A ac
DOI 10.1007/ 10499-017-0196-0

The impac of s ccessi e mass selec ion on pop la ion gene ic s r c re in he Pacific o s er (*Crassostrea gigas*) re ealed b microsa elli e markers

Jing iao Zhang[1] · Qi Li[1] · Qing hi Wang[1] · Rihao Cong[1] · Jianlong Ge[1] · Lingfeng Kong[1]

Rece ed: 11 Ma 2017 / Acce ed: 13 Se e be 2017

Abs rac T e a ae e ac f a eec e c e a fca c ed a f e Pac fc e *Crassostrea gigas*, e ef ed a eec e ea f c f Ja K ea d a ed e e a ec a a d c e 18 c ae e ae , c eec a ed e ba e a f e eec ed e d e d a f C a. T e a ea e be f a ee (*Na*), e b e ed ee e (*H*), d e ec ed ee e (*He*) a ed e ea e ee eec ed e (eec ed e f Ja , *Na* = 10.7–14.9, *H* = 0.757–0.846, *He* = 0.778–0.871; eec ed e f K ea, *Na* = 9.4–17.3, *H* = 0.736–0.865, *He* = 0.744–0.854). T e e a f c ed c e ee e eec ed e. H e e, ea ea e be f a ee e c a f c e eff d ea f e eec ed e c a ed a e ba e a d d a ($P < 0.05$), e a e cce e a eec c ed a a ce ae e b f ae a ee ec d f. E a e e a f a d ed c e eec e ea ec ded e e de e e effec f ec d f d b ec ca ed b cce e a eec . T e f a ba ed d ef f e de fa a e a e a e e f eec e b eed f *C. gigas*.

Ke ords Ma eec · M c a e e · G e c a a · Pac fc e · P a ec c e

In rod c ion

T e Pac f c e , *Crassostrea gigas*, de c e Pac f c c a f A a b a bec e e a e ec e e d de e f d (R e e a . 2005). Acc d e FAO (2016), e Pac f c e 27 c e d e d ced ec e e d. C a, K ea, d Ja a e e ee e - d c c e d de d e d c f e Pac f c e e ee c e eac ed 1550 d e c 2015 (FAO 2016).

D e e a e ead f e c a d de, e Pac f c e c ed a b ad a e f ea ec e , f e e - e. b ec e e c ed ea a e (.e., a ae a c e e d eed e) beca e a e- ca e d c f e f d (.e., d) c -effec e a ae a e , c e a e ce b ef f e de e f e ca ed a . D e a decade , e a e ec e b eed a f e Pac f c e a e be a c ed c e f c e (Wa d e a . 2000; L d e a . 2003; De e e a . 2010). Q a e e c e ec a be ed e e a e a a ca ed add e e c a ce d ba ed c a e , a c a ced c e ca e d d e ce d ea e. W e a e ec c e a c , e e ec f d d a e ba f be e f ce f ce a a e a d ed ee f a c e b eed d f a a ab e a e e d e add e e c a a (B d O e 2002). H e e, ca e , e a a be ad e a a f e c d e a e a e ec e e, e ec a f e cce e e ec a ac ed a .

Beca e f e fec d d a ce e d c e cce f e ec e, e a e fe a c f ec b a f e e e a (B d e a. 2002). D e cce e e ec ce , ac a e be a d e f e c a ab , a c a f e b eed a a d c a e c a e a. b c ea e e ec b eed a c d c ea e e a e f b eed a c a 6–8% e e a ; e c d f d a f e f e c a a ae e cc beca e f b eed de e (B d O e 2002). S , e e a e c ce a e c d e a e be e c ed a b e ec e e e d b eed . T e c e ce f e dec e c d e acc - ed b b eed de e e f e - e a ed c a ace e ec e f e (B e e e a. 1998; E e a. 2004). b c ca e, e de d f e c d e d d ffe e a a e a cce e e ec a e a f e a ab e ac e e f de ed a , - e a ab f e b eed a , d c 4949( )1cce e ca 7 e b

e a-6-2361 61 0061 61 61 61 - -12(712(61) 400(6) (61)fJ/T121Tf7.5c1.9552990014Td(8%)
).e2002a f

Ma erials and me hods

Sample collec ions

e ec e b eed a , e a f *C. gigas* a e e d ced f 2007 2012 a ae ac e ca ed La , S d , C a. 2007, 2- ea - d Pac fc e c ec ed f c ed c G a a a Ba M a P efec e, Ja (c J; 38.3 N, 141.3 E), d P , S K ea (c K; 35.1 N, 129.1 E), e e ed e ab e f e a eec e (JG1 d KG1) e aae f fa . T e e e e de ed f a a eed c ec ed e c a d c ed e ded f af a e c a a e .

S e-fe c d b f e e a dee ed f b c bef e eec ; , d d a c J d K e e eec ed f e d f e ed b f eac c e eec f e 10% e ea a f e eec ed e JG1 d KG1 (L e a. 2011). S a , e ec d e a f e eec ed e f e c J d K (JG2–6 d KG2–6) e ec c ed 2008–2012, e ec e . T e d e e e a ed f R , S d P ce, C a (WR; 36.4 N, 121.3 E). Ha c e , e , d - f ed e e d de c bed b L e a. (2011). Sa e f a d e be f e a ed d ce eac e a f eec ed e a e Tab e 1.

DNA e rac ion and microsa elli e anal sis

G c DNA a e ac ed f add c c e c e e a − 80 C acc d e -c f e d a d f ca (L e a. 2002). Ab 100 f e e a d e ed e a 37 C 0.5 f b ffe (6 M ea, 10 M T –HC , 125 M NaC , 1% SDS, 10 M EDTA, H 7.5) d 35 µ f e a e K (20 /). T e eac e a e ac ed e /c f (1:1), ec a ed , d d ed l TE b ffe .

Table 1 Sa e f a f e eec ed e f *C. gigas*

P a	N be f a	*Nf*	*N*	Sa e e	Da e f a
WR	–	–	–	47	Se e be 2013
JG0	–	–	–	47	J a 2007
JG1	80	38	42	48	Oc be 2008
JG2	70	34	36	48	Oc be 2009
JG3	88	37	51	48	Oc be 2010
JG4	74	32	42	47	Oc be 2011
JG5	83	35	48	48	Se e be 2012
JG6	91	50	41	48	Se e be 2013
KG0	–	–	–	48	J a 2007
KG1	74	38	36	47	Oc be 2008
KG2	65	30	35	48	Oc be 2009
KG3	84	49	35	48	Oc be 2010
KG4	87	46	41	48	Oc be 2011
KG5	83	38	45	48	Se e be 2012
KG6	107	59	48	48	Se e be 2013

Nf be ffe ae b d c , *Nm* be ffe ae b d c , *WR* d R a , *J* e ec ed e f Ja , *K* e ec ed e f K ea, *G0* e ba e e a , *G1–G6* f e a

T e e ac ed c DNA a ed a − 30 C. S e PCR c a 18 c a e e e ed f e c a , d e eac e f eac e PCR e e e f ed a e de c f L e a. (2017). F - , e PCR d c a c b ed f a de d a LIZ500 e da d (A ed B e) d eec e ed ABI PRISM 3130 A a ed DNA Se ce (A ed B e). F a e e a e ed e G eMa e 4.0 f a e.

Da a anal sis

P b e a e e d , e ca ed b e a e-a e e d , e e e ed MICROCHECKER 2.2.3 (V O e e a. 2004). N be f a e e e c (*N*a), a e e f e ce, e b e ed e e (*H*), d e ec ed e e (*H*e) a a e e a e ed MICROSATELLITE ANALYSER 4.0 (D e e d Sc e e 2003). F e'

Res l s

Gene ic ariabili

T e MICRO-CHECKER a e ea ed a a e e e 13 f 18 c ce ed, d da a de a ed a c a affec ed b a e e a 15 a , d e d ce f " e ea " c a a e e ed c e a ea e ed a c a be ed. A 18 c ae e c ee c e 15 a f *C. gigas* a ed d e e e f a ed a e c.

A e a e be f a e e (*Na*) f e e ec ed e f Ja dec ed f 14.9 10.7, e f e e ec ed e f K ea dec ed f 17.3 9.4 (Tab e 2). A f c ed c a e e be a b e ed JG5 (20.1%), JG6 (28.2%), KG5 (32.7%), d KG6 (38.6%), c a ed e b e ed e ba e a f e e ec ed e (W c ac ed- a ed- e , $P < 0.01$). T e e e *Na* a e e e b e ed e WR a (*Na* = 18.6). Me b e ed e e e (*H*) e e a f e c ed e ec ed e e e d c a ab e, f 0.757 0.846 e JG0–JG6 a d f 0.736 0.865 e KG0–KG6 a . T e a e a e ec ed e e e (*He*) ed f 0.778 0.871 e JG0–JG6 a d f 0.744 0.854 e KG0–KG6 a (Tab e 2). N f c d ffe ce e a e a e a e f *H* a b e ed be e e ba e a d e ec ed a (W c ac ed- a ed- e , $P > 0.01$). T e b eed c eff c a e (*F*) a c e e f a 15 a , a f − 0.039 0.091 e e ec ed e f Ja , d f − 0.067 0.018 e e ec ed e f K ea.

M f e a e e (44.0–68.6%) e e fe ce (< 0.05) d 16.9–31.1% f e a e e de a e fe ce (0.05–0.10) (F . 1). T e be f a e e fe ce (< 0.05) d dec e e e c ea e f e ec e e a e e ec ed e , d a f c d ffe ce a b e ed JG6 d KG6, c a ed e f e ba e a (W c ac ed- a ed- e , $P < 0.01$, F . 1). T e b e ed

Table 2 A a f e c d e d ffe a f *C. gigas*

P a	*Na*		*H*		*He*		*F*	
WR	18.6	6.3	0.814	0.155	0.851	0.111	0.045	0.141
JG0	14.9	3.6	0.845	0.097	0.871	0.049	0.027	0.135
JG1	14.7	4.8	0.757	0.167	0.828	0.096	0.091	0.157
JG2	13.8	5.5	0.809	0.117	0.819	0.103	0.012	0.083
JG3	13.1	5.8	0.789	0.212	0.809	0.102	0.029	0.229
JG4	13.1	3.9	0.846	0.142	0.817	0.099	− 0.039	0.160
JG5	11.9	4.3	0.787	0.135	0.778	0.139	− 0.025	0.146
JG6	10.7	3.0	0.822	0.131	0.807	0.096	− 0.027	0.170
KG0	15.3	7.0	0.843	0.099	0.854	0.074	0.007	0.136
KG1	17.3	5.2	0.836	0.123	0.853	0.110	0.018	0.107
KG2	13.4	5.5	0.865	0.128	0.821	0.082	− 0.058	0.151
KG3	13.1	3.7	0.860	0.117	0.811	0.088	− 0.067	0.149
KG4	11.8	4.1	0.811	0.153	0.790	0.120	− 0.025	0.129
KG5	10.3	2.9	0.794	0.128	0.793	0.081	− 0.005	0.158
KG6	9.4	3.0	0.736	0.130	0.744	0.102	0.006	0.151

Na b e ed be f a e e , *Ho* b e ed e e , *He* e ec ed e e , *Fis* b eed c eff c

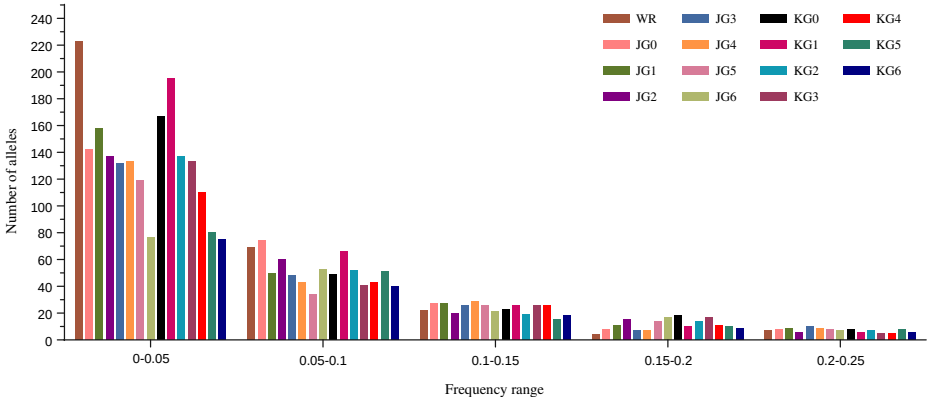

Fig. 1 A e e f e c d b a 18 c ae e c eac a

e f e ce e e ed f a ee . HWE. Af e ad e *P* a e ac e 18 c e e a B fe e d f e b e a (R ce 1989), e e f HWE e ea ed a 46 f 270 a - c ca e (15 a ▪ 18 c) e b ed f c de a f HWE ($P < 0.05$). T de a a e ac, cc a d ffe c f d ffe a , d JG2 e e a HWE a 18 c. B ec a e e ed a a a a e e ce b ec de e IAM d SMM ($P < 0.05$). H e e, a e e ec ed e e e f d be a a -d f e b de TPM ($P > 0.05$, Tab e 3).

Pop la ion differen ia ion

T e e c d ffe a a a e cce e e ec ed e f Ja d K ea a de a ed b e a e *F* a e a a e (Tab e 4). A e e c d ffe a a

Table 3 Te f a d f e b e e ec ed e d d a f *C. gigas*

P a	*P* a e f W c ' - e (a f *H* e ce def c c)		
	IAM	TPM	SMM
WR	0.86504	0.05374	*0*
JG0	*0.00002*	0.26453	*0.00401*
JG1	0.06654	0.30379	*0*
JG2	0.18147	0.96612	*0.00233*
JG3	*0.02081*	0.41711	*0.00064*
JG4	*0.00336*	0.79870	*0.00007*
JG5	*0.04828*	0.16735	*0.00016*
JG6	*0.00193*	0.21214	*0.03036*
KG0	*0.00401*	0.83173	*0.04317*
KG1	0.05386	0.05386	*0.00005*
KG2	*0.01203*	0.14152	0.14152
KG3	*0.04317*	0.08977	*0.00004*
KG4	*0.00769*	0.83173	0.83173
KG5	*0.00016*	0.46829	*0.00336*
KG6	*0.04317*	0.39274	*0.00021*

I a c e e f c d ffe ce ($P < 0.05$)

Table 4 *F* e a f e c d ffe a ENA d e c ed b eed f *C. gigas*

	JG0	JG1	JG2	JG3	JG4	JG5		KG0	KG1	KG2	KG3	KG4	KG5
JG1	0.0513						KG1	0.0621					
JG2	0.0378	0.0369					KG2	0.0665	0.0307				
JG3	0.0303	0.0515	0.0264				KG3	0.0742	0.0284	0.0246			
JG4	0.0294	0.0550	0.0270	0.0219			KG4	0.0753	0.0216	0.0349	0.0239		
JG5	0.0711	0.0662	0.0685	0.0616	0.0721		KG5	0.0472	0.0682	0.0598	0.0796	0.0764	
JG6	0.0714	0.0834	0.0798	0.0835	0.0979	0.0947	KG6	0.0680	0.1004	0.0874	0.1064	0.1123	0.0490

a b e ed KG0–KG6 a , c a ed e a e a e F a e JG0–JG6 a . F e e, c F a e e e a fc f e (P < 0.01 af e B fe c ec). T e a e F a e a e ba e a d e d a ed f 0.0189 0.0609, c ed a e e f e c d ffe a .

AMOVA e ea ed a fc ec a e c a ce a a ca ed bd be e e ba e a d e cce e e ec ed e f Ja (P = 0.729) d K ea (P = 0.290). M e e, f e a ce a d b ed d d a (93.60 d 95.12% e ec ed e f Ja d K ea) (Tab e 5).

Effec i e pop la ion si es

F eac e a , e effec e a e e ae ba ed e e a e d (Ne) ed f 69.9 90.1 e ec ed e f Ja , d f 64.6 105.9 e ec ed e f K ea (Tab e 6). H e e, e e ae e a e d e b e d (Ne) ed a a e e f a a d Ne e ec ed e (ec ed e f Ja , Ne = 67.9–205.2; ec ed e f K ea, Ne = 59.8–147.9) (Tab e 6).

Disc ssion

e cce e ec eb eed a , a a c ce f e ec ed a e f e c a ab d b eed , e ec a f e e ec ffec d a (Gaff e e a. 1992; Y d G 2004; W e a. 2016). He e f ed a a a e c

Table 5 A a f ec a a ce (AMOVA) f c ae e f c ed ec eb eed e f *C. gigas*

S ce f a a	De ee f f eed	S f a e	Va ce c	Pe ce a e f a a (%)	*P* a e
Se ec ed e f Ja					
A	1	38.807	− 0.09677	− 1.25	0.729
A a	5	275.763	0.49855	6.42	0
A d a a	327	2438.931	0.09527	1.23	0.019
W d d a	334	2427.500	7.26796	93.60	0
T a	667	5181.001	7.76502	–	–
Se ec ed e f K ea					
A	1	61.344	0.06140	0.80	0.290
A a	5	255.559	0.46080	5.99	0
A d a a	328	2305.548	− 0.14664	− 1.90	0.999
W d d a	335	2453.000	7.32239	95.12	0
T a	669	5075.451	7.69795	–	–

Eac a e ec e a d ded , e ba e a d e a - e ec ed a

Table 6 T effec a e eec ed e d a f *C. gigas*

P a	Se a e d	L a ed e b e d	
	Ne	*Ne*	95% CI
WR	–	127.6	92.9–196.2
JG0	–	104.9	82.1–142.0
JG1	79.8	67.9	55.3–86.4
JG2	69.9	205.2	131.2–434.7
JG3	85.8	117.7	85.8–180.2
JG4	72.6	130.6	91.9–214.5
JG5	81	83.2	63.9–115.2
JG6	90.1	130.1	105.2–168.3
KG0	–	105.8	79.9–151.6
KG1	73.9	119.6	89.3–175.4
KG2	64.6	106.8	88.5–133.1
KG3	81.7	74.4	59.1–97.9
KG4	86.7	147.9	101.3–258.1
KG5	82.4	66.9	54.4–85.3
KG6	105.9	59.8	48.4–76.5

Ne effec e a ee - a e ba ed e be f ae d fe ae ed - d ce a ea Fac e d Mac a (1996), *Nem* effec e a ee ae e aed e b e - d f D e a. (2014), *95% CI* 95% c f d ce e a f *Ne*

a a ee ef ec e ea ec d e f a (Bea e a. 2010). d, e be ed e ec ed ee a ed e ea ; ee, f- c f ee a be ed be e eba e a d ee ced e. S a e a e be de ec ed e ec ed a fea e e *Crassostrea virginica* (Y d G 2004). A , e ad ca *Mercenaria mercenaria*, a ca a be ed be e ec f fa d f ee (D d M 1987). T e a e a be beca e e ae f ee c d be fa ed fa a a f ded e ee a , d beca e f -fe c a ee ee a e c effec e ae f ee (A d f 1986).

T e ec ed e e ea d, ee, ed a fc ed c a ee be JG5–JG6 d KG5–KG6, c a ed e e ec eba e a . T e e a e fac a c b e e fa e e, c a ec d f, b ec , d ee c . C de fa ee ec ed a d c ed a fa a c ece (D d M 1987; Hed ec c d S 1990; A ead d Wad 2006), e f d a e fa ee a ea e ea be ed dec ea e f ee . F e e, a fc fa e a ee a de ec ed e ea f ec ed e (JG6 d KG6), e a cce e a ec c ed a a ce a e e b fa e a ee ec d f. A a e a e, e fa ee e be a be e d ca f e c a ab cce e a ec ed e e (Y d G 2004).

d, e dec e *Na* d a e a ee e ea a ed a add e e c a a a bec ee c , d e ec ed a ca ed a f d ec d f e ea . De e f e c a ce d ec d f a ec e e f *C. gigas*. Ac a , a dd dec e e ec e e f ec c a afe ea f a ec a e ed E e e, *Ostrea edulis* (Ne d Ha e 1983), d S e c e, *Saccostrea glomerata* (Ne e a. 1999), d e a ac a ece c a S e ba b *Puntius gonionotus* (P a e a. 2006). Ja e (1969) f d e ed c e e ec ca ed b a a be ff de ea f a e a de e ec , e ec a e

de ab e a ee ae ae e ba e a . A L e a. (2011) d W e a. (2012) e ed a 7.2–13.2 d 8.4–10.4% a f d ec d ea f ea ed ac d ffe ea a e e ba ed e ee ec ed e f *C. gigas*, a f e d e ec e e f be ea ae ae e ed c f e a f ee ec ed e f c ea ed a e ec e b eed a . a, 46 f 270 a - c ca e de a ed f e Had –We be e ec a d. L e a. (2006) e ed f ec ed a f Pac fc e C a d f d a 32 f 35 a - c ca e de a ed f HWE. A de a f HWE c d e f e ce f a e, b eed , d a , d a fca d a a ec d eed d c d c a (McG d c 2000; L e a. 2003; Hed ec c e a. 2004; L e a. 2006). d, a ea e ec (10%) a a ed e cce e a ec , c c ea ed e f d a , d c d e de a f HWE e ec ed e .

T e ea e c d ffe a (*F*) a e ba e a d e ec ed e f K d J e e fc d ffe f e ($p < 0.05$). W e ec ed e f K d J, e c d ffe a ($F < 0.06$) e e de ec ed a e f f ea . H e e, de a e e c d ffe a ($0.06 < F < 0.15$) e e de ec ed be e eff ea e e ec ed e, e a ba e ee ec e a a ea e e f cce e a ec . T e ce f ba e a be a de , e - e ce f cce e a fca ec d e a f *C. gigas* a a a e. S a a a be d c ed e ec c a e e c ec ed a f e Pac fc e (A e ad d Wa d 2006) d c ca (Na a-R e a. 2017). T e ea ed b AMOVA d a d ca ed a fc ec a e c a ce a a ca ed bd be e e ba e a d e cce e ec ed e .

M e ea c e a e d ca ed a e e a e f effec e a e e e bab e ff c ac e e acc a e e c f a f a a (e - ca f a fca ec e a), c a ed e ea a f e e c a a ee (c a *H* d *He*) (Wa e 1989; C e a e a. 2005). d, e a e f *Ne* d *Ne* e ec ed e e ea ed b e e a a ee a a ea e e e (*Ne* > 60, *Ne* > 50) e ea (B d O e 2002), d ca a e effec e a e a affec ed ea b cce e a ec . H e e, e dec e f e effec e a e a be ed e ec ed a d c a ed c f e (Hed ec c d S 1990; Gaff e a. 1992). T e dec ea e f effec e a e a e f a fca ec e be ff d ced b fe a de a ece dc d a ae f b d c (A e ad d Wa d 2006; La a e a. 2010). T e effec e a ec a be ed ced b d f e f e a ce f e d c e cce e a e ace - a a ed e d (B d e a. 2002; G a de a. 2003). T e cce e a ec a ff c affec e effec e a e f e ec ed e, c a e f a fca fe a a ed a ec e b eed a , d a e ae d fe ae c be a eed c b e a ee e e ea .

O e ba ed a ae d e b ed a ee a a f c a e effec e a e f e ec ed e a e ec ce e ed. T e

b ec a ba ed IAM d SMM d ca ed a e ec ed e c d a e e ced a ec b ec . T e ef e, e f c a f *Ne* a ea f a ec b ec , c be d e cce ea f ca eec e d a a a f *C. gigas*. add , be a e eec ed e c a e e ab ec a be e e a ed ced a ed be eec a e c a , e ec a de ab ea ee a ea fe ce eec ed e (Ja e 1969). H ce, ed c e eec e e ea c ea e f eec e ea ec ded e e de e e effec f e c d f d b ec ca ed b cce e a eec , e effec e a e f e eec ed e e e a a e e eec e ea . c c , ee a f c ed c e ee e eec ed e. H e e, ea ea e be fa ee e c a c de ab e eff d ea f e eec ed e, c a ed e f eba e a d d a , e a e eec ed a ca ed a f d e c d f e ea d cce e a eec e c ed a a ceae e e - b f ae a ee e c d f eec . T e eec e f e 10% e c acce ea e e fa ee e e eec ed e a e effec e a e. C e e e eec ed f d ffe e a ca a be, bec ea ed ea a f d e . T a a e effec e a e da d b eed , e a e e a f a d ed c eec e ae ac e f ea e ea ec ded e ce f - e a eec f ec ed a . T e e ba ed d de f a f e de f a ae a e ae e f eec e b eed f *C. gigas*.

F nding informa ion This study was supported by the grants from Shandong Seed Project, Shandong Province (2016ZDJS06A06), and Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology (2015ASKJ02).

References

A d f FW (1986) G e c d f d e fa ee e ee . Z B 5:181–190
A e a d SA, Wa d RD (2006) G e c d e d effec e a e a eec e f Pac fc e (*Crassostrea gigas*). A ac e 254:148–159
Bea A, B d P, H a e K (2010) B ec d e c f e e da ac e, 2 d ed. W e -B ac e , ed K d
B HB, O e I (2002) De a ac e a eec a a d b eed ae. A ac e 204:349–359
B e N, La e S, Nac -G a Y, B e F (1998) Ea effec f b eed a e ea ed b c ae e a e *Ostrea edulis* a ae. G e c 148:1893–1906
B d P, C e B, C e e F, He e V, B e F (2002) H a ce e d c e cce f e Pac fc e (*Crassostrea gigas*, T be) e ea ed b c ae e-ba ed a a e a f - fac a c e . A ac e 204:283–296
C a MP, E A (2007) M c ae e a ee de a f a d ffe e a . M B E 24:621–631
C e a S, Ve E, K D, de Le CG (2005) A e c e f d e e a a ce f e c d e a , e ea A ca a . C e G e 6:823–842
C e JM, L a G (1996) De c d e a f e f de ec ec a b ec f a ee fe c da a. G e c 144:2001–2014
De e L, Bed e E, B d P (2010) S e a f ac e - d ced Pac fc e a (*Crassostrea gigas*). II. Re e eec f a d f ce d ed. A ac e 299:21–29

De e D, Sc e C (2003) Mc ae e a e (MSA): a af de d a f a e c ae eda a e. M Ec N e 3:167–169
D RT, Ma JJ (1987) Ha d ca , *Mercenaria mercenaria*, b d c : e cd f d f a ea ee ed c e. A ac e 60:99–105
D C, Wa e RS, Pee D, Macbe GM, T e BJ, O de JR (2014) NEESTIMATOR 2: e- e a f f ae f ee a fc e a effec e a e (*Ne*) f e c da a. M Ec Re 14:209–214
E F, Ma S, B a e J, L d C (2004) T e effec f b eed e f ce a f ad Pac fc e (*Crassostrea gigas*). A ac e 230:89–98
E c ffe L, L c e HEL (2010) A e e 3.5: a e e f a ef a e de L d W d . M Ec Re 10:564–567
E c ffe L, S e PE, Q a JM (1992) A a f ec a a ce fe ed f e c d ce a DNA a e: a ca c d a DNA e c da a. G e c 131:479–491
Fac e DS, Mac a TF (1996) d c a e e c, 4 ed . L G LTD., L d d Ne Y
FAO (F d d A c e O a) (2016) G ba a ac e d c 1950–2015. F d d A c e O a f e U ed Na , R e
Gaff e PM, Da CV, Ha e RO (1992) A e f d f d eec ace a f e (*Crassostrea virginica*). A ac e 105:1–20
G de J (2001) FSTAT, a a e ae d e e d e e d f a dce, e 2.9.3. De a f Ec d E , La e U e , La e
G ad E, A a d S, V a V, B ff V, M c e O, P a D, W b J, B d P (2003) Re d a e c a ab d e ca ed a f e Pac fc b e (L ae) f Ne Ca ed a, F c P e a d Ha a d e a e ec da . A a L Re 16:501–508
Hed ec c D, S F (1990) G e c d f d effec e a e f ace - a aed c f e Pac fc e, *Crassostrea gigas*. A ac e 88:21–38
Hed ec c D, L G, H be S, B c K, R be V (2004) W de ead a ee d c - ece a fca f c ae e DNA c c ed f e Pac fc e, *Crassostrea gigas*. J S e f Re 23:379–386
Ja e JW (1969) T e f de effec d e e a fca eec . G e Re 16(03):241–250
La a D, B d P, La e e S, K JW, Bea AR (2010) S ae e f e e f e c a ab E e fa e (*Ostrea edulis*) e a a e. C e G e 11:1899–1910
L d C, E F, Jac b D, B M (2003) Y ed f c ed Pac fc e *Crassostrea gigas* T be ed af e e e a f eec . A ac e 220:227–244
L Q, Pa C, K a A (2002) I a d c a ace a f c ae e c e Pac fc aba e, *Haliotis discus hannai*. J S e f Re 21:811–816
L G, H be S, B c K, R be V, Hed ec c D (2003) C a ace a f 79 c ae e DNA a e e Pac fc e *Crassostrea gigas*. M Ec N e 3:228–232
L Q, Y H, Y R (2006) G e c a ab a e ed b c ae e c ed a f e Pac fc e (*Crassostrea gigas*) C a. A ac e 259:95–102
L Q, W Q, L S, K L (2011) Se ec e e e d ea ed e ab f ee c f e Pac fc e *Crassostrea gigas*. F Sc 77:643–648
L T, L Q, S J, Y H (2017) De e f c c ae e e PCR d e- abe ed e a e d a da ed ee a f Pac fc e (*Crassostrea gigas*). J Oce U C a 16:151–160
L a G, R N, Ta DA, Sc a MK, A d f FW (2010) E a fc d effec e a e: e c ea ef e f DNA-ba ed a ac e. C e G e 11:355–373
McG d c DJ (2000) T e f c ae ea ee A a d N A e c c f e Pac fc e (*Crassostrea gigas*): ec d a ee. J S e f Re 19:779–788
Na a-R Ł, Ra K, N a Z, S c el J, P ac A, O a e a T, I a a I (2017) G e c d e fc ca (*Cyprinus carpio* L.) a b eed P d ba ed c ae e, AFLP, d DNA e da a. A ac e 473:433–442
Ne JA, S IR, S e d A (1999) T d ea e a a f S e c e *Saccostrea commercialis* (I eda e d R e) b eed e. A ac e 170:195–203
Ne G, Ha e L (1983) Se ec f ae e E e e, *Ostrea edulis*: e e f ec d ea . A ac e 33:149–155
P a N, N NH, P RW (2006) Ma eec f c ea ed b d e a a e e f e ea T a e ba b (*Puntius gonionotus*). Pa e e ed a e P ceed f e 8 W d

C e G e c A ed L e c P d c , Be H e, M a Ge a , B a , 13-18 A 2006
Ra d M, R e F (1995) G e (e 1.2): a f a e f e ac e d ec c . J He ed 86:248–249
R ce WR (1989) A a ab e f a ca e . E 43:223–225
R e JL, L HS, T be AC, He KW, M c e F, B e JE, Ka MC (2005) d c f - a e e : ec e effec d e a ca . A Re Ec E S 36:643–689
V O e C, H c WF, W DPM, S e P (2004) MICRO-CHECKER: f a e f d f d c ec e da a. M Ec N e 4:535–538
W Q, L Q, K L, Y R (2012) Re e eec f fa e ec d ea f Pac f c e (*Crassostrea gigas*). J Oce U C a 11(3):413–418
W X, L Q, Y H, K L (2016) G e c a a a e ed c ae e a eec e f e Pac f c e (*Crassostrea gigas*) C a. J Oce U C a 15:1039–1045
Wa e RS (1989) A e a ed a ac f e a effec e a e f e ac e a e e f e c . G e c 121:379–391
Wa e RS, D C (2008) LDNE: a a f e a effec e a e f da a a e d e b . M Ec Re 8:753–756
Wa d RD, P LJ, McG d c DJ, Ma e GB, Ne JA, T PA (2000) G e c e f e Pac f c e *Crassostrea gigas* (T be) A a a. A ac Re 31:35–44
We BS, C c e a CC (1984) E a *F*- a c f e a f a c e. E 38(6): 1358–1370
W c F (1945) d d a c a b d e d. B B 1:80–83
Y Z, G X (2004) G e c a f eec ed a f ea e e (*Crassostrea virginica* G e) AFLP d c a e e a e . Ma B ec 6:575–586