

მიწისქვეშა წყლების რეჟიმშემადგენელი ფაქტორების ანალიზი ტექტონიკური მდგენელის განსაზღვრის მიზნით

გ. მელიქაძე, გ. კობზევი, ზ. მახაიძე, თ. ჯიმშელაძე, ნ. კაპანაძე.

Analyze of underground water regime factors for determine tectonic component

G. Melikadze, I. Kobzeb, N. Kapanadze, Z. Machaidze, Th. Jimsheladze

The paper studies relation between geodeformation regime variations of underground water observed in boreholes and deformation processes in the Earth crust, associated with formation of earthquakes. Monitoring of hydrogeodeformation field (HGDF) has been carried out thanks to the on-purpose general network of Georgia and Caucasus. Actually they represent sensitive strainmeters. The boreholes response all deformations of about 10^{-7} - 10^{-9} caused both by endogenous, and exogenous factors.

Here we present results of the analysis of the data of hydrodynamic observations by program in Matlab for the method of synthesis theoretical signals by using special coefficients for endogenous factors.

According to the statistics, the earthquakes center co-insides with the extreme gradient zone in the hydrogeodeformation field. Besides, during seismological "silent" period, water level variation basically is caused by the earth crust tide variations, having the "background" way earthquake preparation process. Achieving the extreme point of deformation, the "background" character of variation disappears.

Анализ режимосоставляющих факторов подземной воды для выделения тектонической составляющей

Г. Меликадзе, Г. Кобзев, Н. Капанадзе, З. Мачаидзе, Т. Джимшеладзе

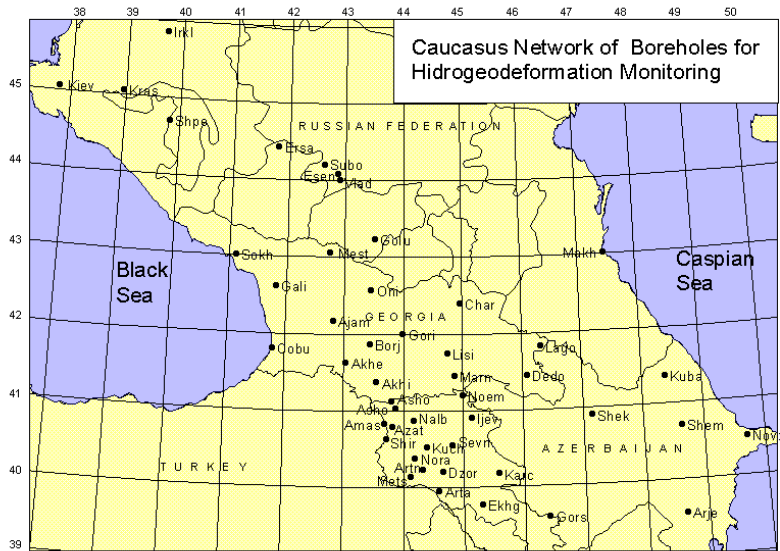
На территории Грузии, как и всего Кавказа, с 1985 года проводятся работы по созданию специализированной сети субартезианских скважин, для изучения эволюции Гидрогеодермационного поля земли, во время подготовки и реализации землетрясений. Ретроспективный анализ огромного статистического материала подтвердил несомненную информативность выбранного метода и позволил выявить следующие закономерности:

Во время подготовки землетрясения, заблаговременно (за несколько месяцев до события) происходит изменение средних значений уровня воды, отображающих деформационные процессы растяжения и сжатия в земной коре земли. Во время сильных землетрясений эпицентральная зона совпадает с зоной наибольшего градиента в ГГД поле. Непосредственно перед событием при достижении критической деформации нарушается характерный -фондовый режим.

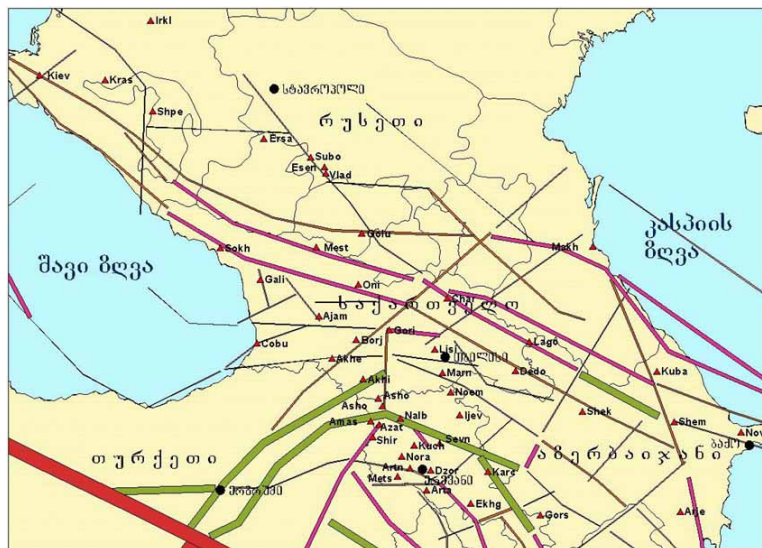
სეისმური მონიტორინგის ცენტრი, (995 32) 210 274, melikadze@gmail.com, www.seismo.ge.

კავკასიის ტერიტორია მიეკუთვნება მსოფლიოს სეისმოაქტიურ რეგიონთა რიცხვს, სადაც მრავალრიცხოვანი მიწისძვრები დიდ ზიანს აყენებს მის მოსახლეობას და იწვევს ეკონომიკურ ზარალს. ამიტომ, გეოდეფორმაციული პროცესების განვითარების პროგნოზი მეტად აქტუალური და მნიშვნელოვანი პრობლემაა. მსოფლიოს სეისმოაქტიურ რეგიონებში ბოლო 20 წლის განმავლობაში წარმოებულმა კვლევებმა დააფიქსირეს მრავალი ფაქტი ჰიდროდინამიკური, ჰიდროქიმიური და გეოფიზიკური პარამეტრების მოკლე ვადიანი ანომალიებისა და დაადასტურეს მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი, ერთის მხრივ მიწისძვრებსა და ლითოსფეროში დაძაბულობის ველის ცვლილებებსა და, მეორეს მხრივ, ამ გეოდეფორმაციულ პროცესებსა და მიწისქვეშა წყლების ჰიდროდინამიკურ და ჰიდროქიმიურ რეჟიმს შორის (1,2).

ჰიდროგეოდეფორმაციულ ველზე დაკვირვების მეთოდი, ე.წ. “ჰიდროგეოდეფორმაციულ ველის მონიტორინგი”, გამოირჩევა თავისი ინფორმატიულობით. იგი საშუალებას იძლევა რეალურ დროში დავაკვირდეთ ლითოსფეროში მიმდინარე კუმშვა-გაჭიმვით დეფორმაციულ პროცესებს და შევისწავლოთ გარემოს გეოდინამიური განვითარების კანონზომიერებები, მათ შორის ძლიერი მიწისძვრების განმაპირობებელიც (3,4). 1985-1992 წლების პერიოდში შერჩეული იქნა დაურღვეველი რეჟიმის მქონე ღრმა სუბარტეზიული ტიპის ჭაბურღილები, რომლებიც თანაბრად ფარავდნენ კავკასიის მთელ ტერიტორიას. ანალოგიური ქსელი ორგანიზებული იქნა მთლიანად ალპური ნაოჭა სისტემის გასწვრივ ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე (კარპატები, კავკასია, ცენტრალური აზია, ბაიკალი და კამჩატკა). კონკრეტულად კავკასიაში სარეჟიმო ქსელი მოიცავდა 50 ჭაბურღილს, მათ შორის საქართველოში 15-ს (ნახ №1). დაკვირვებების პერიოდში ჭაბურღილები, როგორც მოცულობითი დეფორმოგრაფი, მგრძნობიარედ რეაგირებენ ყველა სახის დეფორმაციებზე, როგორც ვეზოვენურ, ასევე ენდოგენურზე. დაკვირვებათა სიზუსტე აღწევდა 10^{-7} - 10^{-9} . სარეჟიმო ჭაბურღილები ირჩეოდა იმ პრინციპით, რომ დაეხასიათებინათ ყველა დიდი, დამოუკიდებელი რეჟიმის მქონე გეოლოგიური ბლოკები (ნახ №2).



ნახ. №1. სარეჟიმო ჭაბურღილების ქსელი

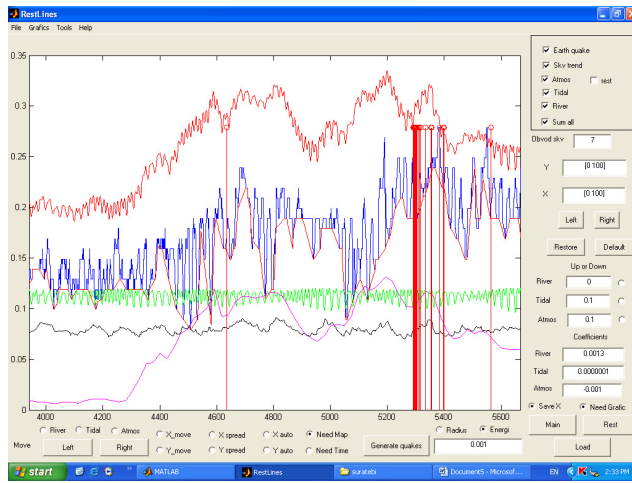


ნახ. №2. სარეჟიმო ჭაბურღილების გეოლოგიურ ბლოკებზე განლაგების სქემა

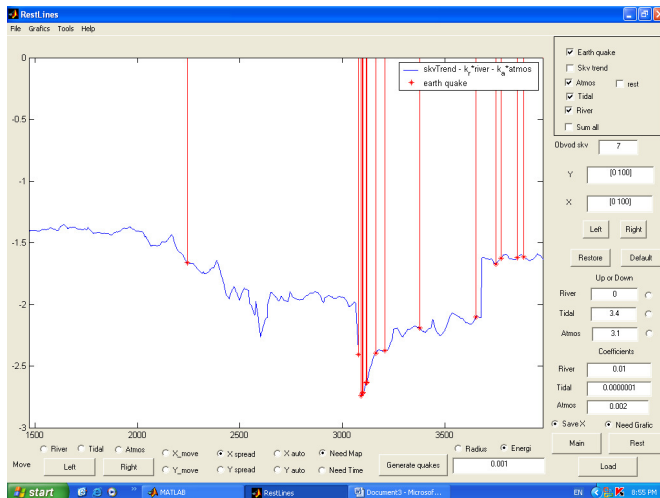
მონაცემთა დამუშავების მეთოდების აღწერა

წყლის დონის ცვლილებები განპირობებულია ძირითადად შემდეგი ფაქტორებით: ატმოსფერული წნევა (AP); ნალექიანობა (PR); მიმოქცევითი ვარიაციები (TI) და ტექტონიკური-სეისმური დაძაბულობა (T/S). მცირე წილი მოდის აპარატურულ ცდომილებაზე (7). წყლის დონე $= f(AP) + f(PR) + f(TI) + f(T/S) + e$;

ტექტონიკური კომპონენტის გამოსაყოფად საჭიროა პირველადი მასალის გაფილტვრა და არატექტონიკური მდგენელის მოცილება (8,9). დეკომპოზიციური ანალიზის კარგ მაგალითს წარმოადგენს წყლის დონის მონაცემების ანალიზი, რომელიც გამოყენებული იქნა ჰაიბარას ჭისთვის იაპონიაში. Matsumoto, Akaike და Tamura (10, 11, 12) შემუშავეს სპეციალური პროგრამა BAYTAP-G (Bayesian Tidal Analysis Program in a Grouping Method). წყლის დონეზე ნალექიანობის გავლენა გათვალისწინებული იქნა რეგრესიული ანალიზის მეთოდით და გამოიყენეს კალმანის ფილტრი, რათა გამოეყოთ სხვა არატექტონიკური ვარიაციები და ხმაური. პრობლემისადმი თანმიმდევრული მიდგომის კიდევ ერთ მაგალითს წარმოადგენს წყლის დონის მონაცემების ანალიზი ლისის ჭაბურღილზე, სადაც გ. მელიქაძემ, პ. გაერილენკომ და თ. ჭელიძემ, მიმოქცევითი ვარიაციების, ატმოსფერული წნევის და ნალექიანობის რეალურ მონაცემებზე დაყრდნობით მოახდინეს ლისის ჭაბურღილში წყლის დონის ვარიაციის თეორიული რეაქციის სინთეზი, რომელსაც შედარდა წყლის დონის რეალური ვარიაციები. სპიტაკის მიწისძვრას წინ უსწრებდა წყლის დონის მკვეთრი ანომალია. მთელი რეგიონის მასშტაბით, ტექტონიკური დაძაბულობის ველის დასათვლელად, შემუშავდა მეთოდიკა და MatLab-ის გარემოში დაიწერა კომპიუტერული პროგრამა, სადაც ხდებოდა წყლის დონის ვარიაციების ტრენდული მნიშვნელობების გამოკლება სინთეზური გზით მიღებულ თეორიული მრუდიდან, რაც ახასიათებდა ამ პუნქტში, ჭაბურღილის გარშემო წყალშემცველ ჰორიზონტში, მოცულობითი დეფორმაციის სიდიდეს (ნახ №3). რეალური დეფორმაციის სიდიდის დასადგენად ხდებოდა მისი კალიბრება მიმოქცევითი ვარიაციების შესაბამისი დეფორმაციული სიდიდეებით (ნახ №4). შესწავლილი იქნა ყველა ჭაბურღილის (20 ჭაბ.) დროითი მწკრივები (1988 წლიდან) და მოხდა მათი “მგრძნობიარობის” განსაზღვრა. ყველა ჭაბურღილისთვის დათვლილი იქნა გეოდეფორმაციული სიდიდეები. მიღებული სხვაობის დადებითი მნიშვნელობები (წყლის დონის რეალური მნიშვნელობები მეტია ვიდრე თეორიული) ახასიათებდა შეკუმშვის – კომპრესიულ დეფორმაციებს, ხოლო უარყოფითი სხვაობა – გაჭიმვის დეფორმაციებს.



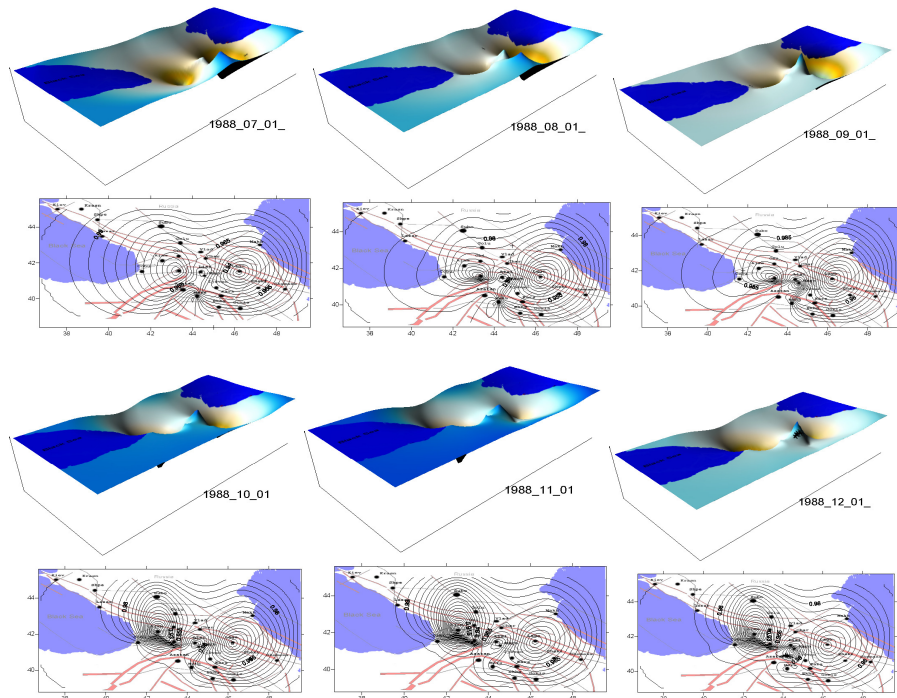
ნახ. №3. წყლის დონის თეორიული და რეალური ვარიაციების გრაფიკები.



ნახ. №4. გეოდინამიკური მდგენელი.

ჰიდროგეოდეფორმაციული ველის რეგიონალური სურათის მისაღებად და ფართობზე ტექტონიკური დეფორმაციების ევოლუციის სურათის დასადგენად საჭირო იყო გაგვეთვალისწინებინა ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების სირთულე. ამის მისაღწევად ხდებოდა მიღებული სხვაობრივი მნიშვნელობის გამრავლება პუნქტის “მგრძნობიარობაზე”, რაც გამოთვლილი იყო ამ ჭაბურღილის წყლის დონის დაყვანილი (ატმოსფერული და

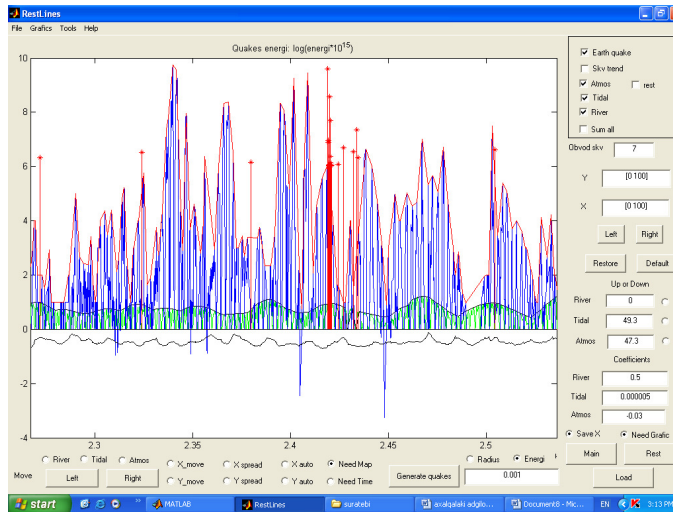
ნაღქიანობის გავლენის გამოკლებით) მნიშვნელობის რეაქციით მიმოქცევით ვარიაციებზე, სეისმურად წყნარ პერიოდში. ჰგვ ველის ამ მნიშვნელობებით ხდებოდა მახასიათებელი სურათების აგება და პროცესის ევოლუციის კანონზომიერებების შესწავლა. მაგალითად, სპიტაკის (7.12.1988) მიწისძვრის მომზადების პროცესში, ჰგვ ველის ევოლუციის სურათები. ნახაზების ქვედა ნაწილში მოცემულია კავკასიის ტექტონიკური რუკა და მასზე დაძაბულობის იზოხაზები. ზედა ნაწილში- დაძაბულობის სამგანზომილებიანი რუკა, სადაც ჩაწეული ნაწილი შეესაბამისება შეკუმშვის დეფორმაციას, ხოლო ამოწეული-გაჭიმვის დეფორმაციას. (ნახ. №5).



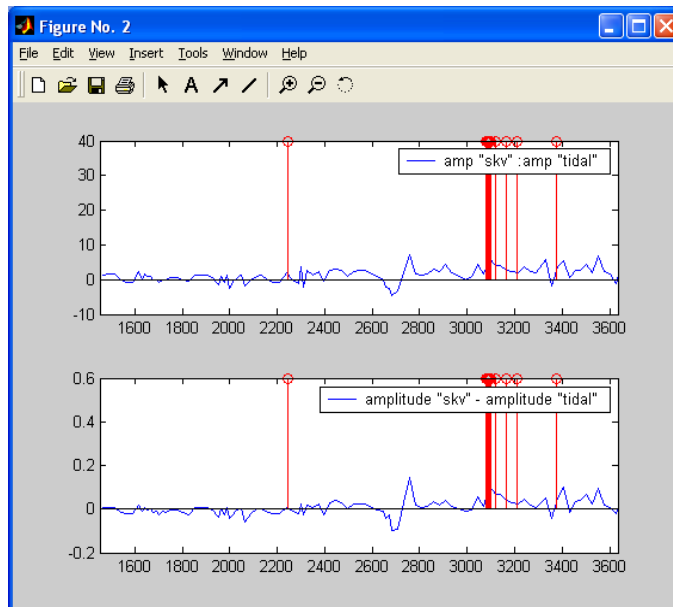
ნახ. №3. ჰგვ ველის ევოლუციის სურათები

როგორც ჩანს ჰგვ ველის სურათებიდან 1988 წლის დასაწყისისას შეიმჩნევა შეკუმშვის დეფორმაციის ჩამოყალიბება აჭარა-თრიალეთის დასავლეთ ნაწილში, ასევე სამხრეთ საქართველოსა და სომხეთის ჩრდილო ნაწილში. ხოლო მათ სამხრეთით მდებარე ზონაში ფიქსირდება გაჭიმვის დეფორმაცია. თანდათანობით იზრდება დაძაბულობის ინტენსივობა და სურათი უფრო კონტრასტული ხდება, რაც დეკემბერში მთავრდება მიწისძვრით. შემდეგ იწყება განტვირთვის პროცესი და აღინიშნება წყლის დონეების და-

ცემა. ამავე დროს, გაჭიმვის დეფორმაციის ზოლში არსებულ ჭაბურღილებში თანდათანობით იზრდება წყლის დონის ვარიაციების ამპლიტუდების სიდიდე მიმოქცევით ვარიაციებთან შედარებით, ხოლო შეკუმშვის ზოლში-პირიქით მცირდება (ნახ. №6).



ნახ. №6. წყლის დონის ვარიაციათა ამპლიტუდების ნახარდი.



ნახ. №7. კორელაციის მნიშვნელობათა ცვლილების გრაფიკი.

ამასთან, ირღვევა კორელაციური დამოკიდებულების სიდიდე წყლის დონესა და მიმოქცევით ვარიაციებს შორის (ნახ. №7).

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ მიწისძვრის მომზადების პერიოდში ძლიერი მიწისძვრებით გამოწვეული კრიტიკული დეფორმაციების ჩამოყალიბება ხდება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, ხოლო მისი მომზადების დრო დამოკიდებულია მოსალოდნელი მიწისძვრის სიძლიერეზე. ასევე, ჰგდ ველში, მიწისძვრის კერა ემთხვევა ყველაზე დიდი გრადიენტის ზონას. უშუალოდ მიწისძვრის წინ კი (რამდენიმე დღით ადრე სეისმომოვლენამდე) ირღვევა მახასიათებელი “ფონური” სურათი.

ლიტერატურა:

1. Бороздич Э.В., Яницкий И.Н., Еремеев Л.Н. Предварительные результаты исследований вариаций поля гелия в сейсмоактивных зонах. - "Геохимия", N 3, 1973.
2. Девис Д. Предсказание землетрясений в Китае. - "Натура", 1975.
3. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли. - Доклад АН СССР, 262, N 2, 1982.
4. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле. - Советская геология, N 5, 1983.
5. Вартанян Г.С., Башмаков В.И. Изменение гидрогеодеформационного поля при проявлении интенсивных геодинамических процессов. - Советская геология, N 8, 1989.
6. Bella, Biagi P., Melikadze G. et al. - Anomalies in geophysical and geochemical parameters revealed on the occasion of the Paravani (M=5.6) and Spitak (M=6.9) earthquakes (Caucasus). Tectonophysics 202 (1992) 23-41. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
7. Волейшо В.О. Влияние некоторых внешних природных сил на подземные воды. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара. Методика и организация наблюдений за режимом подземных вод для прогноза землетрясений М.: ВСЕГИНГЕО, 1983.
8. Linde A, Gladwin M, Johnston M, Gwyther R and Bilham R. (1996) A slow earthquake searquakeuence on the San Andreas fault. Nature, 383, 65-68.
9. Lucke, O. and S. Rose (1938), Wie pflanzen sich die Luftdruckschwankungen im Erdboden fort?, Meteorologische Zeitschrift 55, 292-296.
10. Matsumoto, N., Kitagava, G. and Roeloffs, E. (2003a). Hydrological response to earthquakes in the Haibara well, Central Japan - I. Ground water level changes revealed using state space decomposition of atmospheric pressure, rainfall and tidal responses. Geophys. J. Int. 155, 885-898.
11. Akaike, H. et al. (1985). TMSAC-84. Part 1. Computer Science Monographs, No.22, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo
12. Tamura, Y., Sato Y, Ooe, M and Ishiguro, M. 1991. A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion. Geophys.J. Int., 104, 507-516.