimentos instalados na Estação Experimental de Ribeirão Preto, principalmente a alta resposta verificada no ensaio de rotação - adubação, já mencionado e localizado na parcela 65, ficam explicadas pelo teor mais baixo deste elemento nas terras em aprêço, com relação às demais terras roxas da região.

Assim, observou-se que as respostas ao potássio verificadas em tais experimentos não se confirmaram na série de experimentos analisados e nem mesmo em outros localizados dentro da própria Estação, em área com mais alto teor em potássio.

Com relação ao fósforo, verificou-se que a pequena reação encontrada em experimentos anteriores instalados na Estação Experimental de Ribeirão Preto se comprovou na série de experimentos analisados, na qual o fósforo mostrou também pequena reação.

As análises de terra dos experimentos de um modo geral revelaram altos teores em fósforo. Encontraram-se, no entanto, reações mais acentuadas em diversos experimentos (N^{os} 10, 12, 13 do ano 1957-58; 2, 3, 7 do ano 1958-59). Esta diferença nas reações ao fósforo ficam explicadas, em parte, através dos históricos das terras que mostraram que as maiores reações se deram em terras que nunca receberam adubações.

É interessante notar que, embora o teor de N, nos solos analisados, seja considerado elevado (maior de 0,14%), a reação do milho à adubação a zotada foi muito grande.

5. DISCUSSÃO

A alta e consistente resposta à adubação nitrogenada demonstrada pelo milho, em terras roxas, do município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, através de uma série de 27 experimentos instalados nos anos agrícolas 1957-58, 1958-59, constitui a principal conclusão fornecida pelo presente trabalho. Com a aplicação da dose de 80 kg de N por hectare conseguiu-se um aumento médio de 1 030 kg de grãos por hectare. Não obstante, a dose mais econômica é a de 50 kg de N por hectare, devido ao alto preço do fertilizante usado, sulfato de amônio. Com a dose de 40 kg de N por hectare, conseguiu-se um aumento médio de 724 kg.

O fósforo também mostrou reação, embora bem menor que o nitrogênio. O aumento máximo conseguido foi de 328 kg por hectare com a aplicação de 80 kg de P_2O_5 por hectare. Este aumento não foi suficiente para pagar o adubo empregado. Sendo o fósforo um fertilizante de grande efeito residual, sua apreciação econômica demanda maiores estudos.

O potássio, julgado pelas médias dos experimentos, não mostrou efeito. Reagiu favoravelmente em alguns experimentos, principalmente nos instalados anteriormente, em áreas pobres deste elemento, da Estação Experimental de Ribeirão Preto.

O aumento de produção proporcionado pelo nitrogênio é em grande parte devido ao aumento no peso médio das espigas. O índice de espigas, embora em menor proporção, foi também aumentado com a aplicação do nitrogênio. O rendimento em grãos não se alterou com o uso de nenhum dos fertilizantes.

O efeito acentuado do nitrogênio vem reforçar a necessidade de se estabelecer um programa de rotação de culturas para a região em aprêço, incluindo neste uma leguminosa fixadora do nitrogênio atmosférico. Esta viria elevar o teor deste elemento no solo, e por conseguinte diminuir a quantidade a ser aplicada na forma mineral na cultura do milho. A aplicação do fósforo poderia ser feita na leguminosa, planta mais exigente neste elemento. Uma leguminosa que talvez possa ser aproveitada na região é a soja. Além de soja e milho poder-se-ia incluir no programa de rotação a cultura da mamona, largamente plantada na região.

A exequibilidade de qualquer programa de rotação está, porém, na dependência, entre outros fatores, de se ter assegurado um preço mínimo para cada produto agrícola, com a devida antecedência do plantio.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

As terras roxas do município de Ribeirão Preto, Estado de S. Paulo, são conhecidas como as mais férteis do referido Estado. A grande fertilidade destas terras, acertadamente proclamada em tempos passados, não mais se justifica nos dias atuais. A prova disto está em que a produção média de milho nestas terras mal se aproxima da média do Estado, a despeito do uso relativamente grande de sementes híbridas.

Nos Estados Unidos o consumo de adubos aumentou com o progresso no plantio do milho híbrido, que exige terras mais férteis.

No Estado e no município em aprêço isto não vem ocorrendo, o que em parte se justifica pelo alto preço dos fertilizantes no mercado. É necessário que se aumente o número de experimentos de adubação para se poder indicar uma adubação mais segura, que propicie maior aumento por unidade de fertilizantes empregados.

Com este objetivo foram instalados no município de Ribeirão Preto, em terra roxa, 27 experimentos fatoriais N P K , 3x3x3, de cujos resultados podem ser tiradas as seguintes conclusões:

a) é o nitrogênio o elemento que propiciou maior aumento na produção do milho, nos experimentos analisados. A dose mais econômica é a de 50 kg de N por hectare com um aumento médio de 730 kg de grãos, embora a dose de 80 kg tenha dado um aumento de 1 036 kg por hectare. O nitrogênio reagiu favoravelmente em 23 dos 27 experimentos instalados;

b) o fósforo mostrou reação bem menor e mais oscilante do que o nitrogênio. Para a média dos experimentos constatou-se um aumento máximo de 328 kg de grãos por hectare, com a aplicação da dose de 80 kg de P_2O_5 . Este aumento não paga o adubo utilizado, ao preço de Cr\$4.470,00 a tonelada de superfosfato, colocada em Ribeirão Preto. Sendo o fósforo um elemento de grande efeito residual, o lado econômico de sua aplicação demanda outros estudos;

c) o potássio não mostrou efeito sobre a produção do milho, na média dos experimentos analisados, mas reagiu em determinada área da Esta

ção Experimental de Ribeirão Preto;

d) na análise conjunta dos experimentos não se encontraram efeitos significativos de interações de adubos;

e) o nitrogênio em concordância com os resultados de produção, foi o elemento que mostrou maior efeito sobre o peso médio das espigas; este valor para os tratamentos sem N foi de 100 g, enquanto que para os tratamentos que receberam 80 kg de N por hectare foi de 131 g. O fósforo mostrou efeito bem menor, enquanto o potássio não mostrou efeito;

f) sobre o índice de espigas foi o nitrogênio o único elemento que mostrou efeito: 91 para a média dos tratamentos sem N versus 106 para a média dos tratamentos com 80 kg de N por hectare.

g) sobre o rendimento em grãos, dado pela relação

$$\left(\frac{\text{peso de grãos}}{\text{peso de espigas}} \right) \times 100$$

não se verificou efeito de nenhum dos adubos;

h) as análises químicas das terras dos experimentos revelaram teores considerados altos e pouco variáveis para N e P, enquanto que para o potássio encontraram-se alguns valores baixos; a resposta ao potássio, em alguns experimentos anteriores instalados na Estação Experimental e citados neste trabalho, ficou explicada pelo baixo teor deste elemento nas terras dos referidos experimentos.

H. V. M.

7. SUMMARY AND CONCLUSIONS

This work deals with the results of twenty seven experiments, carried out in the region of Ribeirão Preto, in the State of São Paulo, in order to study the fertilizer effects in corn production. These experiments were located on red soil ("terra roxa") of different farms of this region.

The design of these experiments is of the factorial type, 3x3x3 with one replication in each location, being the dressings of N,P,K, the following: 0, 40, and 80 kg per hectare. The nitrogen was applied in the form of ammonium sulphate, phosphorus as superphosphate, and potash as potassium chloride. Nitrogen was applied only as side-dressing, 30 and 60 days after germination. Phosphorus and potash were applied at planting time, in the furrow, taking care to avoid contact of the fertilizers with the seed.

From the results obtained the following conclusions were drawn:

- a) Nitrogen is the principal nutrient to increase corn production; the application of 80 kg of N per hectare increases the yield by 1036 kg.
- b) Phosphorus showed a smaller effect than nitrogen. The maximum increase due to phosphorus was 328 kg per hectare, at the level of 80 kg of $P_2 O_5$ per hectare.
- c) Potash in general did not show any effect in the yield, but response was obtained in some locations where the level of this element in the soil was low.
- d) Significant interactions among the fertilizers was not found.
- e) Nitrogen and phosphorus increased the weight of ears, 31,0 per cent for the former and 8,9 for the latter.
- f) The ear index (number of ears per 100 plants) was increased by nitrogen only: 91 for level 0, and 106 for level 80 kg per hectare of N.
- g) The ratio of weight of seeds to weight of ears was not effected by any of the fertilizers used.

H. Vaz

7. LITERATURA CITADA

1. ARAÚJO, RUI ALVES DE & ARAÚJO, WILSON ALVES DE. Adubação nitrogenada na cultura do milho. Bol. Agric. Belo Horizonte 7:13-19. 1958.
2. ARRUDA, HERMANO VAZ DE. Adubação nitrogenada no milho. Bragantia [no prelo].
3. CAMARGO, T. A., & HERMANN, J. Experiências com diversas formas de adubos fosfatados. Relatório do Instituto Agrônomo de Campinas, 1925-26.
4. CATANI, R. A., GALLO, J. ROMANO & GARGANTINI, H. Disponibilidade de nitrogênio em diversos fertilizantes nitrogenados. Bragantia 13: 95-103. 1954.
5. CATANI, R.A., GALLO, J. ROMANO & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Instituto Agrônomo de Campinas, 1955. [28 p]. (Boletim nº 69)
6. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. Experimental Designs. John Wiley & Sons, New York, 1950. 454 p
7. COURY, TUFI & MALAVOLTA, EURÍPEDES. Localização do adubo em relação à semente (I). An. Esc. Agric. Queiroz, 10:63-82. 1953.
8. DUMENIL, LLOYD. Nitrogen fertilizer for corn. Iowa Farm Science 4:152-154. 1950.
9. Estimativa de safra do Estado de S. Paulo. Divisão de Economia Rural. Departamento da Produção Vegetal. Secretaria da Agricultura do Estado de S. Paulo. 1959.
10. GOMES, FREDERICO PIMENTEL. Análise conjunta de 38 experimentos de adubação de cana de açúcar. Rev. Agric., Piracicaba 32:113-126. 1957.

H. V. M.

11. GOMES, FREDERICO PIMENTEL. A adubação de cana de açúcar em Pernambuco, determinada pela lei de Mitscherlich. Rev. Agric., Piracicaba 26:357-364. 1951
12. GOMES, FREDERICO PIMENTEL. The use of Mitscherlich's regression law in the analysis of experiments with fertilizers. Biometrics 9:498-516. 1953.
13. GOMES, FREDERICO PIMENTEL & ABREU, CLÓVIS POMPILIO DE. Uma fórmula para o cálculo da dose mais econômica de adubo. Resumos do 7º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Piracicaba, 1959.
14. JONES, W. J. (JÚNIOR) & HUSTON, H. A. Composition of maize at various stages of its growth. Indiana Agric. exp. Sta., 1914. 30 p. (Bulletin nº 175)
15. JORDAN, HOWARD V., LAIRD, KERMIT D. & FERGUSON, D. D. Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilizer - spacing experiment. J. Amer. Soc. Agron. 42:261-268. 1950.
16. KIEHL, E. J. Estudo sobre adubos fosfatados. Rev. Agric., Piracicaba 26:75-86. 1951.
17. KIEHL, E. J. & GOMES, FREDERICO PIMENTEL. Ensaio sobre adubos fosfatados. Rev. Agric., Piracicaba 26:391-396. 1951.
18. MALAVOLTA, E., COURY, T., RANZANI, G. [e outros]. Competição entre adubos fosfatados em milho. An. Esc. Agric. Queiroz, 10:110-120. 1953.
19. MALAVOLTA, E., COURY, T., ARZOLLA, J. P. [e outros]. Aproveitamento de alguns adubos fosfatados pelo milho e pelo arroz em terra roxa misturada. Rev. Agric., Piracicaba 30:7-12. 1955.
20. MENDES, CARLOS TEIXEIRA. Adubações azotadas. Rev. Agric., Piracicaba 23:271-289. 1948.

H. V. M.

21. PAIVA, J. E. (NETO), CATANI, R. A., KÜPPER, A., [e outros]. Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de S. Paulo. *Bragantia* 11:227-253. 1951.
22. RADU, I. F. Der Verlauf der quantitativen Aufnahme von N, P₂O₅, K₂O, CaO und MgO durch verschiedene Maissorten. *Bodenk. u. Pflernaehr* 2(47):351-383. 1936/37.
23. RHOADES, H. F., HOWE, O. W., BONDURANT, J. A. [e outros]. Fertilization and irrigation practices for corn production on newly irrigated land in the Republican Valley. *Nebraska Agric. exp. Sta.*, 1954. 26 p. (Bulletin nº 424)
24. SAYRE, J. D. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.* 23:267-281. 1948.
25. STRINGFIELD, G. H. & THATCHER, L. E. Stands and methods of planting for corn hybrids. *J. Amer. Soc. Agron.* 39:995-1010. 1947.
26. THOMPSON, LOUIS M. Soils and soil fertility. Mac Graw-Hill Book Company. New York. 1952. 339 p
27. TISDALE, S. L., NELSON, W. L., WELCH, C. D., [e outros]. Sources of nitrogen in crop production. *North Carolina Agric. exp. Sta.*, 1952. 63 p. (Bulletin nº 96)
28. VIÉGAS, G. P. Melhoramento do milho. IV - Comportamento regional de variedades e híbridos. *Bragantia* 12:259-266. 1952.
29. VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. VII - Ensaio com torta de algodão. *Bragantia* 15:65-82. 1956.
30. VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. VIII - Ensaio com estêrco e adubos minerais. *Bragantia* 15:107-120. 1956.
31. VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. VI - Ensaio sobre

Hvam

- modos de aplicação dos adubos. *Bragantia* 15:1-20. 1956.
32. VIEGAS, G. P. Adubação do milho. II - Adubação mineral quantitativa. *Bragantia* 14:149-170. 1955.
33. VIEGAS, G. P. & CATANI, R. A. Adubação do milho. III - Adubação mineral quantitativa. *Bragantia* 14:171-178. 1955.
34. VIEGAS, G. P., CATANI, R. A. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. IV - Adubação azotada em cobertura. *Bragantia* 14:179-192. 1955.

0 0

0