

Van Yöresinde Beton Üretiminde Kullanılan Agregaların Alkali-Silika Reaktivitesinin (ASR) Belirlenmesi

Mucip TAPAN¹, Ali ÖZVAN², Vural OYAN², Murat MUVAFIK¹,
Yaşar SUBAŞI DİREK³

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, VAN

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, VAN

³ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, VAN
e-posta: mucip.tapan@gmail.com, mtapan@yyu.edu.tr

Özet: Bazı kayaların beton agregası olarak kullanımının alkali silika reaktivitesine neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, Van ve yakın civarında beton üretiminde kullanılan agregaların alkali silika reaktivitelerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda, Ablangez (ABLD), Kalecik (KLC), Sihke Gölü (ZK ve BASKA), Tabanlı (YTY) ve Esenpınar (SLT) ocaklarından örnekler alınmıştır. Bu örneklerin alkali silika reaktiviteleri kimyasal metot (ASTM C289), ve hızlandırılmış harç çubuğu (ASTM C1260) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, tüm örneklerde agregaların genleşme miktarı ASTM C1260 standardına göre %0,1'lik genleşme sınırının altında çıkmıştır. Bu sonuçlar aynı zamanda kimyasal metot ile uyumludur. Bu sonuçlara göre, çalışmada kullanılan tüm agregaların, alkali silika reaksiyonu açısından reaktif olmadıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Van, Alkali silika reaktivitesi, agregası, hızlandırılmış harç çubuğu,

Evaluation Of Alkali Silica Reactivity (ASR) of Aggregates Used For Concrete Production in Van Region

Abstract: It is well known that some rocks can cause alkali-silica reaction (ASR) when used as concrete aggregate. This study aims to determine the alkali silica reactivity of aggregate quarries used for concrete production in Van region. Samples were collected from aggregate quarries located in Ablangez (ABLD), Kalecik (KLC), Lake Sihke (ZK ve BASKA), Tabanlı (YTY) and Esenpınar (SLT), which are currently being used as aggregate for concrete production. Aggregate samples were analyzed according to ASTM C289 chemical method, followed by ASTM C1260 accelerated mortar bar test method. It was found that, expansion of all samples were lower than ASTM C1260 standard limit of 0.10%. These results are in good agreement with the results of chemical analysis (ASTM C289). This study suggests that, all of the aggregates analyzed in this study are innocuous in terms of alkali silica reactivity.

Keywords: Van, Alkali silica reactivity, aggregate, Accelerated Mortar Bar Test.

Giriş

Birçok betonarme yapı dayanıklılık konularında (Alkali-silika reaksiyonu (ASR), korozyon etkileri, donma-çözülme etkileri v.s.) yeterli özenin gösterilmemesinden dolayı özelliklerini kaybederek bozulmakta ve zarar görmektedir. Betonarme yapı elemanlarında meydana gelen alkali silika reaksiyonu sonucu betonda oluşan çatlamlar ve betonda meydana gelen dökülmeler donatı korozyonunun hızlanmasına ve yapının dayanımının azalmasına neden olmaktadır.

Başlangıçta sadece kullanılabilirlik sınır durumunu etkiliyor diye kabul edilen ASR ve donatıdaki korozyon, ileri seviyelere ulaşması halinde rahatlıkla taşıma gücü sınırlarını da etkileyebilecek duruma gelmektedir.

Alkali-silika reaksiyonu; agregalarda bulunabilen aktif silisin, çimentoda bulunan alkali maddeler Na₂O ve K₂O ile bir reaksiyon oluşturması ve bunun sonucunda genleşebilme kabiliyetine sahip bir jelin

meydana gelmesidir. Reaksiyonun neden olduğu genleşme belli bir sınırı aştığında betonda çatlamlara ve dökülmelere neden olmakta ve zamanla bozulması için ciddi bir potansiyel tehlike de oluşturmaktadır. Alkali silika reaktivitesi'nde, reaksiyonu etkileyen birçok mineral vardır. Yapılan çalışmalarda, özellikle volkanik kayalarda bulunan volkancamı ve kuvars (Stanton, 1940; Rhoades, 1942; Ineson, 1990) opal (Stanton, 1941; Ineson, 1990), tridimit (Hornibrook et al., 1943; Ineson, 1990) kalsedon (Stanton, 1941; Ineson, 1990), kristobalit (Landgren and Sweet, 1952) bu minerallerden en aktif olanlarıdır. Reaktivite, agregaların içerdikleri kristal yapısındaki silis miktarına bağlıdır. Belirli kökenli agregalar, silisten oluşan bileşenler içermektedirler. Bu cins bileşenler, betonun boşluk suyunda çözünen alkalihidroksit ile kuvvetli reaksiyona girer ve önce berrak, genellikle yüksek konsantrasyonlu ve sonra yüksek viskoziteli alkalisilikat çözeltisini meydana getirmektedirler. Agreganın alkaliye duyarlı bileşenleri bu sırada yumuşar ve çözünür. Bu çözünme neticesinde oluşan jel neme bağlı olarak genleşerek betonun çatlamasına ve betonun dayanım özelliklerinin kaybolmasına sebep olur. Özellikle Van gibi yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkının yüksek olduğu yerlerde beton tasarımı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile Van ilinde agrega olarak kullanılan malzemelerin alkali silika reaktivitesine ilişkin özellikleri belirlenerek, bölgede yapılacak yapıların dayanıklılığının artırılmasına katkı sağlanacaktır.

Bu çalışmada agrega örnekleri üzerinde kimyasal metot (ASTM C289) ve

hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri (ASTMC1260) gerçekleştirilerek beton üretiminde kullanılan agregaların alkali silika reaktiviteleri belirlenmiştir.

Malzeme ve Yöntem

Malzeme

Çalışmanın ana malzemesi olan agregalar Van Gölü'nün doğusunda yer alan altı farklı noktadan alınmıştır (Şekil 1). Ablangez Deresi ve çevresinden alınan dört örnekten ikisi (ABLD-1 ve ABLD-2) dere içi elenmiş malzemedir. Diğer iki örnek ise dere civarındaki taraçalarda çökelmiş toprak içi granule malzemedir (ABLT ve ABL). İncelenen kireçtaşlarına ait agregaların ikisi Van – Özalp yolunun Sıhke Göleti civarından alınmıştır (ZK ve BASKA). Deneylerde kullanılan diğer iki kireçtaşı da Kalecik Köyü (KLC) ve Van – Erciş yolunun 45. km'sinde solda yer alan agrega ocağından (SLT) alınmıştır. Van ilinde kullanılan tek dolomitik kireçtaşı örneği de (YTY) Van – Erciş yolunun 40. km'sinde sağda yer alan agrega ocağından alınmıştır.

Bu çalışmada uygulanan hızlandırılmış harç çubuğu deneyinde Tablo 1'de özellikleri verilen CEM I 42.5R Portland Çimento kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan çimentonun alkali miktarı %0.65 olup, diğer malzeme özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Yöntem

Örnekler üzerinde; kimyasal yöntemle çözünmüş silis ve alkali azalması (ASTM C289) ve hızlandırılmış harç çubuğu deney yöntemi (ASTM C1260) ile reaktiviteye bağlı gelişen genleşme miktarları belirlenmiştir.



Şekil 1. Örneklerin alındığı lokasyonları gösterir harita.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan Portland çimentosunun özellikleri

Kimyasal Analiz Sonuçları*		Fiziksel Analiz Sonuçları*		
SiO ₂	20.03	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3.14	
Al ₂ O ₃	4.53	Kıvam (Su, Çimento, %)	27.3	
Fe ₂ O ₃	3.50	Donma Süresi (Vicat, dakika)	<i>Başlangıç</i>	<i>Son</i>
CaO	64.13		165	200
MgO	1.14	Hacim Sabitliği (Le Chatelier, mm)	1	
SO ₃	2.65			
Çözünmeyen Kalıntı	0.58	İncelik*		
Kızdırma Kaybı	2.50	Özgül yüzey (Blaine, cm ² /g)	3430	
Serbest Kireç	1.17	Mineralojik Bileşim (%)		
Toplam Alkali	0.65	C ₃ S	61.12	
Na ₂ O+0.658K ₂ O		C ₂ S	11.30	
Klorür	0.0078	C ₃ A	6.08	
		C ₄ AF	10.65	

Örnekler deney standartlarında belirtilen yöntemlere göre hazırlanmıştır. Kimyasal yöntemde, kırıcıdan geçirilen örnekler 0.250 mm'lik elekten geçirilmiştir ve elek altında kalan örnekler 0.125 mm açıklıklı eleğe alınarak yıkama yapılmıştır. 0.125 mm açıklıklı elek üzerinde kalan örneklerden, 25 gr alınarak bunların üzerine 25 ml NaOH eklenmiş ve 80 °C suda 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu örneklerde standartta belirtildiği şekilde alkali azalması ve çözünen silis değerleri belirlenmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan malzemelerin özellikleri

Numune Tanımı	Doğal kum
Çimento Alkali Miktarı	% 0.65
Su/Çimento	0.47
Agrega	4,75mm ile 150 µm arası

Hızlandırılmış harç çubuğu deneyinde ise, ASR'si belirlenecek agregalardan hazırlanmış beton çubuk örnekler yüksek sıcaklıkta saklanmış ve bu örneklerdeki boy değişimleri belirli aralıklarla ölçülmüştür. Hazırlanan harç çubukları 25x25x285mm

boyutlardadır. Hızlı yöntemde reaksiyon ölçülürken örnekler 80°C'de sabit sıcaklıktaki NaOH çözeltisi içerisine konmuştur. Çözelti içerisindeki örneklerin boy değişimleri 3, 7 ve 14. günlerde ASTM C 1260'a göre ölçülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre örneklerin büyük çoğunluğu kireçtaşından (KLC, BASKA, ZK, YTY, SLT) ve dere kumu içinde yer alan kuvars

kumundan oluşmaktadır (Tablo 3). Alkali silika reaktivitesi ölçülen agregaların test sonuçları aşağıda verilmektedir.

Kimyasal Yöntem ile ASR'nin Belirlenmesi

Çukurova Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarında yapılan deneyler sonucunda alkali azalması ve çözünen silis değerleri kullanılarak agreganın alkali silika reaktivitesi belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo3. Çalışmada kullanılan agregaların kimyasal analiz sonuçları

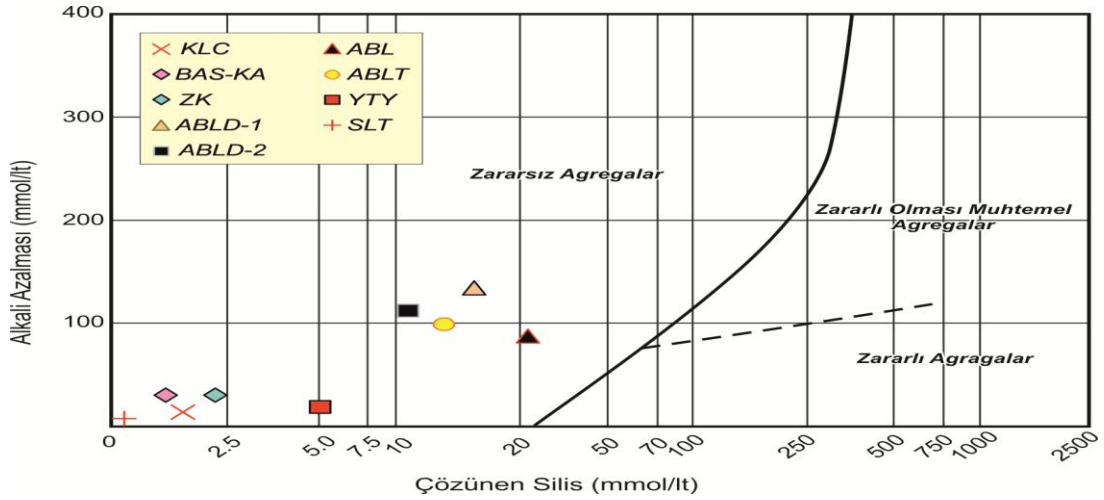
Örnek No	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	MnO	Cr ₂ O ₃	CaCO ₃	MgCO ₃
KLC	0.26	0.07		52.15	2.84			0.005	0.006		93.12	5.92
BAS-KA	0.18	0.03		51.6	3.84			0.005	0.005		92.14	7.62
ZK	0.4	0.05		54.76	0.8			0.007	0.004		97.78	1.67
ABLD-1	46.7	5.39	11.34	11.69	6	1.84	1.06	0.011	0.14	0.01	20.84	12.55
ABLD-2	44.77	4.85	10.33	13.61	6.26	1.59	0.95	0.01	0.13	0.01	24.27	13.09
ABL	47.86	4.86	11.45	11.95	5.07	1.86	1.43	0.012	0.12	0.03	21.31	10.6
ABLT	40.87	3.84	7.84	17.86	6.42	1.31	0.82	0.007	0.14	0.015	20.84	12.55
YTY	0.4	0.07		52.48	3.08			0.004	0.004		93.71	5.42
SLT	0.18	0.03		52.39	2.77			0.008	0.004		93.41	5.79

Bu sonuçlar Şekil 2'de verilen grafiğe yerleştirildiğinde örneklenen tüm ocaklardaki kireçtaşlarının zararsız agrega sınıfında olduğu görülmektedir. Kimyasal deney kısa zamanda sonuç almak üzere yapılır. Ancak agrega içinde magnezyum karbonat, demir karbonat veya fazla miktarda magnezyum silikat bulunması halinde kimyasal deney ile yanıltıcı sonuçlar alınabilir. Bu nedenle bu

bölgedeki agregaların ayrıca ASTM C289'da verilen deneye veya ASTM C 1260 standardında belirtilen hızlandırılmış harç çubuğu deneyine de tabi tutulması gerekmektedir. Kimyasal metotla elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının yapılması için de bu deneyin birlikte yapılması gerekmektedir.

Tablo 4. Van ilinde kullanılan agregaların kimyasal metotla belirlenen ASR sonuçları.

Örnek	Cözünen Silis	Alkali Azalması	Asitte Cözünen	Suda Cözünen
KLC	1.80	7.50	0.0700	max 0.001
BAS-KA	1.07	37.50	0.0800	max 0.001
ZK	2.38	25.00	0.0019	max 0.001
ABLD-1	16.42	120.00	0.1000	max 0.001
ABLD-2	11.42	107.50	0.0600	max 0.001
ABL	21.42	87.50	0.2400	max 0.001
ABLT	14.28	97.50	0.0700	max 0.001
YTY	5.36	17.50	0.0018	max 0.001
SLT	0.59	5.00	0.0020	max 0.001



Şekil 2. ASTM C289 standardına göre çalışmada örneklenen agregaların kullanılabilirlikleri.

Hızlandırılmış Harç Çubuğu Yöntemi ile ASR'nin Belirlenmesi

Hızlandırılmış harç çubuğu yönteminde kimyasal olarak benzer örnekler gruplandırılmış ve 8 örnek üzerinde deney yapılmıştır. Bu örnekler, Ablangez Deresi örneklerini temsil eden ABLT, ABLD-1 ve ABLD-2, Van – Özalp yolu üzerindeki aynı örnekleri temsil eden BAS-KA ve ZK, Van-Erciş yolu üzerindeki örnekleri temsilen KLC ve SLT ile dolomitik kireçtaşı olan YTY kodlu örneklerdir. Deneyler, en az üç numune üzerinde tekrarlanmış ve elde edilen genleşme oranları; 3, 7 ve 14 günlük dönemler halinde Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. Deney sonucu 3, 7 ve 14 günlük ortalama uzama oranları

Örnek Kodu	Ortalama Uzama Oranı (%)		
	3 günlük	7 günlük	14 günlük
ABLD-1	0.00	0.02	0.04
ABLD-2	0.00	0.02	0.04
ABLT	0.00	0.02	0.04
SLT	0.001	0.002	0.004
KLC	0.001	0.002	0.004
YTY	0.007	0.008	0.012
ZK	0.01	0.01	0.02
BAS-KA	0.01	0.01	0.02

Bu tabloda görüldüğü gibi 14 günlük ölçümler sonucunda, ortalama en yüksek genleşmenin dere kumu olan ABLD örneğinde (% 0.04), ortalama en düşük

genleşmenin ise kireçtaşı örneği olan SLT örneğinde (% 0.004) olduğu belirlenmiştir.

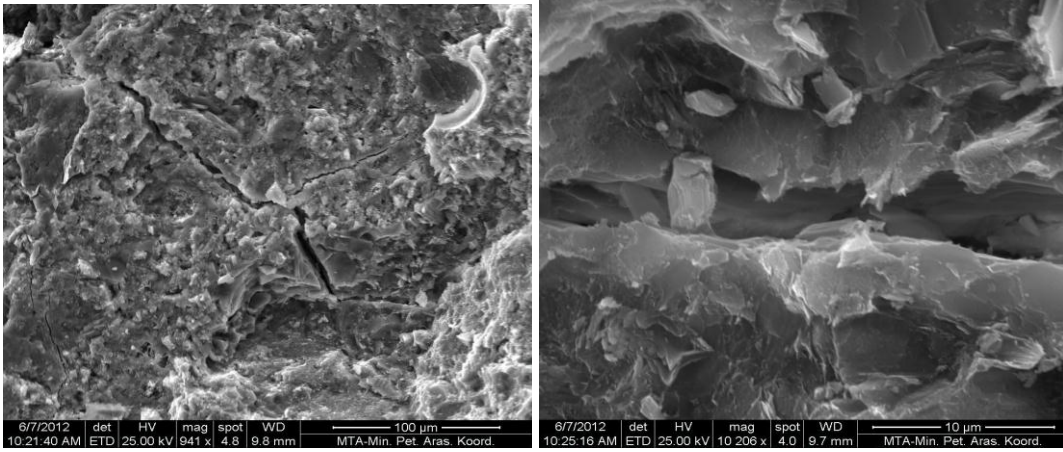
ASTM C 1260 standardına göre;

- Ortalama Uzama Oranı <0.10 alkali silika reaktivitesi yönünden zararsız agregalar
- $0.10 < \text{Ortalama Uzama Oranı} < 0.20$ Potansiyel tehlike arz edebilir agregalar
- Ortalama Uzama Oranı >0.20 zararlı agregalar sınıfındadır.

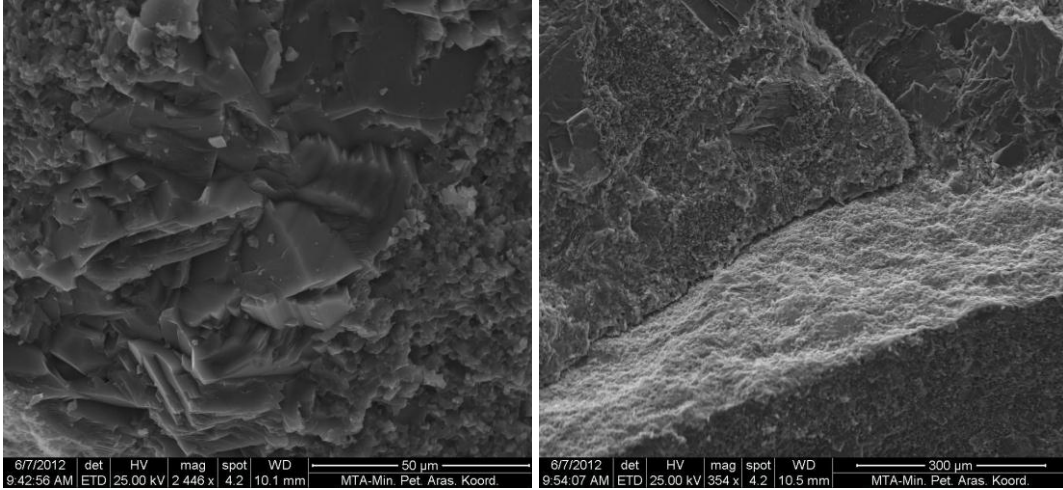
Hızlandırılmış harç çubuğu deney sonuçlarına göre de Van ilinde kullanılan ve bu çalışmada örneklendirilen numuneler ASR bakımından zararsız agrega sınıfına girmektedir.

SEM İncelemeleri

Alkali silika reaksiyonunun etkilerini görebilmek için hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinde kullanılan örnekler üzerinde SEM (taramalı elektron mikroskobu) incelemeleri de yapılmıştır. Bu incelemelerde; ABLD kodlu dere kumu örneklerinde reaksiyona bağlı olarak agrega çimento dokanağında betonun tamamında etkili olmayan mikroçatlaklar gözlenmiştir (Şekil 3). Bunun dışında kalan kireçtaşı örneklerinde herhangi bir jelleşme gözlenmemiş ve mikroçatlak yapısına rastlanmamıştır (Şekil 4).



Şekil 3. ABLD kodlu dere malzemesi kullanılarak hazırlanan hızlandırılmış harç çubuklarında gözlenen mikroçatlaklar.



Şekil 4. SLT ve YTY kodlu kireçtaşı kullanılarak hazırlanan hızlandırılmış harç çubuklarına ait SEM görüntüsü.

Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, bölgede kullanılan mevcut agrega ocaklarından alınan malzemelerde alkali silika reaktivitesi bakımından herhangi bir olumsuz duruma, kimyasal ve hızlandırılmış harç çubuğu yöntemine göre, rastlanmamıştır. Ocaklardaki ayrışma zonlarına göre çıkartılan hammaddenin ASR'si sürekli takip edilmeli, ocak işletilirken zararlı veya zararlı olması muhtemel agregalar ocaktaki değişime göre yeniden değerlendirilmelidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar örneklerin alındığı dönemde işletilen mevcut hammaddenin verilerini içermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 2009-MİM-B034 numaralı proje ile Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığınca desteklenmiştir.

Kaynaklar

- ASTM C-289-07, 2007. Standard Test Method for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method), Concrete and Mineral Aggregates. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM C1260-07, 2007. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method), Concrete and Mineral Aggregates. American Society for Testing and Materials, USA.

- Hornibrook, F.B., Insley, H., Schuman, L., 1943. Report on committee C-1 on cement (appendix). Proc. Am. Soc. Test. Mater. 43, p. 218.
- Ineson, P.R., 1990. Siliceous components in aggregates. Cement and Concrete Composites. 12;3: 185-190.
- Landgren, R., and Sweet, S., 1952. Investigation of durability of Wyoming aggregates. Proc. Highway Res. Board. 31: 202-217.
- Rhoades, R., 1942. Discussion of a paper by Stanton, Porter, Meder and Nicol, California experience with the expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. J. Am. Concrete Inst. Proc. 38: 7-11.
- Stanton, T.E., 1940. Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate, Proceedings, American Society of Civil Engineers. 66: 1781-1811.
- Stanton T.E., 1941. Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate, discussions. Proc. Am. Soc. Civil Eng. 67: 1402-1418.