Bulletin of Entomological Research, Pa e 1 9
© Ca b d e U e y P e 2016
d :10.1017/S0007485316001000

Response of antioxidant en ymes in *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) exposed to thermal stress

A. Ali[1], M. A. Rashid[1], Q. Y. Huang[1], C. Wong[2] and C.-L. Lei[1]*

[1]H be I ec Re ce U a a d S a ab e Pe Ma a e e Key
Lab a y, C e e P a Sc e ce a d Tec y, H a
A c a U e y, W a , C a: [2]Lab a y Pe c de T c y,
a S a e U e y, A e , I a, USA

Abstract

T e e a a y Mythimna separata (Le d e a: N c dae) a a- y e Ea e A a a d C a. Sea a e e a e S e C a a d e e a e N e C a a e e e a e a a a ece , e c d e a ce de e e e e e e a e. A be y ca e e e cc ec a a e a a e e a e. O e eac e a e e e e- a eac e y e ec e (ROS), c ca be a b y ca da e da a e. T e e- e a ed e ec (d a 1, 4 a d 7) e a e ea- e M. separata a c a a e y (5, 10, 15 a d 20 C) a d (30, 35, 40 a d 45 C) e e a e e ac e a da e y e , c d e- de d a e (SOD), ca a a e (CAT), e da e (POX) a d a e S- a- e a e (GST), a d a a da ca ac y (T-AOC) e e de e ed. T e a e e ed ca e e a e ac e SOD, CAT a d GST , d- ca a e e e y e c b e de e ce ec a c e ac da e da a e ca ed b y a c ea e ROS. H e e , a - e e a e , POX a d T-AOC e e a d c b e ca e ROS. O e a d ca e a e e e e e a e ead e e a ed ROS d c M. separata. T e e e- d y c a e a e ca be e b e da e da a e. T e- c e c e , a da e y e a y e y e d da e da- a e M. separata.

Keywords: e a e , a da e y e , da e e , Mythimna separate

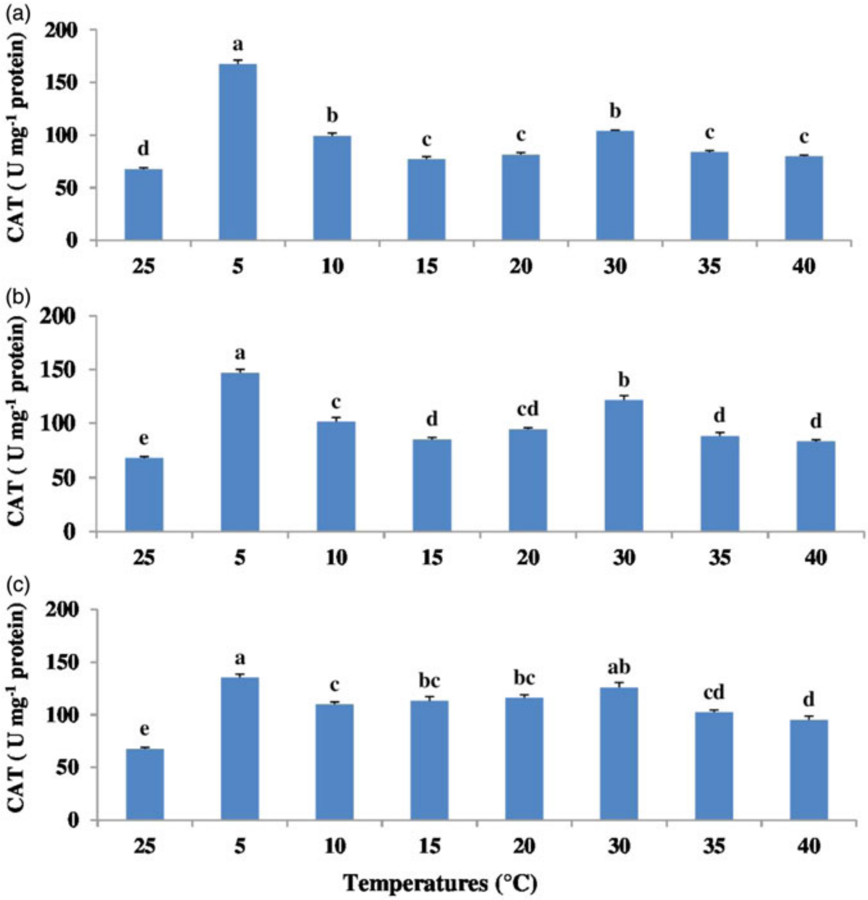
(Acce ed 5 Oc be 2016)

Introduction

Te e a e e c ca e e a ac a y a ; e ec , e d c , d b a d ab da ce, b y d c e y ca e- e (A e a et al., 2002; Pa e a , 2006; J a et al., 2011). T e e a e e e, c cc a a , a a da d eac ab e a e e a- e (K a et al., 2007; N ye et al., 2013). U de e a e , e d c eac e y e ec e (ROS) ca ca e da e da a e. I e e a , e d c ROS a d a da ce e a e y c ed; e e , e ba- a ce be ee e eac e ca be d ed d e d e e a e , ead y e add a ROS (J a e & S e y, 1996; L e -Ma e et al., 2008; La e e et al., 2011). O e d c ROS ca d e d y ce e b a e , d e d e da , a d ead ec - b , a e a a e a ce a DNA (G ee & Reed, 1998; M a a et al., 2009). A be ac e

---

*A c e de ce
P e/Fa : +86 27 87287207
E- a : @ a . a .ed .c

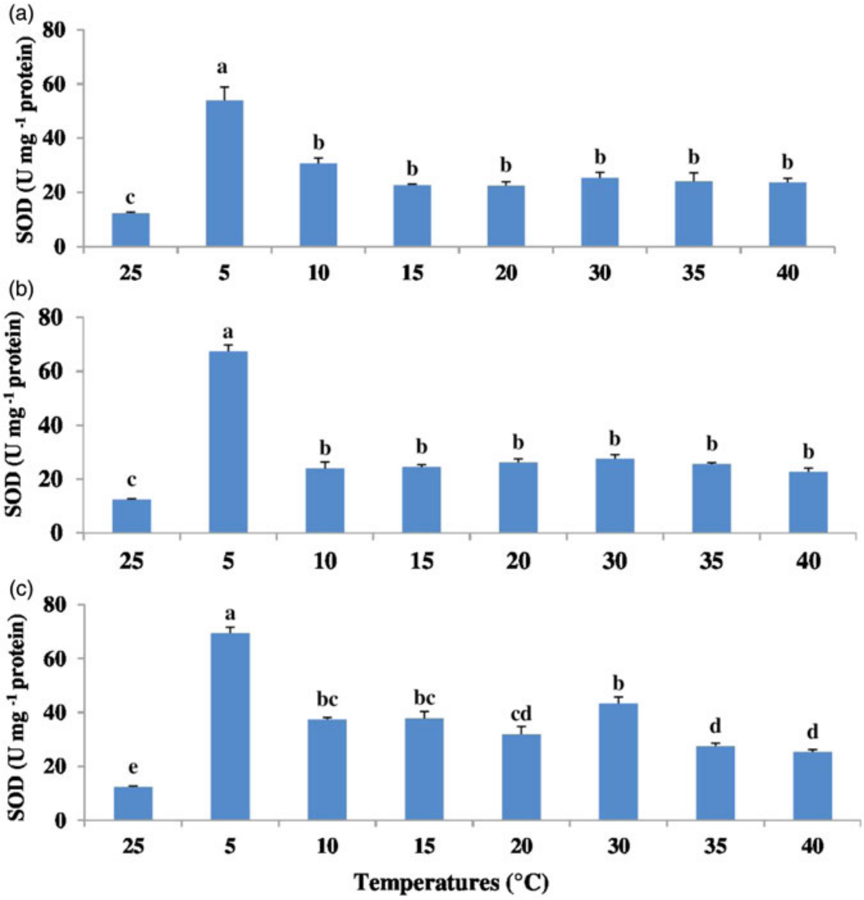


F . 1. E ec ea e M. separata ad e a e a e e CAT ac y. Da a c ec ed a e ea e d a 1, 4 a d 7 a e e e ed (a), (b) a d (c), e ec e y. Da a a e e e ed a ea (± SE) ee e ca e e e e .

e d c ROS ec , c d c e a y , e ed a - da a d a ab e e - e a c d (c a e e e ce a , ad- e e e e a e y c e) (A c et al., 1995; Za a et al., 1995; J a e & S e y, 1998; J et al., 2005; Ma e & M c , 2005).

T e e ROS da a e, a a e de e ed c e de e ce ec a a d ROS, c c de b e y e a d ec a a da (H e & Sc e , 2002). A - da e e y e a e e e y e a ROS b ca y e . T e a y a - da e e y e ec a e e de d a e (SOD), ca a a e (CAT), e - da e (POX) a d a e-S- a e a e (GST) (Fe & S e , 1995; Wa et al., 2001; D b y et al., 2008). SOD ca a y e e d a e de ad ca y e a d H_2O_2, e ea b CAT a d POX ca a y e e d a H_2O_2 y e a d a e . A e a e y e, GST, e a e d e da d c (y d e de) ce (D b y et al., 2008; Me et al., 2009). I add , e ab y a a da a a c e da de c bed a e a a da ca ac y (T-AOC) (G e et al., 2000).

T e e a a y Mythimna separata (Le d e a: N c dae) a a y e Ea e A a a d C a (R & Z a , 1987; R -L et al., 1989; C e et al., 1995). I a bee e b e da a e (Pennisetum .) a d ea (Triticum .) c - a d y ea C a. Rece y, a a bee d da a e ce a d c c (C e & H , 2000; Wa et al., 2006). Sea a a M. separata a bee b e ed C a. T e a a y e e S e a d Ce a C a a d a e c ed b y ed - c e c a a ea a e e e , a - ca e a d e d ce e e e d e . H e e , c e e a a ea N e C a, e e e ec ab e e e , a e c y da a ed (J a , 2004; Z a et al., 2006). Sea a e e a e S e C a a d e e a e N e C a a e e e e e a e a a M. separata be- ee e e a ea a a ada e e y a e y (J a et al., 2000). C e e y, e c d e a ce ec e de- e e e e e e a e C a. Z a et al. (2008) e ea ed a c d e (5 C) e - e e ced d e 24 a e ec ca c a e - a M. separata e de ec . J a et al. (2011) e ed a , ad M. separata, cc ed a e e a e be ee 11 a d 32 C, a a e 17–22C, a d a e e d 8 C. Wa e e - e a e e e a y a e a e e ec de e e a



F .2. E ec ea e M. separata ad e a e a e e SOD ac y. Da a c ec ed a e ea e d a 1, 4 a d 7 a e e e ed (a), (b) a d (c), e ec e y. Da a a e e e ed a ea (± SE) ee e ca e e e e . Le e ab e ba d ca e ca d e e ce ($P < 0.05$) de e ed by ANOVA T e y e .

e, e a , ad ac y a d e d c M. separata (J a & L , 1997; X et al., 1998); e e , e y e e a e ca a e e e e ec , a d e ad e d c a ea e e e a e y e a y (J a et al., 2000). T ac a e a d e d c , a a ea c ba a ced ce , a e a d e . T d ea c be a a c a a e e by e be - e a ed e e ce (C e et al., 2014). M. separata e c e e a c a d e cyc e. T e c e ad e e e e e a e (b a d) c e a a a y . T da e, e e ec e a e M. separata a e bee e ed. T e a e e e dy a de e - e a a e e a e a ec a - da e - y e ac e e e da e a c c a e ay ead M. separata a e de e d e e ea .

Materials and methods

Insects

I ec e e e a e e c ec ed e Key Lab a y I ec Re ce U a a d S a ab e Pe Ma a e e , H a A c a U e y, W a . M. separata e e ea ed a e - e a e (25 ± 2 C), 60 ± 10% e a e d y, a d 14:10 :da cyc e . A a c a d e a ed eed e a ae a de c bed C (1981).

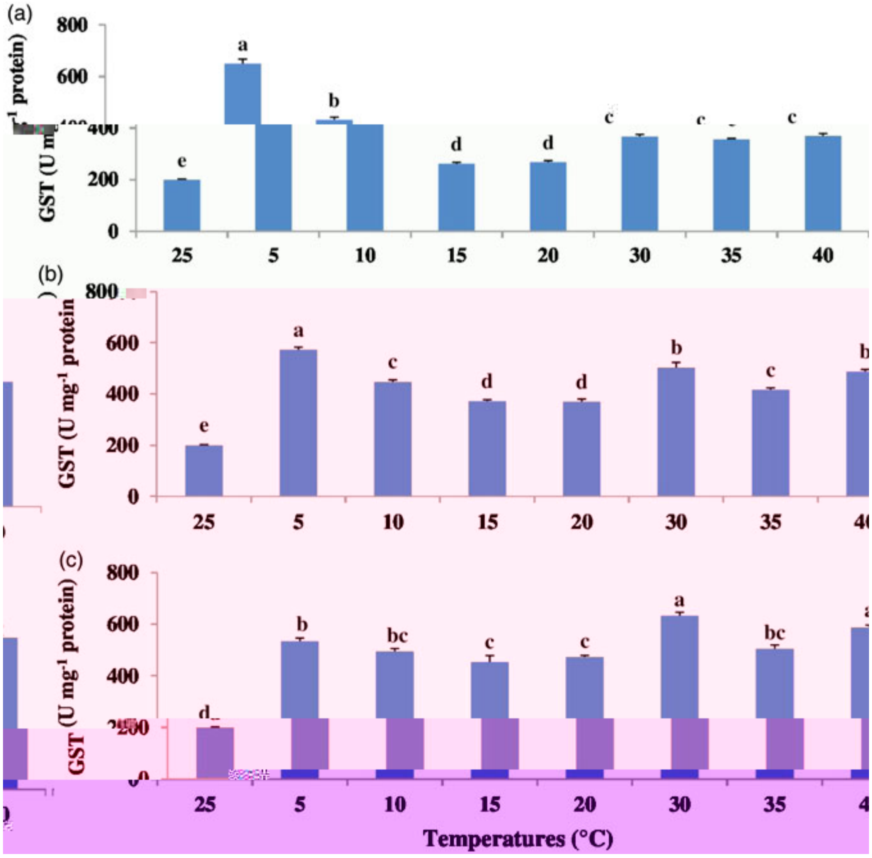
Thermal stress

T ee-day- d ad e e e ec ed ee e e . F e ad e e a e ed 100 a c c a e eac ea e . I ec de e e e a e ea e , a 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40 a d 45 C, 1, 4 a d 7 . F a e ea - e , a a ab e e a c e (N b S ea I e , RXZ-260B, C a) a ed. A e e a e 25 C a e a e c e e e . Ad ec e e e d e ed a e y a e e e a e ea - e a d ed a –80 C e a a y . E e e e e e ed ee e ee d e e day .

Enzyme extraction

A c e c a y a a ab e a ay (Na J a c e B e ee I e, C a) a ed e ac e - y e , acc d e a ac e ' c . Sa e

e e e ed 0.9% a e a a a 1:9
(W$_{e}$:V$_{a\ a\ e}$). H e a e e e ce ed a



F .4. E ec ea e *M. separata* ad e a e a e e GST ac y. Da a c ec ed a e ea e d a 1, 4 a d 7 a e e e ed (a), (b) a d (c), e ec e y. Da a a e e e ed a ea (± SE) ee e ca e e e e . Le e ab e ba d ca e ca d e e ce ($P < 0.05$) de e ed by ANOVA T ey e .

de ed a e GST ac y a d e e ed a U $^{-1}$ e .

Statistical analysis

T ea e e ec (e ea e a d d a) ee bec ed e - a y a a y a a ce (ANOVA) e e e a ea de ced e SPSS 16.0 (SPSS, C ca , IL, USA); e ca e ec e e de ed, ea d e e ce e e e a a ed by T ey e , $P < 0.05$ c de ed a ca y ca .

Results

A 45 C, a ad d ed, e a de e d a e e a e ea e .

Antioxidant enzymes

CAT ac y *M. separata* ad a ca y c ea ed a b a d , c a ed e c , e e a e ($P < 0.01$), a e ea e a d a ($P < 0.01$), a d e e ac be ee e e a e a d d a a ca ($P < 0.01$). Ma CAT ac y a e e e 167.67, 146.94 a d 135.50 U $^{-1}$ e ec ded de c d e (5 C) 1, 4 a d 7 , e ec e y (1).

SOD ac y a ca y a ed a b a d , c a ed e c , e e a e *M. separata* ad ($P < 0.01$), a d a ea e ($P < 0.01$), a d e e a a ca e ac be ee e e a e a d d a ($P < 0.01$). T e e SOD ac y e e (53.92, 67.41 a d 69.45 U $^{-1}$ e) e e b e ed de c d e (5 C) 1, 4 a d 7 , e ec e y (2).

POX ac y *M. separata* ad a a ca y a ec ed a a e e a e ($P < 0.01$) a d a d a ($P < 0.01$), a d e e a e a d d a e ac ed ca y ($P < 0.01$). POX ac y c ea ed ca y de e e a e e (e e a e a 30 40 C) a 1 a d 4 , ea e c d e a d c (25 C) c d ; e e , a e 7 , e a ca e e a POX ac y a b e ed a e e a e 15, 20, 30, 35 a d 40 C, e a e a a 10 C, ca d e e ce e e b e ed a e e e e a e c a ed e c (25 C) (3).

S ca c ea e GST ac y *M. separata* ad a b a d e e a e e e b e ed a a e e a e ($P < 0.01$) a d d a ($P < 0.01$), c a ed c (25 C), a d e e a a ca e ac be ee e e a e a d d a ($P < 0.01$). T e e a e GST ac y ec ded e e 649.71 a d 572.50 U $^{-1}$ e a 5 C 1 a d 4 , e ec e y. I add , a e 7 a 30 C GST ac y a 633.15 U $^{-1}$ e (4).

Total antioxidant capacity (T-AOC)

S ca e ec e e b e ed e T-AOC M. separata ad , e a e e c , de b -a d -e e a e e e (P < 0.01). T e d a ea e d d e a ca c a e T-AOC (P < 0.31); -e e , a ca e ac be ee e e a e a d d -a a b e ed (P < 0.01). Hea e (e e a e a 30 40 C) e ed a ca c ea e T-AOC a e 1 , e a e c d e a d c e e a-e; e e , a e 4 ea e y e e a e e ea e a 40 C e ed ca y c ea ed T-AOC c a ed c (25 C). N ca c a e e e b e ed c a ed c e ad e e e ed -a d -e e a e e e 7 (5).

Discussion

Te e a e a c ca e e a a ab e a e-e de y ca c a e a (J a et al., 2011). M. separata ad e e e ed d e e e a e e , a b a d e e a e , a d c e e y -ca da e e e e e ed. T e e ec d e-e e a e c d e ac e e a da e y e , SOD, CAT, POX, GST a d T-AOC, M. separata ad a e a ed. CAT, SOD, POX a d GST a e e y a da de e ce e y e , c a y c ed a e a da e e ca ed by c ce a ROS ce . A e e a -da e y e , CAT c de ed be e c e H_2O_2 ca e e y e a d (Je a et al., 2013), a e e -de e de a e POX (e a ca a y e e a) de c e 2.379. ec559 46910TD(e46-340.2(a .)TJ/

e a e . S a e e e e ed by McC d & F d c (1969) a d J a et al. (2011). SOD a d CAT ca d ec y e e e ce ROS a c d a ed a e . SOD e e O_2^- e ce d a O_2 a d H_2O_2, a d H_2O_2 e e e a y ed ced H_2O a d O_2 by CAT (Ka a et al., 1997). T e b e ed e e e CAT, e a e e SOD, dy d ca e a , de e - a e , H_2O_2 a y e ed by ce e e a SOD ac y.

GST ca e ab e d e da d c e e POX, c a b ea d H_2O_2 (J a et al., 2011). I e e e dy, POX ac y c ea ed ca y a e e a e (a 30 40 C) 1 a d 4 , c a ed c . S a d e e e ed by Z a et al. (2014) e eda y e, Neoseiulus cucumeris. O e de a e a POX ac y a e ed y d ced by e a e M. separata ad , c c - e e d a a dy Helicoverpa armigera (Me et al., 2009). H e e , a e e e d a (7) e a e , a ca dec ea e POX ac y a b e ed e e a y B. dorsalis (J a et al., 2011) a d eda y e, N. cucumeris (Z a et al., 2014). I c a , e d ca e ca c a e POX ac y a e e e e a e c a ed e c e e a ea e e e ea e d - a (7), a e e e ed by Ya et al. (2010). T e e e a POX ac y a e e e a e d ca e a a a ed by ca e ROS M. separata.

GST a e a c a d e c e y e , c ca a y e e c a a e a b ad ec- e d e a d e b c c d de - ca , ec da e da a e, e a a d e ce a a a (B a d & Me , 2013). T e e e - y e a e ed e ac a c d e da- d c c ea ed by da e e da a e. I e e e dy, e b e a ca y e e a ed e e GST de e e a e e e a e y e ec M. separata ad da e da a e de e e c d . S a a da e e a e bee e- ed P. japonica (Z a et al., 2015), A. mylitta (Je a et al., 2013), B. dorsalis (J a et al., 2011) a d P. citri (Ya et al., 2010).

T-AOC de y ed a a a e ed , a d a a e e e a e ea e e a a da ca ac y e - a a (Me et al., 2009; Ya et al., 2010; Sa d a a et al., 2011). T-AOC a a e ed ca y e M. separata ad e e e ed e e a e (a 30 40 C) 1 a d (40 C) 4 , c a ed c . T e e da a e a T-AOC ada dea da e e a d ee ad ca a a d a e c - e e e e ed by Z a et al. (2015), Z a et al. (2014) a d J a et al. (2011). H e e , ca d e e ce a b e ed c a ed c a e ea - e e e d a (7). A a e a e- ed by J a et al. (2011) B. dorsalis de e a e c d .

A da e e a a ed by a da e - y e ; e e , e -e y a c b a ce , e. . e a - e (Ma d et al., 2010) a d a E (a- c e) (Ka et al., 2009) a c b e ce . A ece dy a c ed e e e ea c e , a a da e y e , e e e ROS da a e (R a et al., 2012). T e c ea e T-AOC y a e e a e d ca e a M. separata e y a da e y e , b a e de e ce ec a , c ba e a e a d e ab e a e a (J a et al., 2011).

Conclusion

O da e e ca be e e a ed e e e a ac- d b e ba a ce ed eac a a . I M. separata, e a e e a ca d da e ac e d c da e e . I e e a e , a da e y e a e e a ed a a de e ce ec a a e e a ce a da a e. T e e y e SOD, CAT a d GST de ca c ea e ac y e e e a e M. separata, a d a y be ed e a a e e da e da a e d ced by ROS. I deed, e e a a c ea ed d c ROS a e e e a e ; e e e, e e c a a y e ec y -

Dubovskiy, I., Martemyanov, V., Vorontsova, Y., Rantala, M., Gry anova, E. & Glupov, V. (2008) E ec bac e a ec- a da ac y a d d e da e d Galleria mellonella L. a ae (Le d e a, P y a dae). Comparative Biochemistry and Physiology C: Toxicology & Pharmacology **148**, 1–5.

Felton, G.W. & Summers, C.B. (1995) A da y e - ec . Archives of Insect Biochemistry and Physiology **29**, 187–197.

Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F. & Scaccini, C. (2000) T a a da ca ac y a a a e ed a : c ca e a d e e e a da a. Free Radical Biology and Medicine **29**, 1106–1114.

Green, D.R. & Reed, J.C. (1998) M c d a a d a . Science **281**, 1309.

Howe, G.A. & Schilmiller, A.L. (2002) O y e ab e e e . Current Opinion in Plant Biology **5**, 230–236.

Jena, K., Kar, P. K., Kausar, Z. & Babu, C.S. (2013) E ec e e a e d a da e e a d a - da de e e e e ca a a Antheraea mylitta. Journal of Thermal Biology **38**, 199–204.

Jia, F.X., Dou, W., Hu, F. & Wang, J.J. (2011) E ec e a e d e da a d a da e y e ac - e e a y, Bactrocera dorsalis (D e a: Te dae). Florida Entomologist **94**, 956–963.

Jiang, X. (2004) T e y ca a d e e c c a ac e c a y be a a d e e c d e y, a de e ed b y AFLP e e a a y , Mythimna separata (Wa e). P D d e a , C e e Acade y A c a Sc e ce , Be , C a.

Jiang, X.F. & Luo, L.Z. (1997) I e ce e e a e a a a d ad a e ca ac y ad e a a y- , Mythimna separata (Wa e). . 274–280 in C e , X.F., Da , X.F. & H , T. (Eds) Ecological Research Sustainable Development. Be , C a, C a E e a Sc e ce P e .

Jiang, X.F., Luo, L.Z. & Hu, Y. (2000) I e ce ea e - e a e a d e d c e ca ac y ad e a a y , Mythimna separata (Wa e). Acta Ecologica Sinica **20**, 288–292.

Jiang, X., Luo, L., Zhang, L., Sappington, T.W. & Hu, Y. (2011) Re a a Mythimna separata (Wa e) C a: a e e e a e e a , y ca , a , e e c, a d ec a ac . Environmental Entomology **40**, 516–533.

Jing, X.H., Wang, X.H. & Kang, L. (2005) C y e e e a y c , Locusta migratoria (O e a: Ac d dae): e e e e a e e a e e a e e . Insect Science **12**, 171–178.

Joanisse, D. & Storey, K. (1996) O da e e a d a da e e a ae c d- a d y de d a ec . Journal of Experimental Biology **199**, 1483–1491.

Joanisse, D.R. & Storey, K.B. (1998) O da e e a d a - da e a d ec e y c d- a d y ec . Insect Biochemistry and Molecular Biology **28**, 23–30.

Kashiwagi, A., Kashiwagi, K., Takase, M., Hanada, H. & Nakamura, M. (1997) C a ca a a e d d a d a d

NADP+ a d NADH/NAD+ Drosophila melanogaster. Mechanisms of Ageing and Development **56**, 223–235.

Wang, Y., Oberley, L.W. & Murhammer, D.W. (2001) A da de e e y e d e a ec ce e . Free Radical Biology and Medicine **30**, 1254–1262.

Wang, G.P., Zhang, Q.W., Ye, Z.H. & Luo, L.Z. (2006) T e e ec a a e e e b ea a y Mythimna separata (Le d e a: N c dae) C a. Bulletin of Entomological Research **96**, 445–455.

Xinfu, J., Yueqiu, L. & Li hi, L. (1998) E ec e e a e e a e a e e e a a y Mythimna separata Wa e . Journal of Beijing Agricultural College (China) **13**, 20–26.

Yang, L.H., Huang, H. & Wang, J.J. (2010) A da e e