

KELENTURAN FENOTIPIK (*Phenotypic plasticity*) UDANG GALAH TERHADAP SALINITAS: STRATEGI BARU PENGEMBANGAN PERIKANAN BUDI DAYA

Wartono Hadie dan Nurbakti Listyanto

Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta

ABSTRAK

Udang galah pada stadia dewasa memiliki kemampuan secara genetis untuk hidup di ekosistem tawar maupun payau. Kemampuan untuk mengatasi cekaman salinitas tersebut dikontrol oleh sekelompok gen yang disebut gen kelenturan fenotipik (*phenotypic plasticity genes*). Pemanfaatan potensi gen tersebut secara benar melalui kegiatan program pemuliaan dapat membentuk varietas baru udang galah yang toleran salinitas. Dampaknya akan sangat bermanfaat untuk substitusi komoditas udang windu di tambak yang saat ini masih belum mampu bertahan terhadap serangan *virus white spot* (WSSV). Selain itu, udang galah yang toleran terhadap salinitas ini dapat dimanfaatkan di tambak-tambak udang windu yang terbengkalai. Dengan demikian pengembangan budi daya udang galah akan memberikan kontribusi dalam usaha revitalisasi tambak.

KATA KUNCI: udang galah, genotipe, fenotipe

PENDAHULUAN

Kemampuan adaptasi genotipe dikontrol oleh seperangkat gen yang kemudian dianggap sebagai potensi genetik setiap individu. Gen kelenturan dapat terekspresi setelah kontak lingkungan secara permanen dalam seluruh siklus hidupnya. Munculnya gen kelenturan ini juga akan diekspresikan pada generasi berikutnya yang tercermin dalam nilai heritabilitas kelenturannya (h^2pl). Seperangkat gen yang mengatur kelenturan terhadap salinitas akan terekspresi dengan adanya stimulasi salinitas, misalnya apabila udang galah secara terus-menerus dipelihara dalam media bersalinitas. Dengan demikian, ekspresi dari gen kelenturan terhadap generasi berikutnya akan menjadi keunggulan galur udang galah tersebut, yang umumnya sebagai produk akhir suatu *breeding program*. Penampakan perubahan potensi gen ini akan terukur melalui fenotipenya. Selain itu, faktor penentu keberhasilan dalam penelitian kelenturan fenotipik sangat ditentukan oleh keragaman genetik dalam populasi, tingkat salinitas, heritabilitas, dan metode seleksi.

Jika seperangkat gen yang mengatur kelenturan fenotipik terhadap salinitas dapat terekspresi dalam populasi dasar dan mempunyai nilai heritabilitas tinggi, maka respons

seleksi kelenturan fenotipik secara langsung akan berdampak positif, sehingga udang galah varietas baru tumbuh sama baiknya di lingkungan tawar maupun payau.

MENGAPA KELENTURAN FENOTIPIK

Kelenturan Fenotipik Dikontrol oleh Gen Khusus

Kelenturan fenotipik sebagai salah satu mekanisme adaptasi suatu organisme terhadap lingkungan yang beragam, bergantung kepada: (1) Genotipe yang mengontrol perkembangan organisme yang mempengaruhi norma reaksi. Ada dua kategori kontrol genetik dari kelenturan (Schlichting & Levin, 1986; Jink & Pooni, 1988; Scheiner & Lyman, 1989). Pertama, sebagai kepekaan *alel* di mana seluruh lokus gen diekspresikan dalam setiap lingkungan. Setiap individu mempunyai kepekaan *alel* yang berbeda yang merupakan pengaruh langsung dari lingkungan. Kedua, kontrol regulator yaitu suatu kontrol di mana tidak semua lokus gen diekspresikan dalam setiap lingkungan. Ekspresi gen diatur melalui lokus regulator yang mengontrol ekspresi sejumlah besar gen struktural melalui gen operator. (2) Tekanan-tekanan yang dapat mempengaruhi arah evolusi dalam lingkungan yang berbeda (Schlichting & Pigliucci, 1995).

Sifat kelenturan fenotipik akan bermanfaat jika respons alel terhadap lingkungan ini juga diwariskan terhadap keturunannya. Oleh karena itu evaluasi terhadap heritabilitas menjadi sangat penting, sehingga eksplorasi heritabilitas dari kelenturan sifat dalam penelitian ini menjadi fokusnya.

Sifat Kelenturan dapat Diseleksi

Kelenturan fenotipik merupakan ekspresi suatu sifat udang galah pada lingkungan salinitas yang berbeda. Gambaran tentang kelenturan fenotipik udang galah G_2 terhadap salinitas, dapat diestimasi melalui: norma reaksi, koefisien variasi, interaksi genotipe lingkungan, pola kelenturan fenotipik, heritabilitas kelenturan, dan biaya kelenturan (Hadie *et al.*, 2005). Sifat-sifat tersebut secara keseluruhan akan menggambarkan bagaimana udang galah dapat beradaptasi dengan lingkungan melalui fungsi biologi yang normal.

Pertumbuhan udang galah pada lingkungan yang berbeda dari lingkungan tawar ke lingkungan payau dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi enzimatik (Angilleta *et al.*, 2003). Invasi organisme air tawar ke dalam lingkungan air payau atau laut, akan mengakibatkan perubahan fisiologis yang didasarkan seberapa besar kemampuan adaptasi enzim (Rollwagen, 1996). Holopainen *et al.* (1997) juga menegaskan adanya hubungan antara proses fisiologis dan ekspresi fenotipik dari morfologi yang spesifik. Hubungan tersebut merupakan pertahanan terhadap predator yang merupakan kelenturan fenotipik yang dikontrol oleh gen. Enzim adaptif salinitas pada organisme tersebut mungkin belum cukup memadai, sehingga akan kekurangan energi untuk proses anabolik dan katabolik sebagai kunci pertumbuhan. Sementara itu efisiensi pertumbuhan menurut Angelita *et al.* (2003), akan meningkat jika ada penurunan laju pembongkaran protein dan transfer ion. Hal ini karena proses fisiologis tersebut memerlukan banyak energi. Idealnya adalah enzim adaptif salinitas tersedia dalam konsentrasi yang cukup sehingga energi yang seharusnya digunakan untuk perawatan fisiologis seperti osmoregulasi dapat dialokasikan untuk pertumbuhan. Hal ini dapat dicapai jika gen kelenturan pada salinitas telah terekspresi secara optimal.

Udang galah menunjukkan pertumbuhan yang baik pada salinitas 0‰—10‰ dan menurun pada salinitas 15‰. Hal ini menunjukkan bahwa udang galah memiliki potensi gen toleran

terhadap salinitas hingga 15‰. Dengan demikian penggunaan program seleksi akan mampu meningkatkan laju pertumbuhan pada salinitas hingga 15‰. Dan jika terus dilakukan program seleksi secara konsisten beberapa generasi berikutnya dapat diperoleh udang galah yang toleran salinitas, sebagai varietas baru udang galah.

Kelenturan Fenotipik Merupakan Mekanisme Adaptasi

Kelenturan fenotipik adalah kemampuan suatu individu atau genotipe untuk menghasilkan lebih dari satu alternatif bentuk morfologi, status fisiologis, dan atau tingkah laku sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan (West-Eberhard, 1989; Noor, 2004). Sultan (1987) dan Taylor & Aarssen (1988) mendefinisikan kelenturan fenotipik sebagai variasi ekspresi fenotipe dari suatu genotipe sebagai respons terhadap kondisi lingkungan tertentu, dan dapat meningkatkan kemampuan individu untuk tetap bertahan hidup dan bereproduksi pada kondisi lingkungan tersebut. Selanjutnya kelenturan fenotipik menunjukkan seberapa besar variasi fenotipe suatu genotipe berdasarkan kondisi lingkungan yang berbeda.

Dalam kaitannya dengan aspek genetik, terdapat tiga teori utama berkenaan dengan kelenturan fenotipik. Teori pertama menggambarkan kelenturan fenotipik sebagai suatu sifat yang dikontrol oleh gen-gen yang terletak pada lokus yang berbeda dengan gen-gen yang mengontrol rata-rata sifat pada lingkungan tertentu (Scheiner & Lyman, 1989; 1991). Teori kedua menggambarkan kelenturan fenotipik sebagai suatu fenomena seleksi, untuk rata-rata sifat yang berbeda pada lingkungan yang berbeda (Via & Lande, 1985; Via, 1993). Teori ketiga menggambarkan kelenturan fenotipik sebagai fungsi homosigositas dan mengasumsikan bahwa jumlah perubahan fenotipe pada lingkungan yang berbeda merupakan suatu fungsi menurun dari jumlah lokus heterosigositas (Gillespie & Turrelli, 1989).

Jenis Ikan Toleran Salinitas

Ada beberapa jenis ikan air tawar berdasarkan habitat dan ontogenetik memiliki gen kelenturan fenotipik terhadap salinitas. Jenis ikan potensial untuk dimanfaatkan gen kelenturannya di antaranya adalah udang galah, nila, ikan kakap putih, dan ikan patin.

Jenis-jenis ikan tersebut secara ekonomi cukup potensial dan dengan demikian penggunaan spesies tersebut mampu meningkatkan produktivitas tambak.

MENGAPA UDANG GALAH

Program Nasional DKP

Udang, baik udang air tawar maupun air payau merupakan komoditas unggulan Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP), selain kerapu, rumput laut, nila, dan bandeng. Namun demikian, produksi udang galah masih relatif kecil andilnya dalam statistik produksi perikanan misalnya dari lahan kolam dan sawah pada tahun 2001 mencapai 77 ton dan pada tahun 2002 mencapai 450 ton (Anonim, 2004).

Untuk mendorong peningkatan produksi udang galah maka sejak tiga tahun terakhir Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya telah mengalokasikan program bantuan dengan tujuan mengintensifkan budi daya ikan termasuk didalamnya udang galah. Di beberapa daerah hasilnya cukup signifikan karena memacu pertumbuhan budi daya udang galah secara nyata, seperti yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Komoditas Ekspor

Ekspor udang Indonesia termasuk udang galah merupakan andalan utama untuk memperoleh devisa hasil budi daya perikanan nasional kita. Di bidang perikanan air tawar, udang galah merupakan komoditas yang memiliki nilai ekspor dengan permintaan kuota yang tinggi. Bahkan hingga saat ini permintaan tersebut belum dapat dipenuhi, hal ini dikarenakan produksi hasil tangkap yang tidak menentu. Oleh karena itu di masa depan produksi udang galah harus ditingkatkan. Salah satu caranya adalah dengan perluasan lahan budi daya secara signifikan. Sasaran ekspor hasil perikanan dan perluasan lahan budi daya yang ingin dicapai Indonesia di masa depan seperti terlihat pada Tabel 1 dan 2.

MENGAPA DI TAMBAK

Kawasan Tambak Daerah Pengembangan yang Potensial

Dengan terekspresinya gen kelenturan fenotipik terhadap salinitas, maka udang galah dapat secara bertahap dipelihara di tambak air payau yang lahannya tersedia cukup luas. Luasan lahan demikian sangat

Tabel 1. Sasaran perluasan lahan budi daya perikanan (Ditjen Perikanan, 2004)

Jenis komoditas	Rencana Realisasi						Kenaikan (%/th)
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Volume (ton)							
Udang	921.000	402.831	466.332	544.893	636.293	741.976	16,50
Kerapu	145.550	147.000	171.500	200.900	230.300	264.600	15,83
Rumput laut	7.040	8.400	10.500	13.300	16.800	21.000	25,75
Nila	51.390	44.780	53.760	64.500	77.370	91.200	19,46
Ikan hias	15.000	17.640	21.600	25.200	30.600	36.000	19,55
Mutiara	3.930	4.000	4.800	5.760	6.910	8.160	19,51
Lainnya	10	11	12	13	14	16	10
Nilai (US\$ 1.000)							
Udang	730.080	181.000.000	204.160	235.220	274.300	321.000	15,41
Kerapu	2.142.030	1.609.490	187.143	2.188.880	2.535.300	2.937.440	16,23
Rumput laut	1.086.610	1.073.100	1.251.950	1.466.570	1.681.190	1.931.580	15,83
Nila	63.360	42.000	52.500	66.500	84.000	105.000	25,75
Ikan hias	28.290	22.390	26.880	32.250	38.685	45.600	19,46
Mutiara	60.000	70.560	86.400	100.800	122.400	144.000	19,55
Lainnya	19.720	20.000	24.000	28.800	34.550	40.800	19,51
	16.920	19.440	21.380	23.520	25.875	28.460	10
	867.130	362.000	408.320	470.440	548.600	42.000	15,41

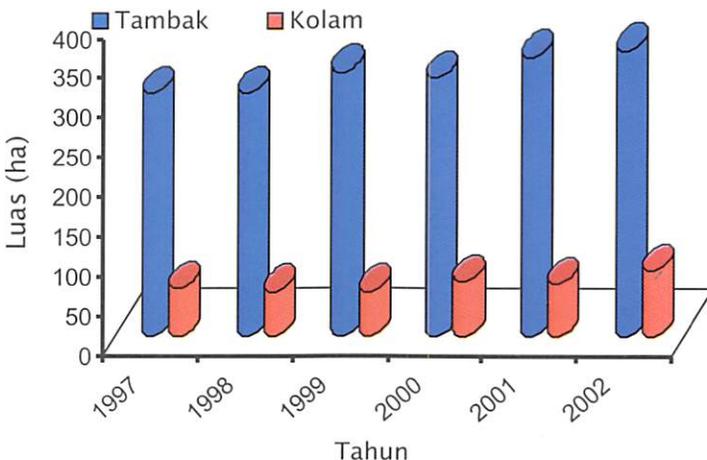
Tabel 2. Sasaran perluasan lahan budi daya perikanan (Ditjen Perikanan, 2004)

Jenis budi daya	Satuan	Sasaran					Kenaikan (%/th)
		2005	2006	2007	2008	2009	
Budi daya laut							
- KJA	unit	18.514	23.143	29.314	37.029	46.286	25,75
- rakit (<i>longline</i>)	ha	879.686	1.056.000	1.266.917	1.519.886	1.791.429	19,46
Budi daya air payau							
- tambak	ha	447.139	519.763	606.805	695.645	794.932	15,48
Budi daya air tawar:							
- kolam air tenang	ha	47.022	51.383	57.140	65.112	74.467	12,20
- kolam air deras	uni	2.707	2.788	2.872	2.958	3.047	3,00
- KJA	unit	12.142	13.339	15.354	18.584	22.032	16,14
- keramba	unit	2.070.653	-	2.780.050	3.364.120	3.947.906	17,53
- sawah	ha	83.725	-	105.802	128.025	151.860	16,13
Jumlah	unit	2.104.016	2.428.138	2.827.590	3.422.619	4.019.271	17,58
Jumlah	ha	1.457.572	1.729.067	2.036.664	2.408.668	2.812.688	17,86

membantu manajemen budi daya udang galah yang efisien. Menurut New & Singholkha (1985), manajemen budi daya akan lebih baik jika menggunakan luasan kolam 1.000 m², sedangkan lahan demikian merupakan karakteristik pertambakan air payau. Gambaran perkembangan luas lahan untuk budi daya ikan dari tahun 1997—2002 (diperlihatkan pada Gambar 1). Hadie & Hadie (2003) menyatakan bahwa pertumbuhan udang galah di air payau belum optimal dan masih berada di bawah rata-rata pertumbuhan udang galah yang dipelihara di air tawar. Walaupun demikian budi daya di tambak dapat dilakukan.

Pemanfaatan Tambak Terlantar

Potensi lahan untuk budi daya ikan di kolam air tawar mencapai 83.526 ha untuk berbagai jenis ikan air tawar, termasuk di antaranya adalah udang galah. Oleh karena itu, lahan pengembangan udang galah dapat diarahkan ke perairan payau (tambak) yang luas perairannya mencapai 360.239 ha (Anonim, 2004). Jika 5% saja dari luas tambak dapat digunakan untuk budi daya udang galah maka tersedia lahan 18.011 ha. Dengan demikian varietas baru udang galah yang tahan pada salinitas ini akan besar sekali kontribusinya terhadap



Gambar 1. Perkembangan luas lahan tambak dan kolam untuk budi daya (ha)

produksi nasional. Agar dapat berkembang dengan baik pada perairan payau, maka gen-gen yang mengatur kelenturan fenotipik terhadap salinitas perlu dieksploitasi terlebih dahulu. Keberhasilan dalam mengekspresikan gen dan keberhasilan dalam pemuliaan udang galah menjadi varietas baru yang lebih lentur terhadap salinitas ini akan mendukung keberhasilan budi daya udang galah di perairan payau. Hal ini merupakan terobosan besar dalam meningkatkan produksi udang nasional khususnya udang galah.

DAMPAK BUDI DAYA UDANG GALAH TERHADAP KAWASAN TAMBAK

Diperkirakan 30% dari lahan udang windu, yang berkembang pada era 1990-an dengan pola intensif dan superintensif pada waktu itu, kini tidak dapat digunakan untuk budi daya udang windu lagi. Umumnya lahan tersebut digunakan untuk komoditas lain yang nilainya lebih rendah seperti ikan bandeng, nila atau jenis lainnya. Lahan demikian merupakan potensi yang sangat baik bagi pengembangan komoditas perikanan lain misalnya udang galah.

Uji coba yang dilakukan dengan menggunakan udang galah (*G.*) pada salinitas 15‰ dan dibiarkan salinitasnya terus meningkat sejalan dengan gradien penguapan, udang galah tersebut mampu hidup hingga salinitas 28‰. Dari segi potensi genetik hasil ini merupakan dasar yang baik untuk memanfaatkan gen kelenturan fenotipik udang galah terhadap salinitas. Dengan kelenturan pola fleksibel yang dimiliki oleh udang galah tersebut akan menambah kepercayaan pemulia untuk keberhasilannya di masa datang.

Kelenturan fenotipik pola fleksibel berhubungan dengan fungsi waktu, karena karakter ini bersifat lentur adaptif dan ini berhubungan dengan terekspresinya gen pengatur kelenturan (Smith-Gill, 1983). Terekspresinya gen-gen pada lingkungan salinitas dalam jangka waktu yang lama, memungkinkan terekspresinya atau *switch on* gen kelenturan dan mewariskannya kepada keturunannya. Walaupun pola ini belum nyata pada genotipe yang diekspose pada lingkungan salinitas tertentu, tetapi ada kecenderungan meningkatnya keragaan hasil dari tetua yang disimpan pada salinitas 10‰.

Dengan mempertimbangkan respons seleksi per generasi, diharapkan ada pengaruh adaptif selama penyimpanan induk dalam salinitas tersebut. Fenomena ini cukup menarik

untuk dilihat pada generasi berikutnya mengingat akan makin stabilnya ekspresi gen kelenturan dengan lamanya genotipe mengalami cekaman lingkungan.

Implementasi dari sifat kelenturan fenotipik pada trait pertumbuhan udang galah dalam salinitas dapat dinyatakan dalam rancang tindak seleksi. Hal ini meliputi tindakan seleksi, persilangan, pemeliharaan induk yang konsisten pada salinitas serta tindakan konsisten lainnya sehubungan dengan pemuliaan. Hal ini harus ditangani oleh tenaga pemulia yang bertanggung jawab dalam jangka panjang.

Dukungan moral dan finansial pemerintah maupun donatur lain yang tetap dan terus-menerus tentu akan sangat membantu dalam menghasilkan varietas udang galah toleran salinitas. Sehingga dengan demikian dapat menggantikan komoditas udang windu yang hingga sekarang belum dapat dibudidayakan dengan berhasil karena adanya penyakit sindroma virus bintik putih (WSSV). Hal ini sungguh merupakan harapan yang besar mengingat udang galah hingga saat ini tidak terserang oleh penyakit tersebut, bahkan walau dipelihara pada tambak yang sebelumnya digunakan untuk udang windu yang terserang penyakit.

Penerapan pola kelenturan udang galah di tambak akan merupakan titik awal terhadap pola strategi baru dalam pengembangan perikanan budi daya, serta ke depan merupakan terobosan baru terhadap manajemen budi daya perikanan secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Udang galah memiliki gen kelenturan fenotipik pada salinitas yang ditandai dengan parameter genetik yang meliputi: ragam kelenturan, heritabilitas kelenturan, biaya kelenturan yang tidak terlalu tinggi, pola kelenturan, *trade offs*, dan respons seleksinya. Semua parameter tersebut mendukung keberhasilan kegiatan seleksi udang galah yang memiliki kelenturan pada salinitas, sehingga udang galah dapat dibudidayakan di tambak air payau sama baiknya dengan di air tawar. Diterapkannya pola kelenturan udang galah ini kepada komoditas perikanan lainnya akan merupakan terobosan baru terhadap manajemen budi daya perikanan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

Angilleta, M.J., R.S. Wilson, C.A. Navas, dan R.S. James. 2003. Tradeoffs and the evolution

- of thermal reaction norms. *TREE*, 18(5): 234—240.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2004. *Statistik Perikanan Budidaya Indonesia*. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Stat-Prod. No.04.
- Gillespie, J.H. and M. Turrelli. 1989. Genotype-environment interaction and the maintenance of phylogenetic variation. *Genetics*, 121: 129—138.
- Hadie, W. dan L.E. Hadie. 2003. *Budidaya Udang Galah GIMacro di Kolam, Sawah Tambak, dan Tambak*. Penebar Swadaya, Jakarta, 88 pp.
- Hadie, W., K. Sumantadinata, R.R. Noor, Subandriyo, O. Charman, dan L.E. Hadie. 2005. Kelenturan fenotipik udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) strain musi, barito, *gimacro* dan persilangannya pada lingkungan bersalinitas. *J. Pen. Per. Indonesia*, 1 (1):
- Holopainen, I.J., J. Aho, M. Vornanen, dan H. Huuskonen. 1997. Phenotypic plasticity and predator effects on morphology and physiology of crucian carp in nature and in the laboratory. *Journal of fish biology*, 50: 781—798.
- Jink, J.L. and H.S. Poori. 1988. The genetic basis environmental sensitivity. *Proc. of the 2nd International Conference on Quantitative Genetics Sinauer Assoc.*, Sanderland, MA.
- New, M.B. and Singholkha. 1985. Freshwater prawn farming. A Manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO Fish. Tech. Pap.*(225) Rev.1:118 pp.
- Noor, R.R. 2004. *Genetika Ternak Cetakan III*. Penebar Swadaya, Jakarta, 200 pp.
- Rollwagen, G. 1996. Phenotypic plasticity and its role in the success and evolution of introduced species. [http://ist-socrates.berkeley.edu:7521/projects/IB160/material/Term.Paper/G Rollwagen.html](http://ist-socrates.berkeley.edu:7521/projects/IB160/material/Term.Paper/G%20Rollwagen.html).
- Scheiner, S.M. and R.F. Lyman. 1989. The genetics of phenotypic plasticity I. Heritability. *J. Evol. Biol.*, 2: 95—107.
- Scheiner, S.M. and R.F. Lyman. 1991. The genetics of phenotypic plasticity. II. Response to selection. *J. Evol. Biol.* 4: 23—50.
- Schlichting, C.D. and M. Pigliucci. 1995. Gene regulation, quantitative genetics and the evolution of reaction norms. *J. Evol. Ecol.*, 8: 154—168.
- Schlichting, C.D. and D.A. Levin. 1986. Effects of inbreeding on phenotypic plasticity in cultivated Phlox. *Theor. Appl. Genet.*, 72: 114—119.
- Semlitsch, R.D. 1987. Paedomorphosis in *Ambystoma talpoideum*: effects of density, food, and pond drying. *Ecology*, 68: 994—1,002.
- Smith-Gill, S.J. 1983. Developmental plasticity. Developmental conversions versus phenotypic modulation. *Am. Zool.*, 23: 47—56.
- Sultan, S.E. 1987. Evolutionary implication of phenotypic plasticity in plants. *J. Evol. Biol.*, 21: 127—178.
- Taylor, D.R. and I.W. Aarssen. 1988. An interpretation of phenotypic plasticity in *Agropyron repens* (Graminae). *Am. J. Bot.*, 75: 401—413.
- Via, S. 1993. Regulatory genes and reaction norms. *Amer. Nat.* 142: 374—378.
- Via, S. and R. Lande. 1985. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. *Evolution*, 39: 505—522.
- West-Eberhard, M.J. 1989. Phenotypic plasticity and the Annual Review. *Ecological Systematics*, 17: 249—278.