

STUDI SASSARESI

Sezione III

1978

Volume XXVI

ANNALI DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA DELL'UNIVERSITÀ
DI SASSARI

DIRETTORE: O. SERVAZZI

*COMITATO DI REDAZIONE: M. DATTILO - F. FATICHENTI - L. IODDA - F. MARRAS
A. MILELLA - P. PICCAROLO - A. PIETRACAPRINA - R. PROTA - G. RIVOIRA
R. SATTA - C. TESTINI - G. TORRE - A. VODREI*



ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI

GALLIZZI - SASSARI - 1980

St. Sass. III Agr.

Istituto di Coltivazioni Arboree dell'Università di Sassari
(Direttore: Prof. A. MILELLA)

**Osservazioni sulle variazioni stagionali del contenuto
di micro e macroelementi negli organi epigei delle pomacee.**

Nota 1^a: Melo « Golden Delicious »

M. AGABBIO - A. M. FRAU

La diagnostica fogliare impiegata al fine di determinare lo stato nutrizionale della pianta ha assunto negli ultimi decenni una importanza crescente, soprattutto in funzione delle possibilità applicative che essa offre.

Anche nelle pomacee si è oggi in possesso di numerosi riferimenti bibliografici che investono molti aspetti di grande interesse ma, nonostante la notevole disponibilità di risultati, si incontra spesso una certa difficoltà nella comparazione dei dati, spesso estremamente variabili anche in condizioni sperimentali molto simili.

Si osservano, ad esempio, profonde differenze fra specie, cultivar e talvolta, addirittura, fra piante di una stessa cultivar (Askew, 1955; Kenworthy, 1950; Mulay, 1931) e parti di uno stesso organo. Infatti, il germoglio presenta un contenuto in elementi minerali variabile dall'apice alla base (Waltman, 1936) e, nel caso del melo, persino la zona più colorata del frutto mostra una maggiore concentrazione di elementi minerali rispetto alla parte meno esposta al sole (Perring e Wilkinson, 1965). Sensibili differenze si riscontrano anche al variare del portinnesto (Vaidya, 1938, Lekhova, 1974), dell'ora in cui il campionamento viene effettuato (Lieu, 1960), dell'età della pianta (Zelenskaya, 1972), nonché del tipo di tecnica colturale adottata, quale l'irrigazione (Archibald, 1962) e la concimazione (Cain e Boynton, 1948). La composizione minerale degli organi della pianta, comunque, si differenzia principalmente in funzione del loro stadio di sviluppo: il frutto, le foglie ed i rami col procedere della stagione mostrano continue e profonde variazioni che danno luogo a particolari cicli, di notevole interesse per la conoscenza della fisiologia nutrizionale.

Generalmente concordi nei risultati, i dati bibliografici indicano un continuo assorbimento di micro e macroelementi nei frutti e nelle foglie, caratterizzato da fasi a diversa intensità di accumulo.

I contenuti percentuali, invece, mostrano variazioni diverse a seconda dell'elemento preso in esame. Si osserva così che l'azoto, il fosforo, il boro, il manganese, il ferro e lo zinco contenuti nei diversi organi diminuiscono dall'inizio alla fine della stagione di accrescimento, con valori talvolta relativamente costanti da agosto in poi (Askew, l.c.; Rogers e Batjer, 1954; Wohlmuth, 1954; Emmert, 1954; Oland, 1963; Poulsen e Jersen, 1965; Poulsen e Hansen, 1965; Vergnano Gambi e Cardini, 1969; Balobin e Matyceva, 1971; Atanasov, 1972; Lekhova, l.c.); da questo comportamento si discosta il calcio contenuto nelle foglie che, al contrario di quanto si verifica nei frutti mostra, secondo gli stessi Ricercatori, un andamento crescente, con incrementi particolarmente evidenti poco prima della caduta delle foglie (Oland, l.c.). Il potassio fogliare, inoltre, sarebbe caratterizzato secondo alcuni Autori da un'elevata concentrazione che tende ad attenuarsi col crescere della foglia sino al mese di giugno, in corrispondenza della cascola dei frutti (Wohlmuth, l.c.; Lekhova, l.c.), mentre secondo altri presenterebbe un andamento simile a quello già indicato per l'azoto e il fosforo e non darebbe luogo a particolari variazioni (Poulsen e Hansen, l.c.; Emmert, l.c.). Più discordanti, infine, i risultati sperimentali relativi al magnesio, per il quale si è spesso osservato un andamento annuale del tutto irregolare (Emmert, l.c.; Vergnano Gambi e Cardini, l.c.; Klossowski, 1968).

Lo scopo di questa nota è di inserirsi nello studio delle tematiche esposte, per contribuire ad un maggiore approfondimento delle conoscenze sulla mobilità degli elementi nutritivi, anche al fine di acquisire utili indicazioni trasferibili al campo applicativo. Come già per le drupacee (Agabbio, Frau e Ortu, 1976a, 1976b; Agabbio, Ortu e Frau, 1976), anche in questo caso sono previste alcune note sulle principali specie appartenenti al gruppo in esame, al fine di fornire risultati più completi e, quindi, più generalizzabili.

MATERIALE E METODO

L'indagine è stata effettuata negli anni 1976/77 presso l'azienda « Latte Dolce », in agro di Sassari, sulla cultivar di melo « Golden Delicious », di dieci anni di età, innestata su franco e allevata a vaso. Le osservazioni sono state condotte su alberi in condizioni vegetative e produttive uniformi,

distribuiti in uno schema sperimentale a blocchi randomizzati, con parcelle di tre alberi e quattro ripetizioni.

Il materiale è stato prelevato a intervalli settimanali (bocci fiorali, fiori, frutti appena allegati) o quindicinali (foglie, rami, germogli e frutti) e avviato immediatamente al laboratorio di analisi. In tutti gli organi in esame, fatta eccezione per i rami e per i germogli, venivano rilevate le variazioni del peso fresco, peso secco e del volume per la determinazione delle loro fasi di sviluppo.

I rami di un anno e i germogli prelevati non superavano i 15 cm, mentre in assenza di questi si ricorreva a parzioni apicali di pari lunghezza. Sul materiale così campionato si è quindi proceduto alla determinazione quantitativa dei principali elementi minerali, e cioè azoto, fosforo, potassio, calcio, sodio, magnesio, ferro, manganese, rame e zinco. L'azoto, come di consueto, è stato determinato col metodo Kjeldhal, il fosforo col metodo Ferrari e gli altri elementi con l'impiego dello spettrofotometro ad assorbimento atomico, secondo le metodologie specificatamente indicate per questo tipo di analisi.

Dai dati ottenuti, opportunamente elaborati, sono state determinate per ogni organo preso in esame le variazioni annuali (percentuali e/o assolute) degli elementi minerali analizzati. Di ciascun macroelemento sono state poi ricavate le variazioni stagionali sul complesso degli organi esaminati, in modo da determinare i momenti di maggiore accumulo nel corso dell'anno.

Fra le altre elaborazioni di un certo interesse sono stati calcolati i rapporti quantitativi fra macroelementi contenuti nei diversi organi della pianta; tali rapporti sono stati ottenuti ponendo sempre pari a 10 il contenuto dell'azoto nei diversi organi. Infine è stato calcolato l'ammontare di macroelementi contenuti in 100 kg di frutti, 1000 foglie e 1 kg di rami alla fine della stagione di sviluppo; ciò allo scopo di ottenere utili indicazioni sulle quantità di elementi nutritivi asportati dai diversi organi della pianta.

RISULTATI

1) *Sviluppo delle foglie e andamento dei macro e microelementi*

La schiusura delle gemme a legno, nella specie in esame, si è verificata alla fine di aprile in coincidenza con l'elevarsi della temperatura ambientale.

Il successivo sviluppo delle foglie ha interessato un periodo relativamente ampio, che va dalla schiusura delle gemme alla fine di settembre. Il maggiore accrescimento è risultato concentrato nei mesi di maggio e giugno,

in cui le foglie raggiungono il 75% del peso fresco finale, mentre nel periodo successivo più caldo si riscontra una ridotta attività che si conclude a settembre con un peso medio finale delle foglie pari a circa g 0,55 (Tab. 1, Fig. 1).

Durante le fasi di accrescimento delle foglie anche il peso secco ha presentato variazioni molto simili a quelle riscontrate per il peso fresco, con un primo rapido incremento seguito, da luglio in poi, da valori fra loro simili: 27,84% di sostanza secca al 26 aprile, 45,55% al 21 luglio e 50,71% all'ultimo campionamento del 25 ottobre.

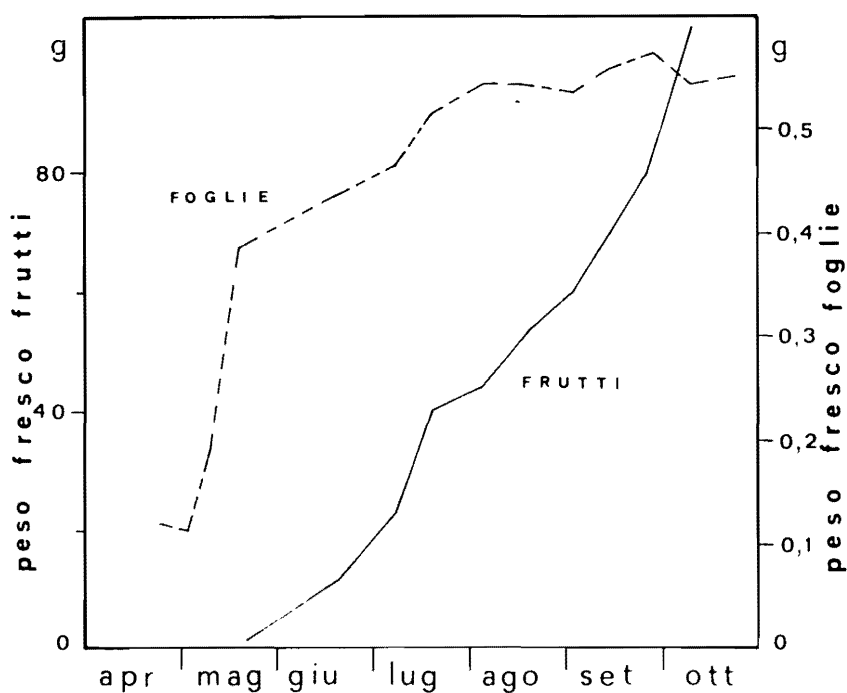


Fig. 1

Variazioni di peso fresco nei frutti e nelle foglie rilevate durante il loro periodo di accrescimento.

Per quanto riguarda il contenuto di elementi minerali presenti nelle foglie dall'inizio alla fine del loro ciclo vitale, sono stati rilevati diversi comportamenti in funzione dell'elemento preso in esame. I microelementi

(Tab. 2), rilevati in quantità minime, tendono ad aumentare col crescere delle foglie: il Fe va da un minimo di 80 p.p.m. a maggio, ad un massimo di 202 p.p.m. a luglio e a 158 p.p.m. poco prima della caduta delle foglie; lo Zn in coincidenza degli stessi mesi varia, invece, da 30 p.p.m., a 195 p.p.m., e a 160 p.p.m.; il Cu e il Mn, al contrario, mostrano valori che si aggirano in tutto il periodo considerato intorno a 10-30 p.p.m..

Tabella 1 - *Variazioni medie del peso fresco, del peso secco e della sostanza secca durante lo sviluppo delle foglie.*

Data campionamento	peso fresco/foglia g	peso secco/foglia g	sostanza secca %
26.4	0,1196	0,0333	27,8423
3.5	0,1142	0,0311	27,2329
10.5	0,1904	0,0562	29,5163
22.5	0,3553	0,1243	32,2006
21.6	0,4307	0,1993	37,5542
7.7	0,4570	0,1882	41,1816
21.7	0,5093	0,2320	45,5527
4.8	0,5353	0,2720	48,1160
19.8	0,5387	0,2667	49,5081
3.9	0,5300	0,2633	49,6772
16.9	0,5493	0,2827	51,4655
29.9	0,5693	0,2740	48,1293
11.10	0,5393	0,2427	49,6015
25.10	0,5468	0,2773	50,7132

I contenuti di macroelementi espressi in mg/100 g di sostanza secca, fatta eccezione per il Ca, tendono quasi sempre a diminuire con l'età delle foglie. La percentuale di N diminuisce sino alla fine di giugno, scendendo da 3452 mg del 26 aprile a 2091 mg del 21 giugno; successivamente si verifica un'ulteriore diminuzione, caratterizzata però da un ritmo molto più lento: mg 1904 il 21 luglio e mg 1573 il 25 ottobre, dopo tre mesi.

Il P e, in misura inferiore, il K hanno un comportamento alquanto simile a quello dell'elemento precedente, mentre il Na mostra valori piuttosto costanti dall'inizio alla fine delle osservazioni.

Tabella 2 - *Contenuti minerali delle foglie espressi in mg/100 g di sostanza per N, P, K, Ca, Na, Mg e in p.p.m. per Fe, Zn, Cu e Mn.*

Data campionamento	N	P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
26.4	3.452	520	800	847	40	247	100	57	25	35
3.5	3.080	439	1.210	967	50	320	85	30	10	33
10.5	2.735	354	843	967	47	220	80	30	18	20
22.5	2.249	227	793	940	30	227	80	37	13	27
21.6	2.091	210	887	1.647	40	380	127	215	12	32
7.7	2.081	180	567	1.907	40	533	172	195	23	32
21.7	1.904	174	357	2.023	50	240	202	198	27	37
4.8	1.801	133	493	2.033	80	447	162	140	10	33
19.8	1.703	132	153	2.027	47	297	111	86	13	22
3.9	1.755	122	400	1.973	113	447	143	92	12	35
16.9	1.605	116	273	1.913	40	433	148	144	23	30
29.9	1.699	112	287	1.987	50	450	129	135	48	32
11.10	1.531	105	267	2.067	97	420	158	160	12	22
25.10	1.573	118	270	2.067	60	287	82	93	10	20

Molto diverso il caso del Ca e, in certa misura, del Mg i quali, al contrario di tutti gli altri elementi, hanno fatto registrare un primo incremento che giunge sino al mese di luglio, seguito da valori piuttosto stabili successivamente. Il Ca, ad sempio, presente nelle giovani foglie in quantità pari a mg 847, aumenta sino a mg 2023 nelle foglie campionate il 21 luglio, per mantenersi poi intorno a questo valore sino ad ottobre, poco prima della caduta delle foglie (25 ottobre, mg 2067).

Com'era da attendersi, i contenuti totali di macroelementi nelle foglie (Tab. 3, Fig. 2) aumentano, con poche eccezioni, sino ai mesi di luglio-agosto. I maggiori livelli sono stati rilevati per il Ca e l'N che raggiungono i valori massimi tra la fine di luglio e i primi di agosto, rispettivamente con

Tabella 3 - *Contenuti minerali medi per singola foglia espressi in mg.*

Data campionamento	N	P	K	Ca	Na	Mg
26.4	1,1495	0,1732	0,2664	0,2821	0,0133	0,0823
3.5	0,9579	0,1365	0,3763	0,3007	0,0156	0,0995
10.5	1,5371	0,1989	0,4738	0,5435	0,0264	0,1236
22.5	2,7955	0,2822	0,9857	1,1684	0,0373	0,2822
21.6	4,1674	0,4185	1,7678	3,2825	0,0797	0,7573
7.7	3,9164	0,3388	1,0671	3,5890	0,0753	1,0031
21.7	4,4173	0,4037	0,8282	4,6934	0,1160	0,5568
4.8	4,8987	0,3618	1,3410	5,5298	0,2176	1,2158
19.8	4,5419	0,3520	0,4081	5,4060	0,1253	0,7921
3.9	4,4454	0,3090	1,0132	4,9976	0,2862	1,1323
16.9	4,5373	0,3279	0,7718	5,4081	0,1131	1,2241
29.9	4,6553	0,3069	0,7864	5,4444	0,1370	1,2330
11.10	3,7157	0,2548	0,6480	5,0166	0,2354	1,0193
25.10	4,3619	0,3272	0,7487	5,7318	0,1664	0,7959

mg 5,53 e mg 4,90 per foglia. Da agosto in poi i macroelementi (N, P, K, Ca, Na, Mg) si mantengono su valori piuttosto costanti o in certi casi, come ad esempio per il K, manifestano alcune variazioni, probabilmente dovute al campionamento.

I rapporti tra i macroelementi contenuti nelle foglie (Tab. 4, Fig. 3), infine, lasciano intravedere in tutti i casi una certa costanza di valori, fatta

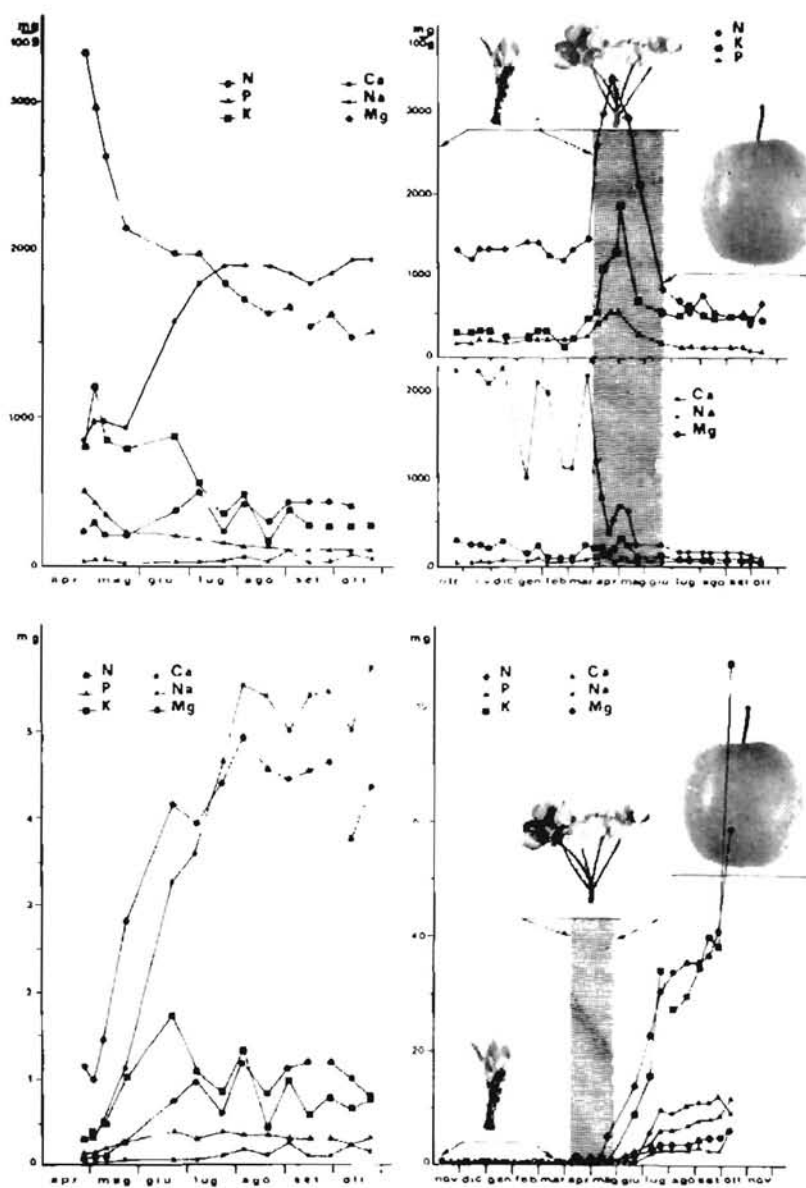


Fig. 2

Andamento dei contenuti di macroelementi nelle foglie e negli organi produttivi; a sinistra sono riportate le variazioni percentuali delle foglie (in alto) e i loro contenuti totali medi per singolo organo (in basso), a destra i risultati delle stesse osservazioni compiute sulle gemme, sui fiori e sui frutti.

eccezione per il Ca e il Mg i cui contenuti aumentano in rapporto all'azoto sino al periodo luglio-agosto, per poi stabilizzarsi su valori abbastanza costanti. Posto uguale a 10 il contenuto di N, i contenuti degli altri elementi sono risultati mediamente 1,1; 2,6; 9,1; 0,3 e 1,8 rispettivamente per P, K, Ca, Na e Mg.

Tabella 4 - *Rapporti fra macroelementi nelle foglie ottenuti ponendo pari a 10 il loro contenuto di azoto.*

Data campionamento	N	P	K	Ca	Na	Mg
16.4	10	2	2	3	0,1	0,7
3.5	10	1	4	3	0,2	1,0
10.5	10	1	3	4	0,2	0,8
22.5	10	1	4	4	0,1	1,0
21.6	10	1	4	8	0,2	1,8
7.7	10	1	3	9	0,2	2,6
21.7	10	1	2	11	0,3	1,3
4.8	10	1	3	11	0,4	2,5
19.8	10	1	1	12	0,3	1,7
3.9	10	1	2	11	0,6	2,5
16.9	10	1	2	12	0,2	2,7
29.9	10	1	2	12	0,3	2,6
11.10	10	1	2	14	0,6	2,7
25.10	10	1	2	13	0,4	1,8
Medie	10	1,07	2,64	9,07	0,28	1,83

2) *Contenuti minerali dei rami e dei germogli*

Le analisi effettuate sui rami e sui germogli, a partire dal 19 ottobre per i primi, e dal 10 maggio per i secondi, hanno fatto rilevare un andamento molto simile per i diversi elementi presi in esame. Nei rami si è osservato un continuo incremento di micro e macroelementi dalla caduta delle foglie ai mesi precedenti l'antesi, e un successivo decremento che si arresta, sia per i rami come per i germogli, al mese di luglio; da agosto in poi si riscontra nuovamente un costante incremento di elementi minerali, che raggiunge il massimo nei mesi invernali successivi (Tab. 5).

Il contenuto di N nei rami presenta la più elevata concentrazione il 25 gennaio con 933 mg su 100 g di sostanza secca, per discendere ad un minimo di 467 mg il 7 luglio; nei germogli l'andamento è identico e i

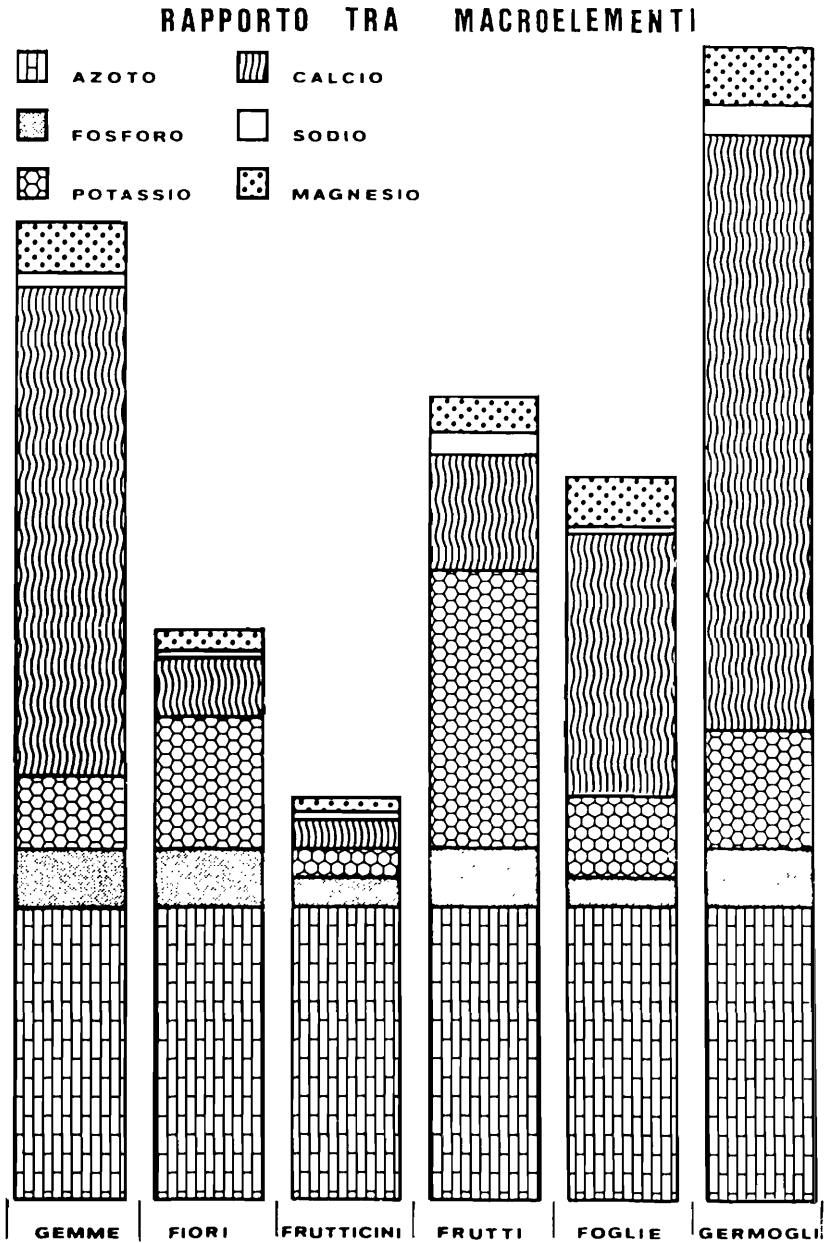


Fig. 3

Rapporti tra i vari macroelementi nei diversi organi della pianta ottenuti ponendo sempre pari a 10 il contenuto dell'azoto preso come base di riferimento.

relativi valori passano da 2044 mg del primo campionamento a 616 mg del 7 luglio.

Come già detto, le variazioni degli altri elementi non si discostano molto dall'andamento dell'N, pur presentando ovviamente, valori nettamente differenti: nei rami il P passa da un contenuto massimo di 161 mg di gennaio a 68 mg di luglio; il K, che per altro ha presentato un comportamento piuttosto irregolare, negli stessi periodi passa da 306 mg a 197 mg; il Ca, presente in quantità nettamente superiore a tutti gli altri elementi, decresce da 2223 mg a 1157 mg; meno rilevanti le variazioni degli altri elementi, fra cui soprattutto Fe, Zn, Cu e Mn, i quali, pur mostrando in linea di massima lo stesso comportamento già riscontrato per i macroelementi, lasciano tuttavia intravedere una maggiore variabilità.

Per quanto riguarda i rapporti fra macroelementi (Tab. 6), il dato più significativo si riferisce al Ca, contenuto nei rami e nei germogli (Fig. 3) in quantità più che doppia rispetto a quella dell'N che, com'è noto, è uno degli elementi minerali maggiormente presenti. Molto inferiori, invece, i valori relativi al P e K, contenuti nei rami e nei germogli in quantità nettamente più basse rispetto all'N.

3) *Accrescimento del frutto e variazione degli elementi minerali negli organi produttivi*

Lo sviluppo del frutto ha mostrato un andamento molto regolare da aprile ad ottobre, con un periodo iniziale di lento accrescimento che si conclude a fine giugno, e uno più rapido che si estende sino all'invasatura del frutto e, quindi, all'inizio della maturazione (Tab. 7, Fig. 1).

Durante le diverse fasi evolutive degli organi produttivi (gemme, bocci, fiori e frutti) i micro e macroelementi hanno mostrato variazioni estremamente lineari, sia nei valori espressi in termini percentuali, che in quelli totali per singolo organo (Tab. 8). Si osserva così che il contenuto percentuale dei principali macroelementi (N, P, K) aumenta progressivamente nelle gemme, nei bocci fiorali e, quindi, nei fiori facendo riscontrare i massimi valori in coincidenza dell'ingrossamento dell'ovario (N: mg 3528 su 100 g di s.s., P: mg 560, K: mg 1940); tende poi a diminuire progressivamente nei frutti, nei quali N e P scendono, rispettivamente, a mg 462 e mg 94. Al contrario, il K si riscontra ancora in quantità rilevante nei frutti maturi, dove raggiunge mg 697 su 100 g di s.s..

Il Ca e in misura inferiore il Mg, come già nelle foglie, presentano concentrazioni piuttosto elevate, ma andamenti inversi rispetto ai tre elementi precedentemente considerati. Il Ca, ad esempio, in cui il fenomeno è più

Tabella 6 - Rapporti fra i vari elementi contenuti nei rami (r) e nei germogli (g).

Data campionamento	N		P		K		Ca		Na		Mg	
	r	g	r	g	r	g	r	g	r	g	r	g
19.10	10		2		4		21		0,9		1,9	
6.11	10		2		4		21		0,8		1,9	
16.11	10		2		4		22		1,0		1,7	
30.11	10		2		4		22		0,9		1,7	
14.12	10		2		4		23		1,0		1,8	
11.1	10		2		4		24		1,2		1,8	
25.1	10		2		3		21		1,0		1,7	
8.2	10		2		3		24		1,0		1,7	
22.2	10		2		3		24		1,0		1,8	
8.3	10		2		3		21		0,8		1,9	
22.3	10		2		4		21		1,0		1,6	
5.4	10		2		3		23		1,2		1,7	
12.4	10		2		4		20		1,5		1,4	
19.4	10		2		4		26		1,6		1,7	
26.4	10		2		3		29		1,3		1,9	
3.5	10		2		3		26		1,4		1,8	
10.5	10	10	1	2	3	4	21	5	1,3	0,3	1,2	1,7
22.5	10	10	2	1	4	4	24	5	1,2	0,2	1,5	1,4
21.6	10	10	1	2	5	6	25	16	1,4	0,2	1,4	2,8
7.7	10	10	2	2	4	6	25	26	1,0	0,6	1,7	1,9
21.7	10	10	2	2	5	4	29	22	1,5	1,0	1,5	2,7
4.8	10	10	2	2	5	4	26	23	2,8	1,0	1,8	2,6
19.8	10	10	2	2	3	4	27	21	1,3	1,4	1,4	2,3
3.9	10	10	1	2	3	4	23	19	1,7	1,0	1,3	2,0
16.9	10	10	2	2	3	3	24	23	1,8	1,4	1,5	2,1
29.9	10	10	1	2	2	3	21	21	1,6	1,6	1,6	2,0
11.10	10	10	1	2	3	3	25	20	1,5	1,1	1,5	2,2
25.10	10	10	1	2	3	3	20	18	1,3	0,9	1,3	1,7
8.11	10		2		3		19		1,2		1,5	

evidente, mostra infatti la massima concentrazione nelle gemme campionate il 19 ottobre, decresce abbastanza bruscamente nei bocci e nei fiori e, in modo ancor più evidente nei frutti, nei quali passa addirittura a soli 75 mg in coincidenza dell'invaiaitura.

Tabella 7 - *Variazioni di volume, di peso fresco e dell'umidità durante l'accrescimento del frutto.*

Data campionamento	volume cm ³	peso fresco/ frutto g	peso secco/ frutto g	sostanza secca %
22.5	1,4983	1,3692	0,2265	16,5425
21.6	14,1582	11,4996	1,5270	13,2787
7.7	26,7262	22,0952	3,0256	13,6935
21.7	50,0833	40,5000	5,2517	12,9672
4.8	53,1111	43,7778	5,4111	12,3604
19.8	69,2222	54,2444	6,0444	11,1429
3.9	73,6667	60,8111	6,8778	11,3101
16.9	88,8889	70,8444	7,0778	9,9906
29.9	100,0000	80,1667	8,3889	10,4643
11.10	128,1111	104,8000	12,4889	11,9169

I contenuti totali dei singoli organi (Tab. 9, Fig. 2) mostrano variazioni estremamente chiare che consentono una facile interpretazione dei dati, utilizzabili in campo applicativo. Tutti i macroelementi aumentano progressivamente col procedere dello sviluppo morfologico degli organi interessati, dalle gemme al frutto maturo. I costituenti minerali presi in esame sono stati rilevati in quantità minime nelle gemme, aumentano successivamente nei fiori e in modo più evidente nei frutti, nei quali gli elementi più rilevanti sono risultati il K, contenuto nel frutto alla fine dello sviluppo in quantità pari a 87,05 mg, e l'N rilevante nella stessa fase (11 ottobre) in quantità pari a 57,70 mg/frutto.

Fra gli altri componenti primeggia il Ca (contenuto massimo mg 11,99), seguito dal P con mg 11,74, dal Na e dal Mg entrambi con quantitativi di 6,25 mg/frutto.

Infine, dall'esame dei rapporti fra macroelementi (Tab. 10, Fig. 2) si rileva più chiaramente la maggiore presenza del Ca nelle gemme, dell'N nei

Tabella 8 - *Contenuti minerali (delle gemme, dei fiori e dei frutti) espressi in mg/100 g di sostanza secca e in p.p.m..*

Data cam- pionamento	organo	N mg/100g	P mg/100g	K mg/100g	Ca mg/100g	Na mg/100g	Mg mg/100g	Fe p.p.m.	Zn p.p.m.	Cu p.p.m.	Mn p.p.m.
19.10	gemme	1.316	160	300	2.260	20	300	90	135	35	25
6.11	»	1.204	185	300	2.240	20	260	90	135	45	25
16.11	»	1.316	203	340	2.240	40	260	100	135	45	25
30.11	»	1.344	214	340	2.080	40	220	75	140	55	20
14.12	»	1.316	194	240	2.300	60	280	85	120	55	30
11.1	»	1.428	214	260	1.020	40	140	70	120	75	25
25.1	»	1.400	224	340	2.120	100	240	75	135	70	25
8.2	»	1.232	222	340	2.000	20	100	100	110	65	40
22.2	»	1.204	221	120	1.120	40	80	105	285	75	25
8.3	»	1.316	218	250	1.040	40	100	100	230	50	15
22.3	»	1.456	240	460	2.220	60	240	75	260	70	15
5.4	»	2.632	421	560	1.220	100	200	100	285	50	20
12.4	bocci fiorali	3.024	480	1.120	780	120	200	90	460	60	15
19.4	»	3.528	554	1.200	380	80	140	90	240	40	25
26.4	fiori	3.295	560	1.280	513	53	227	80	63	37	23
3.5	»	3.173	503	1.940	680	80	320	68	48	17	17
10.5	»	2.959	434	1.247	653	60	267	68	38	20	27
22.5	frutticini	2.137	293	693	233	40	100	53	28	17	20
21.6	frutti	859	150	573	230	53	123	29	13	15	8
7.7	»	747	125	507	180	63	80	32	18	18	13
21.7	»	569	117	647	183	47	73	40	10	15	13
4.8	»	607	118	493	170	47	67	25	8	9	8
19.8	»	574	117	483	170	47	60	31	9	11	6
3.9	»	504	116	493	163	47	60	29	8	10	7
16.9	»	513	114	563	157	37	70	23	5	15	6
16.9	gemme	924	216	260	2.720	60	300	85	80	25	20
29.9	frutti	485	100	447	143	33	60	18	7	13	7
29.9	gemme	1.204	221	260	2.800	60	300	70	90	20	30
11.10	frutti	462	94	697	73	50	50	23	6	6	7
11.10	gemme	1.260	224	280	2.940	100	260	75	95	30	25
25.10	»	1.372	233	360	3.100	80	260	90	95	30	25
8.11	»	1.344	204	260	3.200	80	240	120	120	25	20

Tabella 9 - *Contenuti minerali totali delle gemme, dei fiori e dei frutti espressi in mg.*

Data campionamento	organo	N	P	K	Ca	Na	Mg
6.11	gemme	0,0927	0,0142	0,0231	0,1725	0,0015	0,0200
16.11	"	0,1184	0,0183	0,0306	0,2016	0,0036	0,0234
30.11	"	0,1438	0,0229	0,0364	0,2226	0,0043	0,0235
14.12	"	0,0842	0,0124	0,0154	0,1472	0,0038	0,0179
11.1	"	0,1499	0,0225	0,0273	0,1071	0,0042	0,0147
25.1	"	0,1918	0,0307	0,0466	0,2904	0,0137	0,0329
8.2	"	0,1860	0,0335	0,0513	0,3020	0,0030	0,0151
22.2	"	0,1469	0,0270	0,0146	0,1366	0,0049	0,0098
8.3	"	0,1408	0,0233	0,0268	0,1113	0,0043	0,0107
22.3	"	0,2184	0,0360	0,0690	0,3330	0,0090	0,0360
5.4	"	0,6238	0,0998	0,1327	0,2891	0,0237	0,0474
12.4	bocci	1,1249	0,1786	0,4166	0,2902	0,0446	0,0664
19.4	"	1,1551	0,1927	0,4345	0,2317	0,0427	0,0752
26.4	fiori	1,2323	0,2094	0,4787	0,1919	0,0198	0,0849
3.5	"	1,0090	0,1600	0,6169	0,2162	0,0254	0,1018
10.5	"	1,0238	0,1502	0,4315	0,2259	0,0208	0,0924
22.5	frutticini	4,8403	0,6636	0,5277	0,5277	0,0906	0,2265
21.6	frutti	13,1169	2,2905	7,7497	3,5121	0,8093	1,8782
7.7	"	22,6012	3,7820	15,3398	5,4461	1,9061	2,4205
21.7	"	29,8822	6,1024	33,9785	9,6106	2,4683	3,8337
4.8	"	32,8454	6,3851	26,6767	9,1989	2,5432	3,6254
19.8	"	34,6949	7,0719	29,1945	10,2755	2,8409	3,6266
3.9	"	34,6641	7,9781	33,9076	11,2108	3,2326	4,1267
16.9	"	36,3091	8,0687	39,8480	11,1121	2,6188	4,9545
16.9	gemme	0,0638	0,0149	0,0179	0,1877	0,0041	0,0207
29.9	frutti	40,6862	8,3889	37,4984	11,9961	2,7683	5,0333
29.9	gemme	0,0987	0,0181	0,0213	0,2296	0,0049	0,0247
11.10	frutti	57,6987	11,7396	87,0476	9,1168	6,2445	6,2445
11.10	gemme	0,0983	0,0175	0,0218	0,2293	0,0078	0,0203
25.10	"	0,1139	0,0193	0,0299	0,2573	0,0066	0,0216
8.11	"	0,1008	0,0153	0,0195	0,2400	0,0060	0,0180

Tabella 10 - *Rapporti fra i vari elementi negli organi produttivi ottenuti ponendo pari a 10 il contenuto di azoto.*

Data campionamento	organo	N	P	K	Ca	Na	Mg
19.10	gemme	10	2	3	19	0,2	2,3
10.11	»	10	2	3	19	0,2	2,2
16.11	»	10	2	3	17	0,3	2,0
30.11	»	10	2	3	16	0,3	1,6
14.12	»	10	2	2	18	0,5	2,1
11.1	»	10	2	2	7	0,3	1,0
25.1	»	10	2	2	15	0,7	1,7
8.2	»	10	2	3	16	0,2	0,8
22.2	»	10	2	1	9	0,3	0,7
8.3	»	10	2	2	8	0,3	0,8
22.3	»	10	2	3	15	0,4	1,6
5.4	»	10	2	2	5	0,4	0,8
12.4	bocci	10	2	4	3	0,4	0,7
19.4	»	10	2	3	1	0,2	0,4
26.4	fiori	10	2	4	2	0,2	0,7
3.5	»	10	2	6	2	0,3	1,0
10.5	»	10	2	4	2	0,2	0,9
22.5	frutticini	10	1	1	1	0,2	0,5
21.6	frutti	10	2	7	3	0,6	1,4
7.7	»	10	2	7	2	0,8	1,1
21.7	»	10	2	11	3	0,8	1,3
4.8	»	10	2	8	3	0,8	1,1
19.8	»	10	2	8	3	0,8	1,0
3.9	»	10	2	10	3	0,9	1,2
16.9	»	10	2	11	3	0,7	1,4
16.9	gemme	10	2	3	29	0,6	3,2
29.9	frutti	10	2	9	3	0,7	1,2
29.9	gemme	10	2	2	23	0,5	2,5
11.10	frutti	10	2	15	2	1,1	1,1
11.10	gemme	10	2	2	23	0,8	2,1
25.10	»	10	2	3	23	0,6	1,9
8.11	»	10	2	2	24	0,6	1,8

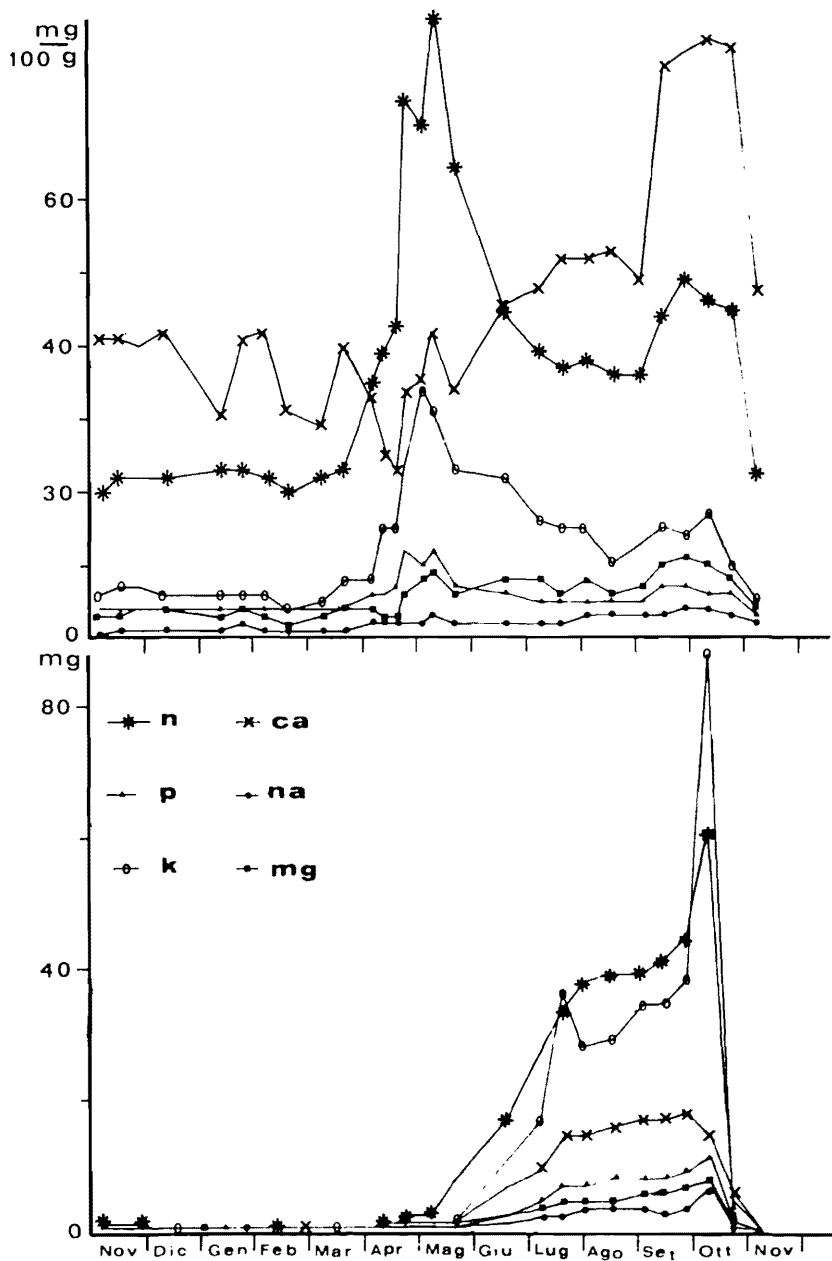


Fig. 4

Variazioni annuali dei contenuti percentuali (in alto) e totali di macroelementi ricavati sommando per uno stesso elemento e stessa data di campionamento i contenuti dei singoli organi.

bocci e nei fiori e del K nei frutti. Nelle gemme, infatti, tra i diversi elementi prevale appunto il Ca con quantitativi circa doppi rispetto all'N; nei bocci e nei fiori invece i livelli più elevati sono quelli dell'N, mentre nei frutti il K raggiunge valore pari a 1,5 volte rispetto a quest'ultimo elemento.

4) *Somma dei contenuti minerali della pianta e calcolo delle asportazioni dei frutti, delle foglie e dei rami.*

Come osservato in precedenza, i dati ottenuti sui macroelementi contenuti nei singoli organi sono stati sommati fra loro per data di campionamento al fine di ottenere utili indicazioni sui momenti di maggiore accumulo e, quindi, di elevate esigenze da parte della pianta.

Le maggiori concentrazioni di N, P e K (Tab. 11, Fig. 4) sono state osservate durante l'epoca della fioritura e dell'allegagione, mentre il Ca e il Mg presentano il massimo di concentrazione in coincidenza della maturazione dei frutti.

Per quanto riguarda invece il contenuto totale di macroelementi (Tab. 12, Fig. 4) sino al mese di aprile, nonostante si verifichi proprio in questo periodo l'antesi e l'allegagione dei frutti, i diversi organi accumulano modeste quantità di tutti i macroelementi; da maggio in poi N, P, K, Ca, Mg e Na aumentano progressivamente sino alla maturazione dei frutti e alla caduta delle foglie, con conseguenti elevate richieste dei diversi elementi nutritivi. Nella fase biologica appena indicata, e cioè in coincidenza del campionamento dell'11 ottobre, i contenuti di macroelementi erano i seguenti: mg 61,51 di N, mg 12,01 di P, mg 87,72 di K, mg 14,36 di Ca, mg 6,49 di Na e mg 7,29 di Mg.

Gli elevati livelli riscontrati sono dovuti chiaramente in modo preponderante ai frutti, alle foglie e, in misura inferiore ai rami. La formazione di questi organi comporta ovviamente l'utilizzazione di elevati quantitativi di macroelementi che in questo lavoro, per un più facile riferimento pratico, sono stati riferiti a precisi quantitativi (Fig. 5): 100 kg di frutti hanno asportato 55,0 g di N, 11,0 g di P, 8,7 g di Ca, 6,0 g di Na e Mg, e ben 83,0 g di K; 1000 foglie contengono 5,73 g di Ca e poco più di 4,0 g di N mentre gli altri elementi sono contenuti in quantità molto inferiori; 1 kg di rami contiene 7,65 g di Ca, elemento contenuto in maggior quantità, seguito dall'N con circa 4,0 g.

Tabella 11 - *Contenuti minerali delle piante ottenuti sommando i contenuti dei diversi organi espressi in mg/100 g di sostanza secca e in p.p.m.*

Data campionamento	mg/100 g di sostanza secca							p.p.m.				
	N	P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn		
19.10	2100	297	593	3903	87	450	132	200	76	43		
6.11	1997	316	650	4087	87	430	136	205	86	37		
16.11	2175	345	693	4110	123	403	151	222	115	39		
30.11	2231	356	690	4007	117	367	118	223	106	33		
14.12	2156	350	600	4227	140	433	128	173	84	45		
11.1	2273	375	617	3010	143	293	120	183	123	40		
25.1	2333	382	600	4107	193	400	128	202	147	41		
8.2	2161	370	580	4223	110	260	169	227	148	56		
22.2	2016	362	397	3047	120	227	175	368	144	41		
8.3	2193	377	470	2900	110	270	175	338	100	34		
22.3	2333	379	787	4027	150	377	127	346	131	31		
5.4	3486	565	830	3213	200	347	168	413	122	36		
12.4	3920	622	1493	2593	250	323	142	609	138	27		
19.4	4256	663	1490	2293	193	267	153	379	117	37		
26.4	7438	1185	2257	3370	183	607	244	248	124	69		
3.5	6962	1050	3377	3498	230	767	208	102	66	67		
10.5	8475	1197	3160	4173	264	917	241	232	98	75		
22.5	6369	737	2246	3453	170	613	213	181	63	66		
21.6	4368	591	2216	4624	187	823	219	369	68	66		
7.7	3911	485	1608	4824	166	793	272	348	88	66		
21.7	3686	522	1524	5212	241	580	310	356	86	83		
4.8	3846	477	1496	5192	350	790	247	254	43	66		
19.8	3584	482	1080	5291	270	607	202	187	52	60		
3.9	3579	446	1310	4899	337	730	228	172	64	70		
16.9	4372	660	1466	7847	350	1047	322	330	92	84		
29.9	4867	668	1367	8020	376	1080	274	320	106	89		
11.10	4619	651	1664	8160	423	970	347	366	93	85		
25.10	4504	593	1050	8104	304	784	231	281	81	81		
8.11	2189	340	480	4807	183	363	180	180	52	36		

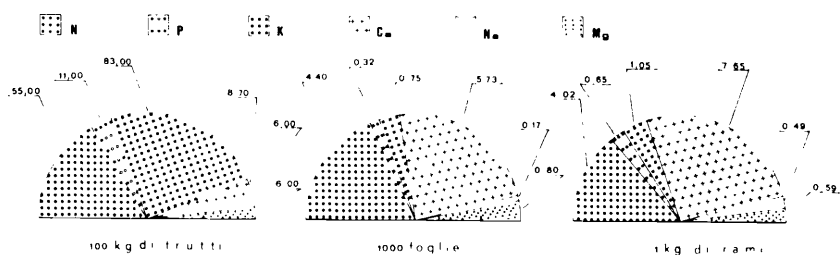


Fig. 5

Quantità di macroelementi (in g) contenuti in 100 kg di frutti, 1000 foglie e 1 kg di rami.

Tabella 12 - *Somma dei contenuti totali dei vari organi delle piante espressi in mg; per ogni campionamento i mg riportati in tabella per i diversi macroelementi rappresentano la somma dei contenuti dei vari organi presenti in quella data.*

Data campionamento	N	P	K	Ca	Na	Mg
6.11	0,0927	0,0142	0,0231	0,1725	0,0015	0,0200
16.11	0,1184	0,0183	0,0306	0,2016	0,0036	0,0234
30.11	0,1438	0,0229	0,0364	0,2226	0,0043	0,0235
14.12	0,0842	0,0124	0,0154	0,1472	0,0038	0,0179
11.1	0,1499	0,0225	0,0273	0,1071	0,0042	0,0147
25.1	0,1918	0,0307	0,0466	0,2904	0,0137	0,0329
8.2	0,1860	0,0335	0,0513	0,3020	0,0030	0,0151
22.2	0,1469	0,0270	0,0146	0,1366	0,0049	0,0098
8.3	0,1408	0,0233	0,0268	0,1113	0,0043	0,0107
22.3	0,2184	0,0360	0,0690	0,3330	0,0090	0,0360
5.4	0,6238	0,0998	0,1327	0,2891	0,0237	0,0474
12.4	1,1249	0,1786	0,4166	0,2902	0,0446	0,0664
19.4	1,1551	0,1927	0,4345	0,2317	0,0427	0,0752
26.4	2,3818	0,3826	0,7451	0,4740	0,0331	0,1672
3.5	1,9669	0,2965	0,9932	0,5169	0,0410	0,2013
10.5	2,5609	0,3491	0,9053	0,7694	0,0472	0,2160
22.5	7,6358	0,9458	1,5134	0,6961	0,1279	0,5087
21.6	17,2843	2,7090	10,5175	6,7946	0,8890	2,6355
7.7	26,5176	4,1208	16,4069	9,0351	1,9814	3,4236
21.7	34,2995	6,5061	34,8067	14,3040	2,5843	4,3905
4.8	37,7441	6,7469	28,0177	14,7284	2,7608	4,8412
19.8	39,2368	7,4239	29,5926	15,6815	2,9662	4,4187
3.9	39,1095	8,4871	34,9208	16,2084	3,5188	5,2590
16.9	40,9102	8,4115	40,6377	16,7079	2,7360	6,1993
29.9	45,4402	8,7139	38,3071	17,6701	2,9102	6,2910
11.10	61,5127	12,0119	87,7174	14,3627	6,4877	7,2845
25.10	4,4758	0,3465	0,7786	5,9891	0,1730	0,8175
8.11	0,1008	0,0153	0,0195	0,2400	0,0060	0,0180

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Le variazioni annuali dei micro e macroelementi negli organi epigei del melo, limitatamente alle condizioni sperimentali, mostrano tipici andamenti stagionali influenzati principalmente dalla fase evolutiva dell'organo considerato.

Con l'inizio del periodo autunnale nei rami (legno e corteccia insieme) si verifica un lento e costante accumulo di elementi minerali che raggiungono la massima concentrazione nei mesi invernali, poco prima della schiusura delle gemme. Successivamente, l'azoto, il fosforo, il potassio e il calcio contenuti nei rami decrescono regolarmente sino ai mesi di luglio-agosto, epoca in cui si verificano nella pianta altre profonde modificazioni.

L'accrescimento dei germogli dopo la schiusura delle gemme, procede rapido sino a luglio, si attenua durante il periodo estivo troppo caldo e riprende brevemente in settembre, in coincidenza di temperature più miti. Durante il loro accrescimento, nei germogli come già nei rami, si verifica una prima diminuzione percentuale degli elementi minerali che continua sino a luglio; da quest'epoca in poi, invece, si ha un incremento sempre più evidente sino alla successiva schiusura delle gemme.

Anche nelle foglie, tranne per il Ca e il Mg, i valori percentuali dei macroelementi tendono nella prima fase a diminuire rapidamente e poi, almeno in qualche caso (N, P, K), più lentamente sino alla loro caduta. Il Ca e il Mg hanno invece un andamento del tutto opposto a quello degli altri macroelementi, in quanto caratterizzati da un comportamento esattamente inverso. I contenuti totali di N, P, K, Ca, Na e Mg nelle foglie aumentano progressivamente col crescere di quest'organo, in modo rapido per alcuni elementi (Ca e N), più lentamente per altri.

Negli organi produttivi (gemme, fiori e frutti) sono stati rilevati andamenti simili a quelli già riscontrati. Si osserva così che i contenuti percentuali di N, P e K aumentano nelle gemme col procedere della stagione invernale, raggiungono concentrazioni ancor più elevate nei bottoni fiorali e nei fiori, mentre diminuiscono a valori percentuali nettamente e progressivamente più bassi passando dallo stadio di frutto appena allegato a quello di frutto maturo. Fra gli altri elementi il più caratteristico è risultato il Ca che, al contrario del caso precedente, tende a diminuire sino alla formazione dei bottoni fiorali.

I contenuti totali di micro e macroelementi dei singoli organi, com'era

da attendersi, aumentano notevolmente dalle gemme al frutto. Nelle gemme in fase di sviluppo si verifica un incremento di lieve entità dato il loro peso limitato; il contenuto totale sale però successivamente nei bottoni fiorali e nei fiori, ma soprattutto nei frutti in fase di accrescimento, durante il quale l'utilizzazione di elementi minerali diventa estremamente più elevata.

In fase di elaborazione dei dati, come già osservato, sono stati calcolati per i vari organi i rapporti tra macroelementi. I risultati ottenuti hanno fatto rilevare che nelle gemme, nei rami, nei germogli e nelle foglie l'elemento contenuto in proporzione più elevata è quasi sempre il calcio, seguito, nell'ordine, dall'azoto, potassio, magnesio, fosforo e nettamente più in basso, dal sodio; per quanto riguarda, invece, i bottoni fiorali, i fiori e i frutti appena allegati è l'azoto a prevalere, seguito dal potassio, il quale mostra però una concentrazione molto più elevata nei frutti, in cui diventa l'elemento più rappresentato.

Questi risultati trovano un riscontro applicativo più valido se esaminati contestualmente alle variazioni dei contenuti totali di macroelementi nella pianta ottenuti sommando quelli relativi ai singoli organi (frutti, foglie e rami). Le maggiori esigenze della pianta si verificano in concomitanza dell'antesi e dell'accrescimento del frutto, ma mentre per il primo processo necessitano quantitativi di macroelementi relativamente bassi, per il secondo sono indispensabili quantità sensibilmente più elevate soprattutto di potassio, azoto, calcio e fosforo e, in misura inferiore, di Mg. Anche per l'attività vegetativa le esigenze dell'albero, sono caratterizzate da forti richieste di macroelementi, soprattutto di calcio, azoto e, in misura inferiore, di potassio e fosforo.

In conclusione, riassumendo i concetti sin qui esposti, è possibile precisare alcuni punti fondamentali:

- 1) il contenuto in micro e macroelementi dei rami aumenta progressivamente dall'autunno sino all'epoca precedente l'antesi; nello stesso periodo anche nelle gemme si osserva un continuo incremento che raggiunge la massima concentrazione nei bottoni fiorali e nei fiori, determinando in questi ultimi elevate richieste di elementi nutritivi. Esigenze nettamente superiori si verificano però successivamente all'allegazione dei frutti, per sopperire alle elevate necessità di elementi minerali utilizzati nello sviluppo del frutto. Dalla schiusura delle gemme sino ai mesi di luglio-agosto il contenuto di elementi minerali dei rami diminuisce costantemente, presumibilmente a vantaggio dei fiori e dei nuovi germogli, che ne accumulano notevoli quantità.

- 2) da un punto di vista applicativo restano così confermate le naturali esigenze nutritive del melo durante e subito dopo la schiusura delle gemme, nelle fasi dell'antesi, dell'allegagione e della prima fase di accrescimento dei germogli, ma soprattutto in quella dello sviluppo dei frutti. Considerato il tempo necessario alla pianta per l'assorbimento e la metabolizzazione degli elementi nutritivi è opportuno intervenire con la concimazione in tempo utile per consentire alla pianta l'accumulo invernale negli organi di riserva e, soprattutto, l'assimilazione estiva per lo sviluppo dei frutti, che viene assecondato dalle foglie con la loro intensa attività. Da un punto di vista concettuale dovrebbero evitarsi i tagli dei rami nel periodo invernale inoltrato, quando le gemme e i rami risultano particolarmente dotati di elementi nutritivi.
- 3) nel corso della ricerca non sono mai stati riscontrati nei vari organi rapporti tra macroelementi che confermino le formule di concimazione di impiego comune. I rapporti tra gli elementi principali rilevati nei diversi organi alla fine dello sviluppo sono invece risultati:

	N	P	K	Ca	Mg	Na
a - gemme	10	2	3	15	0,8	0,4
b - fiori	10	2	4	2	0,9	0,2
c - frutti	10	2	15	2	1,1	1,1
d - foglie	10	1	2	13	1,8	0,4
e - rami	10	2	3	19	1,5	1,2

- 4) l'ammontare di elementi fertilizzanti contenuti negli organi epigei prodotti nel corso dell'anno può fornire utili indicazioni sulle reali esigenze nutritive dell'albero. Nella nostra indagine la produzione di frutti, foglie e rami ha comportato l'utilizzazione delle seguenti quantità (in grammi) di elementi nutritivi:

	N	P	K	Ca	Mg	Na
100 kg di frutta	55,0	11,0	83,0	9,0	6,0	6,0
1000 foglie	4,4	0,3	0,8	5,7	0,8	0,2
1 kg di rami	4,0	0,7	1,1	7,7	0,6	0,5

RIASSUNTO

Vengono riferite le variazioni annuali dei principali elementi minerali (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn) negli organi epigei della cultivar di melo « Golden Delicious ». A intervalli quindicinali sono state effettuate su tutti gli organi presenti al momento del campionamento (rami, germogli, foglie, gemme, bocci, fiori e frutti e in tutte le loro fasi evolutive) le analisi quantitative dei micro e macroelementi.

L'elaborazione dei risultati ottenuti ha fatto rilevare un continuo arricchimento di elementi nutritivi nei rami e nelle gemme dall'inizio dell'autunno sino alla primavera, in coincidenza dell'antesi; da questa fase in poi si verifica nei rami un progressivo decremento percentuale di macroelementi che termina nei mesi di luglio-agosto.

Nei frutti è stata riscontrata una costante diminuzione di contenuti percentuali e un aumento di quelli totali che dall'allegagione giunge sino alla maturazione.

Contemporaneamente a questi processi, nelle foglie è stato rilevato, per quasi tutti i macroelementi, un andamento decrescente per quanto attiene i contenuti percentuali e crescente per quelli totali; a questo comportamento fanno eccezione il Ca e il Mg che presentano un andamento del tutto inverso a quello mostrato dagli altri elementi.

SUMMARY

In this study, some observations on « Golden Delicious » apple tree variety are reported in order to evaluate annual changes of macroelements (N, P, K, Na, Mg) and microelements (Fe, Zn, Cu, Mg) in various tree organs such as flower-buds, flowers, fruits, leaves and shoots.

In flower-buds, flowers and fruits, N, P, K total amount increased during growth season; while, the percentage of such mineral elements steadily increased until full-bloom and it decreased from fruit-setting till fruit-ripening. In flower-buds Ca total amount was nearly constant, while in flowers and fruits higher levels were reached. On the contrary Ca percentage in the same organs decreased up to fruit ripening although higher levels were reached during flowering.

Total N and P content in leaves increased, where in mature leaves the levels reached a steady state. Potassium behaved similarly, but it reached the constant state with lower levels. On the contrary N, P and K concentration, as percentage of dry matter, decreased; then, in mature leaves N, P, K percentage resulted almost constant until leaf-fall. In the leaves an initial increase of Ca content, both as totale amount and percentage of dry matter was recorded, followed later by a steady state.

The new shoots, at the beginning of their development were rich in N, P, K; where in mature shoots significant changes were not observed.

Traces of microelements were recorded in all tree organs.

BIBLIOGRAFIA

- AGABBIO M., FRAU A.M., ORTU S., 1976 - Variazioni annuali dell'azoto, fosforo e potassio negli organi epigei delle drupacee in ambienti di coltura meridionali. Nota I: Nectarine « Nectared 6 », Studi Sassaressi, Sez. II, Ann. Fac. Agr., Univ. Sassari, 24.
- AGABBIO M., ORTU S., FRAU A.M., 1976 - Variazioni annuali dell'azoto, fosforo e potassio negli organi epigei delle drupacee in ambienti di coltura meridionali. Nota II: Albicocco « Nugget », Studi Sassaressi, Sez. III, Ann. Fac. Agr., Univ. Sassari, 24.
- AGABBIO M., FRAU A.M., ORTU S., 1976 - Variazioni annuali dell'azoto, fosforo e potassio negli organi epigei delle drupacee in ambienti di coltura meridionali. Nota III: Mandorlo « Rachele », Studi Sassaressi, Sez. III, Ann. Fac. Agr., Univ. Sassari, 24.
- ARCHIBALD J.A., 1962 - Seasonal variation in leaf-nutrient content of apple. « A.R. Hort. Exp. Stat. and Prod. Lab. », Vineland, pagg. 44-6.
- ASKEW H.O., 1935 - Changes in the chemical composition of developing apples. « J. Pomol. », 13: 232-46.
- ATANASOV A., 1972 - Changes in the nutrient content of the leaves and roots of apples grafted on two different rootstocks. « Nauchni Trudove, Vissh Selskostojsanski Institut Vasil Kolarov », 21: 71-5.
- BALOBIN V.N., MATVEEVA R.F., 1971 - Foliar diagnosis in fruit-crops. « Puti Povysheniya Urozhainosti Plodovykh i Yagodnykh Kul'tur », Mezhdved, 1: 109-12.
- CAIN J.C., BOYNTON D., 1948 - Some effects on season, fruit crop and nitrogen fertilization on the mineral composition of McIntosh apple leaves. « Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. », 51: 13-21.
- EMMERT F.H., 1954 - The soluble and total phosphorus, potassium, calcium and magnesium of apple leaves as affected by time and place of sampling. « Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. », 64: 1-8.
- KENWORTHY A.L., 1950 - Nutrient-element composition of leaves from fruit trees. « Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. », 55: 41-6.
- KLOSSOWSKI W., 1968 - Chemical soil and leaf analysis as method for investigating apple manurial requirements. II. Chemical leaf analysis. « Prace Instytut Sadownictwa w Skierniewicach », 12: 165-89.
- LEKHOVA E., 1974 - Changes in the nutrient content of apple leaves during the growing period. « Gradinarska i Lozarska Nauka », 11: 35-48.
- LIEU P.S., 1960 - The effect of diurnal variation in sampling, and effect of methods of preparation and storage of samples on the total nitrogen and mineral content of apple leaves. « Diss. Abstr. », 21: 720-1.
- MULAY A.S., 1931 - Statistical study of the total nitrogen in Bartlett pear shoots. « Plant Physiol. », 6: 333-8.
- OLAND K., 1963 - Changes in the content of dry matter and major nutrient elements of apple foliage during senescence and abscission. « Physiol. Plant », 16: 682-94.
- PERRING M.A., WILKINSON B.G., 1965 - The mineral composition of apples. IV. The radial distribution of chemical constituents in apples and its significance in sampling for analysis. « J. Sci. Food Agric. », 16: 535-41.
- POULSEN E., HANSEN P., 1965 - The nutrient content of the apple leaf. I. The effect of leaf position, season and time of day. « Tidsskr. Planteavl », 69: 206-15.
- POULEN E., JERSEN J.O., 1965 - Variations in nutrient uptake by apple trees. « Tidsskr. Planteavl », 68: 477-501.

- ROGERS B.L., BATJER L.P., 1954 - Seasonal trends of six nutrient elements in the flesh of winesape and Delicious apple fruits. « Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. », 63: 67-73.
- VAIDYA V.G., 1938 - The seasonal cycles of ash, carbohydrate and nitrogenous constituents in the terminal shoots of apple trees and the effects of five vegetatively propagated rootstocks on them. I. Total ash and ash constituents. « J. Pomol. », 16: 101-26.
- VERGNANO GAMBI O., CARDINI F., 1969 - Variazioni stagionali nella composizione minerale del melo « Golden Delicious » e del suo mutante « Starkspur Golden Delicious ». « Gior. Stud. Potatura degli alberi da Frutto », pag. 449-57.
- WALTMAN C.S., 1936 - A rapid method for determining soluble nitrogen and phosphate phosphorus in woody tissue. « Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. », 34: 130-2.
- WOHLYMUTH N., 1954 - The chemical composition of ripening fruit. « Mitt .Klosterneuberg », Ser.B, 4: 235-49.
- ZELENSKAYA E.D., 1972 - Determination of the N, P, K content in leaves of fruit trees for nutrient diagnosis. « Khimiya v Sel'skom Khozyaistve », 10: 19-22.