

EDNAN ARAUJO MORAES

CONCENTRAÇÃO, ACUMULAÇÃO DE P, K, Ca E Mg E
CRESCIMENTO DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) EM
DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, concentração em *Fitotecnia*, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 3

Aos meus pais, Manoel e Zelinda

À minha avô Luzia, e sogra Berchiolina

Em memória de meu sogro Laurentino e do colega Gilmário

Em homenagem a meus irmãos e familiares

À minha esposa Marlene

Aos meus filhos Graciele, Gislene e Ednan,

com amor

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL e seu Departamento de Agricultura, que tornaram possível a participação no Curso de Pós - graduação.

Ao professor Luiz Augusto de Paula Lima, pela eficiente orientação e amizade.

Aos professores Pedro Milanez de Rezende, João Batista Soares da Silva e ao pesquisador Francisco Dias Nogueira, pelas valiosas críticas, sugestões apresentadas e amizade.

Aos professores Ruben Delly da Veiga e José Abílio Patto Guimarães, pelas sugestões e amizade.

Aos colegas Toshio Ogata, Jorge Wheliton Miranda Borges, Aldemir Cavalcante Nobrega, José Edivaldo Souza Mendes e Fernando Frieiro Costa, pela convivência e amizade.

Aos colegas da Estação Experimental de Anápolis e do Projeto Soja da EMGOPA, pelo dia-a-dia do trabalho.

Ao Jacir Silva Borges, Edward José, Wlady Camelo Adorno e Carmo Miranda Ribeiro, pelo companheirismo.

Aos colegas de Curso, pelo convívio.

A todos aqueles que contribuíram para a consecução deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

EDNAN ARAUJO MORAES, filho de Manoel Galdino de Moraes e Zelinda Araujo Moraes, nasceu em Barra da Corda, Maranhão, a 17 de julho de 1942.

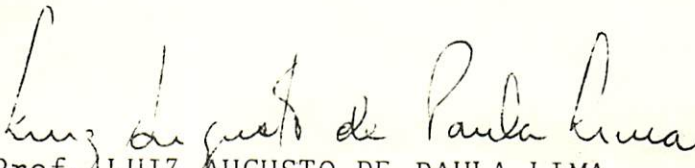
Graduou-se em Engenharia Agrônômica, pela Escola de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal de Goiás, em 1967.

Durante o ano de 1968, participou de treinamento em pesquisa no Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), em Sete Lagoas - MG. No mesmo ano foi admitido como pesquisador, por aquele Instituto, mais tarde Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na Estação Experimental de Anápolis - GO, unidade incorporada à Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA).


Em 1981, iniciou o Curso de Pós-graduação em Agronomia a nível de Mestrado, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG.

CONCENTRAÇÃO, ACUMULAÇÃO DE P, K, Ca E Mg E CRESCIMENTO DA SOJA
(*Glycine max* (L.) Merrill) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE
DESENVOLVIMENTO.

APROVADA :


Prof. LUIZ AUGUSTO DE PAULA LIMA
Orientador


Prof. JOÃO BATISTA SOARES DA SILVA


Pesq. FRANCISCO DIAS NOGUEIRA

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA	4.
2.1. Acúmulo de matéria seca	6.
2.2. Absorção de nutrientes	7.
2.3. Distribuição percentual de cada nutriente nas diversas partes da planta	12.
3. MATERIAL E MÉTODOS	20.
3.1. Delineamento experimental	22.
3.2. Tratamentos	22.
3.3. Instalação e condução do experimento.....	25.
3.4. Aspectos estudados	26.
3.5. Análise dos tecidos	27.
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28.
4.1. Crescimento da planta	28.
4.1.1. Peso verde	29.

4.1.2. Produção de matéria seca	33.
4.2. Nutrientes	46.
4.2.1. Fósforo	47.
4.2.1.1. Concentração	47.
4.2.1.2. Acumulação	55.
4.2.2. Potássio	67.
4.2.2.1. Concentração	67.
4.2.2.2. Acumulação	75.
4.2.3. Cálcio	87.
4.2.3.1. Concentração	87.
4.2.3.2. Acumulação	95.
4.2.4. Magnésio	106.
4.2.4.1. Concentração	106.
4.2.4.2. Acumulação	113.
4.3. Estádios de desenvolvimento da planta.....	122.
5. CONCLUSÕES	124.
6. RESUMO	126.
7. SUMMARY -.....	128.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130.

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resultados das análises química e granulométrica da camada arável (0-20 cm) do solo utilizado no experimento, após a calagem - ESAL, Lavras, MG, 1982	23.
2	Épocas de amostragem, idade e número de plantas, e seu estágio de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982	24.
3	Peso verde médio das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982	30.
4	Crescimento relativo, em percentagem, dos pesos verdes da raiz e parte aérea, de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982	31.

QUADRO

Página

5	Peso médio de matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	34.
6	Crescimento relativo, em percentagem, dos pesos da matéria seca da raiz e parte aérea, de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	36.
7	Peso da matéria seca de duas cultivares de soja, segundo os estádios de desenvolvimento da planta - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	46.
8	Concentrações médias de fósforo, em percentagem da matéria seca, nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	48.
9	Acumulação de fósforo na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	56.
10	Acumulação de fósforo, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982	61.

QUADRO

Página

11	Distribuição percentual do fósforo nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	66.
12	Concentrações médias de potássio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	68.
13	Acumulação de potássio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	76.
14	Acumulação de potássio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982	80.
15	Distribuição percentual do potássio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	86.
16	Concentrações médias de cálcio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	88.

QUADRO

Página

17	Acumulação de cálcio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982	96.
18	Acumulação de cálcio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	100.
19	Distribuição percentual do cálcio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982...	105.
20	Concentrações médias de magnésio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	107.
21	Acumulação de magnésio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	114.
22	Acumulação de magnésio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	119.

QUADRO

23	Distribuição percentual do magnésio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG , 1982	123.
----	--	------

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Precipitação pluviométrica diária em mm, ocorrida a partir da permanência do experimento ao ar livre, no ano agrícola 1981/82	21.
2	Efeito da idade das plantas sobre o peso verde total, do sistema radicular e da parte aérea das cultivares de soja UFV-1 e UFV-4- ESAL, Lavras, MG 1982.....	32.
3	Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca total de cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	38.
4	Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das raízes em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	39.
5	Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	40.

FIGURA

Página

6	Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982	41.
7	Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..	45.
8	Concentração percentual de fósforo na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982	49.
9	Concentração percentual de fósforo na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4- ESAL, Lavras, MG, 1982..	50.
10	Concentração percentual de fósforo na matéria seca das folhas de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	51.
11	Concentração percentual de fósforo na matéria seca das vagens e grãos de soja em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	52.
12	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV- 4 - ESAL, Lavras, MG, 1982	57.

FIGURA

Página

13	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	58.
14	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	59.
15	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982	64.
16	Concentração percentual de potássio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982	69.
17	Concentração percentual de potássio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	70.
18	Concentração percentual de potássio na matéria seca das folhas de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	71.

FIGURA

- 19 Concentração percentual de potássio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV- 1 e UFV-4 - ESAL , Lavras, MG, 1982..... 72.
- 20 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 77.
- 21 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL , Lavras, MG, 1982..... 78.
- 22 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 79.
- 23 Efeito da idade da planta sobre a acumulação de potássio na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982... 84.
- 24 Concentração percentual de cálcio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG , 1982..... 89.

FIGURA

Página

25	Concentração percentual de cálcio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..	90.
26	Concentração percentual de cálcio na matéria seca das folhas de soja, em função da idade da cultivar UFV-4 - ESAL, Lavras, MG. 1982.....	91.
27	Concentração percentual de cálcio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4-ESAL, Lavras, MG, 1982.....	92.
28	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982....	97.
29	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	98.
30	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4- ESAL, Lavras, MG, 1982.....	99.
31	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	103.

FIGURA

Página

- 32 Concentração percentual de magnésio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982... 108.
- 33 Concentração percentual de magnésio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 109.
- 34 Concentração percentual de magnésio na matéria seca das folhas de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 110.
- 35 Concentração percentual de magnésio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras MG, 1982..... 111.
- 36 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 115.
- 37 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 116.
- 38 Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982..... 117.

FIGURA

Página

39	Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca total em culturas de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.....	121.
----	--	------

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) constitui-se numa das culturas de alta expressão econômica em muitas regiões agrícolas do País, não só garantindo o suprimento de óleo comestível aos brasileiros, mas também como fonte de proteína de alto valor biológico e produto de exportação. Além disso, o aumento da área cultivada com soja no Brasil, facilita a expansão da fronteira agrícola, uma vez que se adapta bem às áreas recém desbravadas.

Tendo em vista os custos cada vez maiores para a produção de alimentos, bem como a exploração de áreas menos férteis e sendo a soja uma das culturas que retira do solo significativas quantidades de nutrientes, a indicação correta de uma adubação se faz importante, a fim de que haja a maximização do efeito dos fertilizantes e utilização eficiente pela cultura.

Os estudos sobre as curvas de crescimento e de absorção

de nutrientes pelas plantas têm como objetivo a obtenção de informações sobre a quantidade de nutrientes absorvidos e a intensidade relativa da absorção durante o desenvolvimento da planta (43). Estas informações são consideradas básicas para se determinar a quantidade de fertilizante a ser empregada, assim como a época de aplicação do mesmo.

Para um melhor entendimento dos problemas nutricionais da planta e, conseqüentemente, para a aplicação de adubação mineral, é necessário o conhecimento das concentrações dos nutrientes nas várias partes da mesma e nos vários estádios de desenvolvimento. BATAGLIA et alii (7) ressaltam que é importante saber como os nutrientes são absorvidos durante o desenvolvimento vegetal, quais são suas funções e seus níveis considerados adequados, bem como os meios de diagnosticar o estado nutricional da planta.

De fato, o acúmulo e a concentração dos nutrientes minerais em uma planta, dependem de seu estágio de desenvolvimento. Para a soja, de acordo com HANWAY & WEBER (32) e HENDERSON & KAMPRATH (37), estas informações ainda são incompletas, sendo que conforme HAMMOND et alii (31), possivelmente as diferenças varietais, entre outros aspectos, também proporcionam absorções diferenciais de nutrientes.

Dentre os nutrientes essenciais para que a planta de soja tenha condições para obtenção de máximas produções, o fósforo, potássio, cálcio e magnésio assumem, hoje, cada vez maior importância, notadamente em áreas sob vegetação de cerrado, cujos

solos são de baixa fertilidade natural.

Vários pesquisadores estudando a absorção de nutrientes pela soja, a sua concentração nos diferentes órgãos da planta, assim como o acúmulo de matéria seca, pouco se referem a absorção isolada desses elementos e as necessidades nutricionais da planta nas diversas fases de seu desenvolvimento (5, 7, 8, 9, 19, 31, 32, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 49, 56).

Assim, face aos problemas observados justifica-se um estudo a este respeito, objetivando ~~determinar~~ determinar a concentração, acumulação de P, K, Ca e Mg e crescimento da planta nas suas diversas partes, em vários estádios de desenvolvimento de duas cultivares de soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os primeiros estudos com absorção de nutrientes durante o desenvolvimento da planta foram realizados na Alemanha. NELSON (54) cita Hornberger, em 1882, como o pioneiro desses estudos, quando publicou os resultados de um trabalho sobre o curso da absorção de nutrientes pelo milho. Trabalhos precursores sobre o assunto em diferentes culturas foram realizados nos Estados Unidos e Japão por vários pesquisadores (9, 29, 30, 31, 60, 61, 63, 67). Em 1963 OHLROGGE (56) fez uma revisão bibliográfica sobre a nutrição mineral, complementada em 1973, por deMOOY et alii (18), evidenciando a necessidade de pesquisa.

A partir daí, com o desenvolvimento da soja no hemisfério ocidental e tendo a mesma elevado conteúdo de óleo comestível e proteína, com ampla utilização tanto na alimentação animal como humana, a sua importância fez-se maior. Com efeito, os trabalhos de pesquisa com a cultura foram intensificados nas diver-

sas regiões produtoras do globo, visando a racionalização no uso de fertilizantes e maior produtividade. Cultivares de crescimento indeterminado foram estudados em experimento de campo, por HAMMOND et alii (31) e HANWAY & WEBER (34), sendo que para as de hábito determinado a ênfase tem sido dada para a cultivar Lee, por HENDERSON & KAMPRATH (37) e TERMAN (64).

No Brasil, trabalhos pioneiros que relacionam a matéria seca com absorção de nutrientes, em diversas culturas, foram feitos por alguns pesquisadores (8, 11, 24, 25, 26, 27, 51). MASCA - RENHAS (49) trabalhando com a variedade Pelicano, no Estado de São Paulo, fez um estudo detalhado sobre o assunto, enquanto GOEPFERT et alii (28) no Rio Grande do Sul, mostraram que há diferença nas necessidades de absorção de nutrientes entre as diversas cultivares e linhagens de soja.

A partir das últimas duas décadas, com o crescente impulso dessa leguminosa na economia do País, contribuindo também, como produto de exportação, houve necessidade da criação e multiplicação de novas variedades e melhoramento das técnicas de cultivo, com grande perspectiva sobretudo nas áreas sob cerrado. A indicação correta de uma adubação é fator básico num empreendimento agrícola. BATAGLIA et alii (7) mencionam que essa indicação deve basear-se, principalmente, no conhecimento das exigências da planta quanto à extração de nutrientes do solo; do efeito dos nutrientes sobre a planta; das características do solo, e em outras informações adquiridas através de trabalhos de labo-

ratório e em ensaios de campo.

O conhecimento da variação da composição química da planta durante o seu ciclo vegetativo, bem como o período de maior acúmulo se fazem necessários, possibilitando informações sobre os problemas básicos de nutrição e adubação. Trabalhos antecedentes são mais frequentes na literatura estrangeira aplicados à soja e milho (9, 29, 30, 31, 60, 61).

2.1. Acúmulo de matéria seca

A produção de matéria seca, em presença de nutrientes aplicados ao solo, tem fornecido indicações importantes acerca do crescimento das plantas. Assim, HAMMOND (29) mostrou que a primeira modificação na taxa de acúmulo de matéria seca ocorre aproximadamente na época da floração da soja, e a segunda, próximo da fase em que a planta atinge sua altura máxima. Seus estudos ilustram, que após 101 dias da semeadura, há uma rápida perda de peso das raízes, caule e folhas, que é maior que a perda de peso obtida das folhas caídas.

Por sua vez, HANWAY & WEBER (33) verificaram em experimentos de campo durante dois anos, que o acúmulo de matéria seca em oito variedades foi semelhante nos diferentes componentes da planta, variando de 88 a 149 kg/ha/dia, do florescimento à fase em que as folhas inferiores iniciaram o amarelecimento. Num

trabalho posterior de HANWAY & WEBER (32), observaram que a acumulação total de P e K nas plantas segue modelo semelhante ao que ocorre com a acumulação de matéria seca.

HENDERSON & KAMPRATH (37) ressaltam que, durante a fase de crescimento reprodutivo, sob algumas condições, os principais nutrientes acumulam-se mais lentamente do que a matéria seca. Relatando os resultados de três experimentos de campo, verificaram que o acúmulo de matéria seca atinge seu ponto máximo aos 110-120 dias após a semeadura, ocorrendo a absorção máxima de nutrientes por volta dessa mesma época. Entretanto, em São Paulo, MASCARENHAS (49) verificou que entre 60 e 80 dias da germinação ocorre maior acúmulo de matéria seca na planta, sendo que mais de 50% da quantidade total são fornecidas até os 80 dias.

O acúmulo de matéria seca nas diversas partes da planta tem sido relatado para poucas variedades (9, 31, 67). Desses dados pode-se observar que, de um modo geral o peso total da matéria seca e as concentrações de P e K, continuam a aumentar até o período próximo à maturação, diminuindo após.

2.2. Absorção de nutrientes

Após a absorção, o acúmulo e a distribuição de nutrientes numa planta de soja está em função das condições intrínsecas da mesma, de seu estágio de desenvolvimento e das condições climáticas vigentes. Vários trabalhos (9, 29, 67) têm indicado que ,

para uma melhor compreensão dos problemas nutricionais da soja , se faz necessário o conhecimento da concentração de nutrientes nas diferentes partes da planta, e nos seus sucessivos estádios de desenvolvimento.

A absorção de nutrientes e a acumulação de matéria seca podem ocorrer com intensidades diferentes na planta. Assim , deMOOY et alii (18) observaram que no início do crescimento, a absorção de nutrientes é relativamente maior do que a acumulação de matéria seca, causando uma elevação da concentração dos mesmos; em estádios posteriores, quando se inicia a translocação dos nutrientes para os grãos, a concentração nos vários tecidos, começa a decrescer. OHLROGGE (56) e deMOOY et alii (18) constataram que, a redistribuição de nutrientes minerais das partes vegetativas da planta pode ser responsável por grande parte do conteúdo mineral da soja madura. Por sua vez, HANWAY & WEBER (35) relatam que essa redistribuição pode ser influenciada por elevados níveis de fertilidade.

Os teores de nutrientes na soja foram estudados por OHLROGGE (56) após uma revisão de literatura, indicando que a diagnose do problema da nutrição mineral poderia ser facilitada pelo conhecimento das concentrações básicas nas partes ou na totalidade da planta.

Considerando o estudo do crescimento relativo da planta, é importante o conhecimento da absorção de nutrientes e da marcha de distribuição dos mesmos, durante as suas diversas fases de desenvolvimento. Segundo NORMAN (55), informações sobre as necessidades nutritivas durante o crescimento, poderiam fornecer elementos básicos para posteriores estudos dos problemas de adubação.

Um fato evidenciado pelos estudos de absorção de alguns elementos, segundo MASCARENHAS (49), é uma exigência muito grande durante um período relativamente curto do crescimento da planta.

Segundo COELHO & TELLA (12) o amendoim cultivado no outono, absorvia de 66 a 74% dos nutrientes no período entre a primeira florada e três semanas após a formação dos primeiros frutos, fase em que, concomitantemente, ocorria 74% de acúmulo de matéria seca. Num trabalho posterior, ainda COELHO & TELLA (13) verificaram que o amendoim cultivado na primavera, apresentava cerca de 80% de acúmulos de nutrientes e de matéria seca, entre os inícios da frutificação e da maturação. Esses resultados revelam o período em que a planta precisa encontrar maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Em feijão adubado, GALLO & MIYASAKA (24) verificaram que a absorção de nutrientes cresceu com o aumento de peso da maté -

ria seca até o início da maturação, e que a absorção foi mais intensa no intervalo de 33 a 44 dias.

MENDES (51), trabalhando com duas cultivares de algodão em soluções nutritivas, observou que a cultura foi exigente em Mg logo nos primeiros 30 dias de vida, enquanto que o ponto de máxima absorção de P, K e Ca ocorreu, em ambas, na época do florescimento, ou seja, entre 30 e 60 dias da germinação.

Vários fatores podem alterar o movimento dos nutrientes na planta. De acordo com Biddulph, citado por MAFRA (43), a utilização metabólica e a transpiração são os dois fenômenos básicos que influenciam esse movimento. A intensidade de qualquer um dos dois determina o ganho líquido de determinado nutriente para um tecido.

Hã, portanto, necessidade da obtenção de informações sobre a quantidade de nutrientes absorvidos e a intensidade da absorção durante os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. A este respeito, MASCARENHAS (49) observou que a maior intensidade de absorção de macronutrientes tem lugar durante o período de 60 a 80 dias após a germinação, ou seja, fim do florescimento até o início da formação de vagens. Verificou ainda que, mais de 50% do total de potássio, cálcio e magnésio foi absorvido até os 80 dias, enquanto que o fósforo alcançou esse per

centual aos 100 e 120 dias.

Por outro lado, BORST & THATCHER (9) relatando os resultados de seis experimentos de campo, verificaram que a percentagem de fósforo permanecia relativamente constante, enquanto o teor de potássio diminuía em seguida ao florescimento, aumentando no período final do ciclo da soja; os percentuais de cálcio e magnésio mostraram um pequeno e constante decréscimo durante todo o ciclo.

HANWAY & WEBER (35) obtiveram uma curva de acumulação de nutrientes mostrando que aproximadamente 45% de fósforo e 40% de potássio são absorvidos antes do início da formação de vagens, quando as partes vegetativas da planta encontram-se no período de máxima absorção. Em trabalho mais recente (32), utilizando oito variedades, mostrou-se que o aumento mais intenso da taxa de acumulação de nutrientes ocorre na fase que antecede a floração completa, seguido por uma lenta taxa de absorção linear no período de formação de vagens até o enchimento dos grãos, declinando a partir daí. Padrões semelhantes dos nutrientes, foram obtidos no trabalho de HAMMOND et alii (31).

Estudos realizados por alguns pesquisadores (15, 31, 58), constataram que a parcela do K absorvida após o florescimento é relativamente menor que a do P, mostrando uma maior exigência da

planta nos estádios iniciais por potássio disponível do solo.

2.3. Distribuição percentual de cada nutriente nas diversas partes da planta.

Para que se verifique a absorção de nutriente pela planta, deve ocorrer o estabelecimento do contato entre o elemento e a superfície da raiz. De acordo com TISDALE & NELSON (66), EPSTEIN (20) e no estudo feito por MALAVOLTA (44, 46, 47), este contato deve se dar por difusão, convecção ou fluxo de massa e interceptação radicular ou troca de contato. A troca e a condução de substâncias entre os vários órgãos da planta são efetuadas pelo xilema, tubo especializado na condução da seiva bruta, e pelo floema, transportador de produtos assimilados. A transferência do elemento em qualquer forma, da região de absorção (raiz) para outro da planta constitui o transporte ou distribuição.

Fósforo

Na solução do solo, conforme BRAGA (10), o fósforo está presente nas formas de íons H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} além dos complexos. O processo de difusão, segundo OLSEN & WATANABE (57) é provavelmente o mais importante para o movimento de H_2PO_4^- para a superfície da raiz. MALAVOLTA (44) assinala que na faixa de pH que vai de 4 a 8, predomina o H_2PO_4^- , que é a forma de fósforo absorvida pelas plantas, e transportada no xilema.

A soja necessita de menos fósforo nos estádios iniciais e mais na época da frutificação. O período de maior demanda de P inicia-se antes do período de formação de vagem e continua até 10 dias antes do grão estar completamente desenvolvido (35, 36, 37). De acordo com HENDERSON & KAMPRATH (37), o teor de fósforo nas partes vegetativas diminui aos 40 e 140 dias da semeadura, enquanto o máximo de fósforo é alcançado aos 100 dias, havendo considerável translocação do elemento das partes vegetativas para os grãos e vagens.

Por sua vez, HANWAY & WEBER (35) encontraram teores de fósforo mais elevados nas partes mais novas da planta, e na maturidade o nível de P era muito baixo nas folhas, pecíolos e caule. Em Ohio, MEDERSKI (50) trabalhando com soja, em areia, observou aos 30 dias da semeadura, que as folhas, caule e parte aérea total possuíam 0,69, 0,58 e 0,65% de P, respectivamente. Aos 40 dias, isto é, seis dias antes do florescimento, as folhas superiores e inferiores, caule e parte aérea total continham 0,74, 1,06, 0,76 e 1,05% de P, respectivamente. Essa larga diferença nas partes da planta, é explicada pelo autor, pelo fato das folhas inferiores atuarem como órgão de reserva, quando quantidades excessivas do elemento são absorvidas pelas raízes.

Após o exame de numerosos dados, OHLROGGE (56) sugere que na pré-floração, a faixa ótima para a parte aérea total estaria entre 0,25% e 0,45% de P, enquanto que a concentração de 0,74% de P nas folhas superiores, seria o limite superior para o crescimento da planta próximo ao normal.

Para o florescimento, diferentes resultados obtidos por HAMMOND et alii (31), MEDERSKI (50) e TOGARI et alii (67) indicam que, a concentração entre 0,25% e 0,35% de P representa uma nutrição ótima, enquanto no enchimento do grão, os limites são mais indefinidos, sendo os resultados encontrados variando numa faixa ampla.

Potássio

O potássio se move para as raízes da soja primariamente por difusão, de acordo com dados obtidos por Oliver e Barber, em 1966, citados por KARLEN et alii (41). MALAVOLTA (47), estudando o fornecimento de K pelo solo ou pelo adubo, relata que o elemento absorvido pela raiz é conduzido à parte aérea pelo xilema e pelo floema, e se dirige das folhas mais velhas para as mais novas, para as regiões de crescimento.

O potássio é um nutriente prontamente translocado para o grão da soja, daí a planta necessitar de quantidade relativamente elevada do elemento, o que causa decréscimo de seus teores no solo. Segundo HENDERSON & KAMPRATH (37) houve translocação do K das partes vegetativas para o grão, sendo que a percentagem do elemento nas partes vegetativas diminui após os 60 dias da semeadura, mostrando apenas um breve acréscimo aos 120-130 dias, quando a acumulação de K atinge o máximo.

BATAGLIA & MASCARENHAS (6) também concordam com HENDERSON & KAMPRATH (37) ao assinalarem que o potássio é o nutriente

extraído em maior quantidade pelo grão de soja, superado apenas pelo N, tendo grande eficiência no balanço nutricional da planta; está envolvido na relação de absorção com cálcio e magnésio.

De acordo com HANWAY & WEBER (34), aplicações moderadas de fertilizante potássico não influenciaram o peso das várias partes da planta, enquanto que a adubação pesada com cloreto de potássio diminuiu o peso da planta. Em outro trabalho, estes mesmos autores (35) verificaram que a maior concentração de potássio na planta está no púlvino, que é a conexão do pecíolo ao caule; no grão, encontraram a concentração próximo a 1,70%, resultado idêntico ao obtido por outros pesquisadores (5, 31, 50, 67).

BORST & THATCHER (9) verificaram que a concentração de potássio, na época de pré-floração, foi de 3,60% no caule e 2,30% nas folhas, enquanto a análise de TOGARI et alii (67) mostrou 4,20% e 2,60%, respectivamente. Por sua vez, HAMMOND et alii (31) relataram valores que oscilavam entre 1,20 a 1,60% de K para a parte aérea total.

Na fase de florescimento, as concentrações totais de potássio mostram largas variações. Os dados dos estados norte-americanos de Ohio (9) e Iowa (31) foram 0,90 a 1,20% e 0,80 a 1,00%, respectivamente. OHLROGGE (56) cita que resultados obtidos em Michigan e Indiana, por Austin e Wilkinson foram 0,50 a 0,80% e 1,20 a 4,50%, respectivamente. Pesquisadores japoneses (67) encontraram 2,20 a 3,60% de K.

No período de enchimento do grão, HAMMOND et alii (31) relataram um decréscimo de potássio nas folhas e grãos, respectivamente, de 0,70 para 0,50% e de 1,70 para 1,60%. TOGARI et alii (67) observaram um declínio dos teores respectivos do elemento no caule, folhas e grãos, de 2,30 para 0,60%, 2,30 para 1,60% e 2,90 para 1,60%.

Cálcio

O processo de fluxo de massa é o responsável, segundo MALVOLTA (43), pela maior proporção do contato do cálcio e magnésio com a raiz; e que o Ca apresenta reduzida translocação para os órgãos multiplicativos sexuais, em razão de sua imobilidade no floema.

Daí, vem a importância do conhecimento das exigências da planta, no intervalo de tempo. Segundo HAMMOND et alii (31), a taxa de absorção de cálcio aumenta gradativamente, até um máximo de 2,70 kg/ha/dia, entre 73 e 80 dias.

O Ca tem relação com a resistência mecânica dos tecidos. Este nutriente é o cation principal da lamela média da parede celular, na forma de pectatos (20, 44, 45).

Na fase de pré-florescimento, a revisão feita por OHLROGGE (56) mostra que a concentração de cálcio na planta total situa-se entre 0,26 e 2,80%, enquanto CORDEIRO et alii (15) apontam que as folhas inferiores exibiam, aos 38 dias após a emergência

cia, um máximo de 1,87% de Ca, e as superiores, aos 10 dias , 1,03%.

Na floração, Evans et alii trabalhando com solução nutritiva, citados por OHLROGGE (56), obtiveram uma concentração de Ca que variava de 5,10% nas folhas inferiores para 1,00% nas superiores. No mesmo trabalho, aquele autor citando o estudo de Matrone et alii, efetuado em condições de campo, observa que a concentração total de Ca variava de 0,69 a 0,88%. OHLROGGE (56) indica que, na fase de florescimento, os limites de concentração total de cálcio na planta, oscilam entre 0,40 a 6,50%, num aumento aproximado de 15 vezes. A faixa ótima estaria entre 1,00% e 3.00%.

Para o estágio de enchimento dos grãos, a análise de OHLROGGE (56) com base nos dados de Wilkinson, mostrou que os teores de cálcio nas folhas variam de 0,90 a 4,40%. Austin, citado por OHLROGGE (56), obteve uma variação de 1,20 a 2,10% de Ca para amostras totais de plantas colhidas 110 dias após a semeadura.

Magnésio

Considera-se que a absorção do magnésio pelas plantas , segundo MALAVOLTA (44, 47) , se faz de modo semelhante a do potássio, mas ao contrário do que ocorre com o cálcio, o Mg é móvel no floema. Segundo MENGEL & KIRKBY (52), de um modo geral, os teores de Mg nas partes novas das plantas são maiores que aquelas nas partes velhas, embora o inverso possa também ocorrer.

No cultivo da soja, o Mg e Ca desempenham papel importante na fixação simbiótica do N para o pleno desenvolvimento da planta. Assim, HENDERSON & KAMPRATH (37) evidenciaram considerável translocação do Mg das partes vegetativas da planta para as vagens e grãos, e que a acumulação do elemento continua durante todo o ciclo.

Enquanto isso, HAMMOND et alii (31) encontraram que a taxa de absorção de magnésio atingiu um máximo de 1,40 kg/ha/dia entre 73 e 80 dias, semelhante à curva obtida para o cálcio. Segundo os autores, antes do florescimento, a concentração de Mg na parte aérea da planta foi praticamente constante em 0,80%, enquanto para Austin, citado por OHLROGGE (56) variou de 0,27 a 0,66%. WEBB et alii (68), em solução nutritiva com omissão do magnésio, encontraram aos 38 dias, uma variação ampla de 0,09 a 1,49% de Mg, e na floração, as plantas continham de 0,50 a 0,85%, não havendo grandes diferenças de concentração entre as várias partes da planta.

Em Iowa (31) observou-se em dois tipos de solos, que na floração a parte aérea total possuía cerca de 0,80% de Mg, enquanto que as vagens continham 0,60%. No mesmo trabalho, os autores verificaram que durante a fase de enchimento do grão, a parte aérea, sem vagens, continuava a manter 0,80% do elemento até o último período de 20 dias, quando então caía, em ambos os solos, para 0,40% e 0,60%, respectivamente.

Por outro lado, OHLROGGE (56) cita o trabalho de Hashimoto e Okamoto, no qual a variação de Mg, no florescimento, foi de

2,20 a 3,30% para as folhas, e de 1,50 a 1,90% para o caule .
Austin, citado por OHLROGGE (56), relatando os resultados de
experimento de campo, mostra em soja de 110 dias, uma variação
de 0,53 a 0,79% de Mg.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 1981/82, em área do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, MG, a princípio em casa de vegetação, para a emergência e estabelecimento da planta, para 35 dias após, ser exposto ao ar livre. ANDRADE (2) cita que o clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwb (mesotérmico). A temperatura média do mês mais quente é de 21,6°C, e a do mês mais frio 15,8°C. O balanço hídrico mostra que as chuvas não são bem distribuídas, sendo a média de precipitação anual de 1493mm. As precipitações pluviométricas diárias do local*, ocorridas a partir da realização do ensaio ao ar livre, são as constantes da Figura 1.

O material da camada arável, correspondente a 0-20cm de profundidade, foi coletado de um solo cultivado do campo experimental da ESAL, representativo da unidade taxonômica Latossolo

* Dados fornecidos pelo Departamento de Biologia da ESAL.

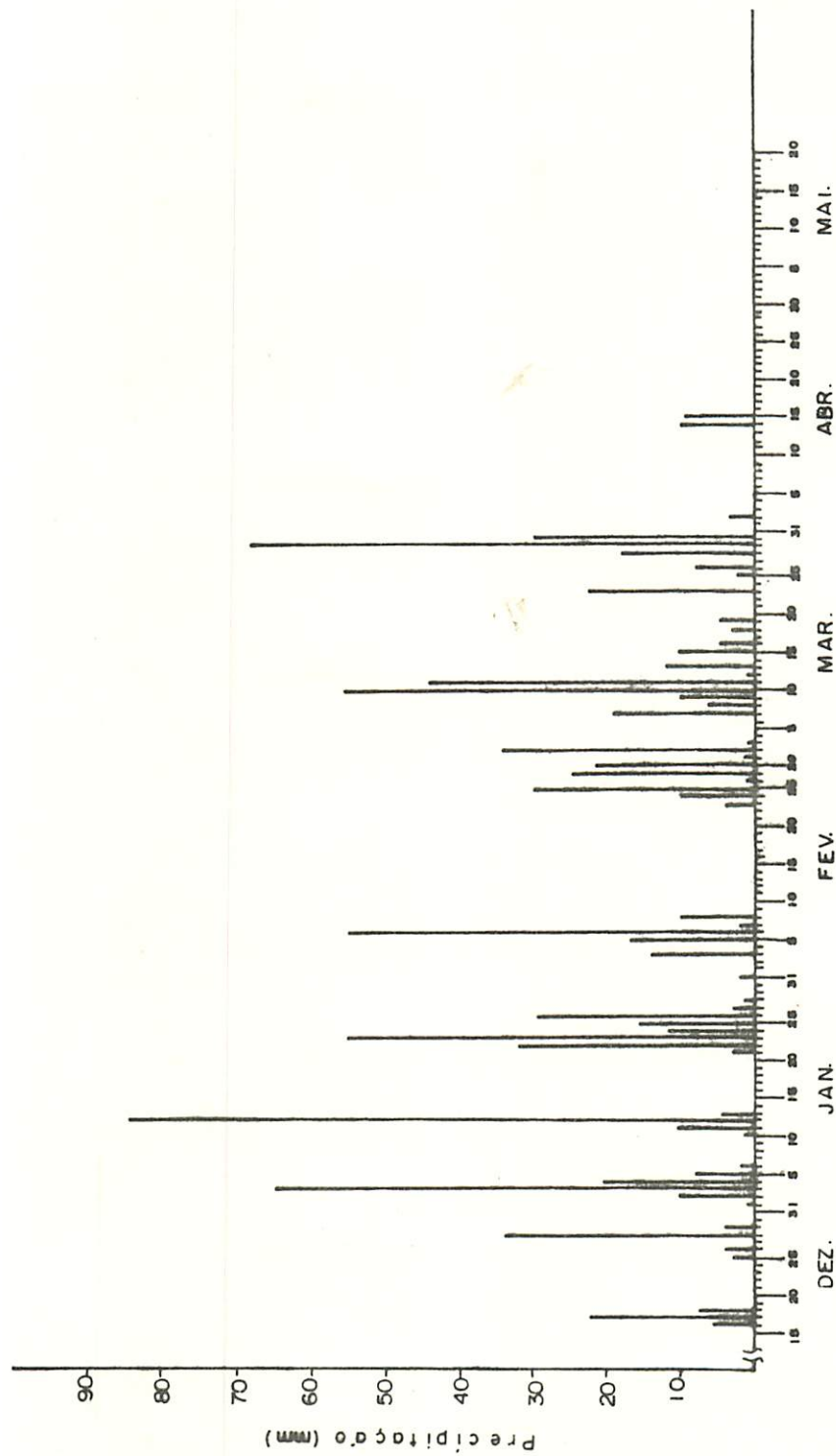


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica diária em mm, ocorrida a partir da permanência do experimento ao ar livre, no ano agrícola 1981/82.

Roxo Distrófico, classe textural argila pesada, classificado por BAHIA (4), equivalente a um Typic Acrorthox pela Soil Taxonomy americana, como correlacionou ANDRADE (3).

Amostra composta do solo foi retirada previamente para as caracterizações química e granulométrica, cujos resultados analíticos encontram-se no Quadro 1.

3.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições, totalizando 56 parcelas. Cada unidade experimental era constituída por sacos de polietileno preto, com capacidade para 8 kg de terra, com quatro perfurações, tendo número variável de plantas, a fim de proporcionar a realização das amostragens.

3.2. Tratamentos

Os tratamentos constaram de duas cultivares submetidas a 7 épocas de amostragens (20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após a germinação), perfazendo um total de 14 tratamentos. O número de plantas colhidas nas épocas de amostragens se encontra no Quadro 2.

As cultivares UFV-1 e UFV-4, lançadas em 1973 e 1981 pela Universidade Federal de Viçosa, de ciclo longo e de hábito de crescimento, respectivamente, determinado e indeterminado, foram

QUADRO 1 - Resultados das análises química e granulométrica da camada arável (0-20 cm) do solo utilizado no experimento, após a calagem^{1/} - ESAL, Lavras, MG, 1981.

Análise química	Resultados	Níveis de fertilidade do solo ^{2/}
Al ⁺⁺⁺ (mE/100 cm ³) *	0,1	Baixo
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mE/100 cm ³) *	2,1	Médio
K ⁺ (ppm) **	37	Médio
P (ppm) **	2	Baixo
pH em água (1:2,5)	6,2	Acidez fraca
Composição textural (% TFSA)		
Areias	9,0	
Limo	14,2	
Argila	76,8	

^{1/} Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

* Extrator : KCl 1N, relação 1:10

** Extrator "North Carolina" ou de "Mellich" (H₂SO₄ 0,025N + KCl 0,05N)

^{2/} Segundo a Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, 3^a. aproximação (14).

QUADRO 2 - Épocas de amostragens, idade e número de plantas, e seu estágio de desenvolvimento -ESAL, Lavras, MG, 1982.

Datas	Anostragem e colheita	Idade das plantas (dias)	Número de plantas/vaso	Número de plantas coletadas/parcela	Estádio de desenvolvimento das plantas *	Observações
18/12/81	-	-	-	-	Semeadura	
25/12/81	-	-	-	-	Germinação	
04/01/82	-	-	-	-	-	Desbaste
14/01/82	1 ^a .	20	10	20	Estádio V3; plantas com média de 23 cm de altura.	
03/02/82	2 ^a .	40	7	14	Estádio V5; plantas bem desenvolvidas com média de 49 cm de altura.	
23/02/82	3 ^a .	60	3	12	Estádio R2; plantas já florescidas com média de 57,2 cm (UFV-1) e 46,2 cm (UFV-4) de altura.	
15/03/82	4 ^a .	80	2	8	Estádio R4; final de florescimento e início de formação de vagens; plantas com média de 62,5 cm (UFV-1) e 48,0 cm (UFV-4) de altura.	
04/04/82	5 ^a .	100	2	4	Estádio R5; plantas com amarelamento de cerca de 30% das folhas baixas; queda das primeiras folhas; plantas com média de 66,2 cm (UFV-1) e 64,0 cm (UFV-4) de altura.	
24/04/82	6 ^a .	120	2	4	Estádio R6; plantas com amarelamento pronunciado e consequente queda das folhas.	
14/05/82	7 ^a .	140	2	4	Estádio R8; queda completa das folhas e vagens todas maduras.	
19/05/82	Colheita	145	2	4	Estádio R8; plantas completamente secas; sementes com aproximadamente 14% de umidade.	Amostragem de produção.

*Estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta de soja, baseados na escala de FEHR et alii (21).

escolhidas em função de sua indicação para o cultivo em solos naturalmente férteis e em cerrados, adequadamente corrigidos.

3.3. Instalação e condução do experimento

O material de solo já corrigido 90 dias antes do plantio, com base nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis revelados pela análise química do solo (14), foi seco e peneirado.

Dez dias antes da semeadura foi feita uma fosfatagem corretiva, com o equivalente a 120 kg de P_2O_5 /ha (14), na forma de superfosfato simples. A umidade foi mantida próximo à 60% do volume total de poros (VTP), segundo FREIRE et alii (23), aferida por meio de pesagens diárias dos vasos.

A adubação básica foi com o equivalente/hectare a 20 kg de N na forma de sulfato de amônio, 90 kg de P_2O_5 como superfosfato simples e 60 kg de K_2O como cloreto de potássio, segundo recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (14).

Durante o desenvolvimento das plantas, foram efetuadas quatro aplicações de 50 ml cada de solução nutritiva, conforme o trabalho de ALLEN et alii (1), com a seguinte composição/litro de solução : 0,11 g de sulfato de magnésio, 0,04 g de sulfato de zinco, 0,01 g de sulfato de cobre e 0,01 g de bórax.

Foram empregadas 14 sementes/vaso à profundidade aproximada de 3 cm, inoculadas por meio de cultura comercial de

Rhizobium japonicum, sendo a semeadura efetuada em 18/12/81 . Dez dias após a germinação procedeu-se ao desbaste, deixando o número de plantas/vaso como exposto no Quadro 2. Quando as plantas atingiram um maior desenvolvimento, tornou-se necessário uma irrigação diária, devido a elevada taxa de transpiração. Também, foi feita pulverização* contra a praga polífaga, ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks, 1904), aos 40 dias (3/2/82).

3.4. Aspectos estudados

As amostragens de plantas feitas a intervalos de 20 dias corresponderam, respectivamente, aos estádios de desenvolvimento V3, V5, R2, R4, R5, R6 e R8, segundo FEHR et alii (21). As plantas foram cortadas rentes ao solo, e separadas as raízes, caule, folhas, vagens e grãos.

O sistema radicular foi separado utilizando-se jatos d'água nos vasos, cortados lateralmente e colocados sobre duas peneiras de malhas diferentes.

As seguintes características foram consideradas por ocasião da tomada dos dados :

- Peso verde das plantas - tomado sempre imediatamente após o corte das plantas de cada parcela.

- Peso da matéria seca das plantas - obtido após a secagem das partes das plantas em estufa de circulação forçada de

* Com binapacril (Acracid 40EC), na dosagem de 1,5 ml/l.

ar, mantida a 70°C, até atingir peso constante.

A determinação química de P, K, Ca e Mg nos tecidos , foi feita após a moagem em moinho tipo Wiley , com peneira de malha 20.

Para os cálculos da concentração, acumulação de nutrientes e dos pesos verde e seco nas folhas e vagens, utilizou-se o somatório do material retido e caído, ou simplesmente peso das folhas e das vagens.

3.5. Análise dos tecidos

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar e Bromatológica do Departamento de Química da ESAL. As determinações dos teores de P, Ca e Mg no tecido, foram efetuadas conforme a técnica descrita por SARRUGE & HAAG (59), enquanto a de K, seguiu a metodologia proposta por HUNTER (38). O teor de P foi determinado por colorimetria, o de Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica e o de K por fotometria de chama. Os nutrientes foram determinados em uma amostra composta pelas quatro repetições.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semeadura do experimento, por haver sido realizada tardiamente, teve influência na produção, assim como o ataque de ácaro branco nos primeiros meses de desenvolvimento da planta, uma vez que o rendimento de grãos alcançado foi de 1380 kg/ha para a cultivar UFV-1 e 1240 kg/ha para a UFV-4, considerando para efeito de cálculos, a população de plantas de 500.000/hectare. Por sua vez, o rendimento médio da cultura em 1981, para o Estado de Minas Gerais, de acordo com COSTA (17), foi de 1493 kg/ha.

4.1. Crescimento da planta

Como indicadores de crescimento da planta foram utilizados os dados de peso verde e de produção de matéria seca, analisando-se o acúmulo obtido nos diversos órgãos da planta em função da idade.

4.1.1. Peso verde

Os resultados de peso verde das diversas partes da planta e da planta toda, em ambas as cultivares, são apresentados no Quadro 3. O aumento de peso verde é relativamente lento até os 40 dias da germinação, sofrendo uma aceleração considerável em seguida, até os 80 dias, enquanto a fase vegetativa atinge o máximo aproximadamente aos 100 dias. Após esse período, começa haver decréscimo de peso verde da planta, em função da perda d'água nos seus diversos órgãos, processo natural da planta ao se aproximar o fim de seu ciclo.

Observa-se, no Quadro 4, que existe um intenso aumento de peso verde no sistema radicular até os 80 dias, após o que há uma drástica redução nos períodos subsequentes para ambas as cultivares. Na parte aérea, houve aumento do peso verde, a taxas decrescentes, até os 100 dias, e a partir daí decréscimos, cada vez maiores, até o final do ciclo.

Nota-se que o maior responsável pela queda do peso verde total foi o sistema radicular, que apresentou diminuições mais acentuadas nas últimas amostragens. Possivelmente, com o maior desenvolvimento do sistema radicular as perdas de coletas de peso fresco nas últimas amostragens foram maiores, do que resultaram estes valores.

QUADRO 3 - Peso verde médio das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso Verde (g/planta)											
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos		Planta Total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	1,52	1,67	0,86	1,00	1,10	1,41					3,48	4,08
40	3,87	4,07	1,94	1,88	2,97	2,98					8,78	8,93
60	9,36	10,66	4,19	4,07	6,90	6,73					20,45	21,46
80	28,05	29,43	7,12	5,82	11,26	9,06	1,60	2,01			48,03	46,32
100	20,51	19,82	7,63	6,36	13,25	10,14	5,46	4,56			46,85	40,88
120	17,03	17,57	7,23	6,14	13,56	10,74	7,01	5,58			44,83	40,03
140	6,06	6,42	4,60	4,64	13,18	9,86	3,82	3,26	1,82	1,67	29,48	25,85

QUADRO 4 - Crescimento relativo; em percentagem, dos pesos verdes da raiz e parte aérea, de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Dias	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
20 a 40	155	150	144	102
40 a 60	142	126	162	122
60 a 80	200	66	176	38
80 a 100	- 27	14	- 33	11
100 a 120	- 17	-0,4	- 11	2
120 a 140	- 64	- 15	- 63	- 14

Na Figura 2 pode-se observar as curvas de regressão ajustadas aos dados de peso verde total, do sistema radicular e da parte aérea, para as duas cultivares em estudo, em função das várias épocas de amostragem. Em todos os casos, o comportamento das duas cultivares foi bastante semelhante. O máximo de peso verde total foi alcançado aos 103 e 100 dias após a germinação, respectivamente para as cultivares UFV-1 e UFV-4. Com relação ao sistema radicular o peso verde máximo foi aos 89, para ambas as cultivares, e para a parte aérea aos 126 e 121 dias, respectivamente.

De acordo com FELIPPE(22), o peso verde é uma característica muito variável em função do teor de umidade do meio na oca-

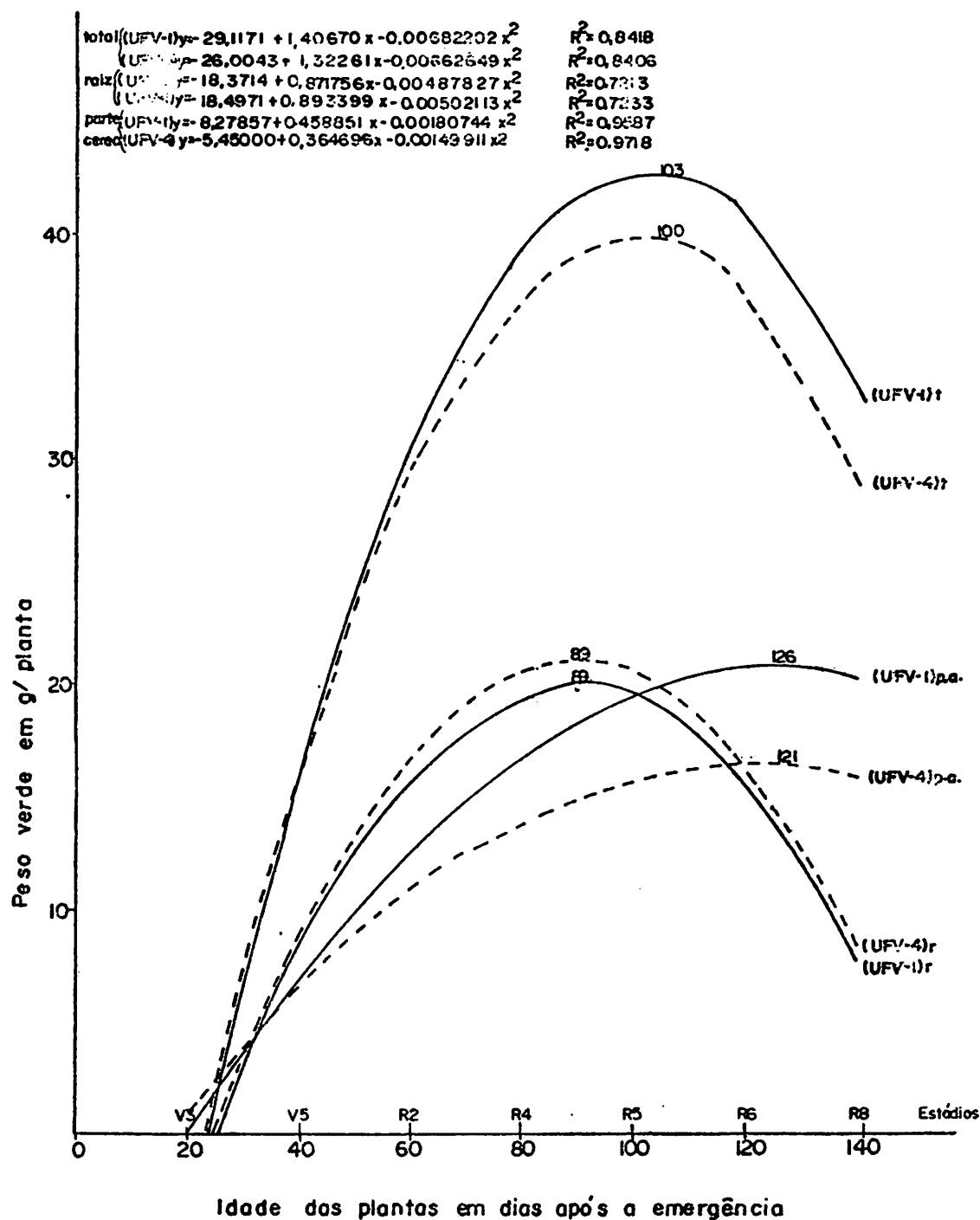


FIGURA 2 - Efeito da idade das plantas sobre o peso verde total (t), do sistema radicular (r) e da parte aérea(p.a.) das cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

sião da amostragem e, por isso, bastante sujeito a erros. Desse modo, os resultados serão mais discutidos em função da matéria seca, que é mais significativa, pois mostra o aumento de substâncias na formação de um órgão da planta sem considerar a entrada de água, e de teores de elementos.

4.1.2. Produção de matéria seca

A matéria seca das diferentes partes da planta e da planta toda, nas cultivares UFV-1 e UFV-4, podem ser vistas no Quadro 5. Observa-se que os aumentos no acúmulo de matéria seca nas raízes e na parte aérea são relativamente lentos até a amostragem de 40 dias, sofrendo uma intensa aceleração até a fase de início de formação das vagens, aos 80 dias.

Na parte aérea, isoladamente (Quadro 5), o peso seco das folhas aumentou até os 80-100 dias. As folhas começaram a cair a partir da amostragem de 60 dias, acelerando a queda após os 80 dias. Depois desse período, as folhas caídas aumentaram consideravelmente, sendo que na maturidade as plantas apresentavam um mínimo de folhas retidas. Observa-se, também, que há um aumento de matéria seca no caule até os 100 dias, e depois um decréscimo até o final do ciclo. Já as vagens começaram um rápido aumento de peso seco após o estágio de 80 dias, incluindo-se, na amostragem final, o peso dos grãos. Dados semelhantes foram obtidos por HANWAY & WEBER (34) em condições de campo, quando os pesos secos do caule, folhas e pecíolos aumentaram até aproximadamente 90



...do de amostras... por isso, bastante sujeito a erros. De fato...
 ...os resultados serão mais discutidos em função da matéria...
 ...que é mais significativa, pois mostra o aumento de...
 ...na formação de os órgãos da planta sem considerar a...
 ...de água, e de outros de elementos.

4.1.2. Produção de matéria seca

A matéria seca das diferentes partes da planta e da...
 ...das, nas cultivares UV-1 e UV-4, podem ser vistas no...
 ...Observa-se que os aumentos no acúmulo de matéria seca...
 ...e na parte aérea são relativamente lentos até a amostra...
 ...de 70 dias, seguindo uma intensa aceleração até a fase...
 ...de formação das vagens, aos 80 dias.

Na parte aérea, facilmente (Quadro 2), o peso seco das...
 ...aumentou até os 80-100 dias. As folhas começaram a cair...
 ...a partir da amostragem de 60 dias, acelerando a queda após os 80...
 ...dias. Depois desse período, as folhas caíram aumentaram consider...
 ...avaliada, sendo que na maturidade as plantas apresentavam um...
 ...fundo de folhas rotas. Observa-se, também, que há um aumento...
 ...e matéria seca no caule até os 100 dias, e depois um decréscimo...
 ...até o final do ciclo. Já as vagens começaram um rápido aumento...
 ...de peso após o estágio de 80 dias, incluindo-se, as amostras...
 ...em final, o peso dos grãos. Dados semelhantes foram obtidos por...
 ...FRER (34) em condições de campo, quando os pesos...
 ...e folhas e pecíolos aumentaram até aproximadamente...

QUADRO 5 - Peso médio de matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso seco (g/planta)											
	Raízes		Caulo		Folhas		Vagens		Grãos		Planta total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,18	0,17	0,14	0,16	0,22	0,25					0,54	0,58
40	0,68	0,71	0,51	0,52	0,77	0,76					1,96	1,99
60	1,50	1,36	1,54	1,38	2,14	1,81					5,18	4,55
80	6,32	4,34	2,64	2,03	3,82	2,85	0,27	0,35			13,05	9,57
100	5,08	4,05	2,80	2,19	3,94	2,58	1,38	1,27			13,20	10,09
120	4,40	3,64	2,35	2,10	3,01	2,23	2,20	2,24			11,96	10,21
140	1,31	1,35	1,90	1,82	2,61	2,13	2,88	2,65	0,23	0,16	8,93	8,11

dias após a emergência , sendo que na maturidade nenhuma folha permanecia na planta; o aumento de peso das vagens foi a partir de 60 dias, declinando após , enquanto que a partir de 100- 110 dias houve um aumento diário do peso seco dos grãos, acompanhado por uma perda de peso de outras partes da planta.

Pelo Quadro 5, nota-se um acréscimo de peso da matéria seca total da planta em torno de 100-120 dias, apresentando diminuição nas fases subsequentes. Esta tendência da soja em reduzir o crescimento, pode ser atribuído a ineficiência do sistema radicular na absorção de nutrientes nessa fase de desenvolvimento da cultura, quando em condições artificiais. Verifica-se pelo Quadro 5, que o acúmulo de matéria seca ocorreu a taxas crescentes e aproximadamente iguais até 80 dias, com considerável declínio entre 100 e 140 dias. Isto confirma os resultados obtidos por vários pesquisadores (5, 6, 7, 8, 19, 33, 49, 58), que encontraram em diferentes cultivares e condições ambientais, maior desenvolvimento vegetativo em torno dos 90 dias. Observa-se, ainda no Quadro 5, que a cultivar UFV-1 apresentou produção de matéria seca total superior à UFV-4 (100 dias) e que essa diferença pode ser atribuída à maior taxa de assimilação pela UFV-1; maior sensibilidade da UFV-4 à época de plantio, ou ao comprimento do dia determinado pela latitude, não alcançando o porte adequado , reduzindo o desenvolvimento vegetativo e a produção de grãos.

As variações percentuais na produção de matéria seca da raiz e parte aérea da planta, considerando-se 100% o limite inferior da faixa, estão contidas no Quadro 6. Verifica-se uma taxa relativamente rápida de acumulação

QUADRO 6 - Crescimento relativo, em percentagem, dos pesos da matéria seca da raiz e parte aérea, de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Dias	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
20 a 40	278	255	318	212
40 a 60	121	187	91	149
60 a 80	321	75	219	53
80 a 100	- 20	4	- 7	- 2
100 a 120	- 13	- 20	- 10	- 9
120 a 140	- 70	- 16	- 63	- 9

de matéria seca na raiz até os 80 dias. A partir desse período ocorreu redução no peso seco da raiz, o que se traduz por uma variação negativa. Constata-se na parte aérea taxas de acumulação decrescentes até os 100 dias, após o que se tornam negativas. O comportamento de ambas as variedades foi bastante semelhante.

Com o desenvolvimento dos grãos, houve um decréscimo do peso seco das partes vegetativas. Essa perda de matéria seca ocorre em função da queda de folhas senescentes e translocação de assimilados para as vagens e grãos, fato amplamente comprovado e conhecido (5, 6, 7, 9, 19, 31, 33, 34, 37, 49).

As equações de regressão com seus coeficientes de determi

nação, para cada parte da planta e para a planta toda, estão representados nas Figuras 3 a 7.

Com base na curva estabelecida para as cultivares (Figura 3) e no ponto de máxima, observa-se que a cultivar UFV-1 apresenta maior peso de matéria seca total e maior crescimento. Os pontos de acumulação máxima da matéria seca total ocorreram aos 107 dias (11,95 g/planta) para a cultivar UFV-1 e aos 114 dias (9,66 g/planta) para a UFV-4, observando-se um pequeno decréscimo de peso da matéria seca na amostragem final. Tais resultados confirmam aqueles obtidos, em condições de campo, por diversos pesquisadores (5, 19, 30, 31, 34, 37, 49), ao encontrarem pontos de acumulação máxima no intervalo de 89 a 120 dias. Segundo os autores citados, esta diferença pode ser explicada pelas condições climáticas, sobretudo pela precipitação pluviométrica, efeito ecológico ou de cultivar (herança genética) e produção de matéria seca menor na parte vegetativa.

Os pesos das várias partes da planta relativo à produção da matéria seca total foram semelhantes para ambas as cultivares. HANWAY & WEBER (34) trabalhando em Iowa com a variedade Hawkeye, em dois anos de experimento, encontraram 9140 e 10220 kg/ha dos pesos totais das plantas, enquanto HENDERSON & KAMPRATH (37) obtiveram na variedade Lee, produção de matéria seca oscilando de 1396 a 2276 kg/ha, o que se assemelham aos dados deste trabalho.

Ainda pela Figura 3, pode-se verificar que mais de 50% da matéria seca se acumulou após o florescimento da soja, implicando em que, condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura nes

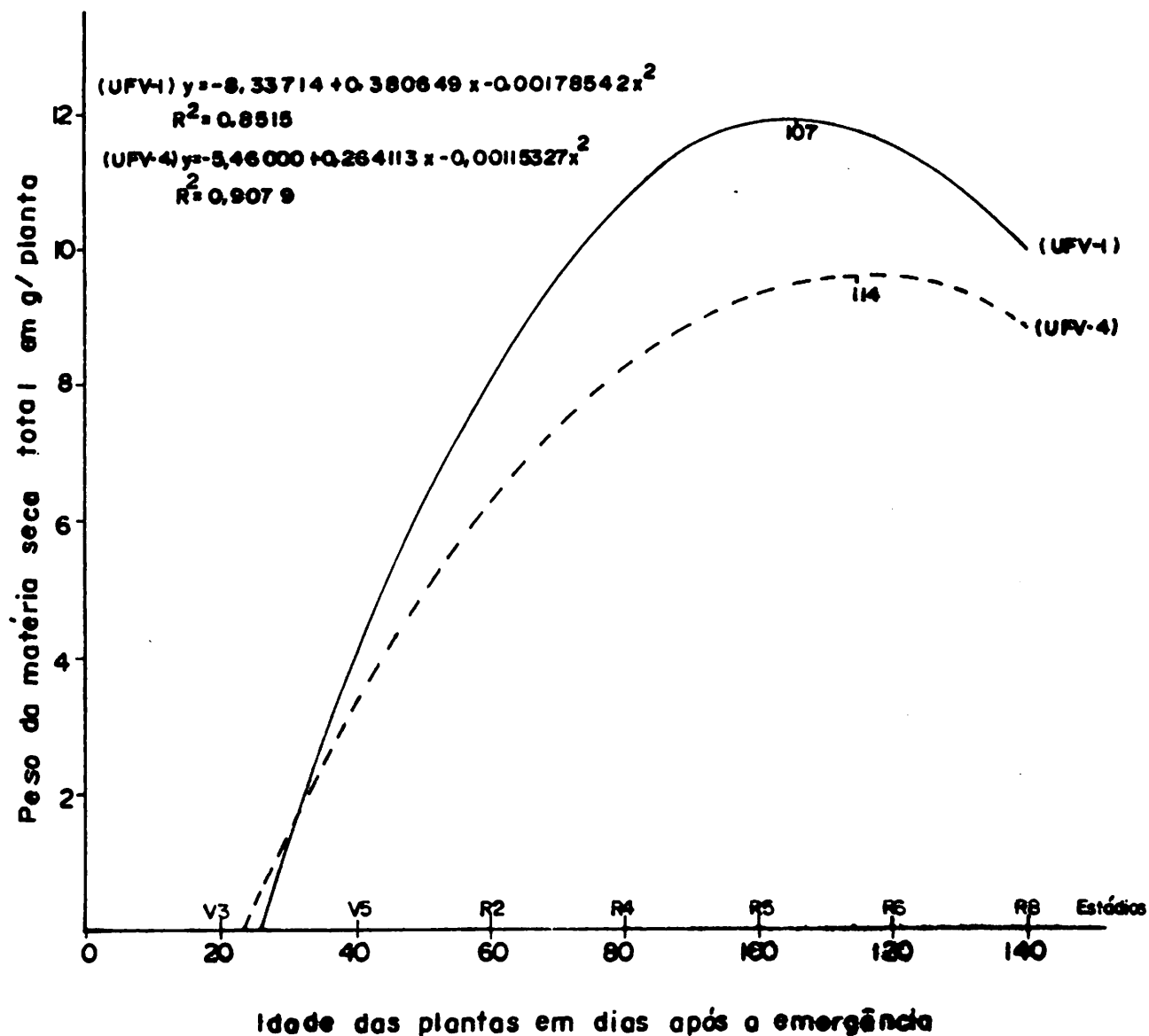


FIGURA 3 - Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca total de cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

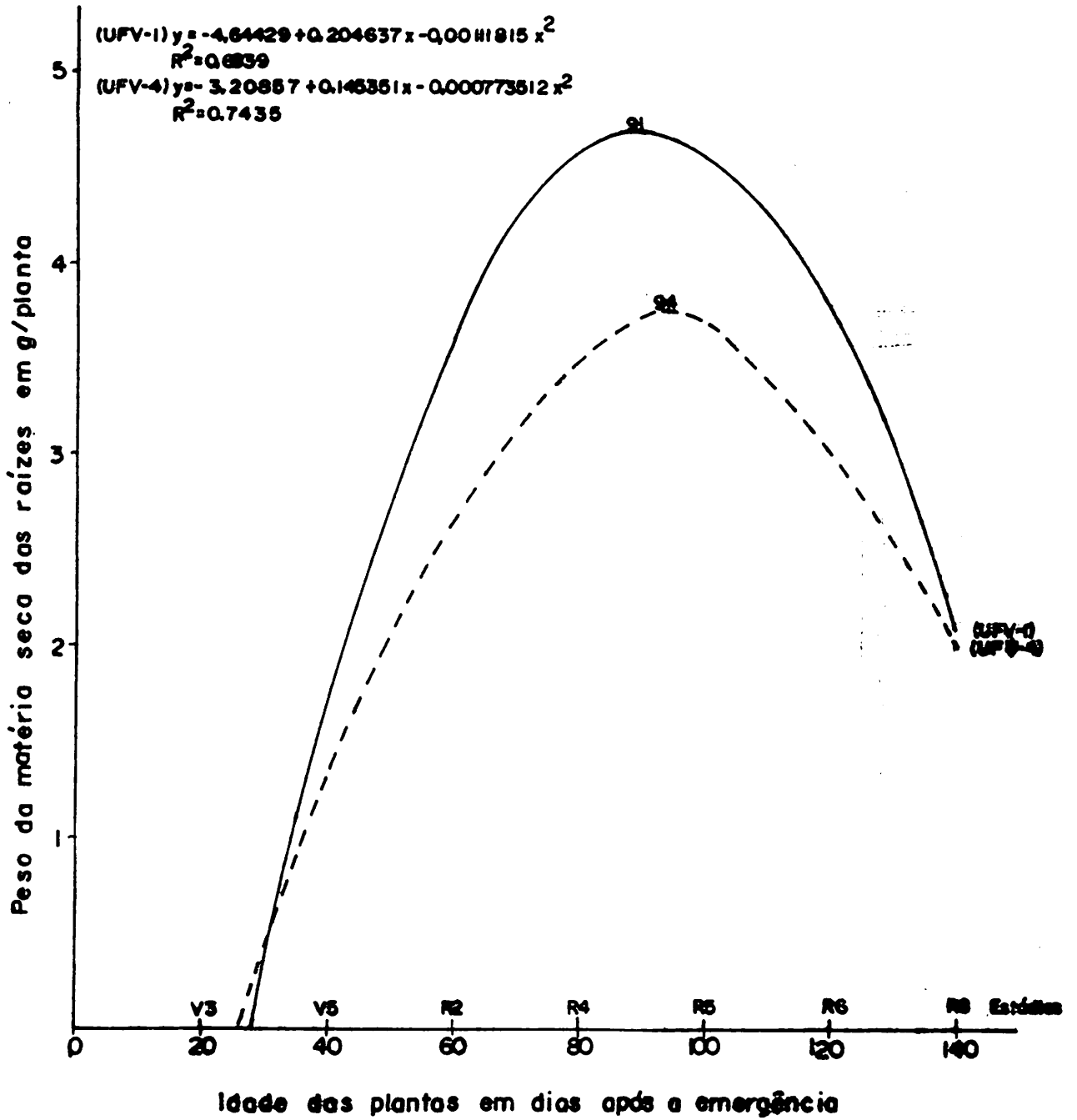


FIGURA 4 - Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das raízes em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

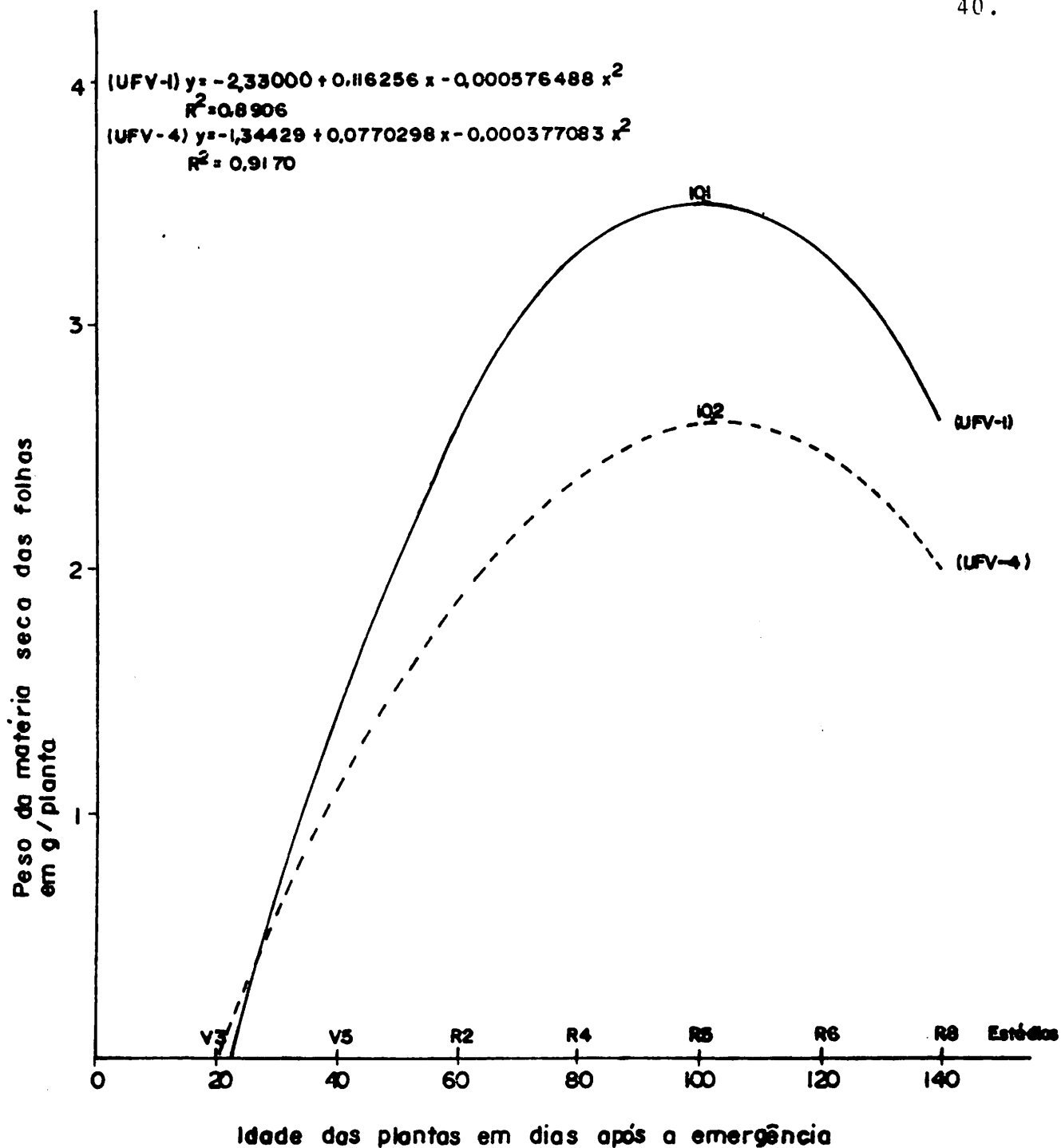


FIGURA 5 - Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4-ESAL, Lavras, MG, 1982.

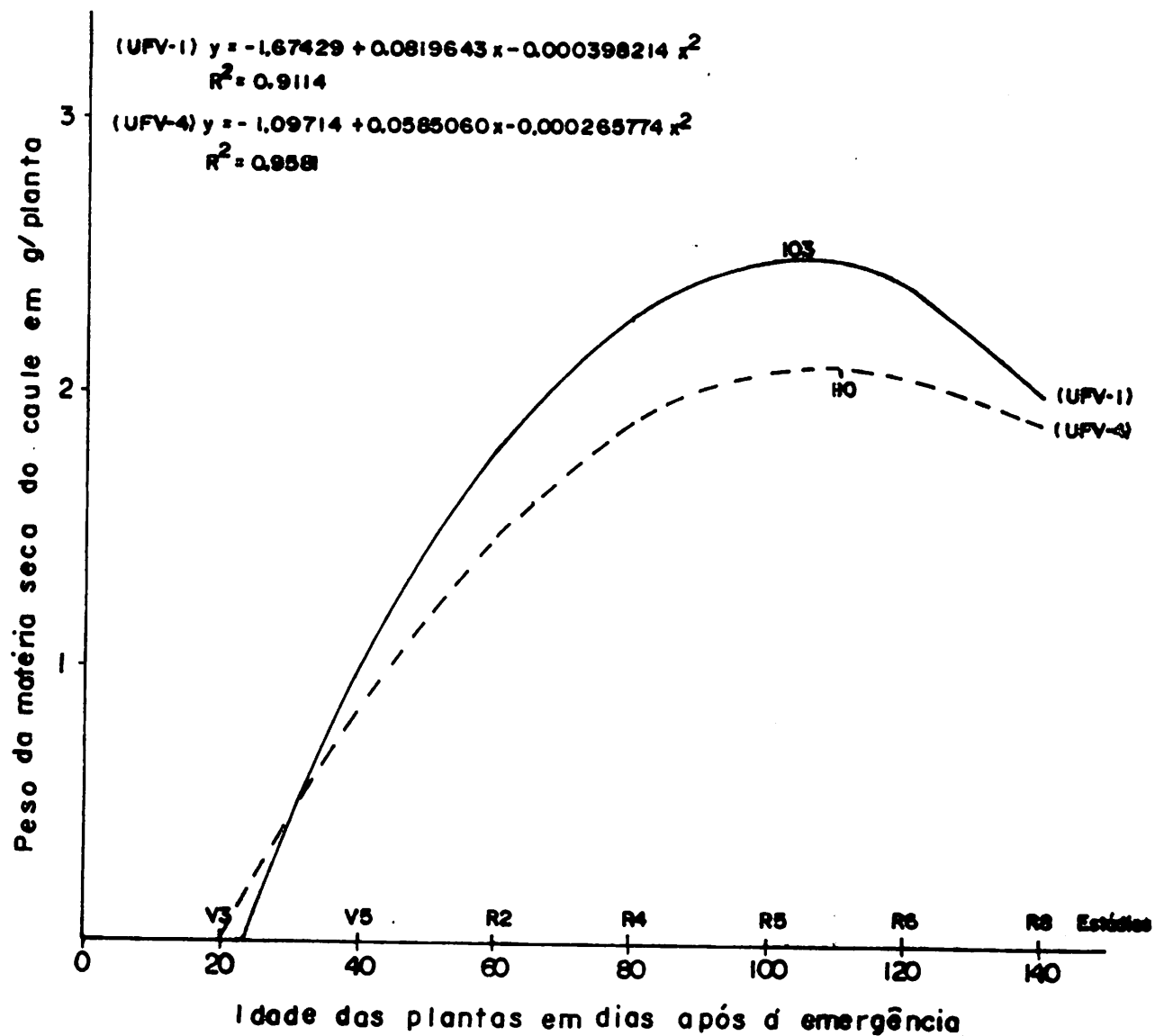


FIGURA 6 - Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

sa fase afeta o processo. Pesquisas realizadas em São Paulo, por BATAGLIA & MASCARENHAS (5) e ROSOLEM (58), demonstraram esse fato, pois o máximo de matéria seca acumulada, em um ano com limitações climáticas, no final do ciclo, ocorreu aos 90 dias, e a produção de grãos foi aproximadamente 55% menor.

O acúmulo de matéria seca pelas raízes das cultivares em estudo foi expresso por equação de regressão do 2º grau (Figura 4). Observa-se que houve um acúmulo constante de peso seco até os 80 dias da germinação, com visível estabilização entre 80 e 100 dias . Após essa fase, a taxa de crescimento é reduzida sensivelmente até a amostragem final. A máxima acumulação nas raízes ocorreu, respectivamente, aos 91 dias com 4,72 g/planta na cultivar UFV-1 , e aos 94 com 3,62 g/planta na UFV-4. Experimento de BATAGLIA et alii (7) mostra comportamento similar para a cultivar Santa Rosa, em semelhante tipo de solo, observando-se que a capacidade de extração de nutrientes pela soja pode ser explicado pelo desenvolvimento de seu sistema radicular em geral superficial, conforme mostrado por INFORZATO & MASCARENHAS (39), que observaram em soja adubada e sem adubo maior quantidade de raízes nas camadas de 0-10 cm do solo em ambos os tratamentos (62,6% e 70,6%, respectivamente).

Na Figura 5, constata-se que a equação de 2º grau ajustou-se ao peso da matéria seca das folhas. Há uma tendência de aumento até a amostragem de 100 dias, sendo a taxa de acúmulo bastante alta. Os pontos de máximo tiveram lugar aos 101 dias (3,53 g/planta) para a cultivar UFV-1, e aos 102 (2,59 g/planta) para a UFV-4, começando a haver perda de peso seco até os

últimos estádios do ciclo. Nota-se pelas formas das curvas obtidas (Figura 5) e nos pontos de máximo, que a cultivar UFV-1 mostra maior peso de matéria seca das folhas e maior tamanho do que a UFV-4. O acúmulo de matéria seca nas folhas, foi também estudado em outras cultivares por vários pesquisadores (19,34, 41, 42, 49), que encontraram pontos de acumulação máxima entre 90 e 120 dias. BATAGLIA & MASCARENHAS (5), citando vários pesquisadores (9, 19, 31, 34, 37, 49), concluem que a redução de matéria seca na parte vegetativa, pode ser explicada pela queda de folhas e translocação para os grãos.

Da análise de regressão, resultaram equações de 2º grau das duas cultivares, para os dados de matéria seca do caule. Verifica-se pela Figura 6, que o peso total do caule apresentou crescimento a taxas decrescentes por todo o período em estudo, sendo que o ponto de máxima acumulação para a UFV-1 tem lugar aos 103 dias (2,54 g/planta), enquanto que para a UFV-4 localiza-se aos 110 dias (2,12 g/planta). Isto indica a importância do caule, por se constituir no caminho natural entre a área de atividade fotossintética e a raiz. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por EGLI & LEGGETT (19), HANWAY & WEBER (34) e KARLEN et alii (41, 42), que encontraram pontos de acumulação máxima do caule no intervalo de 90 a 110 dias.

Quando se compara o comportamento do peso seco das folhas, verifica-se pelo Quadro 5, que foi sempre maior que o do caule, apresentando diferenças maiores nos primeiros estádios, com valores correspondentes a 59,2% e 74,1% do total da

cultivar UFV-1; 56,9% e 72,4% do total da cultivar UFV-4. Nas amostragens tardias, os valores dos componentes vegetativos foram mais próximos, com taxas de 70,8% e 78,7% para a UFV-1, e de 73,7% e 77,5% para a UFV-4, do total da matéria seca produzida aos 140 dias.

A matéria seca obtida dos órgãos reprodutivos da planta, a partir da amostragem de 80 dias, foi a princípio pequena (Quadro 5), aumentou rapidamente em função da produção e desenvolvimento do grão. Na Figura 7, encontram-se as linhas de regressão do efeito da idade da planta sobre o peso da matéria seca das vagens e grãos. Verifica-se que o acréscimo da matéria seca aumentou linearmente com a idade da planta, contribuindo no final do ciclo, com 65,2% e 65,3% do total da matéria seca produzida pelas cultivares UFV-1 e UFV-4, respectivamente.

Comparando a produção de matéria seca das vagens e grãos com a parte vegetativa da planta (Quadro 7), observa-se que há uma redistribuição de matéria seca com o desenvolvimento da soja. Enquanto o peso da parte vegetativa cresceu até os 80 dias nas duas cultivares, decrescendo a partir daí, o peso seco das vagens e grãos, a partir da amostragem de 80 dias, aumentou. O cálculo da perda de peso da parte vegetativa nesse período, indica ter ocorrido uma transferência de 6,96 g/planta na cultivar UFV-1 e 3,92 g/planta na UFV-4. Resultado correspondente foi obtido com feijão adubado, por GALLO & MIYASAKA (24) ao verificarem que, enquanto o peso da parte vegetativa cresceu até os 44 dias e daí até os 65 dias decresceu, no mesmo intervalo, o peso

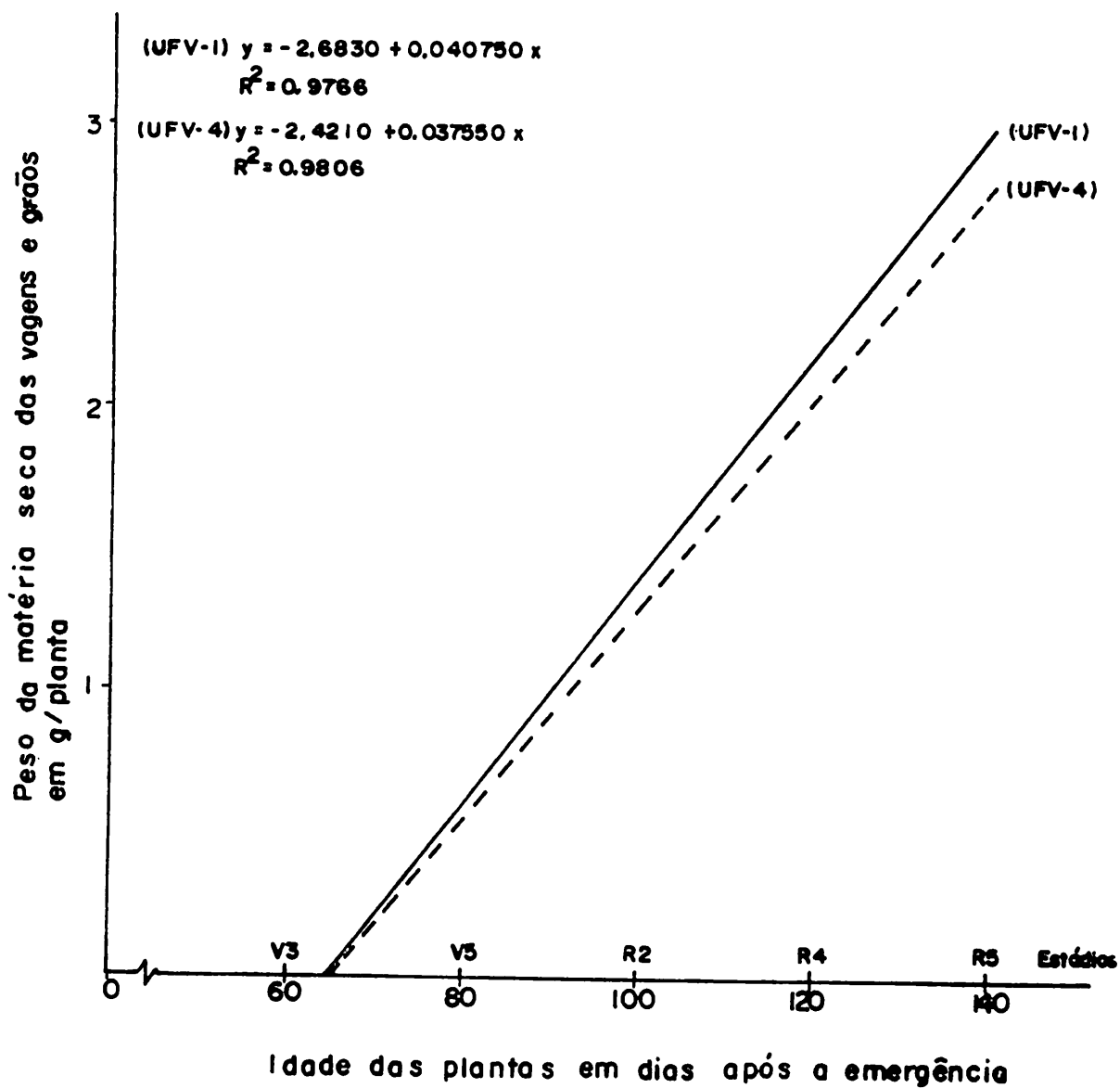


FIGURA 7 - Efeito da idade das plantas sobre o peso da matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

da matéria seca dos frutos aumentou, sendo de 601 kg/ha a perda de peso da parte vegetativa para as vagens e sementes.

QUADRO 7 - Peso da matéria seca de duas cultivares de soja, segundo os estádios de desenvolvimento da planta- ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	UFV-1		UFV-4	
	Parte vege- tativa (g/planta)	Vagem + grão (g/planta)	Parte vege- tativa (g/planta)	Vagem + grão (g/planta)
20	0,54	-	0,58	-
40	1,96	-	1,99	-
60	5,18	-	4,55	-
80	12,78	0,27	9,22	0,35
100	11,82	1,38	8,82	1,27
120	9,76	2,20	7,97	2,24
140	5,82	3,11	5,30	2,81

4.2. Nutrientes

Os resultados obtidos neste ensaio são comparados com aqueles oriundos de inúmeras pesquisas realizadas no País e no exterior. Deste modo, podem ser esperadas possíveis flutuações na absorção dos nutrientes, dentro dos limites impostos pelas condições de solo, adubação, clima e cultivares empregados. De acor

do com BATAGLIA & MASCARENHAS (6) a exigência da cultura em nutrientes, pode variar em função da capacidade da planta em produzir assimilados e translocá-los para os órgãos reprodutivos.

4.2.1. Fósforo

4.2.1.1. Concentração

Os valores da concentração de fósforo nos órgãos da planta em função dos estádios de desenvolvimento da mesma, são apresentados no Quadro 8 e ilustrados nas Figuras 8 a 11.

Pode-se notar que a concentração média de fósforo nas partes vegetativas foi mais ou menos constante até os 100 dias (Quadro 8). Nas duas últimas amostragens as concentrações diminuíram no caule e folhas principalmente, com um aumento substancial nas vagens e grãos. Isto deveu-se à movimentação do fósforo para as vagens e grãos, pois é um nutriente altamente móvel na planta, conforme Biddulph, citado por MAFRA (43), e outros pesquisadores (20, 44, 46, 56). No trabalho desenvolvido por BORST & THATCHER (9) durante seis anos, observa-se um declínio na concentração de fósforo nas folhas, caule e vagens, após as partes alcançarem pleno desenvolvimento; entretanto, os autores não assinalaram o movimento do P para os grãos. Vinte anos depois, MEDERSKI (50), HAMMOND et alii (31) e TOGARI et alii (67) observaram que 40 a 80% de fósforo no grão são resultantes da

QUADRO 8 - Concentrações médias de fósforo, em percentagem da matéria seca, nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta									
	Raízes		Caule		Folhas		Vagem		Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,22	0,25	0,13	0,17	0,28	0,33	-	-	-	-
40	0,28	0,18	0,08	0,06	0,17	0,15	-	-	-	-
60	0,20	0,20	0,10	0,15	0,17	0,18	-	-	-	-
80	0,24	0,23	0,09	0,13	0,16	0,18	0,39	0,41	-	-
100	0,28	0,23	0,11	0,11	0,18	0,20	0,38	0,45	-	-
120	0,24	0,20	0,09	0,07	0,10	0,10	0,56	0,54	-	-
140	0,11	0,11	0,07	0,08	0,09	0,10	0,46	0,52	0,76	0,80

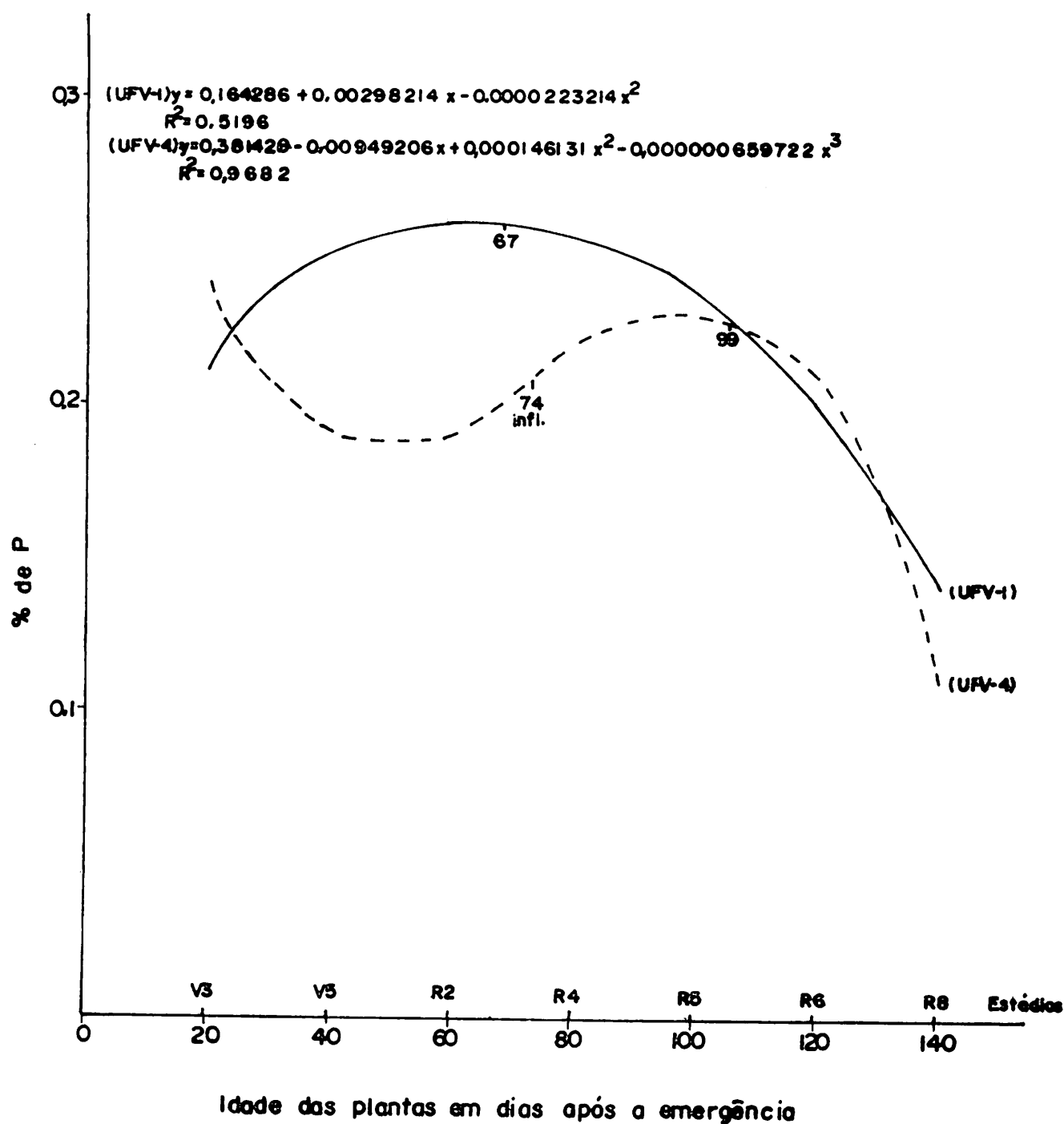


FIGURA 8 - Concentração percentual de fósforo na matéria secada das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

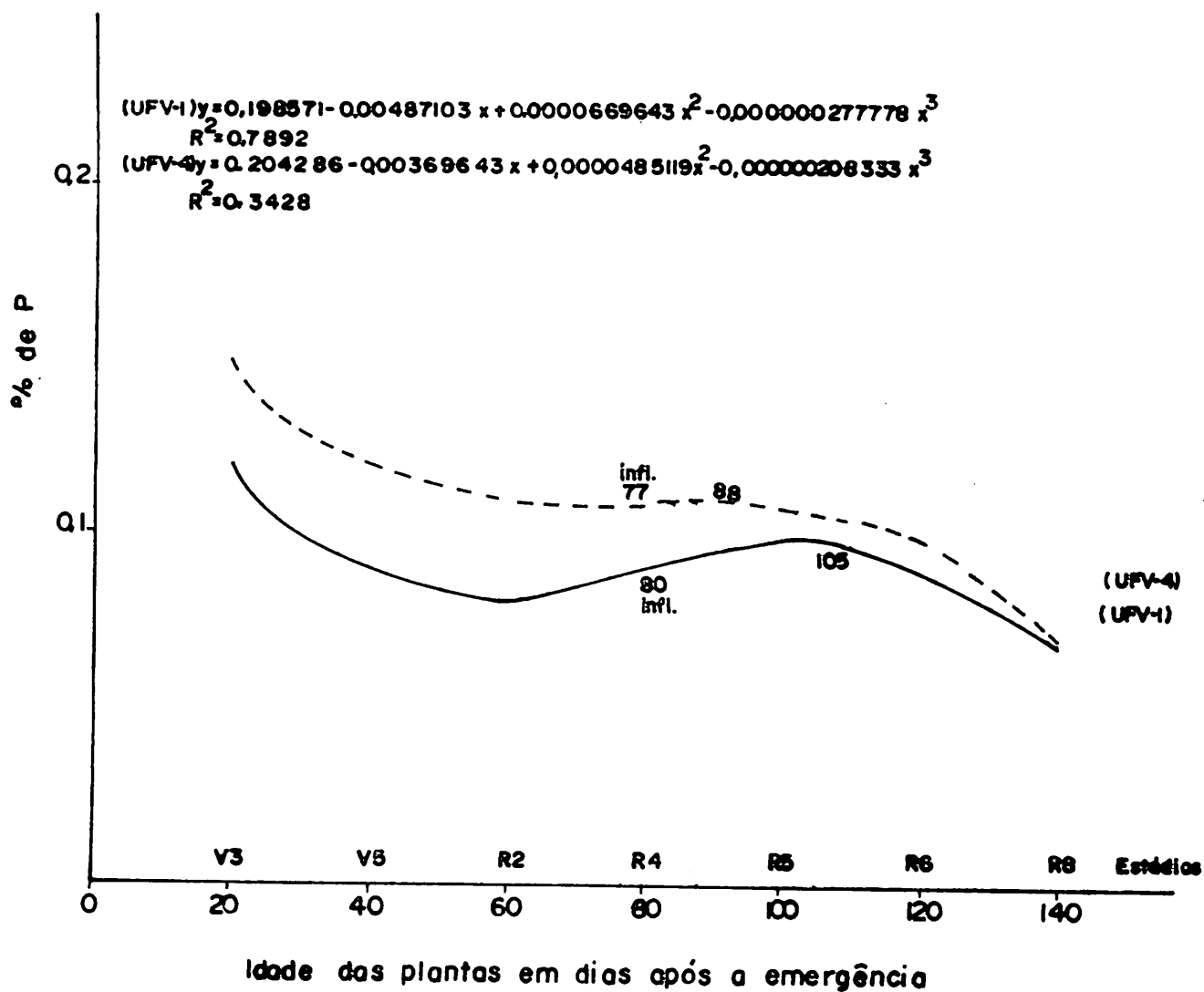


FIGURA 9 - Concentração percentual de fósforo na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

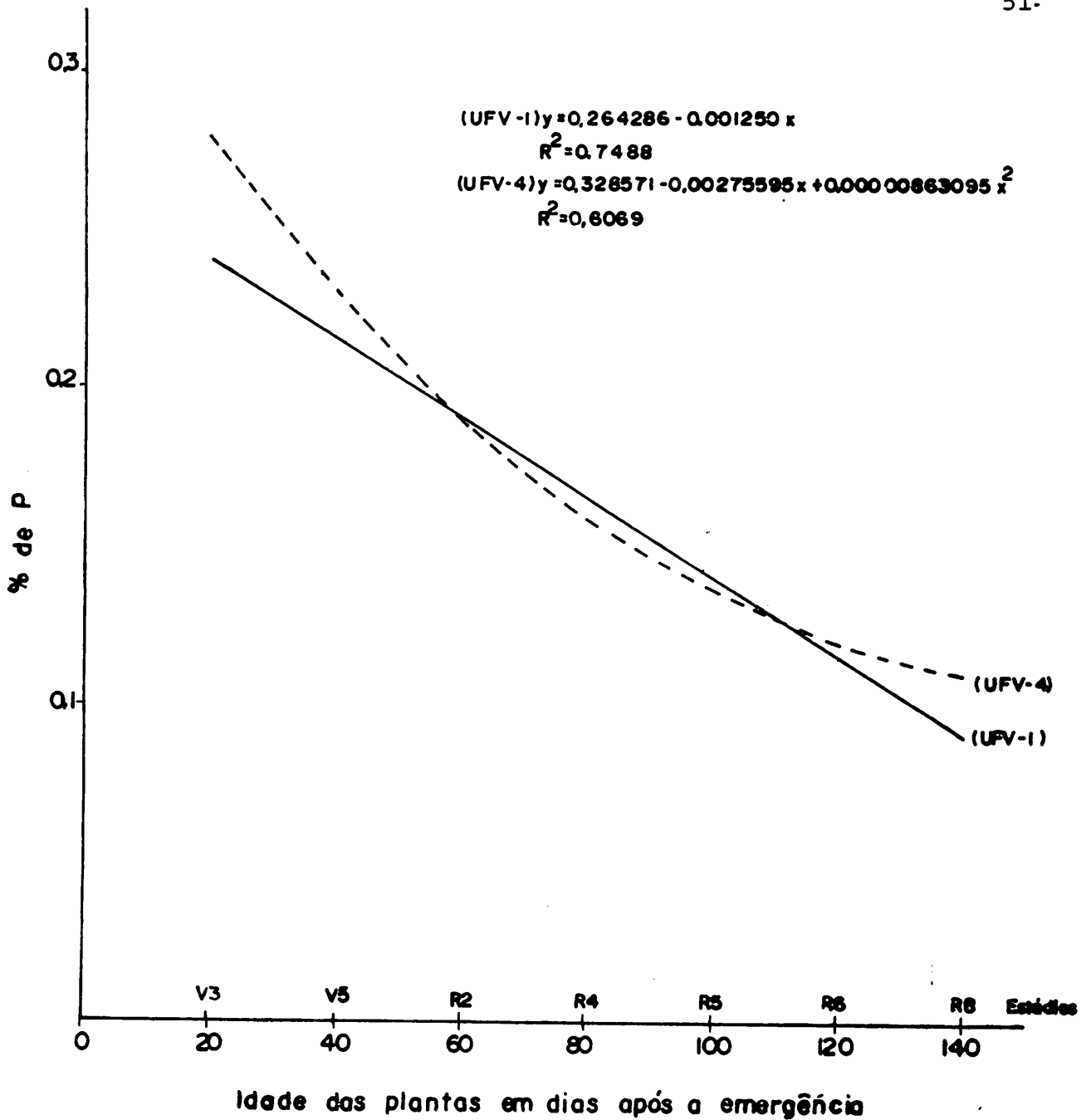


FIGURA 10 - Concentração percentual de fósforo na matéria seca das folhas de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

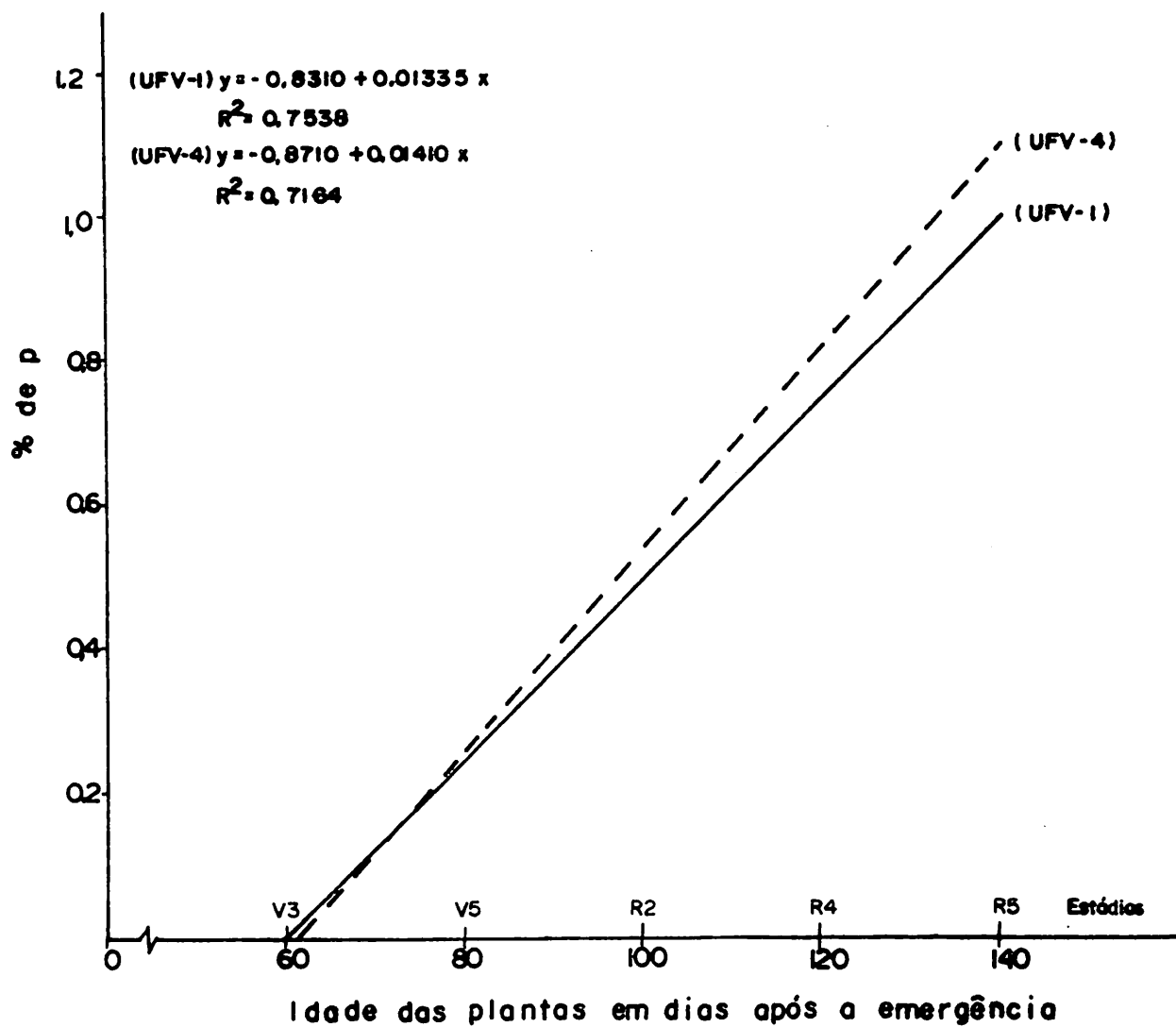


FIGURA 11 - Concentração percentual de fósforo na matéria seca das vagens e grãos de soja em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

translocação das vagens, folhas e caule, indicando que o P migra desses órgãos para os grãos.

Os teores de fósforo nas raízes (Figura 8), foram expressos por equações polinomiais do 2º e 3º graus, respectivamente, para as cultivares UFV-1 e UFV-4. Na UFV-1, o ponto de máxima concentração de P, nesta parte da planta, ocorreu aos 67 dias com 0,26%, enquanto que na UFV-4, a menor concentração (40-60 dias) coincide com a maior decrepitude no período do percentual da matéria seca nas folhas; a maior velocidade de absorção do nutriente (ponto de inflexão da curva) foi encontrada aos 74 dias com 0,21%, e o teor estimado aos 99 dias com 0,23% do elemento. A diferença entre cultivares pode ser explicada, segundo JONES et alii (40), possivelmente pelo declínio no crescimento de novas raízes, longevidade ou maior atividade metabólica do sistema radicular e as mudanças que ocorrem nos estádios vegetativo e reprodutivo da planta.

Verifica-se através da Figura 9, que a curva de regressão que melhor descreveu a concentração de fósforo no caule, foi a do 3º grau, para as duas cultivares. O ponto de inflexão para a cultivar UFV-1 ocorreu aos 80 dias com 0,09%, enquanto que para a UFV-4, este ponto localiza-se aos 77 dias com 0,11%; os teores máximos foram encontrados, respectivamente, aos 105 dias com 0,10% para uma e aos 88 dias com 0,11% para a outra. HANWAY & WEBER (35) obtiveram uma maior concentração do fósforo no estádio em que a planta continha três folhas trifoliadas bem desenvolvidas, e depois o teor diminuía gradualmente até o final do ciclo. Os resultados obtidos, no caule, concordam com os encontrados por CORDEIRO et alii (15), apenas quanto ao período ini-

cial do desenvolvimento da planta, aos 42 dias da sementeira. Depois, a concentração alcança maiores acréscimos no ponto de inflexão, por volta de 50 dias, chegando ao máximo teor em torno de 80 dias. Neste trabalho, constatou-se uma tendência geral de teores equivalentes aos daqueles autores.

Já nas folhas (Figura 10), o teor de fósforo cresceu com o desenvolvimento da planta. Para a cultivar UFV-1, a linha de regressão mostrou que, em função da idade da planta houve uma redução linear no percentual de P nas folhas, enquanto que para a UFV-4, a resposta foi quadrática, com o ponto de mínima situando-se além dos limites estudados. Para as duas cultivares, nota-se durante o ciclo da planta, redução dos teores de fósforo em aproximadamente um terço nas folhas, passando de valores estimados de 0,24% e 0,28% aos 20 dias para 0,08% e 0,11% aos 140 dias, respectivamente.

As folhas funcionam como armazenadores transitórios do fósforo absorvido. Conforme as Figuras 9 e 10, o decréscimo da concentração de P, poderia ser explicado pelo efeito de diluição do elemento e pela intensa produção de matéria seca que ocorre até o início do período de enchimento dos grãos. Estes dados concordam com aqueles obtidos por WEBB et alii (68), que registraram decréscimo acentuado de fósforo nos folíolos e pecíolos de 1,02% para 0,30%; CORDEIRO et alii (15) verificaram em soja adubada ou não, que a máxima concentração ocorreu com 0,40% nas folhas superiores, mostrando um decréscimo constante do elemento a partir dos 69 dias da emergência, enquanto as folhas médias au

mentam e estabilizam a concentração até o fim do ciclo. Segundo esses últimos autores, no caule, a concentração aumenta, chegando ao ponto de máximo teor em torno de 80 dias, decrescendo até o fim do ciclo. Os resultados deste trabalho também concordam com o obtido por CORDEIRO et alii (15) nesse mesmo experimento desenvolvido em São Paulo com a variedade IAC-2. KARLEN et alii (42) encontraram concentrações mais elevadas nas folhas na amostragem tomada aos 90 dias após a semeadura.

Obteve-se resposta linear das concentrações de fósforo nas vagens e grãos da UFV-1 e UFV-4, que aumentaram em função da idade da planta. As percentagens estimadas de P, a partir da amostragem de 80 dias, foram nesse estágio, de 0,24% para a cultivar UFV-1, e de 0,26% para a UFV-4, semelhantes aos valores encontrados nas folhas aos 20 dias, e que são vistos no Quadro 8. As vagens e grãos apresentaram durante o ciclo maior concentração de P do que qualquer outra parte da planta, sendo que a mobilização da planta nesse nutriente coincide com o período mais intenso de desenvolvimento das vagens. Resultados semelhantes foram obtidos nessa fase, com feijão, por GALLO & MIYASAKA (24).

4.2.1.2. Acumulação

Os dados obtidos sobre a acumulação de fósforo na matéria seca das diversas partes da planta em função da idade, encontram-se no Quadro 9 e Figuras 12 a 14.

QUADRO 9 - Acumulação de fósforo na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso Total (mg de P/planta)											
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos		Planta Total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,396	0,425	0,182	0,272	0,616	0,825	-	-	-	-	1,194	1,525
40	1,904	1,278	0,408	0,312	1,309	1,140	-	-	-	-	3,621	2,730
60	3,000	2,720	1,540	2,070	3,638	3,258	-	-	-	-	8,178	8,048
80	15,168	9,982	2,376	2,639	6,112	5,130	1,053	1,435	-	-	24,709	19,186
100	14,224	9,315	3,080	2,409	7,092	5,418	5,244	5,715	-	-	29,640	22,857
120	10,560	7,280	2,115	1,470	3,012	2,230	12,320	12,096	-	-	28,005	23,076
140	1,441	1,485	1,330	1,456	2,349	2,130	13,248	13,780	1,748	1,280	20,116	20,131

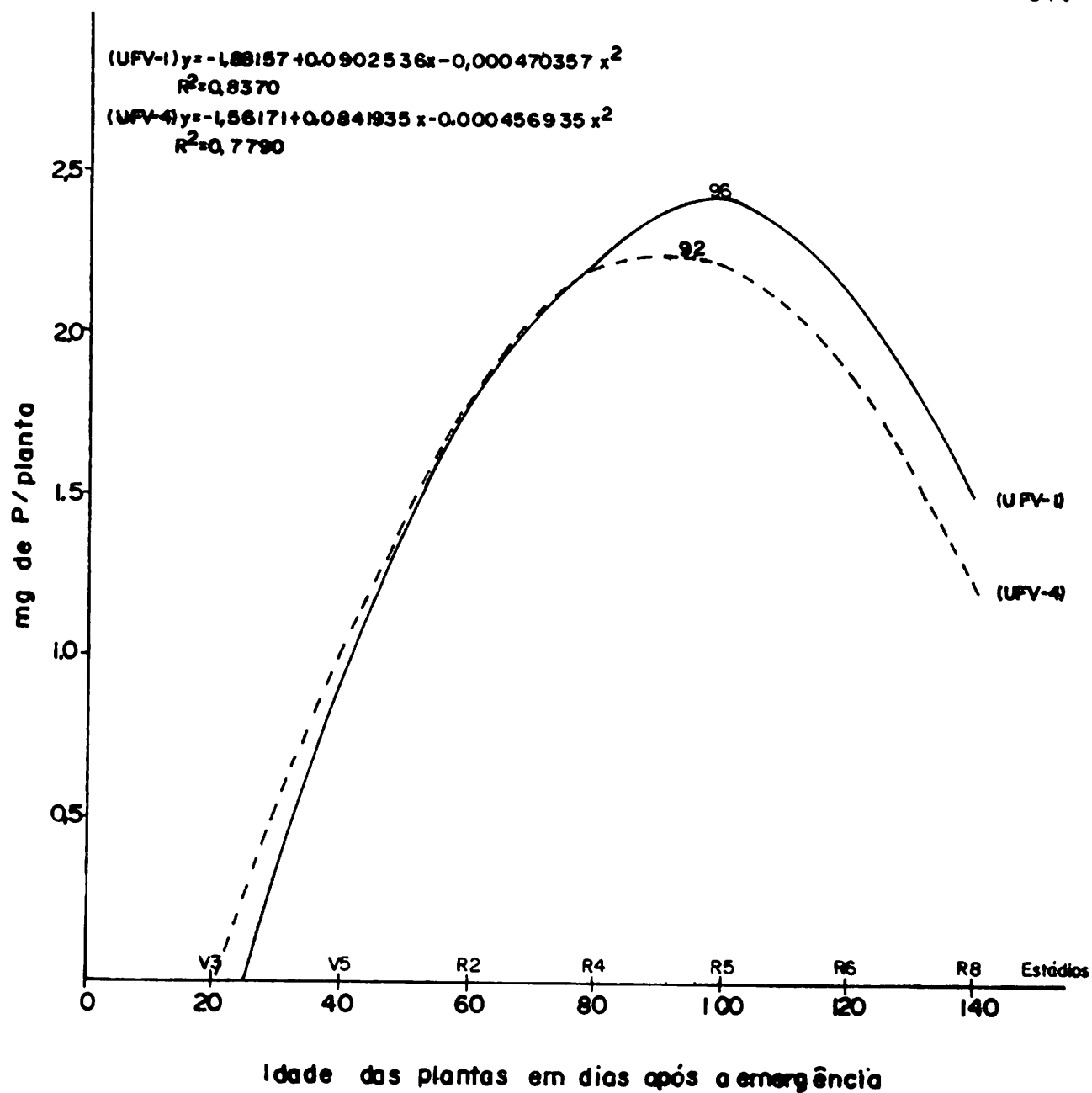


FIGURA 12 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

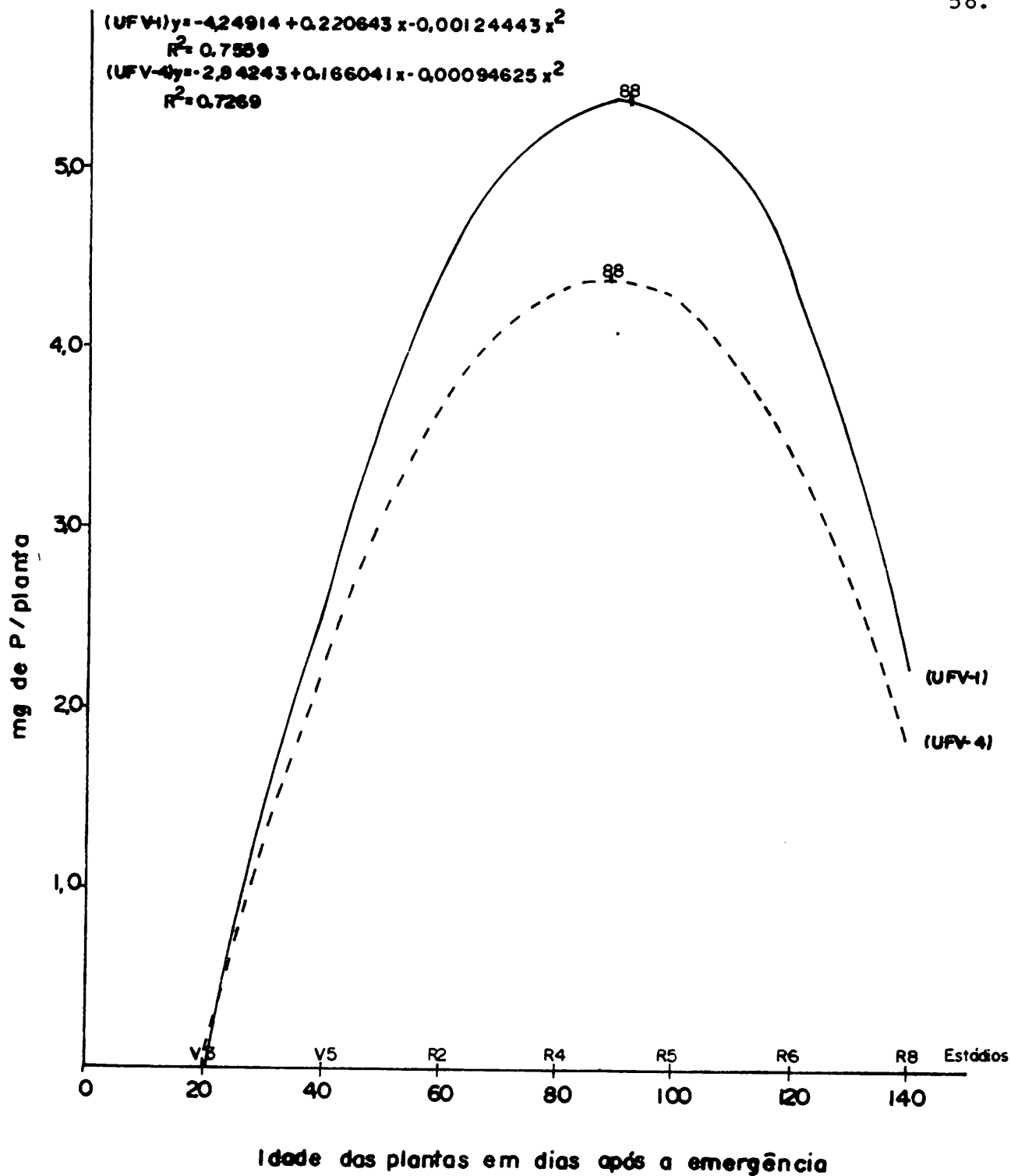


FIGURA 13 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

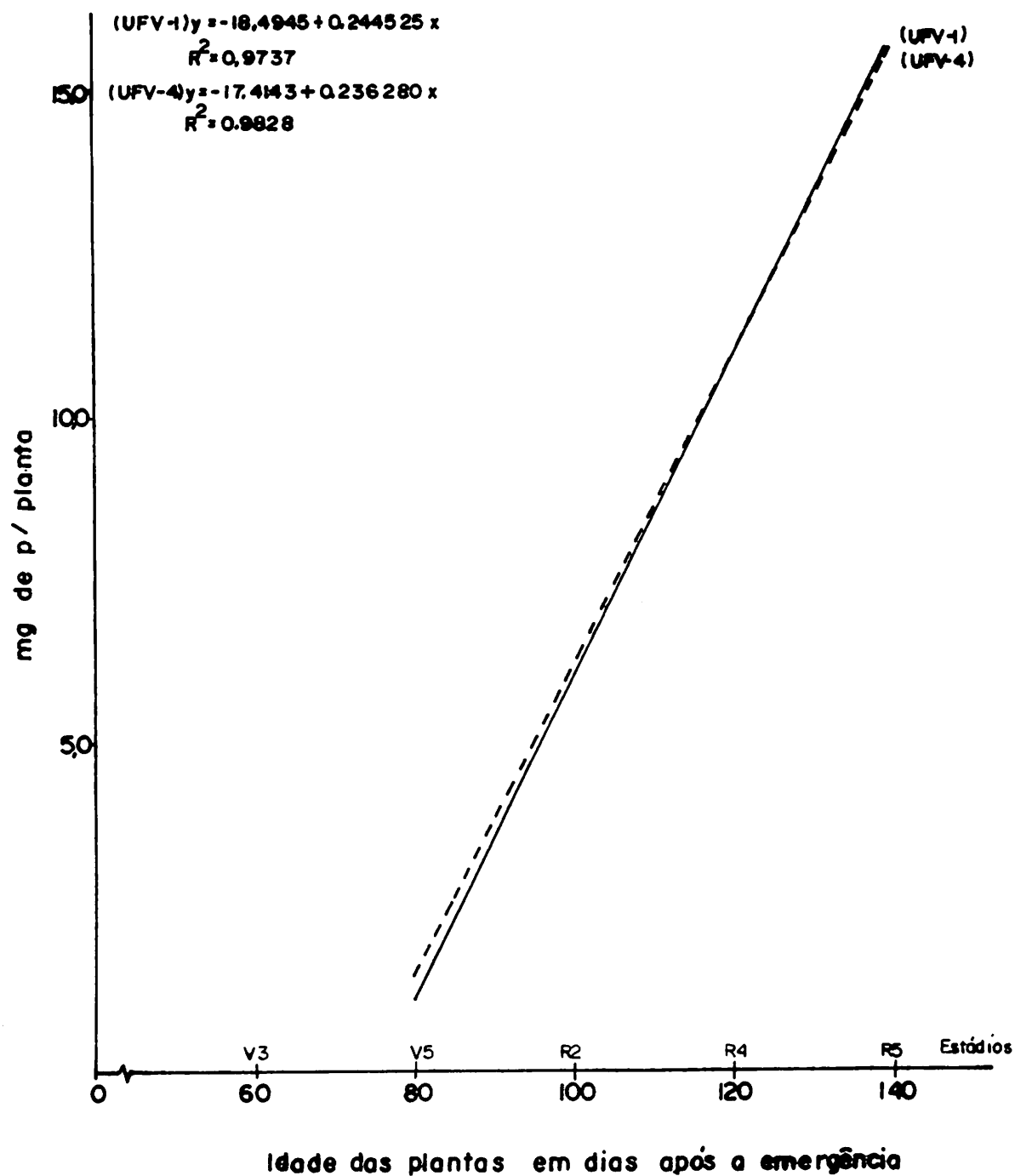


FIGURA 14 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

A acumulação de fósforo pelos componentes vegetativos se mostra relativamente lenta no início do crescimento, sendo que a partir dos 40 dias, associada à alta produção de matéria seca, a taxa de acumulação se eleva, alcançando o pico aos 80-100 dias após a emergência, diminuindo daí até o final do ciclo. Já nas vagens e grãos, a taxa mostra tendência de aumento, pela translocação de fósforo da porção vegetativa para essas partes da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por MEDERSKI (50), em Ohio, e ROSOLEM (58), em São Paulo, em revisão sobre nutrição mineral de soja. Em dados obtidos de três experimentos, HENDERSON & KAMPRATH (37) verificaram que o máximo de P acumulado nas partes vegetativas foi alcançado em torno de 100 dias após a semeadura, enquanto aumentava o acúmulo do elemento na planta total.

Observa-se (Quadro 10) que a acumulação de fósforo, na raiz, aumentou até atingir a amostragem de 80 dias, começando a decrescer lentamente, enquanto na parte aérea o decréscimo ocorreu a partir do estágio de 100 dias.

Comparando-se o comportamento dos valores de fósforo da parte aérea com o das raízes das cultivares em estudo, visto no Quadro 10, verifica-se que até os 60 dias houve maior acumulação de P na parte aérea; nos estádios de 80 a 120 dias, as raízes apresentaram maior acumulação. Na amostragem final houve maior acúmulo do elemento na parte aérea. O decréscimo na acumulação de fósforo nas raízes, se mostra mais acentuado no estágio final do ciclo, quando os grãos estavam maduros, possivelmente devido a menor atividade metabólica do órgão nessa fase, paralelo à

QUADRO 10 - Acumulação de fósforo, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
20	0,396	0,798	0,425	1,097
40	1,904	1,717	1,278	1,452
60	3,000	5,178	2,720	5,328
80	15,168	8,488	9,982	7,769
100	14,224	10,172	9,315	7,827
120	10,560	5,127	7,280	3,700
140	1,441	3,679	1,485	3,586

diminuição de matéria seca; queda das folhas; e diferença de necessidade nutricional da planta, nas vagens e no máximo de crescimento dos grãos, que se evidencia pelo aumento da acumulação nestas (Quadro 9). Conclusões de JONES et alii (40) indicam que a redução do acúmulo de P se baseia em que, na fase reprodutiva, a atividade metabólica da raiz é menor do que no período vegetativo, tendo produção reduzida de fotoassimilado, e a sua pequena demanda em relação às vagens.

Pelas Figuras 12 e 13, verifica-se que as curvas de regressão que melhor descreveram a acumulação de fósforo, no caule e nas folhas de ambas as cultivares foram representadas por equações do 2º grau. A acumulação de P pelo caule obedece a curvas semelhantes às das folhas, acompanhando a tendência da pro

dução de matéria seca, ou seja, acúmulo inicial lento, crescendo mais rapidamente até o início do enchimento do grão. Os resultados aqui obtidos foram fundamentados no trabalho de MEDERSKI(50), quando constatou que ocorre um aumento na velocidade de acumulação de fósforo até o período de 40 a 50 dias de idade da planta; e também foram plenamente de acordo com CORDEIRO et alii (16), que observaram que a acumulação de fósforo pelas plantas se mostra relativamente lenta no início do crescimento, acelerando até por volta de 52 dias; correspondente a 12,37 mg e 14,14 mg de P.

No caule, o fósforo aumentou até atingir o ponto de máxima acumulação aos 96 dias (2,44 mg) e aos 92 (2,32 mg) do elemento/planta, respectivamente para as cultivares UFV-1 e UFV-4. Já nas folhas, constata-se pela Figura 13, que os pontos de máxima acumulação foram observados aos 88 dias, mostrando que ambas as cultivares acumularam fósforo até a mesma idade, respectivamente com 5,53 mg e 4,49 mg de P/planta. Este ponto indica a idade em que as folhas apresentaram uma quantidade máxima de fósforo. No caule como nas folhas, as quantidades acumuladas decrescem a partir dos 80-96 dias. Isso concorda com as constatações de outros pesquisadores, como HENDERSON & KAMPRATH (37) e HANWAY & WEBER (32), que relataram nos Estados Unidos, acumulações máximas de fósforo nas partes vegetativas no período de 84 a 92 dias após a emergência das plantas. Em São Paulo, MASCARENHAS (49) obteve para o caule, acumulação máxima de fósforo aos 100 dias, correspondente a 9,59 kg/ha, e para as folhas, aos 80 dias com 12,28 kg/ha, enquanto CORDEIRO et alii (16) encontraram para o

caule, o máximo aos 83 dias com 27,25 mg/planta e para as folhas, aos 93 com 21,59 mg de P/planta.

As vagens e grãos de soja acumularam quantidades crescentes de fósforo, cujos dados foram explicados por regressão linear (Figura 14). A acumulação do nutriente intensificou-se enquanto o grão incrementou seu tamanho, aumentando respectivamente para as cultivares UFV-1 e UFV-4, as quantidades estimadas de 1,07 mg e 1,49 mg de P/planta acumuladas aos 80 dias para 15,74mg e 15,66 mg do nutriente/planta aos 140 dias, sugerindo uma considerável translocação do fósforo da parte vegetativa para as vagens e grãos. Estes resultados têm sido confirmados por pesquisas efetuadas em Iowa e Carolina do Norte (31, 37), cujas observações indicam que, pelo menos a metade do aumento no fósforo dos grãos e vagens pode ser explicado pela translocação. Segundo HAMMOND et alii (31), de 87 dias da sementeira até a maturidade, o teor de fósforo das vagens e grãos aumentou o equivalente a 5,17 kg, e na parte vegetativa diminuiu 3,08 kg. No Estado de São Paulo, MASCARENHAS (49) trabalhando com a cultivar Pelicano, BATAGLIA & MASCARENHAS (5) e ROSOLEM (58) com a Santa Rosa, também chegaram a resultados semelhantes, quando mostraram intensa translocação do teor de fósforo da porção vegetativa às vagens e grãos, sendo que o último autor citado, considerou que 60% do P total foi absorvido depois do florescimento, indo praticamente todo para os grãos.

O acúmulo total de fósforo (Figura 15) cresceu, seguindo uma modalidade similar a da matéria seca (Figura 3). Os pon -

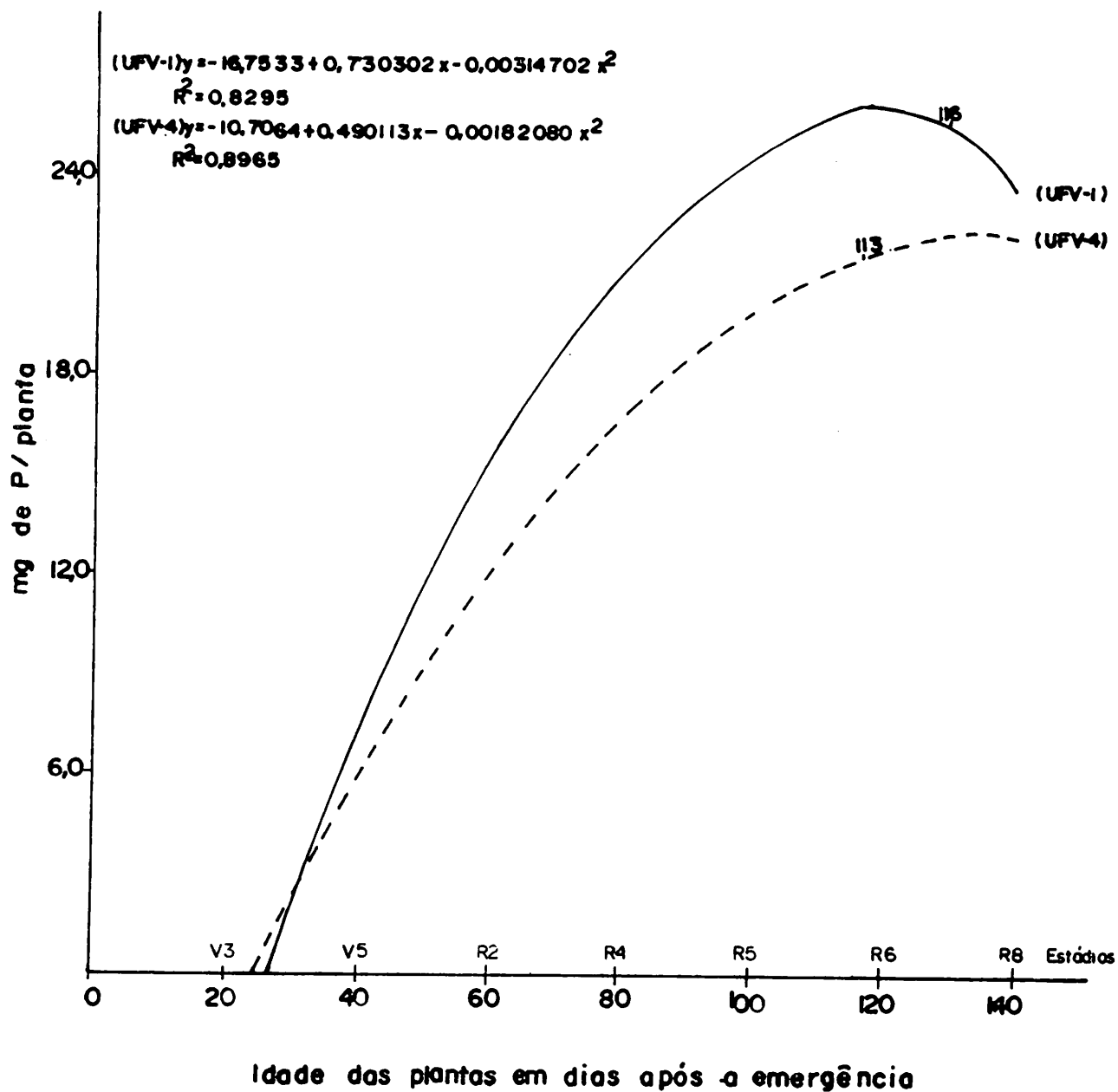


FIGURA 15 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de fósforo na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

tos de máximo ocorreram aos 116 dias (25,61 mg/planta) para a cultivar UFV-1, e 134 dias (22,27 mg/planta) para a UFV-4, estimados por equação do 2º grau. No final, a absorção média de P foi respectivamente, de 16,49 mg e 13,94 mg/planta, e total de 23,81 mg do elemento/planta para a UFV-1, e 22,22 mg para a UFV-4. Esse modelo de curva para NPK em plantas de soja, foi também encontrado por HANWAY & WEBER (32, 34). No trabalho desenvolvido por HENDERSON & KAMPRATH (37), em condições de campo, observou-se que o acúmulo de fósforo total como resultado de três experimentos, alcançou o equivalente a 2,6 kg/ha para 6,2 kg/ha, com uma média de 4,2 kg/ha/ano. Diversos autores (32, 36, 37) têm indicado que a soja absorve aproximadamente 0,40 kg de P/ha/dia, com o máximo atingido logo após o florescimento. A flutuação diária na absorção é consequência das condições ambientais, estado da planta e quantidade de fósforo disponível.

O Quadro 11 mostra a distribuição percentual do fósforo nas diversas partes da planta com o total absorvido, nos diferentes estádios de desenvolvimento das cultivares em estudo. Nota-se que, enquanto a taxa de fósforo aumentou relativamente na raiz até os 80 dias, decrescendo nas amostragens posteriores, a partir daquele período se eleva rapidamente nas vagens e grãos até o fim do ciclo. Já no caule e nas folhas, houve uma redução gradual da taxa de P durante todo o período estudado. Isto sugere deposição do nutriente até a fase de florescimento, e daí em diante, translocação do elemento da porção vegetativa às vagens e grãos, que é evidenciado pelo aumento na concentração nes

QUADRO 11 - Distribuição percentual do fósforo nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta							
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens + Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	33	28	15	18	52	54	-	-
40	53	47	11	11	36	42	-	-
60	37	34	19	26	44	40	-	-
80	61	52	10	14	25	27	4	7
100	48	41	10	10	24	24	18	25
120	38	32	8	6	11	10	43	52
140	7	8	6	7	12	11	75	74

tes órgãos da planta. Confirmam estes dados o trabalho de HAMMOND et alii (31) que apontam como maior responsável quanto à extração de fósforo pela soja, a alta demanda dos elementos pelo grão, pois até a maturidade, 82 a 85% do fósforo contido na planta estavam no grão. EPSTEIN (20) menciona a elevada mobilidade do fósforo no floema, que o torna mais facilmente disponível de ser redistribuído para outras áreas fisiologicamente mais ativas do vegetal. GALLO & MIYASAKA (24) trabalhando com feijão, verificaram que os frutos encerram mais fósforo que o resto da planta em conjunto.

4.2.2. Potássio

4.2.2.1. Concentração

As concentrações de potássio nas diversas partes da planta, em função da época de amostragem, acham-se no Quadro 12 e Figuras 16 a 19.

Verifica-se pelo Quadro 12, que as concentrações médias de potássio, em todas as partes vegetativas diminuíram gradualmente com o desenvolvimento da planta. Estes resultados estão de acordo com o obtido por HAMMOND et alii (31), os quais afirmam que a absorção de potássio, é rápida nos primeiros dias de crescimento, provocando uma alta concentração na planta, que decresce com a idade da mesma. Segundo CORDEIRO et alii (15), as folhas superiores, médias e o caule aumentaram a concentração

QUADRO 12 - Concentrações médias de potássio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta									
	Raízes		Caule		Folhas		Vagem		Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	2,53	2,83	2,86	2,97	3,60	3,46	-	-	-	-
40	1,76	1,68	1,62	1,32	2,34	2,12	-	-	-	-
60	1,48	1,68	0,96	1,02	2,03	2,01	-	-	-	-
80	0,80	1,21	0,58	0,58	1,04	1,10	1,87	1,84	-	-
100	1,07	1,07	0,58	0,52	1,21	1,02	1,67	1,70	-	-
120	0,69	0,60	0,80	0,66	0,85	0,71	1,70	1,68	-	-
140	0,27	0,44	0,71	0,63	0,82	0,77	1,65	1,65	1,98	1,90

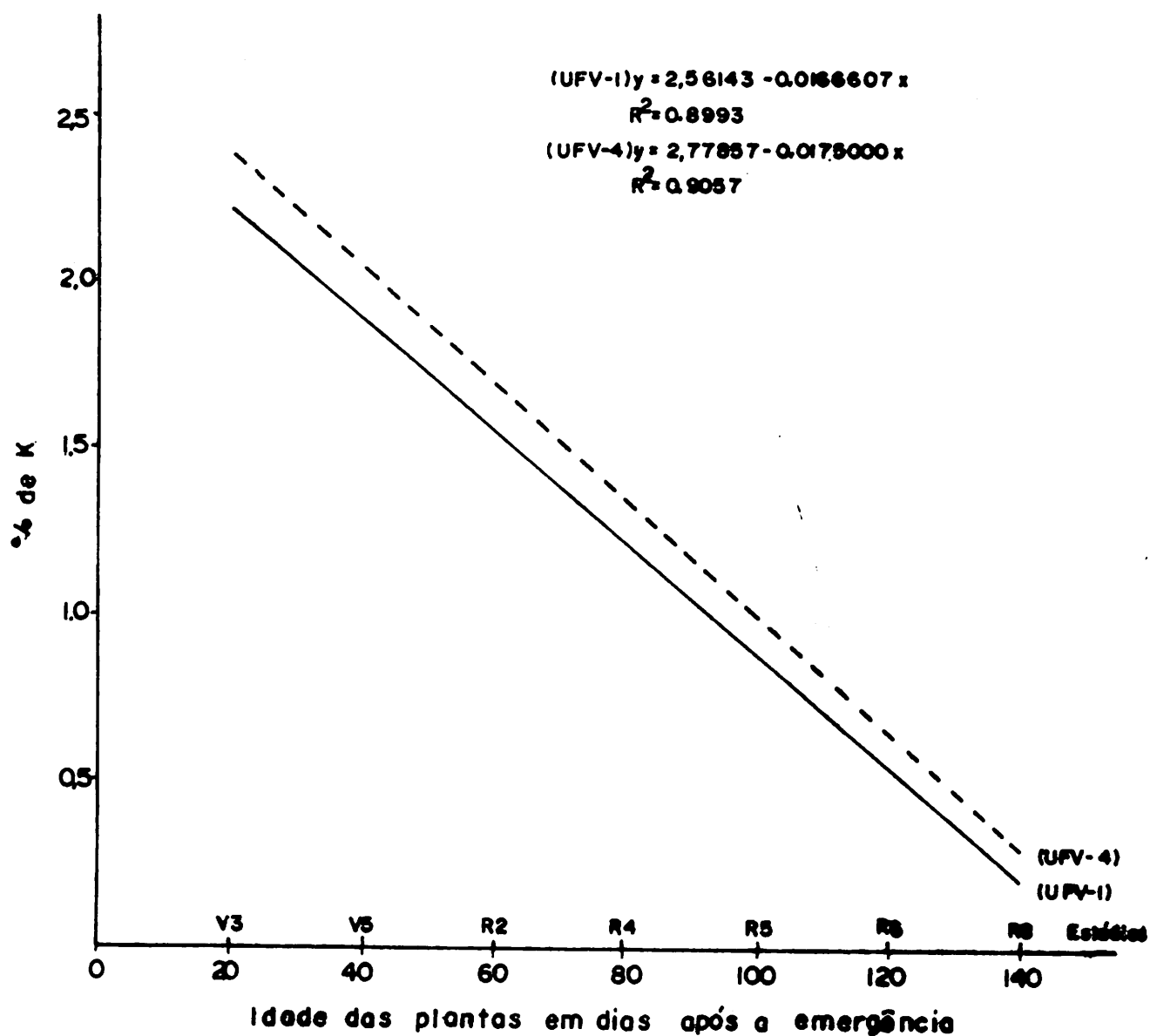


FIGURA 16 - Concentração percentual de potássio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

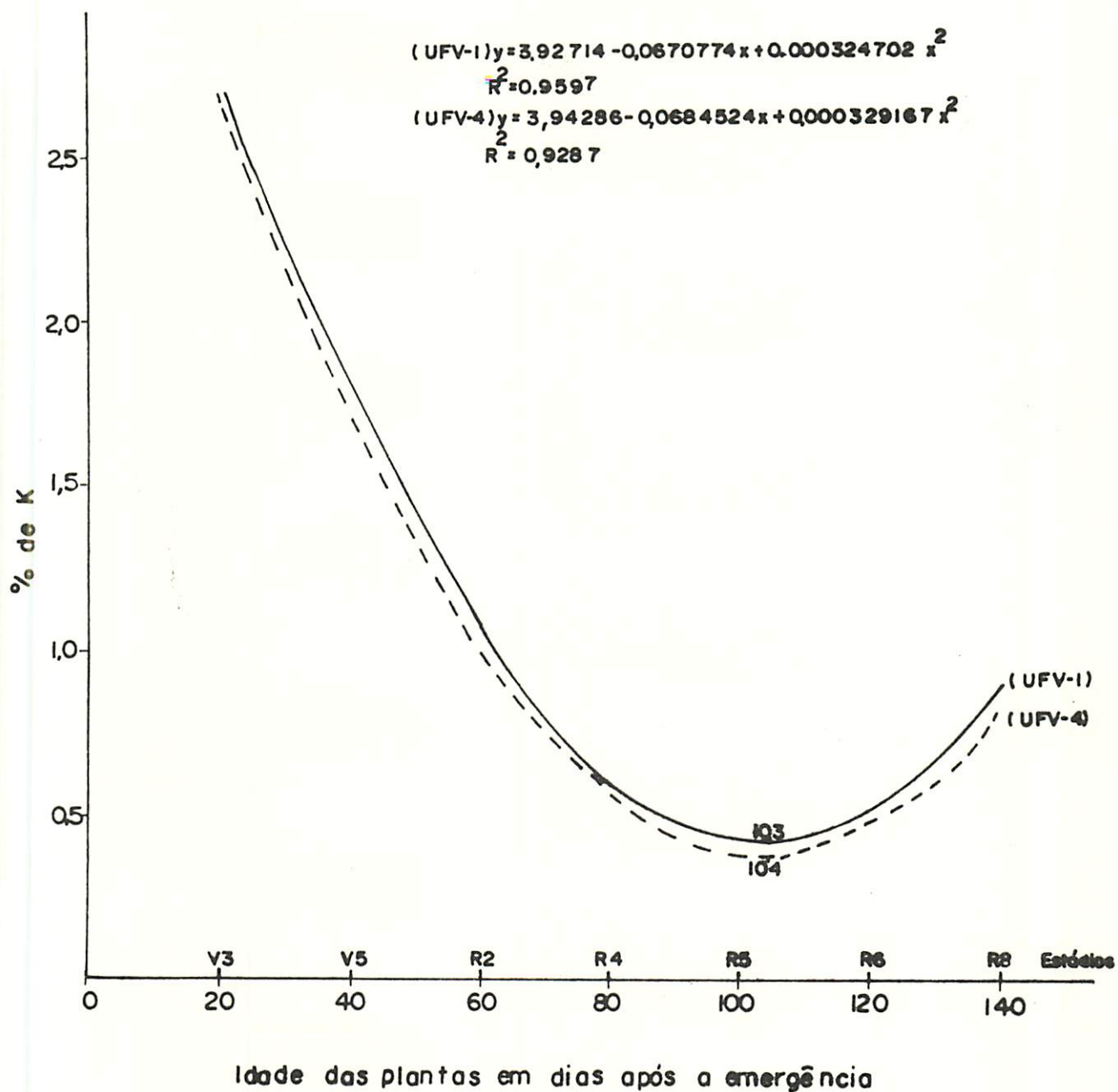


FIGURA 17 - Concentração percentual de potássio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

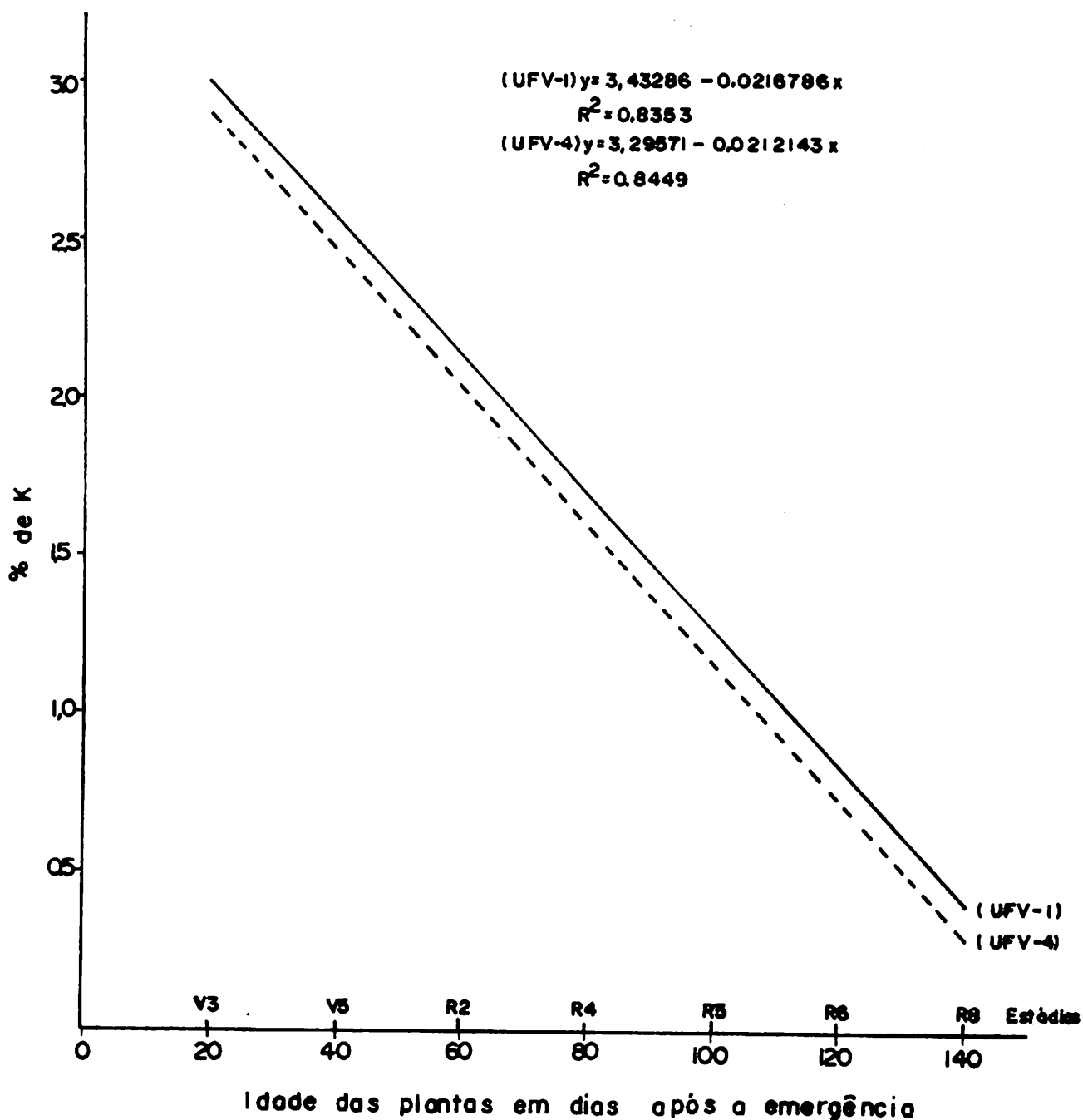


FIGURA 18 - Concentração percentual de potássio na matéria seca das folhas de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

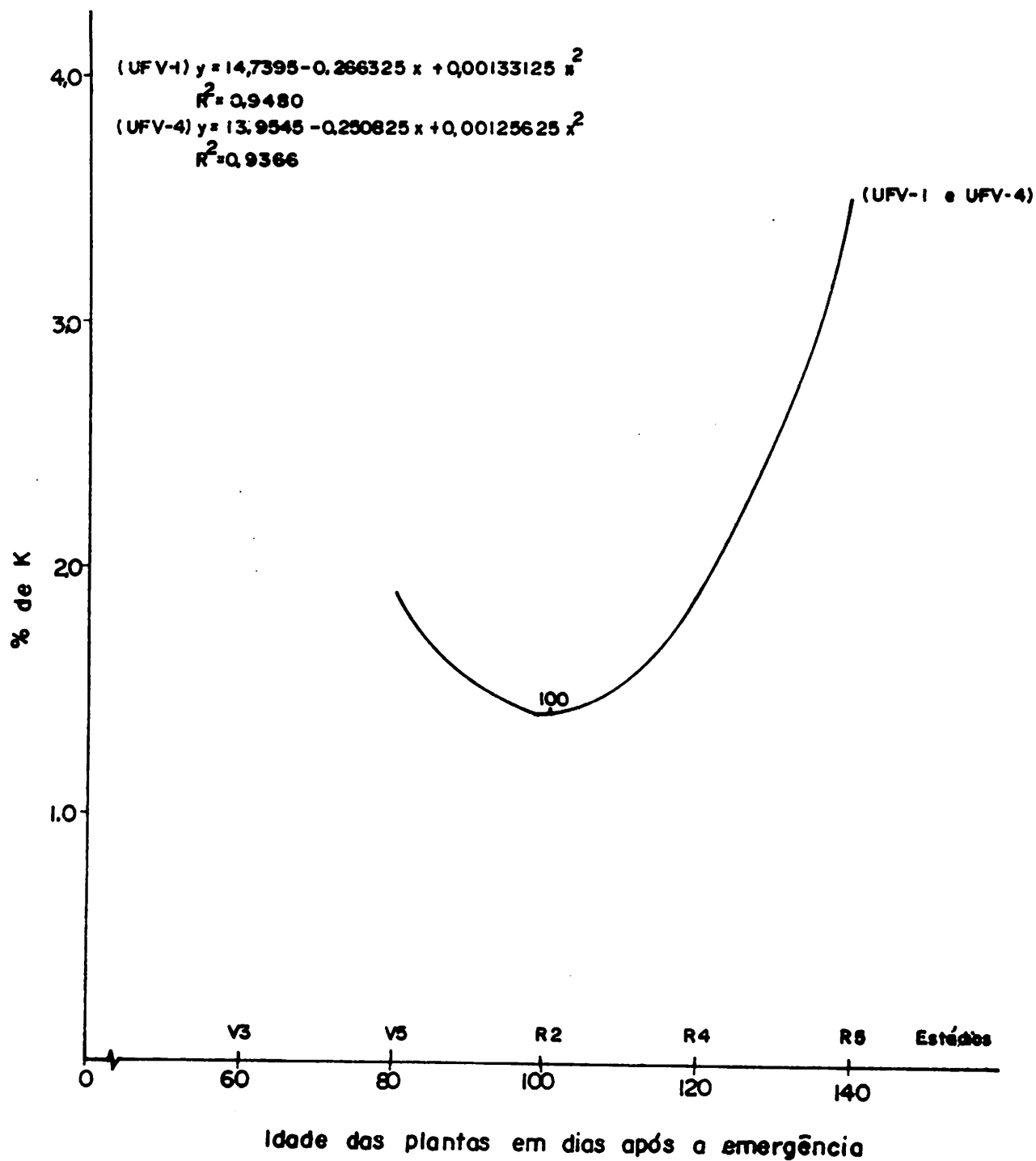


FIGURA 19 - Concentração percentual de potássio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

de potássio a partir de 21 dias da emergência, sendo a máxima na faixa de 30 a 40 dias, decrescendo até o fim do ciclo. Tal como o fósforo, os dados confirmam que, também o potássio, conforme EPSTEIN (20), afigura-se com alta mobilidade na planta, sendo prontamente distribuído das folhas mais velhas para os órgãos novos em crescimento.

Com relação ao caule (Quadro 12), nota-se que os teores de potássio decresceram cerca de um quarto entre os períodos inicial e final da amostragem, provavelmente em função da redistribuição do elemento que ocorre dos órgãos vegetativos às vagens e grãos. Esses dados concordam com os obtidos por KARLEN et alii (41), quando mostram que a acumulação de potássio na folha e pecíolo aumentaram até os estádios reprodutivos, havendo uma rápida translocação para as vagens e queda do teor do elemento naqueles componentes vegetativos.

A Figura 16 mostra os teores de potássio nas raízes das cultivares UFV-1 e UFV-4, expressos por equações lineares. O aumento da idade da planta causou redução na percentagem de K da mesma. Observa-se em ambas as cultivares resposta quadrática das concentrações de potássio na matéria seca do caule, em função da idade da planta, sendo que os pontos de mínima ocorreram aos 103 dias com 0,46%, e aos 104 com 0,38%, respectivamente (Figura 17). Na amostragem final, a concentração do nutriente mostra maior acréscimo. Conforme evidencia MASCARENHAS (49), o potássio apresenta concentração elevada no caule até os 40 dias após a emergência, tornando-se menos pronunciada daí por

diante; na floração o teor foi de 2,58%, e no início da formação de vagens, 2,18%. Por sua vez, TOGARI et alii (67) verificaram que no florescimento, a concentração de K no caule diminuía de 3,20 para 1,80%.

Pela Figura 18, nota-se que nas folhas das cultivares UFV-1 e UFV-4, ocorreu uma redução linear na concentração de potássio à medida que a planta se desenvolveu. As concentrações nas amostragens inicial e final, corresponderam de 2,99 a 0,39% para a cultivar UFV-1, e de 2,87 a 0,33% para a UFV-4. Os dados confirmam a elevada mobilidade do potássio na planta, pois, normalmente, o teor do elemento diminui com o desenvolvimento da mesma, pela ocorrência da redistribuição (9, 29, 37). Este trabalho está de acordo com o de HAMMOND et alii (31), ao relatarem que a absorção de nutrientes, inclusive o potássio, é rápida no início do crescimento, provocando uma elevada concentração na planta, que diminui com as fases subsequentes. CORDEIRO et alii (15) também concordam com aqueles pesquisadores, verificando que a concentração de potássio nas folhas e caule atingiu o ponto de máxima na faixa de 30 a 40 dias da emergência, com 2,18%; a partir desse ponto, os teores de K decrescem até o fim do ciclo. Por outro lado, MILLER et alii (53) verificaram altas correlações entre as concentrações de fósforo e potássio nas folhas e caule da soja; que quanto mais elevado o teor de P nas folhas, maior teor de K era encontrado nas mesmas; e que a concentração de K nas folhas, estava intimamente relacionado com a produção de grãos.

Obteve-se resposta quadrática do teor de potássio em função do aumento da idade da planta nas vagens e grãos das cultivares UFV-1 e UFV-4 (Figura 19). Os mais baixos percentuais de K situaram-se, para ambas as cultivares, aos 100 dias com 1,42 % e 1,43%, respectivamente. As concentrações encontradas de K nestas partes da planta sempre foram acima de 1%, respectivamente, com teores estimados de 1,95% e 1,92% na amostragem efetuada aos 80 dias, 3,54% e 3,46% ao final do período em estudo. MASCARENHAS (49) obteve, nas vagens e grãos, a concentração de potássio aos 100 dias, de 2,50% que diminuiu aos 140 dias para 1,89%. Resultados similares foram observados por BORST & THATCHER (9), HAMMOND (29) e HENDERSON & KAMPRATH (37) que também encontraram decréscimo nos teores das vagens e grãos durante o período de granação.

4.2.2.2. Acumulação

Os valores obtidos sobre a acumulação de potássio nas diversas partes da planta, em função dos estádios de desenvolvimento, estão no Quadro 13 e Figuras 20 a 22.

Verifica-se pelo Quadro 13, que a acumulação de potássio pelas partes vegetativas da planta dobrou nas três primeiras amostragens, aumentando relativamente, a partir daí, até 80-100 dias, após o que decresceu. As vagens e grãos tenderam a aumentar a quantidade de K acumulada com a maturidade da planta.

QUADRO 13 - Acumulação de potássio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso Total (mg de K/planta)											
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos		Planta Total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	4,55	4,81	4,00	4,75	7,92	8,65	-	-	-	-	16,47	18,21
40	11,97	11,93	8,26	6,86	18,02	16,11	-	-	-	-	38,25	34,90
60	22,20	22,85	14,78	14,08	43,44	36,38	-	-	-	-	80,42	73,31
80	50,56	52,51	15,31	11,77	39,73	31,35	5,05	6,44	-	-	110,65	102,07
100	54,36	43,33	16,24	11,39	47,67	26,32	23,05	21,59	-	-	141,32	102,63
120	30,36	21,84	18,80	13,86	25,58	15,83	37,40	37,63	-	-	112,14	89,16
140	3,54	5,94	13,49	11,47	21,40	16,40	47,52	43,72	4,55	3,04	90,50	80,57

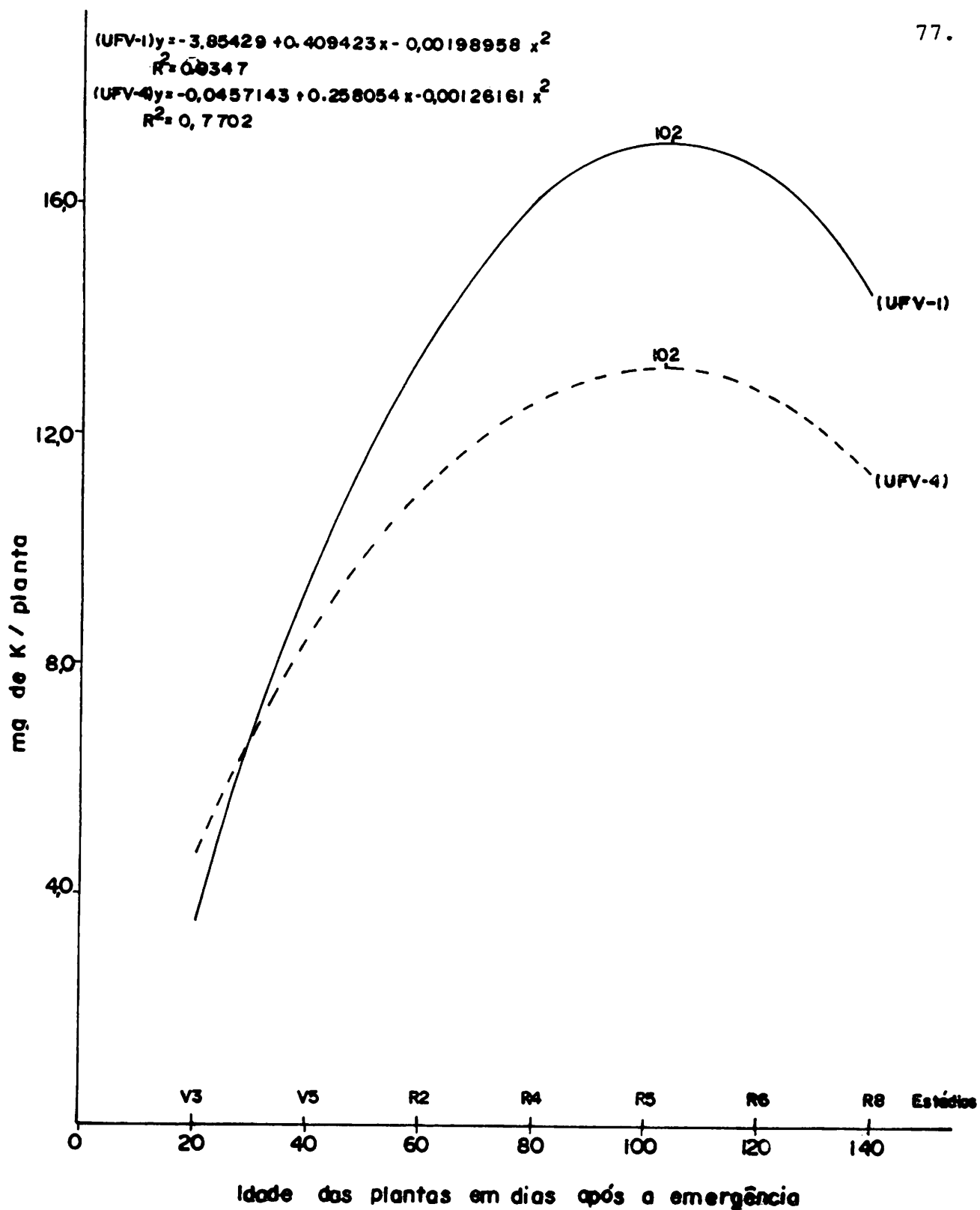


FIGURA 20 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

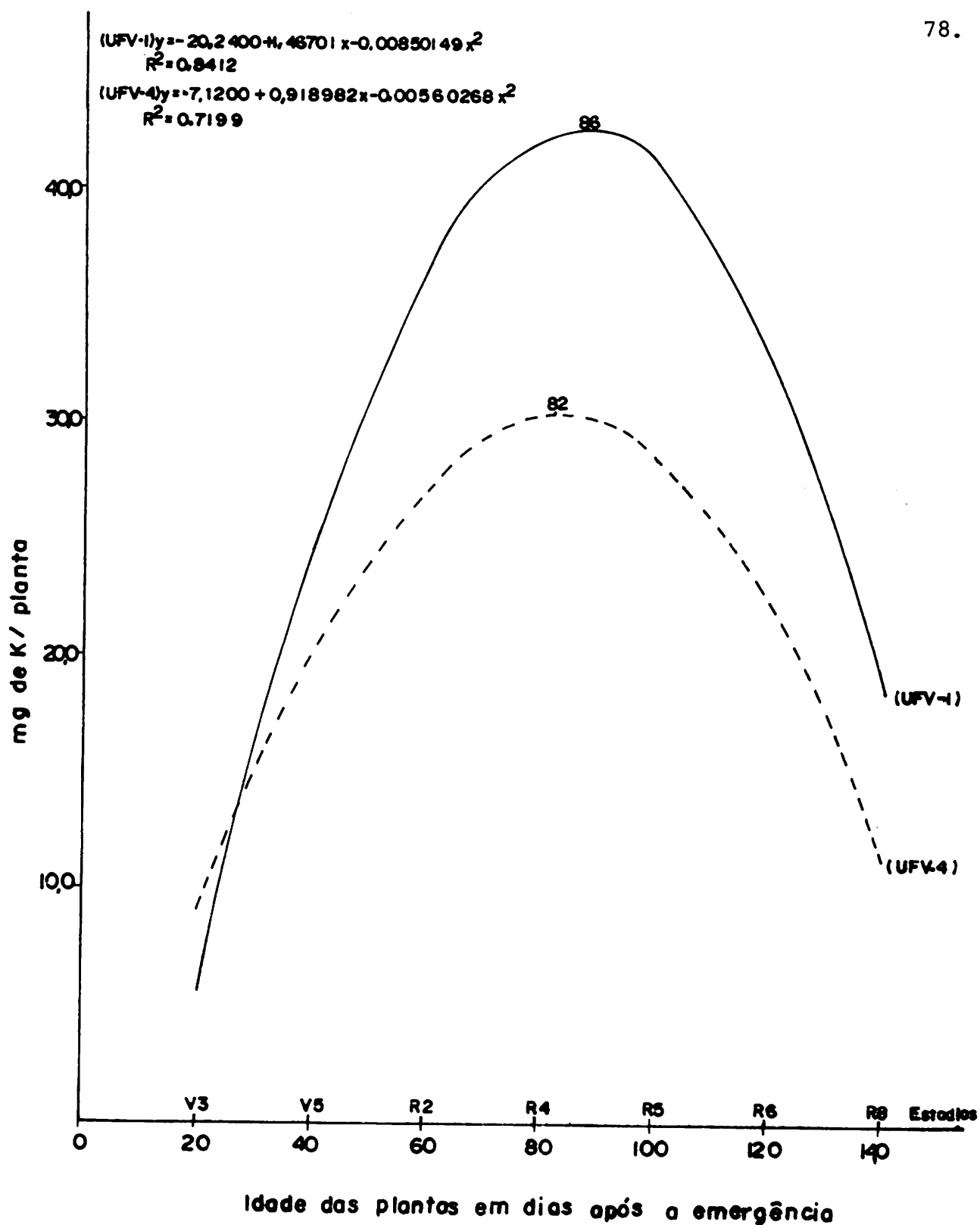


FIGURA 21 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca das folhas em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

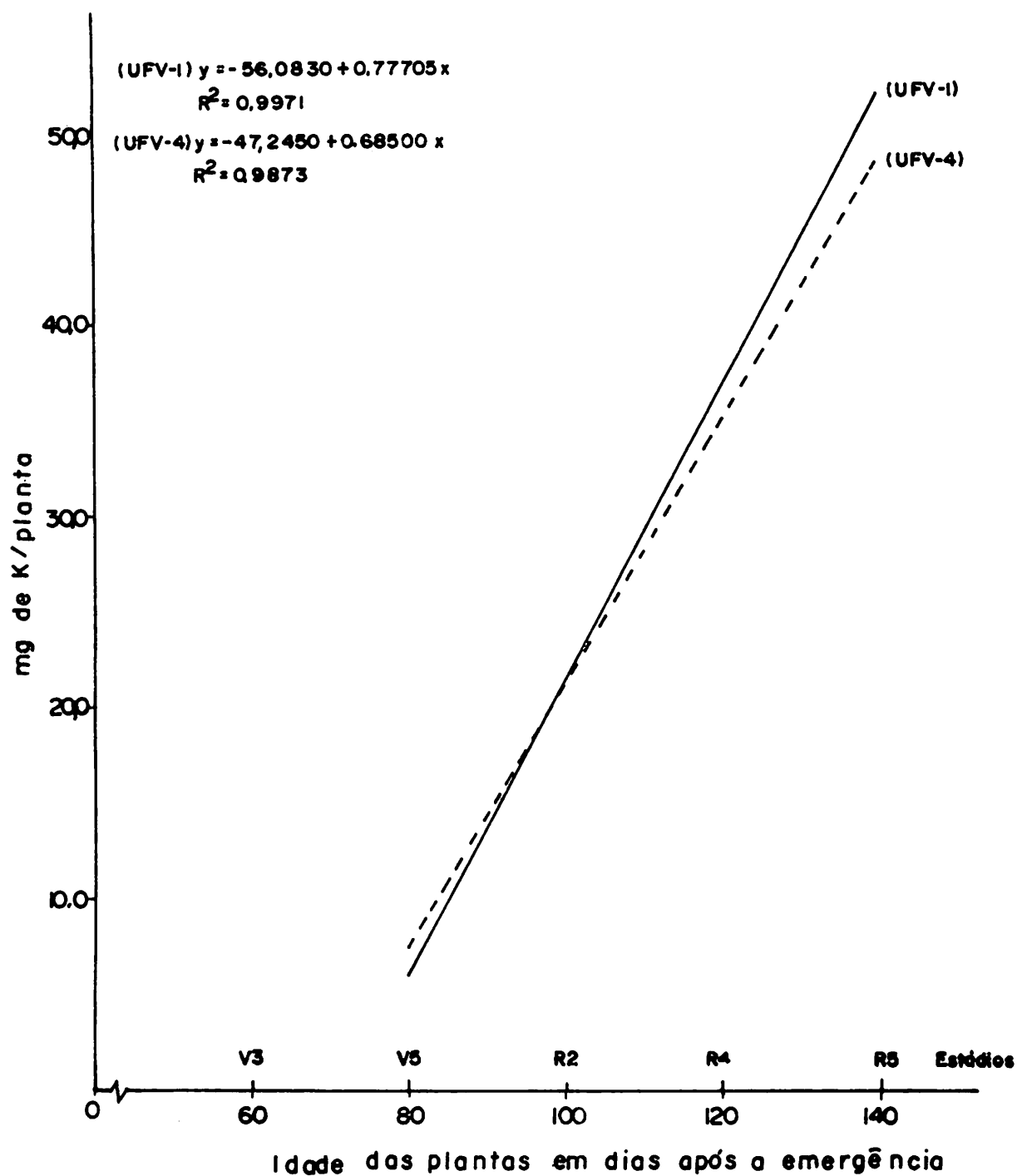


FIGURA 22 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de potássio na matéria seca das vagens e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

De acordo com os dados do Quadro 14, pode-se observar que, na raiz, a quantidade de potássio acumulada cresceu até os 80 dias na cultivar UFV-4 e 100 dias na UFV-1, declinando nos períodos finais. Já na parte aérea, a diminuição de K aconteceu a partir de 60 dias, logo após o florescimento.

Quando se compara o comportamento dos valores de potássio da parte aérea com o da raiz observa-se, pelo Quadro 14, que até os 60 dias a acumulação do elemento na parte aérea foi aproximada

QUADRO 14 - Acumulação de potássio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea
20	4,55	11,92	4,81	13,40
40	11,97	26,28	11,93	22,97
60	22,20	58,22	22,85	50,46
80	50,56	55,04	52,51	43,12
100	54,36	63,91	43,33	37,71
120	30,36	44,38	21,84	29,69
140	3,54	34,89	5,94	27,87

mente o dobro daquela. Nas amostragens de 80 a 120 dias, as quantidades foram equivalentes, enquanto no estágio final houve acentuado decréscimo de acumulação na raiz. Tal resultado está de acordo com JONES et alii (40) ao mencionar que a habilidade do sistema radicular da soja em absorver e transportar os nutrientes minerais decresce com a fase de crescimento reprodutivo.

No caule, os valores de potássio aumentaram com o desenvolvimento da planta, mostrado nas curvas de regressão do 2º grau para as duas cultivares (Figura 20). A análise desta figura indica que a acumulação de K pelo caule sobre uma rápida aceleração nas três primeiras amostragens, aumentando ligeiramente até atingir um máximo aos 102 dias para ambas as cultivares, correspondendo às quantidades estimadas de 17,21 mg/planta para a UFV-1, e 13,24 mg do elemento/planta para a UFV-4. Resultados semelhantes foram obtidos em São Paulo, por CORDEIRO et alii (16), que encontraram maior acúmulo de potássio no caule em torno de 84 dias após a emergência, bem próximo dos dados deste trabalho.

Com relação às folhas, os valores de acumulação de potássio foram quadráticos, aumentando com o desenvolvimento da planta. A partir da amostragem efetuada aos 80 dias, observou-se uma diminuição da quantidade de K, devido a translocação para as vagens e perda das folhas mais velhas e aclorofiladas (Figura 21). Os pontos de acumulação máxima foram obtidos no início da formação de vagens das cultivares UFV-1 e UFV-4, respectivamente aos 86 e 82 dias de idade com 43,04 mg e 30,56 mg de K/planta, sendo que a UFV-1 acumula mais K que a UFV-4. Estes resultados também foram observados por HENDERSON & KAMPRATH (37), ao encontra-

rem maior acúmulo de potássio na porção vegetativa em torno de 110 dias após a semeadura; e também por Garcia e Hanway, citados por CORDEIRO et alii (16), em investigação com adubação foliar na soja.

Ao se acompanhar o crescimento das cultivares testadas, verificou-se que as folhas da UFV-1 mostraram maiores variações de tamanho quando comparadas às da UFV-4, através da descrição do grau de desenvolvimento da planta, referente ao número e área das folhas e o número de gemas florais diferenciadas. Comparando-se o acúmulo de potássio no caule e nas folhas de ambas as cultivares, observa-se pelo Quadro 13, que houve sempre uma absorção maior pelas folhas, cujas concentrações do nutriente também demonstraram o fato, como inserido no Quadro 12, e ilustrado nas Figuras 17 e 18. Isto é explicado por maior atividade fotos-sintética e ganho de peso de matéria seca nas folhas. GALLO & KIYASAKA (24) trabalhando na cultura do feijoeiro, também obtiveram a partir do início da formação de vagens teores de potássio nas folhas sempre maiores do que no caule.

Nas vagens e grãos, o efeito do acúmulo de potássio na matéria seca sobre a idade da planta aumentou linearmente (Figura 22). A intensificação de acúmulo do elemento variou, respectivamente, para a UFV-1 e UFV-4, nas quantidades estimadas de 6,08 mg e 7,55 mg de K/planta no estágio de 80 dias para 52,70mg e 48,65 mg/planta encontrado aos 140 dias do ciclo, sendo este acúmulo mais evidente nas vagens. HAMMOND et alii (31) mostraram que a translocação do potássio para o grão aumentou rapidamente

após a queda das folhas, sendo este elemento oriundo das folhas, caule e raiz; verificaram ainda que as folhas permaneciam por mais tempo na planta, mas a maior quantidade delas não apresentava potássio.

Pela Figura 23, observa-se que a quantidade de potássio acumulada pelas várias partes da planta, aumentou com a produção de matéria seca; a análise de regressão mostrou que a acumulação de potássio na matéria seca total das cultivares seguiu uma curva do 2º grau. Os pontos de máximo foram obtidos aos 102 dias para as cultivares UFV-1 e UFV-4, correspondentes a 120,42mg e 99,00 mg de K/planta. Aos 140 dias, as quantidades estimadas foram, respectivamente, de 96,30 mg e 80,04 mg, com absorção média de 84,25 mg e 71,55 mg de K/planta. Estes dados superam em aproximadamente quatro vezes os teores acumulados de fósforo na planta. Resultado semelhante foi obtido com a variedade Lee, durante três anos, por HENDERSON & KAMPRATH (37), que encontraram a acumulação total de potássio equivalente a 18,7 kg/ha à 31,0 kg/ha, com uma média de 26,0 kg/ha/ano; quando considerou-se a planta total, a acumulação de potássio continuou a aumentar até cerca de 130 dias após a semeadura, havendo um decréscimo a partir daí. Na literatura encontram-se citações de que a soja absorve 1,5 a 4,6 kg de K/ha/dia, no período logo após o florescimento (32, 37,58). Estudo de HAMMOND et alii (31) indica que a absorção máxima de potássio ocorre entre 87º e 94º dia, ocasião em que atinge 1,70 kg/ha/dia.

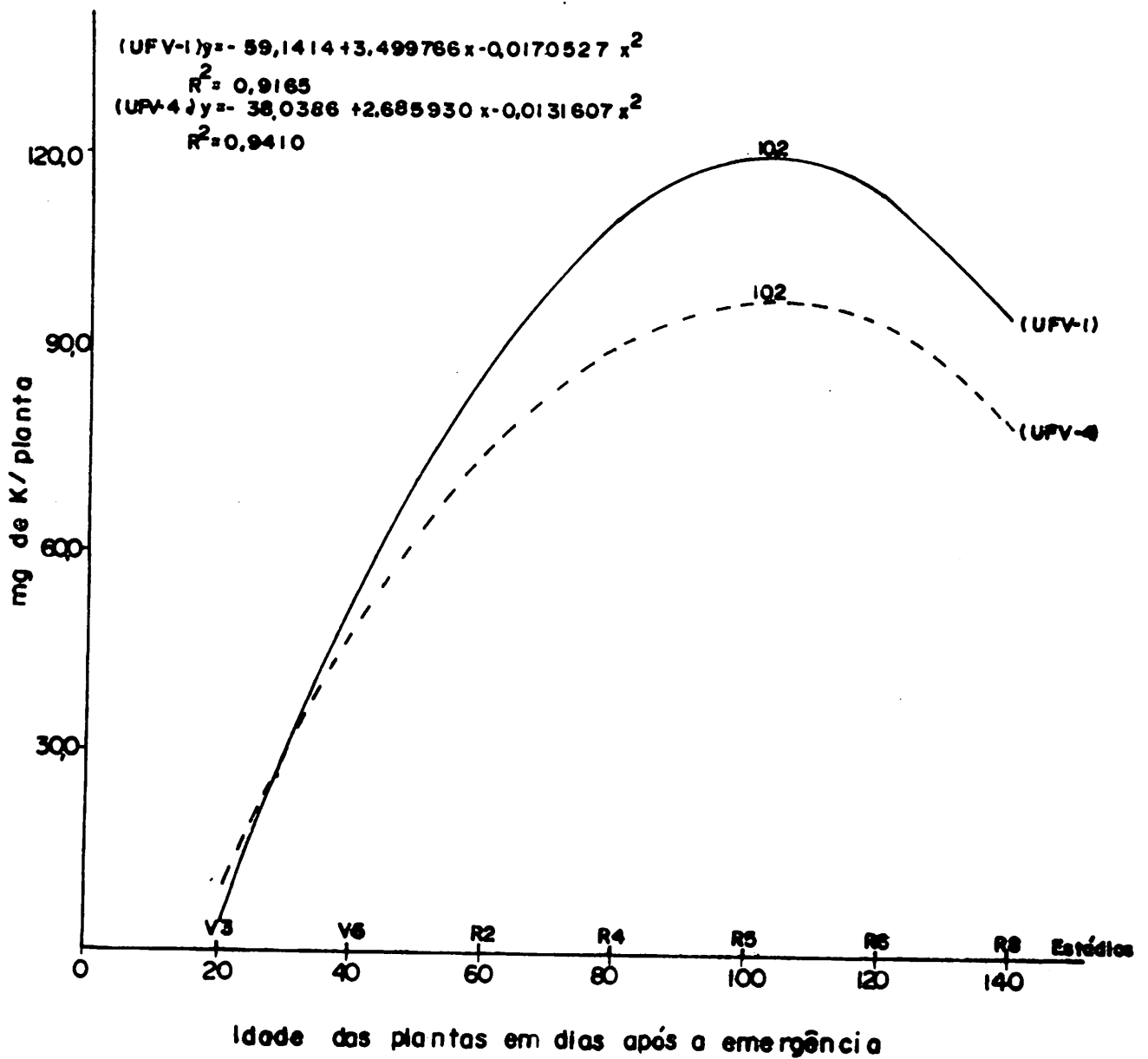


FIGURA 23 - Efeito da idade da planta sobre a acumulação de potássio na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

A distribuição percentual do potássio nos diferentes órgãos da planta em relação ao total absorvido, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4, são mostradas no Quadro 15. Consta-se que a taxa de potássio mostra valores com tendência ligeiramente decrescente no caule, com aumento relativo na raiz até a amostragem de 80 dias, diminuindo nos estádios posteriores. Nas folhas, o percentual do cation foi mais elevado por ocasião do florescimento. Nos períodos posteriores, a taxa de K decresceu gradualmente com o aumento de peso da planta, numa provável redistribuição do elemento dos órgãos vegetativos para o fruto, cujos valores apresentam tendência de aumento.

Verifica-se, ainda pelo Quadro 15, que no final do ciclo, a quantidade de potássio no grão ocorre em menor proporção que na vagem, indicando que grande parte do elemento acumula-se na vagem. Não se confirmou, neste trabalho, o resultado de GALLO & MIYASAKA (24) obtido em São Paulo, com feijão, ao concluírem que à época da colheita, quando da separação das sementes do fruto, o potássio acumula-se em maiores proporções nas sementes, em relação ao total do elemento na planta.

Ainda pelo Quadro 15, observa-se um decrêscimo no total do acúmulo de potássio a partir da amostragem de 100 dias. Isso confirma que a soja absorve K mais rapidamente durante os estádios iniciais de crescimento, decrescendo na maturidade. Presume-se que seja devido à degenerescência de células e tecidos, conforme menciona EPSTEIN (20) e MALAVOLTA et alii (48). Trabalhos de BORST & THATCHER (9) em média de seis anos concordam com os dados aqui obtidos, indicando um declínio constante na taxa de ab-

QUADRO 15 - Distribuição percentual do potássio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta							
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens + Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	28	26	24	26	48	48	-	-
40	28	34	18	20	54	46	-	-
60	28	31	18	19	54	50	-	-
80	46	51	14	12	36	31	4	6
100	38	42	12	11	34	26	16	21
120	27	24	17	16	23	18	33	42
140	4	7	15	15	24	20	57	58

sorção de potássio durante o período de enchimento de grão. Modelo de transformação durante as fases de crescimento vegetativo e reprodutivo da soja, foi desenvolvido por SCOTT & BREWER (62) , destacando que a taxa de absorção dos nutrientes deve ser constante. Os resultados aqui obtidos para potássio divergem desses autores, primariamente porque a acumulação do K não foi linear com o tempo.

4.2.3. Cálcio

4.2.3.1. Concentração

As concentrações de cálcio nos órgãos da planta, em função dos estádios de desenvolvimento das cultivares UFV-1 e UFV-4, se encontram no Quadro 16 e a representação gráfica nas Figuras 24 a 27.

Pelo Quadro 16, verifica-se que os teores médios de cálcio em todas as partes da planta apresentaram pequena variação nos vários estádios, com um relativo decréscimo na raiz, caule e nos órgãos reprodutivos , até 80-120 dias, provavelmente por efeito de diluição, quando então torna a aumentar, em oposição às concentrações obtidas do fósforo e do potássio, que diminuíram com o desenvolvimento da planta. A maior concentração média de cálcio foi observada nas folhas, pois sendo um nutriente imóvel no floema, ao atingir aquele órgão, não se redistribui com facilidade para outras partes individuais da planta, como acontece

QUADRO 16 - Concentrações médias de cálcio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta									
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,33	0,39	1,31	1,33	1,32	1,44	-	-	-	-
40	0,21	0,25	0,83	0,70	1,31	1,43	-	-	-	-
60	0,30	0,32	0,50	0,46	1,36	1,75	-	-	-	-
80	0,18	0,16	0,38	0,31	1,38	1,89	1,54	1,34	-	-
100	0,40	0,24	0,42	0,29	1,65	2,56	0,99	1,05	-	-
120	0,38	0,21	0,39	0,27	2,19	2,59	0,59	0,57	-	-
140	0,47	0,25	0,39	0,26	1,85	2,11	0,66	0,85	0,23	0,20

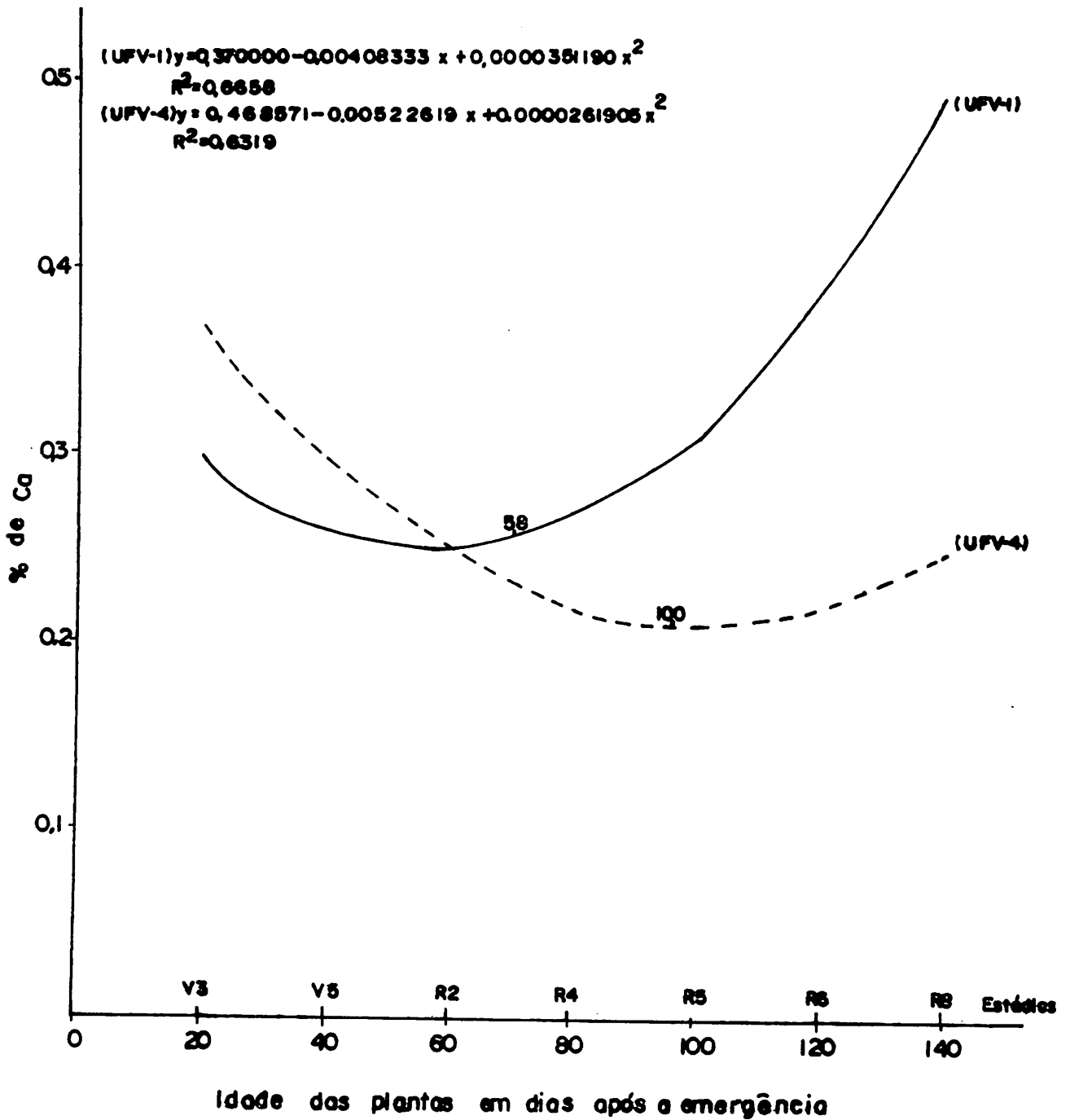


FIGURA 24 - Concentração percentual de cálcio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

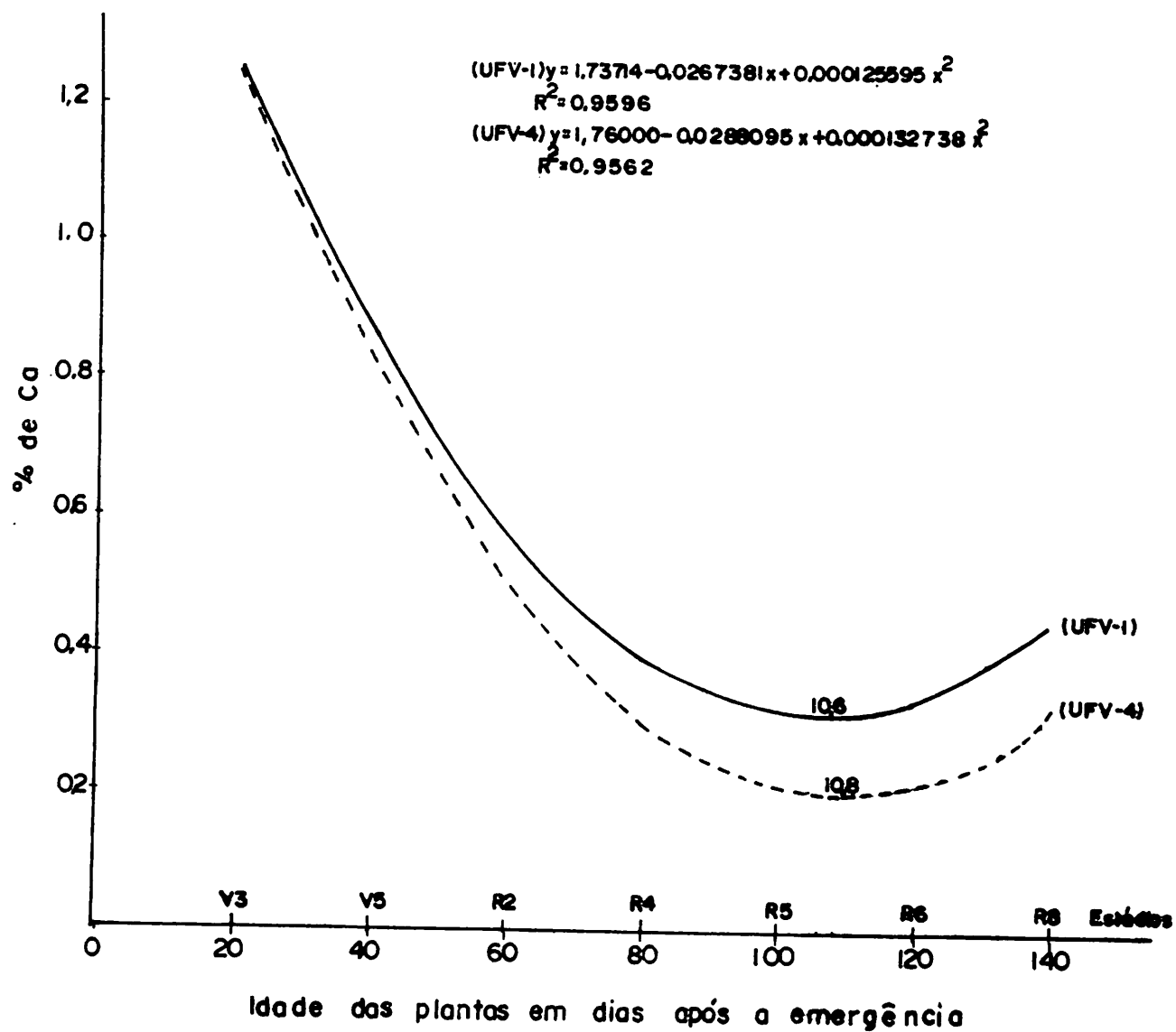


FIGURA 25 - Concentração percentual de cálcio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

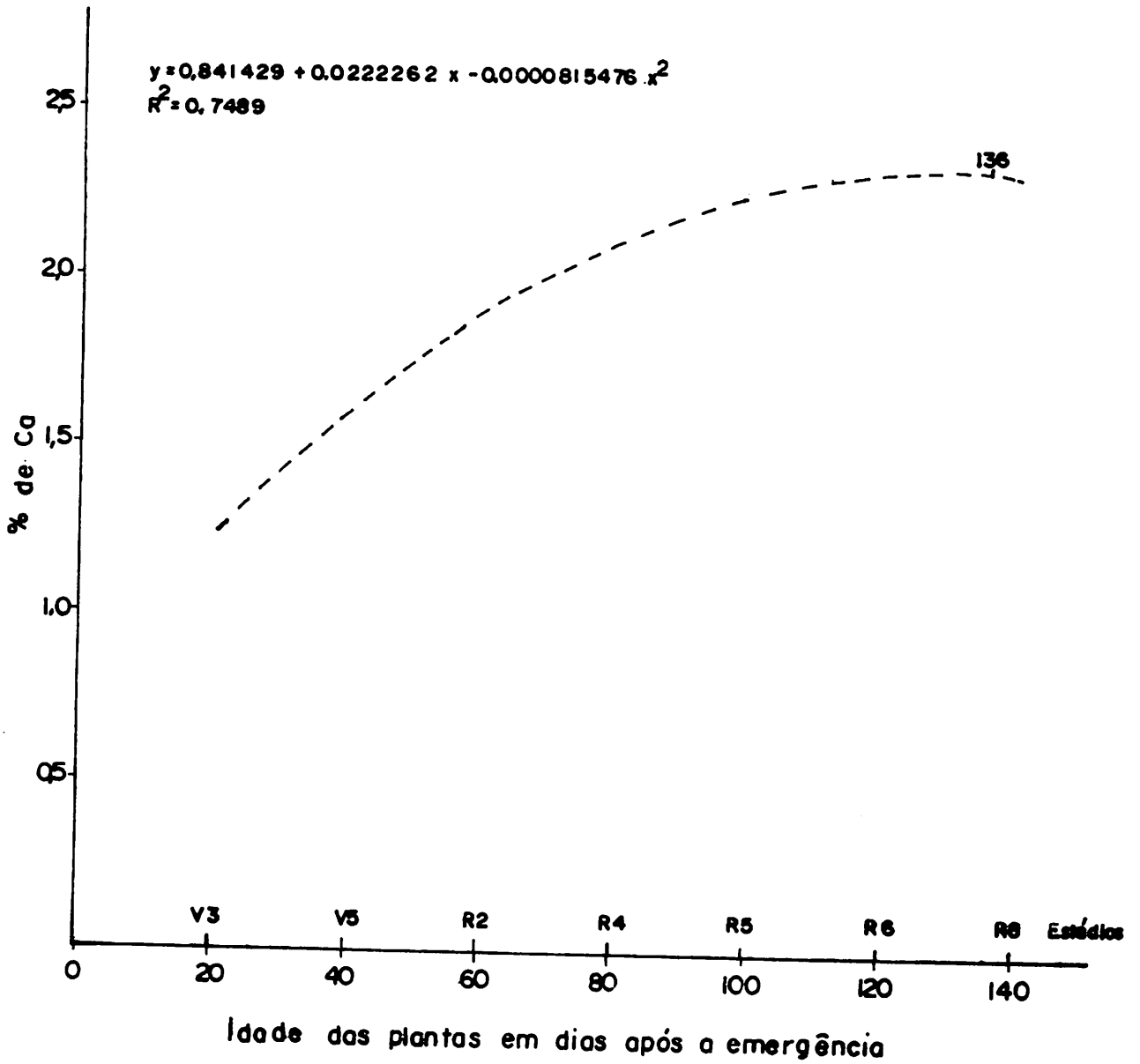


FIGURA 26 - Concentração percentual de cálcio na matéria seca das folhas totais de soja, em função da idade da cultivar UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

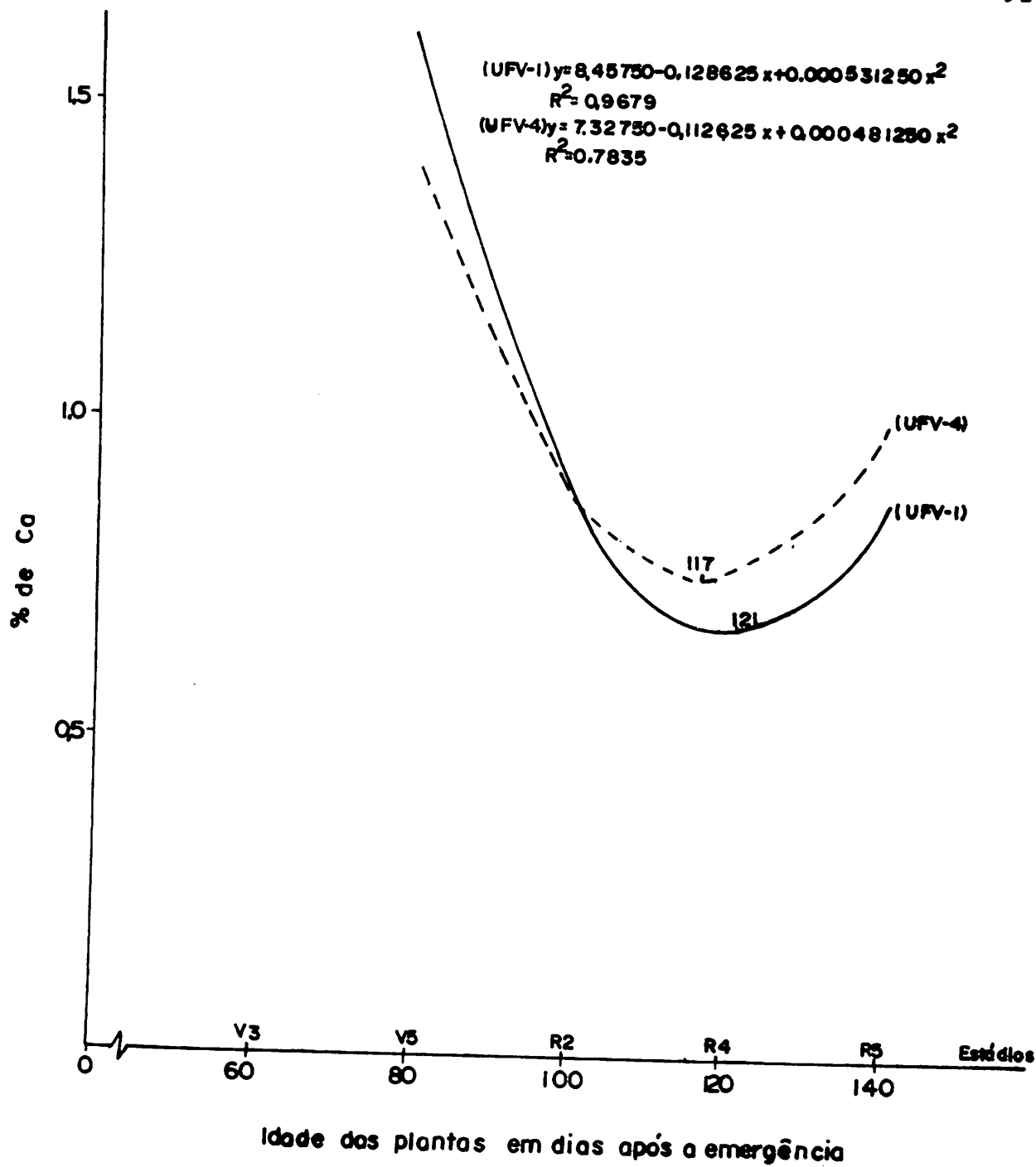


FIGURA 27 - Concentração percentual de cálcio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

com o P e o K, tendendo a se acumular nas folhas (20, 24, 44,46). A sua concentração em todas as amostragens seguiu uma variação normal, no que está de acordo com observações de deMOOY et alii (18) e Small e Ohlrogge, citados por KARLEN et alii (41).

Os teores de cálcio nas raízes (Figura 24), expressos por equação de regressão do 2º grau, decresceram até a amostragem de 80 dias, para tornar a aumentar nos estádios finais. Os pontos de mínima foram, respectivamente para as duas cultivares, aos 58 e 100 dias, correspondendo às concentrações de 0,25% e 0,21%.

Observa-se através das Figuras 25 e 26, respostas quadráticas das concentrações de Ca no caule e nas folhas. No caule, para ambas as cultivares, ocorreu um decréscimo contínuo até os 106 dias com 0,31% para a cultivar UFV-1, e 108 dias com 0,20% para a UFV-4. Já nas folhas, os dados se limitam apenas à UFV-4. Essa cultivar teve aumento considerável até um máximo aos 136 dias com 2,36%, decrescendo em seguida, provavelmente por diminuição do crescimento. Os resultados do presente trabalho estão de acordo com os de CORDEIRO et alii (15) no que diz respeito às variações das concentrações do cálcio nesses órgãos vegetativos, divergindo apenas nos teores apresentados; constatou-se também, resultado semelhante ao obtido por HENDERSON & KAMPRATH (37) que, considerando a planta como um todo, obtiveram maior acúmulo de Ca aproximadamente aos 110-120 dias da sementeira, dados que coincidem com os de KARLEN et alii (41). O trabalho destes últimos autores mostra que, as concentrações de Ca nas folhas e pecíolo declinaram

no início da fase reprodutiva, mas aumentaram com a maturação da planta.

Os teores de cálcio no caule, se mostram menores do que nas folhas (Quadro 16). Estes dados confirmam aqueles obtidos por HAMMOND et alii (31), Gallo, Catani e Gargantini, citados por MASCARENHAS (49) e MASCARENHAS (49). Segundo os autores citados, o maior acúmulo de cálcio situa-se nas folhas e, portanto, estas constituem a parte vegetativa mais importante para a avaliação dos teores desse elemento na planta. Também HAMMOND et alii (31) verificaram que as folhas caídas apresentavam concentração elevada de cálcio e magnésio e baixa em fósforo e potássio.

Os órgãos reprodutivos apresentaram concentrações de cálcio que decresceram com a idade da planta, com um mínimo aos 121 dias (0,67%) para a cultivar UFV-1, e aos 117 dias (0,74%) para a UFV-4 (Figura 27). A redução deu-se para ambas as cultivares, respectivamente, de 1,57% e 1,40% aos 80 dias até 0,86% e 0,99% na amostragem realizada aos 140 dias. Resultados semelhantes foram obtidos por outros pesquisadores (37, 56), quando as vagens e grãos mostraram um declínio rápido na concentração de cálcio durante o período de enchimento de grão.

4.2.3.2. Acumulação

As quantidades de cálcio acumulado pelas diferentes partes da planta em função dos estádios de desenvolvimento, estão contidas no Quadro 17 e ilustradas nas Figuras 28 a 30.

Pelo Quadro 17, observa-se que os níveis de cálcio na raiz e caule aumentaram acentuadamente até os 60 dias da emergência da planta e, a taxas menores até os 100 dias. As folhas apresentaram acúmulo do nutriente semelhante no período de 20 a 100 dias. As amostragens seguintes apontaram ligeiro decréscimo nos teores da folha e caule.

A quantidade de cálcio no sistema radicular (Quadro 18) aumentou até atingir os 100 dias, decrescendo a seguir, sendo que por ocasião da amostragem final, a redução foi mais acentuada. Na parte aérea, a diminuição de Ca ocorreu a partir do estágio de 100 dias.

Comparando-se o comportamento dos níveis de cálcio da parte aérea com o das raízes, de acordo com o Quadro 18, verifica-se que até os 60 dias, a acumulação do nutriente na parte aérea foi aproximadamente dez vezes mais que aquela. Nas amostragens posteriores, a relação parte aérea:raiz decresceu para uma média de cinco vezes até o período final. JONES et alii (40) assinalam a evidência de que o crescimento e a atividade da raiz declinam durante a fase reprodutiva da soja. Segundo Macklon, citado por aqueles autores, a acumulação de Ca e P em níveis mais

QUADRO 17 -- Acumulação de cálcio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso Total (mg de Ca/planta)											
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos		Planta Total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,594	0,663	1,834	2,128	2,904	3,600	-	-	-	-	5,332	6,391
40	1,428	1,775	4,233	3,640	10,087	10,868	-	-	-	-	15,748	16,283
60	4,050	4,352	7,700	6,348	29,104	31,675	-	-	-	-	40,854	42,375
80	11,376	6,944	10,032	6,293	52,716	53,865	4,158	4,690	-	-	78,282	71,792
100	20,320	9,720	11,760	6,351	65,010	66,048	13,662	13,335	-	-	110,752	95,454
120	16,720	7,644	9,165	5,670	65,919	57,757	12,980	12,768	-	-	104,784	83,839
140	6,157	3,375	7,410	4,732	48,285	44,943	19,008	22,525	0,529	0,320	81,389	75,895

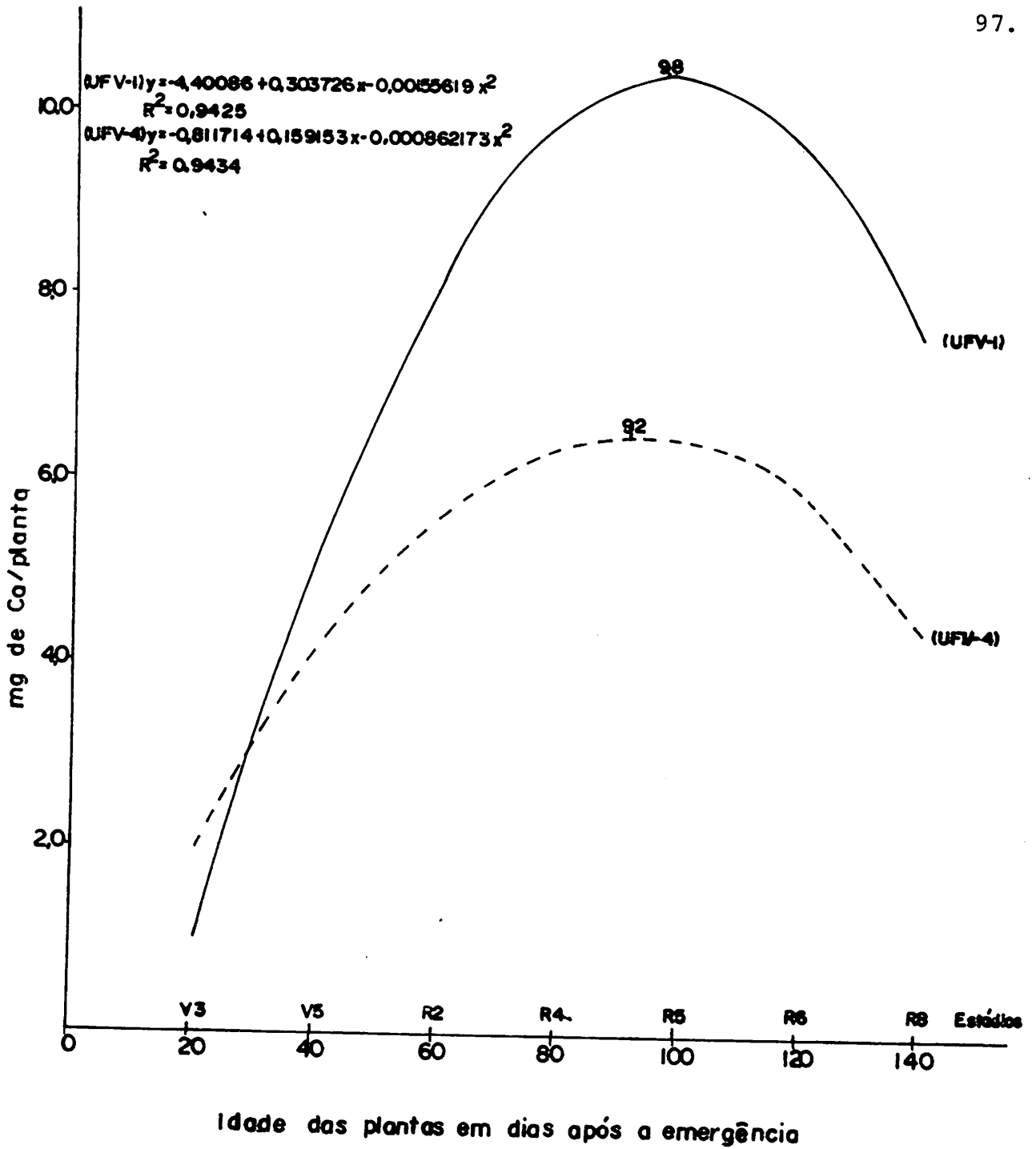


FIGURA 28 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

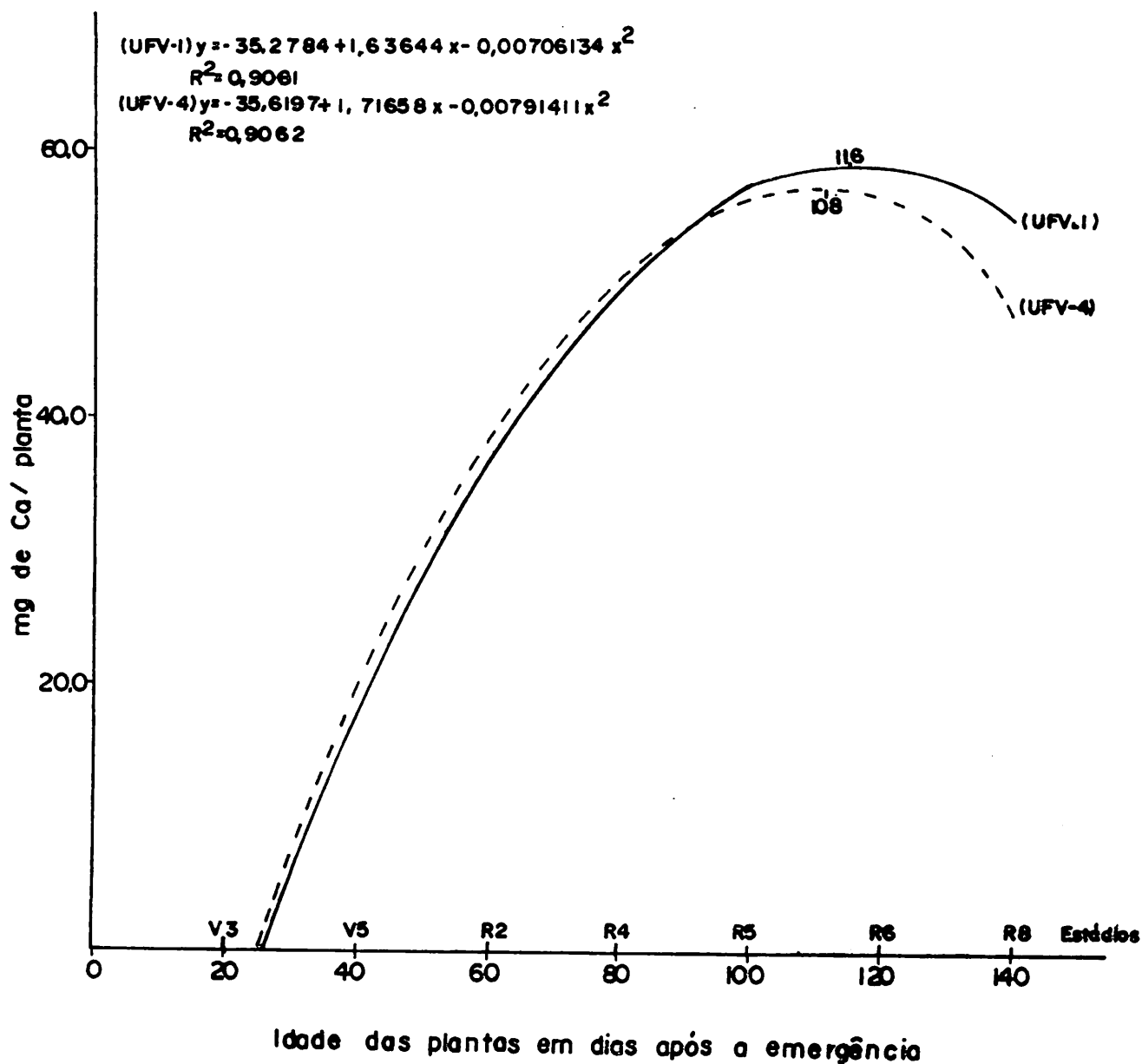


FIGURA 29 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca das folhas totais em cultivares de soja UFV- 1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

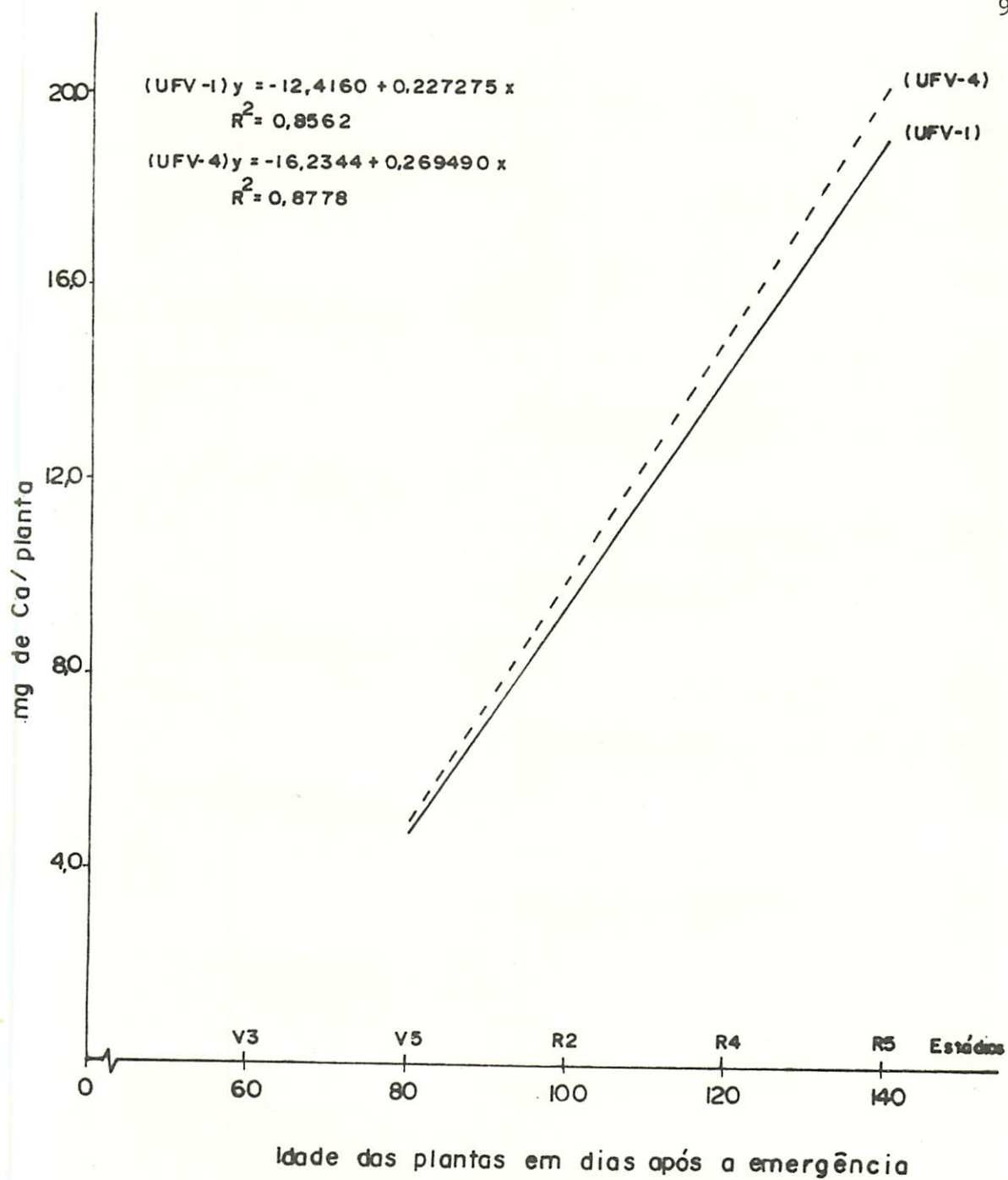


FIGURA 30 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca das vagens totais e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

QUADRO 18 - Acumulação de cálcio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
20	0,594	4,738	0,663	5,728
40	1,428	14,320	1,775	14,508
60	4,050	36,804	4,352	38,023
80	11,376	62,748	6,944	60,158
100	20,320	76,770	9,720	72,399
120	16,720	75,084	7,644	63,427
140	6,157	55,695	3,375	49,675

elevados ocorreu no citoplasma da parte reprodutiva da soja, que possui provavelmente mais baixa atividade metabólica e inabilidade para ativar o transporte de íons à solução externa. Isto é consistente com a hipótese de Pitman e Cram, mencionada por JONES et alii (40), de que a parte aérea pode regular a translocação de íons minerais para a parte superior da planta.

A regressão para a acumulação de cálcio no caule e nas folhas foi quadrática (Figuras 28 e 29). No caule, os pontos de máxima situaram-se, para as cultivares UFV-1 e UFV-4, respectivamente aos 98 e 92 dias da germinação, com quantidades estimadas

de 10,42 mg e 6,53 mg de Ca/planta. De acordo com o Quadro 2 , pode-se observar que a cultivar UFV-1 apresentou maior intensidade de crescimento primário (altura de planta), que variou com a cultivar e sua idade. Possivelmente, estes resultados estejam relacionados com a época de plantio ou com as cultivares, pois não atingiram a altura adequada, não manifestando a sua elevada capacidade produtiva; e a diferença pode ser atribuída a maior habilidade da UFV-1 para absorver nutriente, nas condições de realização do ensaio. CORDEIRO et alii (16) utilizando-se da cultivar IAC-2, encontraram para o caule, o ponto de máximo aos 89 dias após a emergência, correspondente a 74,25 mg de Ca/planta. Os dados das folhas aqui obtidos mostraram tendência de acúmulo com o aumento da idade da planta. Os pontos de máxima acumulação foram encontrados respectivamente, para a UFV-1 e UFV-4 , aos 116 e 108 dias, com 59,53 mg e 57,46 mg de Ca/planta, declinando lentamente a seguir.

Com base na curva estabelecida para as cultivares (Figura 29) e no ponto de máximo, vê-se que a UFV-4 acumula o cálcio em maior tempo que a UFV-1, necessitando provavelmente de maior disponibilidade deste nutriente no solo, para o pleno desenvolvimento foliar. A literatura evidencia alguma interação entre o fósforo e o cálcio, na nutrição da soja. CORDEIRO et alii (16) encontraram nas folhas das plantas que não receberam fósforo na adubação , e para o tratamento de 120 kg de P_2O_5 /ha, pontos de máxima acumulação respectivamente, aos 91 e 85 dias após a emergência; o acúmulo de cálcio pelas folhas foi inibido pelas doses

de fósforo aplicadas ao solo.

Na Figura 30, encontram-se as linhas de regressão do acúmulo de cálcio nas vagens e grãos, em função da idade da planta, observando-se que o aumento foi linear. Para as cultivares UFV-1 e UFV-4, as quantidades acumuladas estimadas variaram, respectivamente, de 5,77 mg e 5,32 mg de Ca/planta aos 80 dias, a 19,40 mg e 21,49 mg obtidos na amostragem de 140 dias. MASCARENHAS (49) encontrou um declínio na concentração de cálcio na planta devido à queda das folhas, como também nas vagens e grãos.

No total, os diferentes órgãos da planta acumularam, no final do período em estudo, médias de 62,45 mg e 56,00 mg de Ca/planta, com resposta quadrática para as cultivares UFV-1 e UFV-4, e total estimado de 93,56 mg e 81,29 mg do elemento/planta (Figura 31). Aos 123 e 121 dias de idade, ocorreram as quantidades máximas de 96,53 mg e 84,35 mg de Ca/planta. Em ambas as cultivares, as curvas de absorção do cálcio mostram que, no final do ciclo, existe certo decréscimo da quantidade total do nutriente contido na planta, possivelmente, devido à queda de folhas e perda de raízes na amostragem. Esses aspectos foram discutidos por ROSOLEM (58) em sua revisão sobre nutrição mineral e adubação da soja, que atribuiu a diminuição pelo fato do Ca se encontrar principalmente na parte vegetativa da planta, aliado a intensa queda de folhas no final do ciclo da soja. Segundo aquele autor, a maior velocidade de absorção de cálcio pela soja, ocorre no pe -

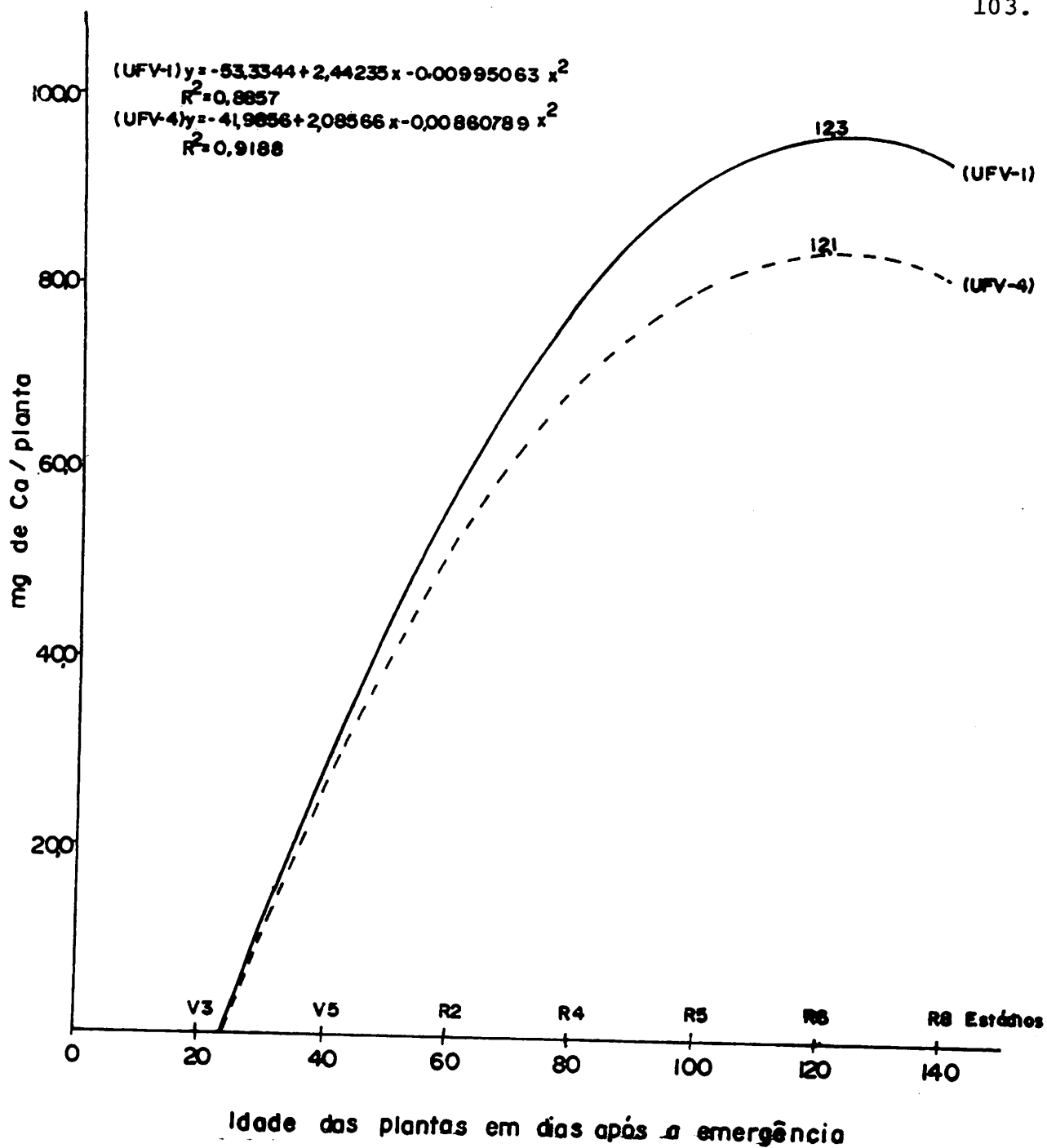


FIGURA 31 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de cálcio na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

ríodo do florescimento ao início de enchimento dos grãos e atinge 0,86 kg/ha/dia. Na Carolina do Norte (37) verificou-se que o acúmulo total de cálcio na soja, variou do equivalente a 8,3 kg/ha para 10,1 kg/ha, com uma média de 9,2 kg/ha/ano.

Verifica-se no Quadro 19, a distribuição percentual do cálcio nos órgãos da planta com o total absorvido, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4. Enquanto a taxa desse nutriente decresceu relativamente durante todo o período estudado na raiz e no caule, se mostrou em concentrações mais ou menos constantes nas folhas até o fim do ciclo da planta, que em parte é devolvido ao solo pela queda de folhas. Isso confirma que o Ca acumula-se nas folhas, que o contêm em maior proporção. Resultados semelhantes foram obtidos em soja, por BATAGLIA & MASCARENHAS (6), e em feijão, por GALLO & MIYASAKA (24). Segundo os últimos autores, com exceção do cálcio nas folhas, as porcentagens dos elementos nas diversas partes da planta decresceram depois do florescimento, crescendo nos estádios finais do ciclo. HENDERSON & KAMPRATH (37) encontraram na soja, pequena translocação ou acúmulo de cálcio durante o período de queda rápida de folhas e enchimento do grão, mostrando que o suprimento do nutriente do solo verificado no último estágio, pode não ser tão crítico para a planta.

Proporcionalmente às demais partes da planta (Quadro 17), as vagens apresentaram, no final do ciclo, maior quantidade de fósforo, potássio e magnésio, e teores mais baixos de cálcio; o cálcio apareceu em concentração mais alta nas folhas e baixo per

QUADRO 19 - Distribuição percentual do cálcio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta							
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens + Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	11	11	35	33	54	56	-	-
40	9	11	27	22	64	67	-	-
60	10	10	19	15	71	75	-	-
80	15	10	13	9	67	75	5	6
100	18	10	11	7	59	69	12	14
120	16	9	9	7	63	69	12	15
140	8	4	9	6	59	59	23	30

centual nos grãos. Os dados aqui relatados são bastante semelhantes aos obtidos por HAMMOND et alii (31), HENDERSON & KAMPRATH (37) e MASCARENHAS (49). A literatura registra para a cultura do feijoeiro, frutos com maior teor de P e teores mais baixos de Ca e Mg que as outras partes da planta (24).

4.2.4. Magnésio

4.2.4.1. Concentração

Os resultados analíticos sobre as concentrações de magnésio nas diversas partes da planta obtidas em função da idade, são mostrados no Quadro 20 e ilustrados nas Figuras 32 a 35.

Nota-se pelo Quadro 20, que os valores médios de magnésio nas partes vegetativas da planta decresceram com o desenvolvimento da mesma. As vagens e grãos apresentaram pequena variação nos dados e tenderam a aumentar com a idade da planta.

Nas Figuras 32 e 34, encontram-se as linhas de regressão das concentrações do Mg nas raízes e folhas das cultivares UFV-1 e UFV-4, em função de seu desenvolvimento. Houve em ambos os órgãos, diminuição das percentagens do nutriente com o aumento da idade. Nas folhas, onde a atividade é mais intensa, as concentrações mostraram decréscimo dos teores estimados, respectivamente, de 0,27% e 0,28% aos 20 dias para 0,18% e 0,19% aos 80 dias, e que atingiram 0,09% e 0,11% na amostragem final, equivalendo-se nessa fase, com os teores encontrados nas raízes. Presume-se que

QUADRO 20 - Concentrações médias de magnésio, em percentagem da matéria seca nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta									
	Raízes		Caule		Folhas		Vagens		Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,34	0,35	0,27	0,24	0,28	0,29	-	-	-	-
40	0,26	0,20	0,19	0,17	0,26	0,25	-	-	-	-
60	0,20	0,21	0,15	0,16	0,22	0,24	-	-	-	-
80	0,18	0,19	0,17	0,17	0,14	0,17	0,36	0,35	-	-
100	0,24	0,20	0,21	0,20	0,12	0,14	0,31	0,37	-	-
120	0,15	0,11	0,19	0,16	0,10	0,13	0,29	0,30	-	-
140	0,09	0,10	0,16	0,14	0,14	0,14	0,32	0,37	0,24	0,24

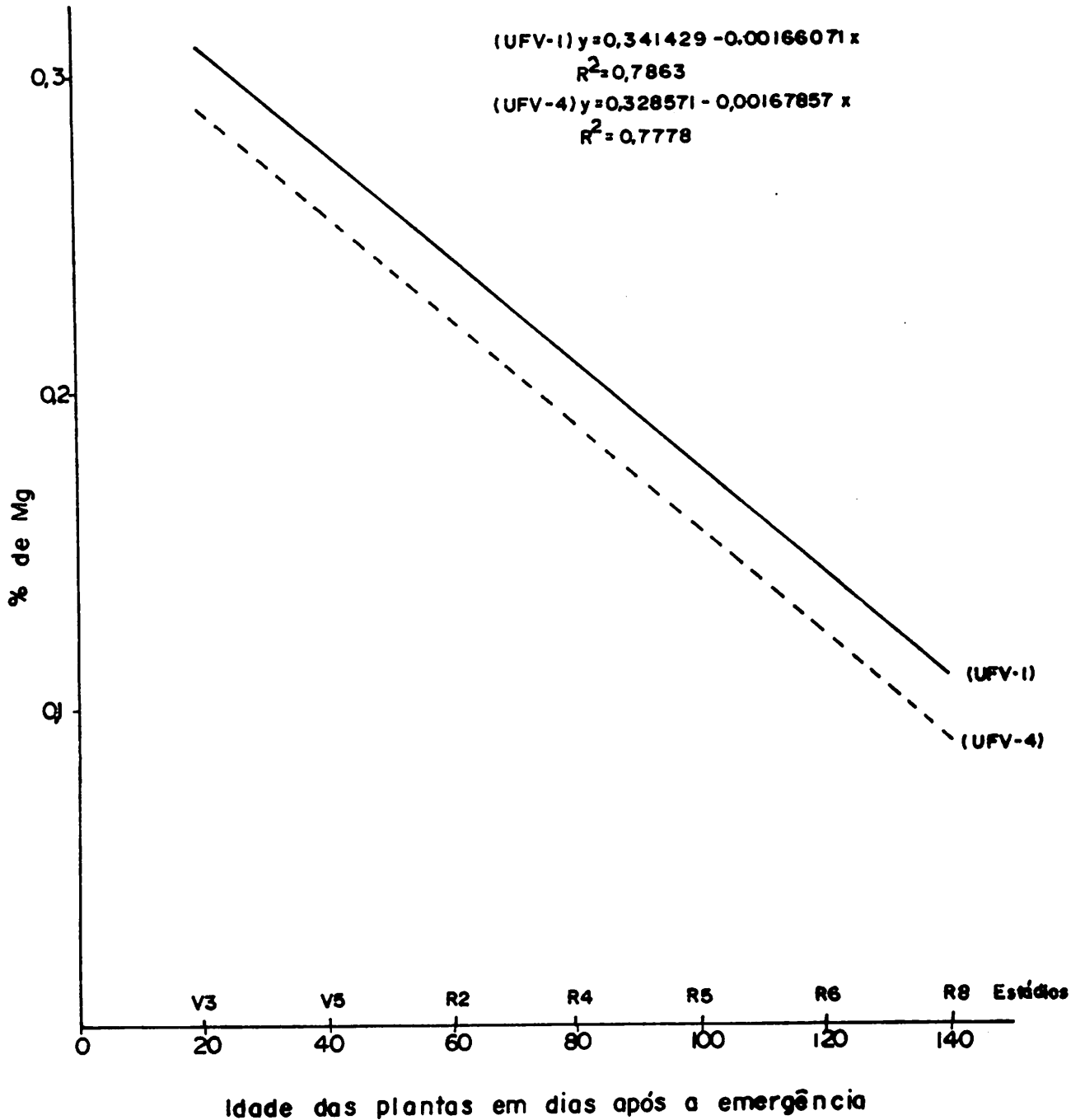


FIGURA 32 - Concentração percentual de magnésio na matéria seca das raízes de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

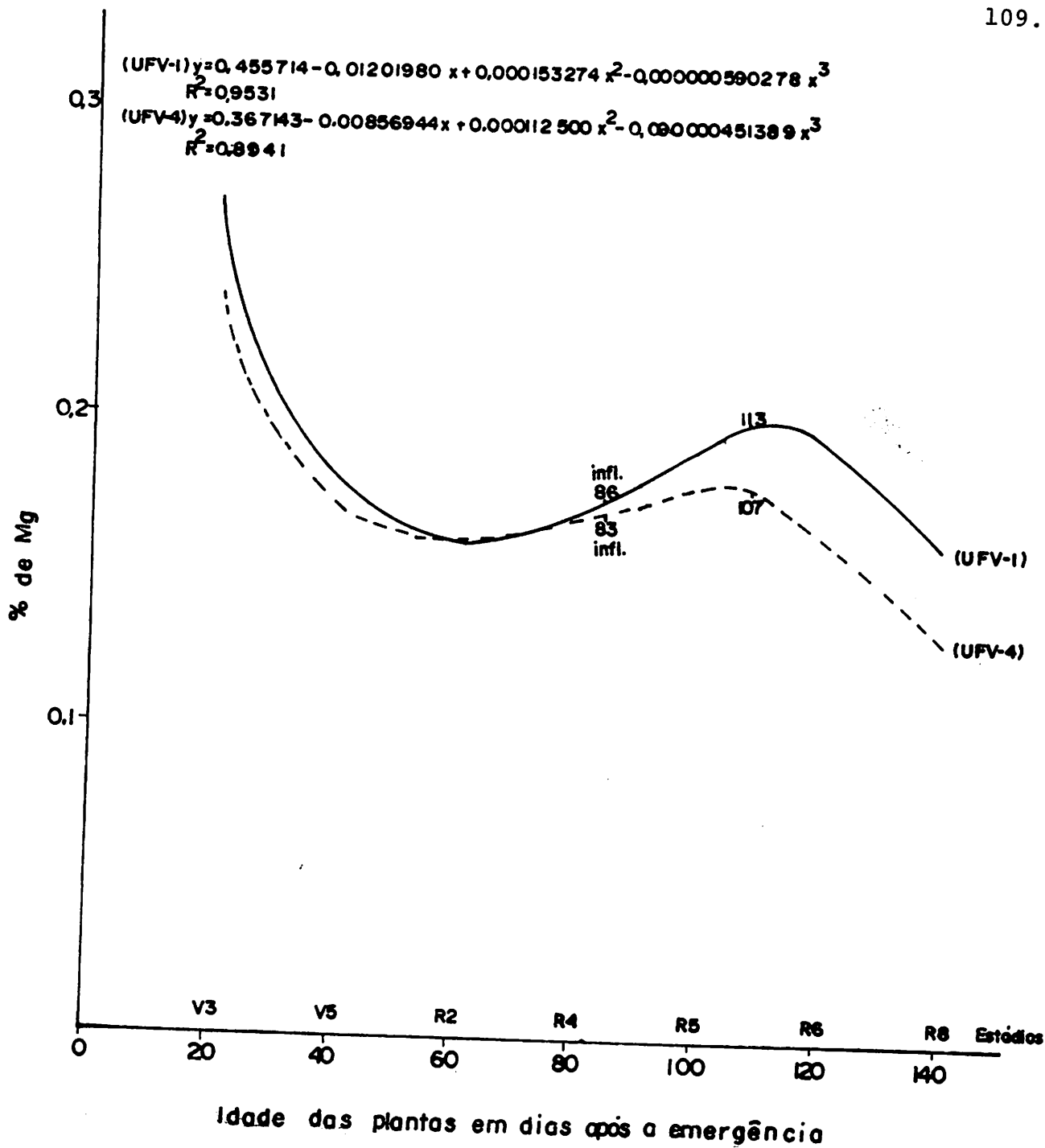


FIGURA 33 - Concentração percentual de magnésio na matéria seca do caule de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

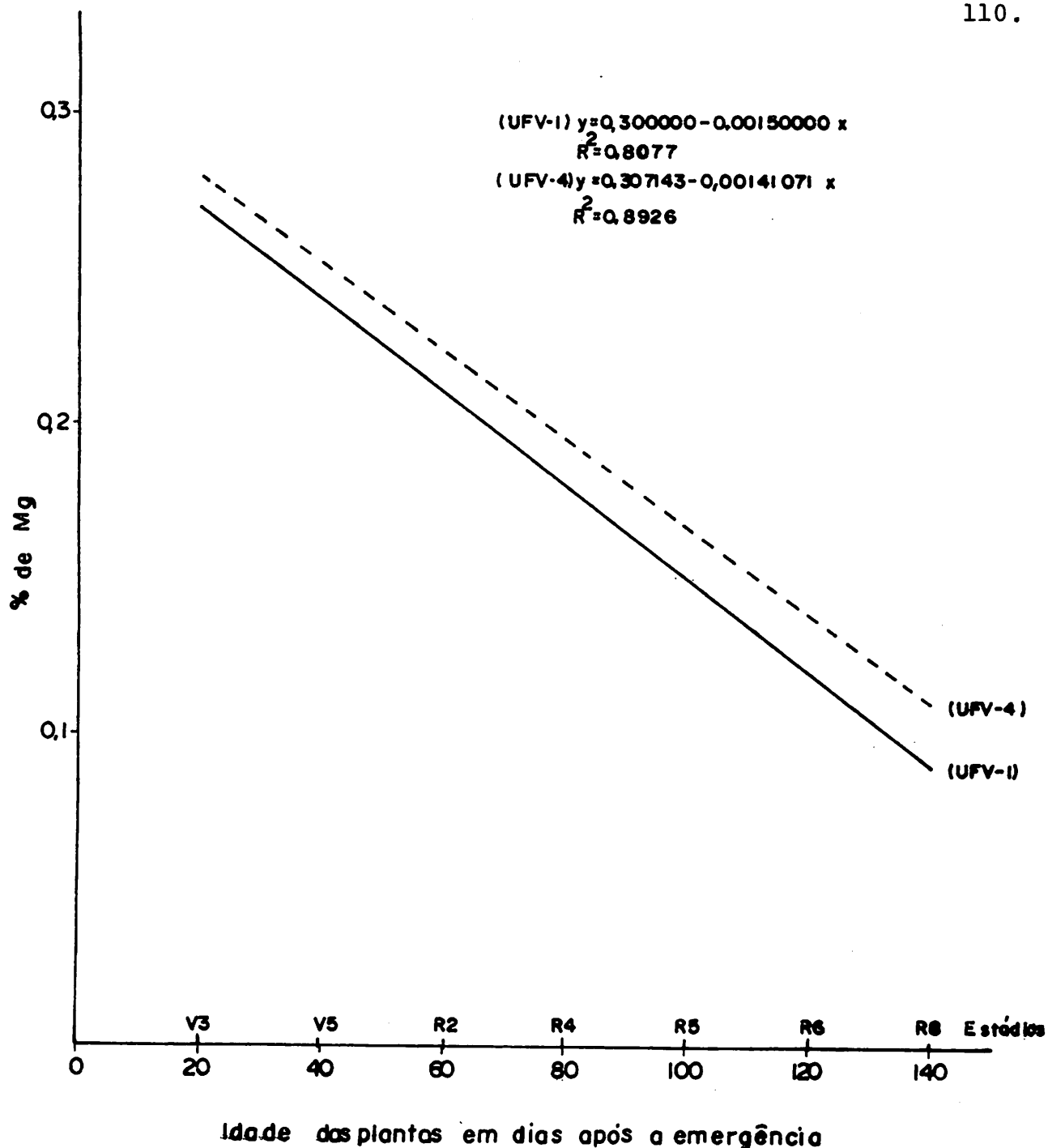


FIGURA 34 - Concentração percentual de magnésio na matéria seca das folhas totais de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

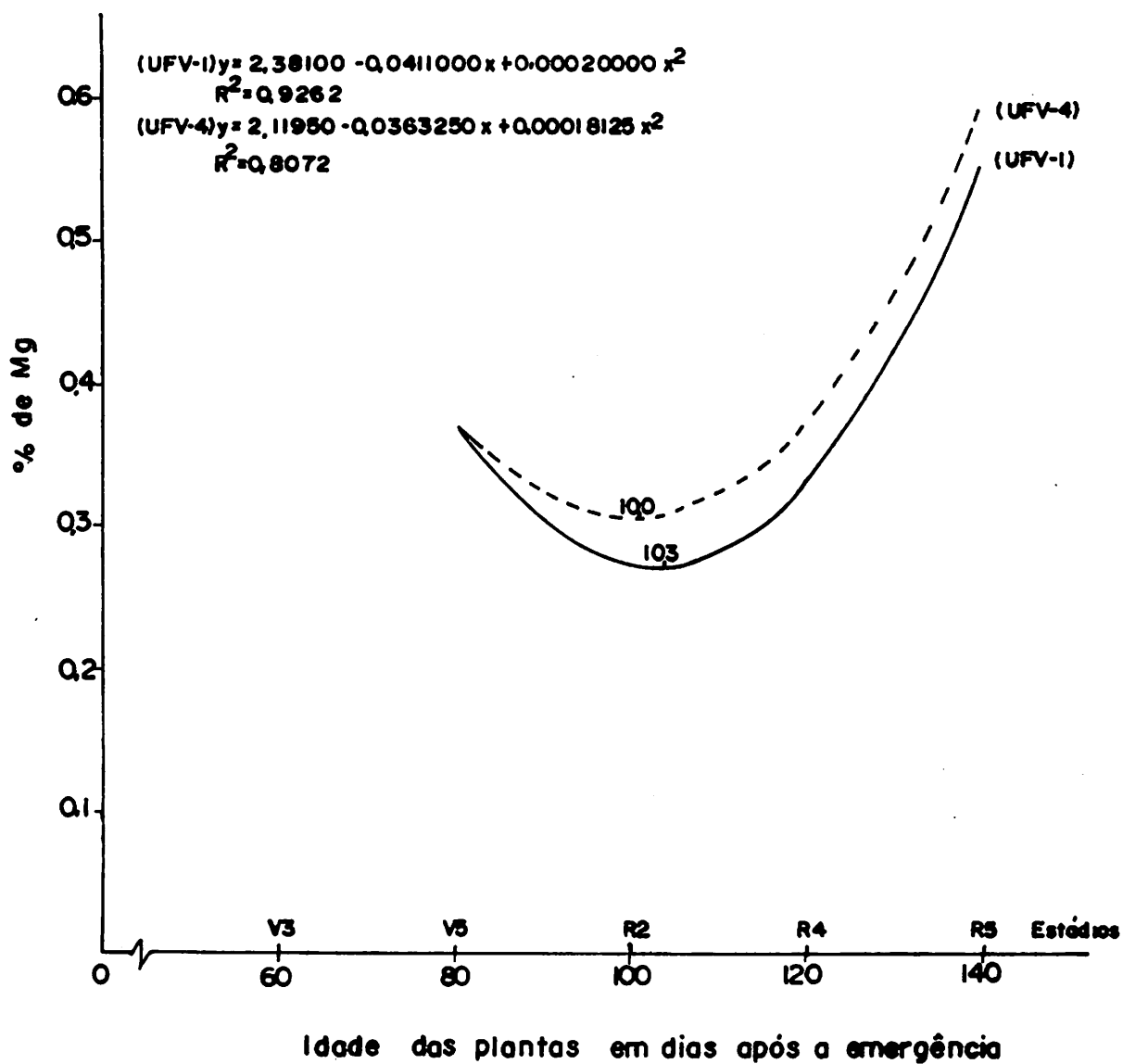


FIGURA 35 - Concentração percentual de magnésio na matéria seca das vagens e grãos de soja, em função da idade das cultivares UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

o decréscimo dos teores de Mg nas partes da planta seja devido à translocação do cation para os órgãos reprodutivos, concordando com a investigação de Webb, citado por OHLROGGE (56), ao mencionar que por ocasião da formação de vagens, os maiores teores de Mg foram encontrados nas vagens e raízes. HENDERSON & KAMPRATH (37) verificaram que o magnésio continuou a acumular-se na soja após a formação de vagens, e GALLO & MIYASAKA (24), trabalhando na cultura do feijoeiro, assinalam que o Mg está contido em maior quantidade nos frutos.

A análise da Figura 33, expressa por equação do 3º grau para as cultivares UFV-1 e UFV-4, mostra que a planta com 20 dias após a emergência possui um elevado teor de Mg no caule. Houve decréscimo na concentração do elemento nas três primeiras amostragens, e uma inversão nos teores, respectivamente, até os 86 e 83 dias (pontos de inflexão). Após esse período, o teor continua aumentando até chegar a seu ponto de máxima concentração, aos 113 e 107 dias, correspondendo aos teores de 0,20% e 0,18%, decrescendo novamente até o final do ciclo. Em estudo feito em casa de vegetação onde o Mg foi limitante, WEBB et alii (68) ressaltam que na maturação da soja, a concentração de P no caule era de 0,96%, no pecíolo 0,75% e nos folíolos de 1,03%, da fase de enchimento do grão às proximidades da maturação, o caule sofreu acréscimo de 0,20 a 0,45%; o pecíolo e os folíolos aumentaram dez vezes, isto é, de 0,03 a 0,56% e 0,05 a 0,68% respectivamente.

Já nos órgãos reprodutivos, verifica-se que a curva de regressão ajustada para a concentração de magnésio, foi representada por equação do 2º grau, para as cultivares estudadas (Figura 35). Os dados dessa figura para a UFV-1 e UFV-4, mostram uma tendência de redução dos teores de Mg a partir da amostragem inicial aos 80 dias (0,37%). Os mais baixos percentuais do nutriente ocorreram, respectivamente, a teores em torno de 0,27% e 0,30% aos 103 e 100 dias após a emergência da planta. Daí, a concentração aumenta novamente até o final do ciclo. CORDEIRO et alii (15) encontraram resultados semelhantes; aqueles autores supõem que o Mg no período de decréscimo na concentração tenha sido translocado para as vagens em formação, recomeçando a planta a acumular magnésio a partir dos 84 dias. TEWARI & MANDAL(65) encontraram no grão, uma correlação positiva entre os teores de fósforo e magnésio.

4.2.4.2. Acumulação

Os resultados obtidos sobre a acumulação do magnésio nos vários órgãos da planta, são apresentados no Quadro 21 e Figuras 36 a 38.

Vê-se no Quadro 21 que nas duas cultivares a acumulação de magnésio no total das partes vegetativas, foi bastante superior a ocorrida nas raízes. Entretanto, comparando-se individualmente, a partir de 80 dias o total acumulado nas raízes foi

QUADRO 21 - Acumulação de magnésio na matéria seca das várias partes da planta e da planta toda, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja - ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Peso Total (mg de Mg/planta)											
	Raízes		Caulo		Folhas		Vagens		Grãos		Planta Total	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	0,612	0,595	0,378	0,384	0,616	0,725	-	-	-	-	1,606	1,704
40	1,768	1,420	0,969	0,884	2,002	1,900	-	-	-	-	4,739	4,204
60	3,000	2,856	2,310	2,208	4,708	4,344	-	-	-	-	9,918	9,408
80	11,376	8,246	4,488	3,451	5,348	4,845	0,972	1,225	-	-	22,184	17,767
100	12,192	8,100	5,880	4,380	4,728	3,612	4,278	4,699	-	-	27,078	20,791
120	6,600	4,004	4,465	3,360	3,010	2,899	6,380	6,720	-	-	20,455	16,983
140	1,179	1,350	3,040	2,548	3,654	2,982	9,216	9,805	0,552	0,384	17,641	17,069

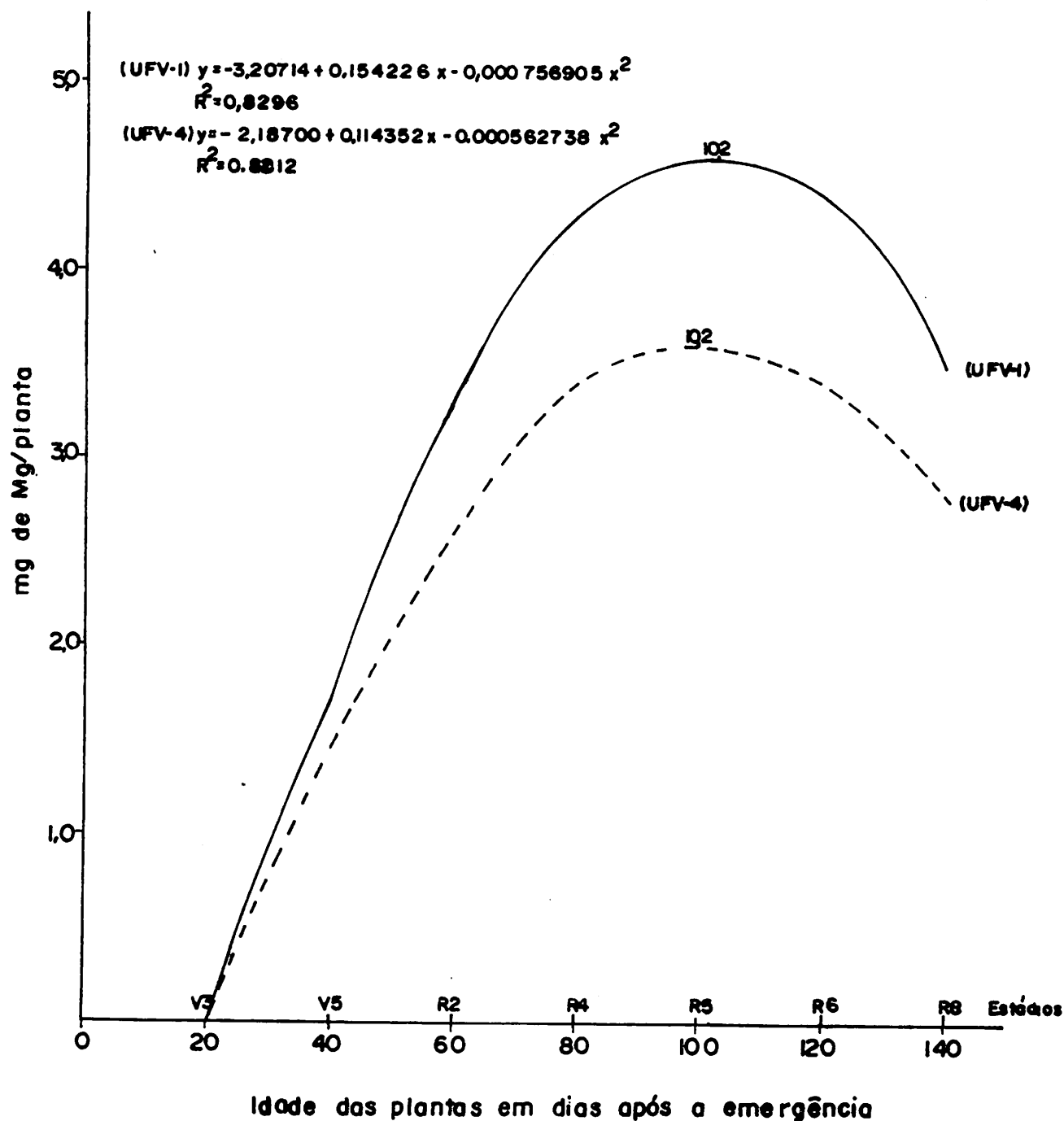


FIGURA 36 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca do caule em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

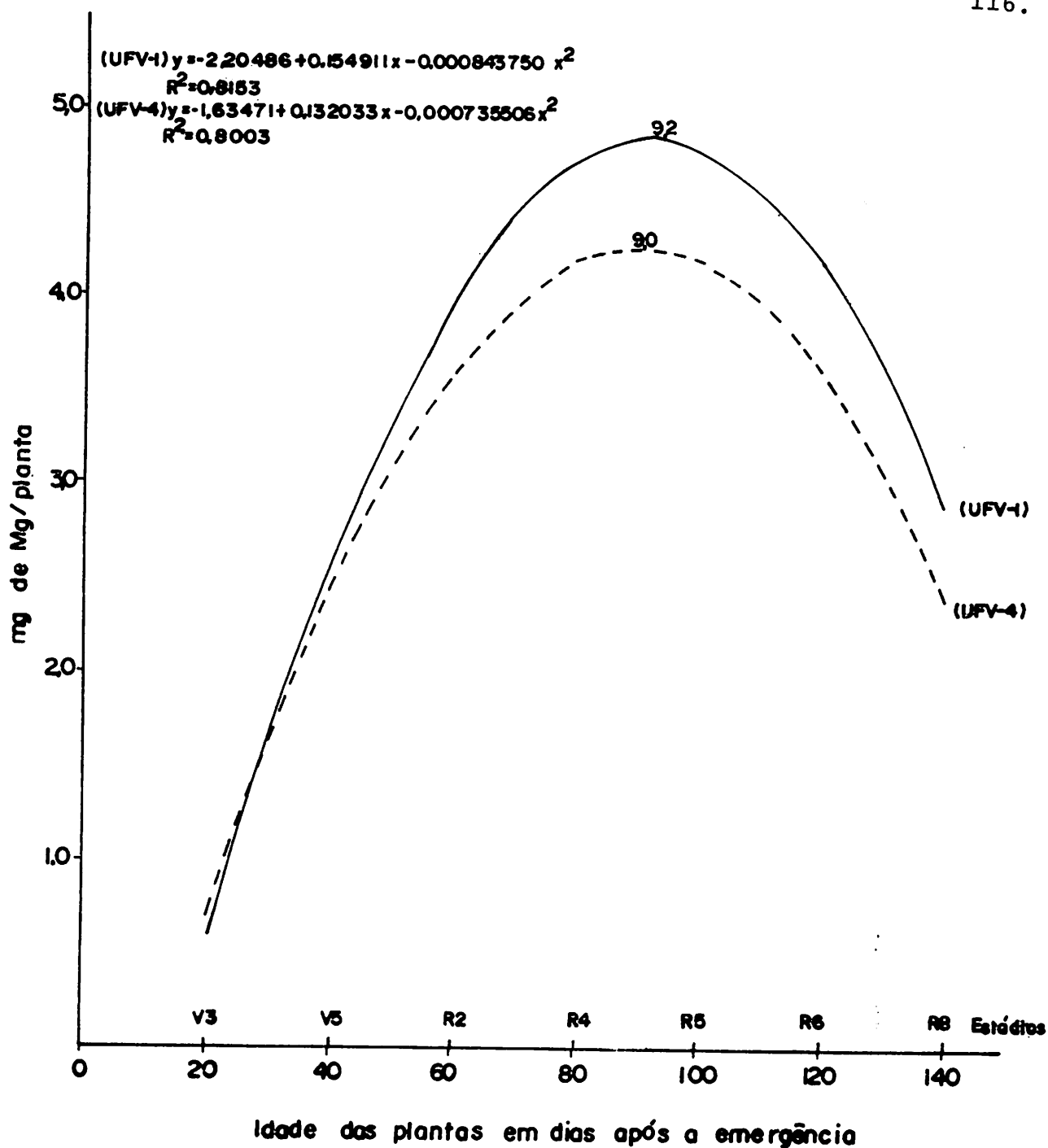


FIGURA 37 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca das folhas totais em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

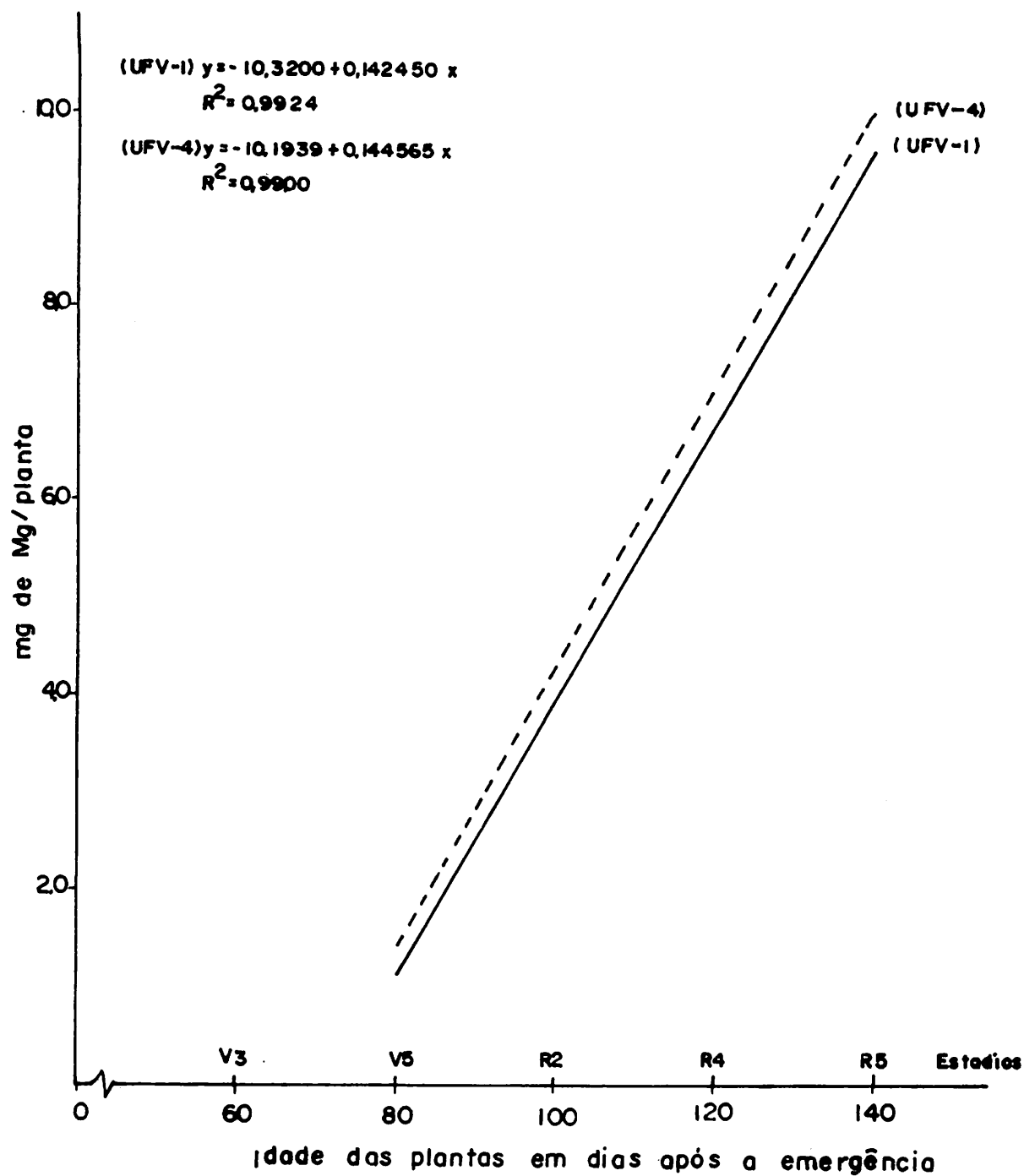


FIGURA 38 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca das vagens totais e grãos em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

sempre superior, enquanto após os 100 dias ocorreu pequena diminuição nas taxas de Mg expostas pelas folhas e caule, da mesma maneira que o observado nos teores de Ca.

Os valores de Mg acumulados nas folhas foram superiores àqueles observados no caule (Quadro 21), exceto no período de 100 a 120 dias. Esse acréscimo nas folhas pode ser explicado em função da maior produção de matéria seca neste órgão, como pela presença de teores mais elevados do nutriente. Resultados semelhantes foram obtidos por CORDEIRO et alii (16) e vêm confirmar a importância deste estudo nas partes da planta.

Comparando-se o comportamento dos níveis de Mg da parte aérea com o das raízes das cultivares UFV-1 e UFV-4 (Quadro 22), observa-se que nas três primeiras amostragens a acumulação do nutriente na parte aérea foi praticamente o dobro daquelas; entre 80 e 100 dias as quantidades de Mg foram equivalentes; a partir dos 120 dias houve novamente acúmulo do cation na parte aérea, para na última amostragem a relação ser acrescida numa média de cinco vezes.

Pelas Figuras 36 e 37, a análise de regressão para a acumulação de magnésio, no caule e nas folhas, apresentou efeito quadrático para as cultivares UFV-1 e UFV-4. No caule, os pontos de máxima ocorreram nas duas cultivares aos 102 dias, correspondente às quantidades estimadas de 4,65 mg e 3,62 mg de Mg/planta. Aos 140 dias, os teores de Mg/planta foram de 3,55 mg para a cultivar UFV-1, e de 2,79 mg para a UFV-4.

QUADRO 22 - Acumulação de magnésio, em miligramas/planta, na matéria seca da raiz e parte aérea de duas cultivares de soja, em diferentes estádios de desenvolvimento. ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	UFV-1		UFV-4	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
20	0,612	0,994	0,595	1,109
40	1,768	2,971	1,420	2,784
60	3,000	7,018	2,856	6,552
80	11,376	9,836	8,246	8,296
100	12,192	10,608	8,100	7,992
120	6,600	7,475	4,004	6,259
140	1,179	6,694	1,350	5,530

Com relação às folhas (Figura 37), observou-se comportamento semelhante entre as cultivares, acumulando Mg com o aumento da idade das plantas. Aos 92 e 90 dias da Ufv-1 e Ufv-4 respectivamente, ocorreram as quantidades máximas de 4,90 mg e 4,29 mg de Mg/planta, mostrando que a Ufv-1 acumula mais Mg nas folhas que a Ufv-4. Houve declínio acentuado nas amostragens seguintes, mesmo com a inclusão da quantidade de folhas caídas. Os resultados combinam com aqueles de HENDERSON & KAMPRATH (37), quando observaram que a acumulação do Mg pela parte vegetativa aumentou até cerca de 110-120 dias da semeadura, decrescendo após esse período; a eles, parece que a acumulação do elemento ocor -

reu numa taxa substancial na fase de enchimento do grão. Entretanto, trabalho de HAMMOND et alii (31) mostra que há pouca translocação do Mg para as vagens e grãos, que ficou contido nas folhas. Os dados aqui obtidos também confirmam os de CORDEIRO et alii (16), cujo ponto de máximo foi aos 83 dias da germinação (52,60 mg de Mg/planta). Segundo aqueles autores, o Mg acumulado até o florescimento é translocado para os órgãos reprodutivos, que apareceram em maior quantidade nas plantas que receberam doses maiores de P.

Nos órgãos reprodutivos (Figura 38), o acúmulo de Mg aumentou linearmente com a idade da planta, acompanhando a linha de regressão da produção de matéria seca. Os valores estimados de Mg/planta, oscilaram para as cultivares UFV-1 e UFV-4, de 1,07 mg e 1,37 mg para 9,62 mg e 10,04 mg, respectivamente, nos períodos inicial e final estudados. BATAGLIA & MASCARENHAS (5) encontraram uma parcela significativa do magnésio nas vagens de soja.

O total acumulado de magnésio pelas várias partes da planta (Figura 39), explicado por equação do 2º grau, seguiu a tendência de aumento da produção de matéria seca. Os pontos de máxima acumulação para as cultivares UFV-1 e UFV-4, foram obtidos respectivamente, aos 108 e 117 dias, correspondente a 22,15mg e 18,51 mg de Mg/planta, que apresentaram médias absorvidas de 14,80 mg e 12,56 mg, e um total estimado de 19,00 mg e 17,42 mg.

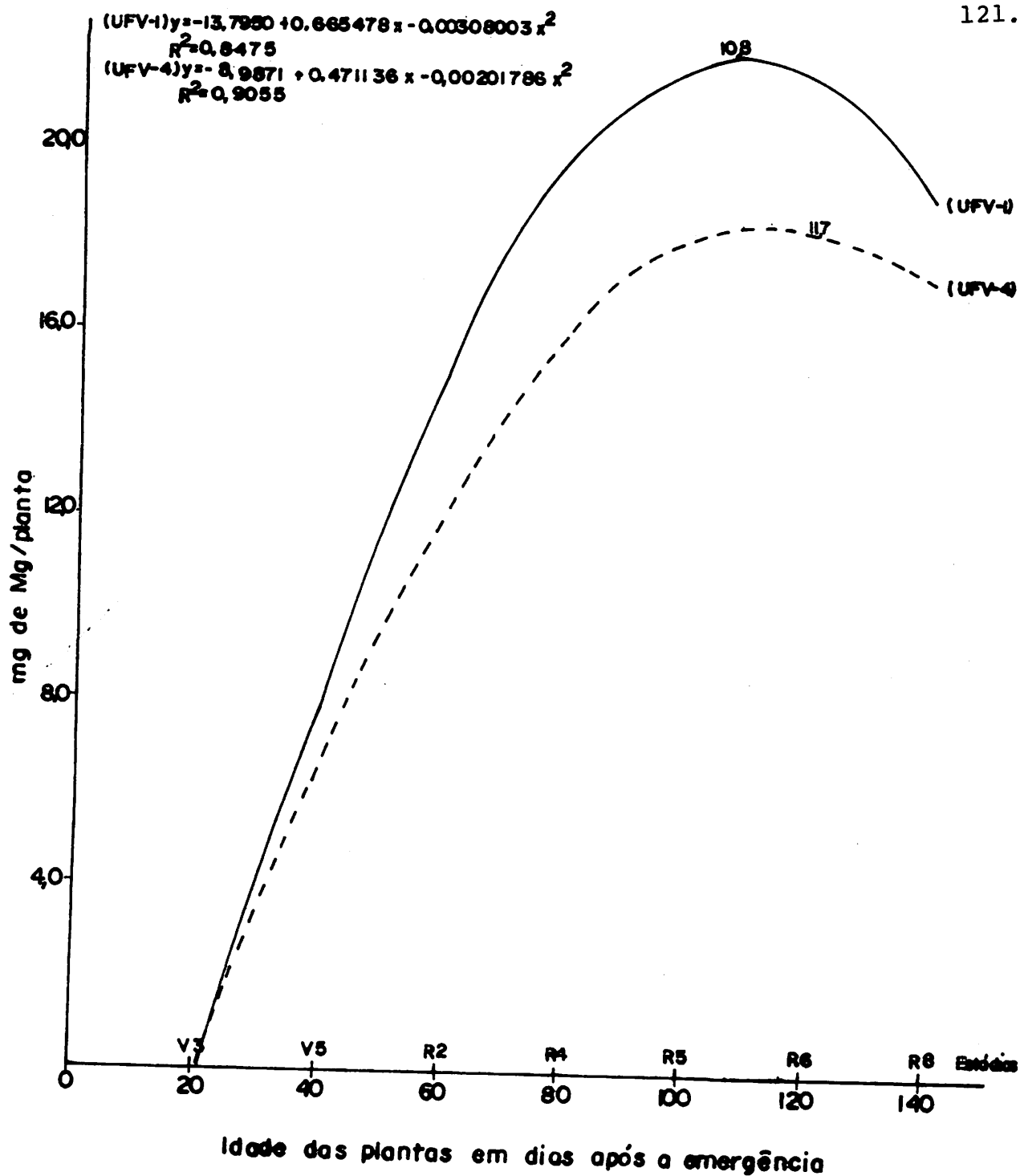


FIGURA 39 - Efeito da idade das plantas sobre a acumulação de magnésio na matéria seca total em cultivares de soja UFV-1 e UFV-4 - ESAL, Lavras, MG, 1982.

pois da mesma forma que o fósforo e potássio, o Mg é muito móvel no floema, como menciona MAFRA (43) ao citar Biddulph, e outros autores (20, 44, 46, 47). Este resultado concorda com aquele desenvolvido na Carolina do Norte (37), onde encontrou-se uma considerável translocação do Mg das partes vegetativas para as vagens e grãos, porém divergindo dos resultados citados por ROSOLEM (58), ao não encontrar indícios de translocação do Mg das folhas para os grãos. Em feijoeiro, GALLO & MIYASAKA (24) encontraram teores mais elevados nas folhas durante todo o ciclo da cultura.

4.3. Estádios de desenvolvimento da planta

Os resultados deste estudo foram obtidos com base nos diversos estádios de desenvolvimento da planta, segundo o critério de descrição estabelecido para a soja, por FEHR et alii (21).

Em geral, os dados mostraram variabilidade na concentração dos elementos entre estágio, mas entre cultivares as diferenças não foram relevantes. As quantidades totais dos nutrientes acumuladas pelas folhas, nos respectivos pontos de máximo, neste trabalho, embora não devam ser consideradas como absolutas, devido às flutuações na absorção dos nutrientes, em função das condições de solo, adubação, clima e cultivares, podem ser usadas como auxiliares no estabelecimento de tabelas de adubação.

QUADRO 23 - Distribuição percentual do magnésio nas várias partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento da soja. ESAL, Lavras, MG, 1982.

Idade das plantas (dias)	Partes da Planta							
	Raízes		Caulo		Folhas		Vagens + Grãos	
	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4	UFV-1	UFV-4
20	38	35	24	22	38	43	-	-
40	37	34	21	21	42	45	-	-
60	30	30	23	24	47	46	-	-
80	51	46	21	20	24	27	4	7
100	45	39	22	21	17	17	16	23
120	32	24	22	20	15	17	31	39
140	7	8	17	15	21	18	55	59

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos nas condições em que o trabalho foi realizado, as seguintes conclusões podem ser tiradas :

- As cultivares UFV-1 e UFV-4 apresentaram quantidades máximas de peso verde de 39,9 e 43,4 g/planta, com a idade de 100 e 103 dias e matéria seca com valores de 9,7 e 11,9 g/planta, com 107 e 114 dias, respectivamente.
- As curvas das quantidades de P, K, Ca e Mg na matéria seca apresentaram modelo similar às curvas de produção de matéria seca das diferentes partes da planta.
- As concentrações de P, K, Ca e Mg variaram em função dos estádios de desenvolvimento da planta.
- Verifica-se maior concentração de cálcio nas folhas e de magnésio nas demais partes vegetativas da planta, com decréscimo das quantidades acumuladas no final do ciclo.
- Em geral, os teores de fósforo dos grãos são superiores -

res aos encontrados nas demais partes da planta, enquanto que os teores de K, Ca e Mg são maiores nas partes vegetativas.

- A cultivar UFV-1 apresentou quantidades mais elevadas de P, K, Ca e Mg do que a UFV-4 ao atingir o crescimento máximo da planta.

- As cultivares UFV-1 e UFV-4 atingiram acumulações máximas de nutrientes nas seguintes épocas, em dias : P (88), K (82 - 86); Ca (108-116) e Mg (90-92).

- As quantidades máximas acumuladas pelas cultivares UFV-1 e UFV-4 encontravam-se nos seguintes limites, em mg/planta: P (4,49 - 5,53); K (30,56-43,05); Ca (57,46-59,53) e Mg (4,29-4,90).

- Ao final do ciclo da planta, o acúmulo de nutrientes nas cultivares UFV-1 e UFV-4, obedeceu à seguinte ordem:

K > Ca > P > Mg.

6. RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se estudar a concentração, acumulação de P, K, Ca e Mg e crescimento da planta nas suas diversas partes, em vários estádios de desenvolvimento das cultivares de soja UFV-1 e UFV-4. O experimento foi conduzido na Escola Superior de Agricultura de Lavras, no município de Lavras-Minas Gerais, a princípio em casa de vegetação para maior facilidade da emergência e estabelecimento da planta, para 35 dias após, ser exposto ao ar livre, utilizando-se um Latossolo Roxo Distrófico, textura argilosa, no período de dezembro de 1981 a maio de 1982.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições. Os tratamentos compreenderam 2 cultivares submetidas a 7 épocas de amostragens (20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após a germinação), efetuadas com número variável de plantas. Nestas amostras foram avaliados o peso verde da planta, produção de matéria seca e os teores de P, K, Ca e Mg.

Os resultados evidenciaram que as quantidades máximas de peso verde para as cultivares UFV-1 e UFV-4, ocorreram respectivamente aos 100 e 103 dias, e as de matéria seca, aos 107 e 114 dias, enquanto que as curvas das quantidades de P, K, Ca e Mg na matéria seca apresentaram modelo similar às curvas de produção da matéria seca das diferentes partes da planta.

As concentrações de P, K, Ca e Mg variaram em função dos estádios de desenvolvimento da planta. Destes nutrientes, houve maior concentração de Ca nas folhas e de Mg nas partes vegetativas da planta, com decréscimo das quantidades acumuladas no final do ciclo. Em geral, os teores de P dos grãos são superiores aos encontrados nas demais partes da planta, enquanto que os teores de K, Ca e Mg são maiores na parte aérea vegetativa e nas raízes.

Em relação às cultivares testadas, verifica-se que a UFV-1 apresentou quantidades mais elevadas de P, K, Ca e Mg do que a UFV-4 ao atingir o crescimento máximo da planta. A UFV-1 e UFV-4 atingiram acumulações máximas de nutrientes nas seguintes épocas, em dias : P (88), K (82-86), Ca (108-116) e Mg (90-92), enquanto as quantidades máximas acumuladas encontravam-se nos seguintes limites, em mg/planta: P (4,49 - 5,53), K (30,56-43,05), Ca (57,46 -59,53) e Mg (4,29-4,90). Já ao final do ciclo da planta, o acúmulo de nutrientes nas cultivares UFV-1 e UFV-4, obedeceu à seguinte ordem : K > Ca > P > Mg.

7. SUMMARY

This work was performed with the objective of studying the concentration, accumulation of P, K, Ca and Mg and plant growth in various parts of the soybeans UFV-1 and UFV-4 cultivars, at diverse stages of development. The experimental work was conducted at Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais State, Brazil, at the beginning in greenhouse seeking better conditions for emergence, and 35 days after that it was exposed to the natural conditions, using samples of a very clayey Dusky Red Latosol (Typic Acrorthox), from December 1981 to May 1982.

It was a completely randomized blocks in a factorial design 2 x 7 with four replications. The various treatments included two cultivars submitted to seven periods of sampling (20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 days after germination), using a variable number of plants. In these plants the fresh weight of the plant, dry matter production and the amounts of P, K, Ca and

Mg were evaluated .

The results evidenced that the maximum amounts of fresh weight for the UFV-1 and UFV-4 cultivars respectively occurred at 100 and 103 days, and the ones of dry matter, at 107 and 114 days, whereas the curves of the amounts of P, K, Ca and Mg in dry matter revealed a similar model to the those of dry matter production of different parts of plant .

The P, K, Ca and Mg concentrations varied as a function of development stages of plant . Ca was more concentrated in the leaves and Mg in the vegetative parts of plant, with decrease of the amounts accumulated at the end of the growing season . In general, the quantities of P in the grains are higher than those found in the other parts of plant, while the K, Ca and Mg amounts are higher in the shoots and roots .

In order to reach the maximum growth of the plant, the UFV-1 presented higher amounts of P, K, Ca and Mg than did UFV-4 . Both cultivars had maximum accumulation of nutrients at the following growing stages (days): P (88), K (82-86), Ca(108 - 116) and Mg (90-92), whereas maximum accumulated quantities were at the following limits (mg/plant): P (4,49- 5,53), K(30,56-43,05), Ca (57,46 - 59,53) and Mg (4,29 - 4,90) . At the end of the growing season, the accumulation of nutrients in the UFV-1 and UFV-4 cultivars, was in the following order : $K > Ca > P > Mg$.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, S.E.; TERMAN, G.L. & CLEMENTS, L.B. Greenhouse techniques for soil-plant-fertilizer research. Muscle Shoals , Alabama, National Fertilizer Development Center. Tennessee Valey Authority, 1976. 57p. (Bulletin, Y-104).
2. ANDRADE, G.O. Os climas. In: AZEVEDO, A. Brasil, a terra e o homem. São Paulo, Nacional, 1964. p.446-8.
3. ANDRADE, H. Caracterização genética, morfológica e classificação de dois solos do município de Lavras, MG em correlação com a geomorfologia da área. Lavras, ESAL, 1979. 84p. (Tese MS).
4. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras-MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67p. (Tese Doutorado).
5. BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agronômico, 1977. 36p. (Boletim Técnico , 41).

6. BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Nutrição mineral da soja. In: A soja no Brasil Central, 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1982. p.115-33.
7. _____; _____ & MIYASAKA, S. Nutrição mineral da soja. In: A soja no Brasil Central. Campinas, Fundação Cargill, 1977. p.57-83.
8. _____; _____; TEIXEIRA, J.P.F. & TISSELI FILHO, O. Acúmulo de matéria seca e nutrientes, em soja cultivar Santa Rosa. Bragantia, Campinas, 35(21):237-47, jul. 1976.
9. BORST, H.L. & THATCHER, L.E. Life history and composition of the soybean plant. Wooster, Ohio Agricultural Experiment Station, 1931. 96p. (Bulletin, 494).
10. BRAGA, J.M. Fósforo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 96p. (Diretório Acadêmico do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Ciclo de Atualização em Ciências Agrárias, 5).
11. CATANI, R.A.; PELEGRINO, D.; BERGAMIN FILHO, H.; GLÓRIA, N. & GRANER, C.A.F. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro, *Coffea arabica* L., variedade Mundo Novo (B. Rodr) Choussy aos dez anos de idade. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 22:81-93, 1965.
12. COELHO, F.A.S. & TELLA, R. de. Absorção de nutrientes por plantas de amendoim na cultura de outono. Bragantia, Campinas, 26(18):235-52, jun. 1967.

13. COELHO, F.A.S. & TELLA, R. de. Absorção de nutrientes pela planta de amendoim em cultura de primavera. Bragantia, Campinas, 26(31):393-408, set. 1967.
14. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3^a aproximação. Belo Horizonte, 1978. 80p.
15. CORDEIRO, D.S.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. de. Concentração de macronutrientes em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 37:99-142, 1980.
16. _____; _____; _____; _____ & SILVEIRA, R.I. Extração de macronutriente pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função dos níveis de NPK. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 36:551-604, 1979.
17. COSTA, M.T.P.M. da. Aspectos econômicos da cultura da soja. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 8(94):3-8, out.1982.
18. deMOOY, C.J.; PESEK, J. & SPALDON, E. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B.E., ed. Soybeans : Improvement, production, and uses. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p.267-352. (Agronomy, 9).
19. EGLI, D.B. & LEGGETT, J.E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. Crop Science, Madison, 13(2):220-22, Mar./Apr. 1973.

20. EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 341p.
21. FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T. & PENNINGTON, J.S. . Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science, Madison, 11(6):929-31, Nov. / Dec. 1971.
22. FELIPPE, G.M. Desenvolvimento. In: Fisiologia vegetal. São Paulo, E.P.U./EDUSP, 1979. v.2, p.1-37.
23. FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras , MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas , 4(1):5-8, jan./abr. 1980.
24. GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20(40):867-84, set. 1961.
25. GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. Bragantia, Campinas, 24(38):515-28 , set. 1965.
26. _____ & _____. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. Bragantia, Campinas, 22(56):693-714, nov.1963.
27. _____; _____; GALLO, J.R. & NÓBREGA, S. de A. Absorção de nutrientes pela batatinha. Bragantia, Campinas, 22(22): 267-90, abr. 1963.

28. GOEPFERT, C.F.; MOURA, R.L.; FERES, J. & SALIN, O. Comportamento de cultivares e linhagens de soja em diferentes níveis de fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1976. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.295-8.
29. HAMMOND, L.C. Rate of nutrient uptake by soybean on two Iowa soils. Ames, Iowa State University, 1949. 104p. (M.S. Thesis).
30. _____ & KIRKHAM, D. Growth curves of soybeans and corn. Agronomy Journal, Madison, 41:23-9, 1949.
31. _____; BLACK, C.A. & NORMAN, A.G. Nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils. Iowa Agricultural Experimental Station Research Bulletin, Ames (384):463-512, 1951.
32. HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. Accumulation of N, P, and K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. Agronomy Journal, Madison, 63(3):406-8, May/June, 1971.
33. _____ & _____. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. Agronomy Journal, Madison, 63(2):227-30, Mar./Apr. 1971.
34. _____ & _____. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P, and K fertilization. Agronomy Journal, Madison, 63(2):263-6, Mar./Apr. 1971.

35. HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. N, P, and K percentages in soy - bean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants parts. Agronomy Journal, Madison, 63(2):286-90, Mar./Apr. 1971.
36. HARPER, J.E. Seasonal nutrient uptake and accumulation patterns in soybean. Crop Science, Madison, 11(3):347-50 , May/June, 1971.
37. HENDERSON, J.B. & KAMPRATH, E.J. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. Raleigh, North Carolina Agricultural Experiment Station, 1970. 27p. (Technical Bulletin, 197).
38. HUNTER, A.H. Laboratory analysis of vegetal tissues samples; International soil fertility evaluation and improvement laboratory procedures. Raleigh, North Carolina State University, Department of Soil Science, 1974. 7p. (Mimeografado).
39. INFORZATO, R. & MASCARENHAS, H.A.A. Estudo do sistema radicular da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em solo latossolo roxo adubado ou sem adubo. Bragantia, Campinas, 28(13): 175-80, maio, 1969.
40. JONES, C.A.; REEVES III, A.; SCOTT, J.D. & BROWN, D.A. Comparison of root activity in vegetative and reproductive soybean plants. Agronomy Journal, Madison, 70(5):751 - 5, Sept./Oct. 1978.

41. KARLEN, D.L.; HUNT, P.G. & MATHENY, T.A. Accumulation and distribution of K, Ca, and Mg by selected determinate soy bean cultivars grown with and without irrigation. Agronomy Journal, Madison, 74(2):347-54, Mar./Apr. 1982.
42. _____; _____ & _____. Accumulation and distribution of P, Fe, Mn, and Zn by selected determinate soybean cultivars grown with and without irrigation. Agronomy Journal, Madison, 74(2):297-303, Mar./Apr. 1982.
43. MAFRA, R.C. Absorção e distribuição de nutrientes minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): Efeitos da densidade e da época de plantio. Viçosa, UFV, 1972. 86p. (Tese MS).
44. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
45. _____. Manual de química agrícola; adubos e adubação. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 595p.
46. _____. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
47. _____. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. Piracicaba, Instituto da Potassa-Fosfato, 1979. 91p. (Boletim Técnico, 4).
48. _____; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M. O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 814p.

49. MASCARENHAS, H.A.A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. Piracicaba, ESALQ, 1972. 100p. (Tese Doutorado).
50. MEDERSKI, H.J. Relation of varying phosphorus supply to dry matter production , and to N and P partition during the development of the soybean plant. Columbus, Ohio State University, 1950. Abstracts of Doctoral Dissertations, 18:84. (Ph.D. Dissertation).
51. MENDES, H.C. Nutrição do algodoeiro. II. Absorção mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. Bragantia, Campinas, 19(28):435-58, maio, 1960.
52. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition . Berna, International Potash Institute, 1978. 593p.
53. MILLER, R.J.; PESEK, J.T. & HANWAY, J.J. Relationships between soybean yield and concentrations of phosphorus and potassium in plant parts. Agronomy Journal, Madison , 53(6):393-6, Nov./Dec. 1961.
54. NELSON, L.B. The mineral nutrition of corn as related to its growth culture. Advances in Agronomy, New York, 8:321-75, 1956.
55. NORMAN, A.G. Soybeans and the fertility level. Soybean Digest, Hudson, Iowa, 6(11):35-7, 1946.
56. OHLROGGE, A.J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN , A.G., ed. The soybean; genetics, breeding, physiology ,

nutrition, management. New York, Academic Press, 1963.
p.125-60.

57. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 27(6):648-53, Nov./Dec. 1963.
58. ROSOLEM, C.A. Nutrição mineral e adubação da soja. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).
59. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
60. SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. Plant Physiology, Lancaster, 23(3):267-81, July, 1948.
61. SCHWEITZER, P. A study of the life history of corn at its different periods of growth. Columbia, Missouri Agricultural Experiment Station, 1888. (Bulletin, 9).
62. SCOTT, H.D. & BREWER, D.W. Translocation of nutrients in soybeans. Soil Science Society of America Journal, Madison, 44(3):566-9, May/June, 1980.
63. SNYDER, H. The effect of the wheat plant upon the soil in different stages of its growth. St. Paul, Minnesota Agricultural Experiment Station, 1893. p.152-60. (Bulletin, 29).

64. TERMAN, G.L. Yields and nutrient accumulation by determinate soybeans, as affected by applied nutrients. Agronomy Journal, Madison, 69(2):234-8, Mar./Apr. 1977.
65. TEWARI, S.N. & MANDAL, S.C. Effect of calcium and magnesium on Mg-P relationship in soybean plant. Indian Journal of Agricultural Chemistry (1972) 5(1) 19-22. In: Soils and Fertilizers, Harpenden, Hertz, U.K., 36(11):475, Nov.1973. Abs. 4645.
66. TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York, MacMillan Publishing, 1975. 694p.
67. TOGARI, Y.; KATO, Y. & EBATA, M. Studies on the yield and analysis of soybean. I. Changes in principal chemical constituents of the soybean plant in relation to its growth. Crop Science Society Japan Proceedings, Tokio, 24:103-107, 1955.
68. WEBB, J.R.; OHLROGGE, A.J. & BARBER, S.A. The effect of magnesium upon the growth and the phosphorus content of soybean plants. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 18(4):458-62, July/Aug. 1954.