

# **Wpływ podwyższonego poziomu dwutlenku węgla w atmosferze na owady i roztocze związane z roślinami i przechowalniami**

*Jan Boczek*

*Katedra Entomologii Stosowanej SGGW  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa*

## **Wstęp**

Zmieniający się klimat, a więc temperatura, wilgotność i opady, powietrze i jego prądy, zmieniają florę i faunę całych regionów i ekosystemy oraz zaburzają równowagę ekologiczną. Zmiany zespołów roślinnych w dużym stopniu wpływają także na owady i roztocze. Wylesianie, spalanie ropy i gazu dramatycznie zwiększają ilość dwutlenku węgla w atmosferze. W czasie ostatnich 150 lat, przemysłowej rewolucji, temperatura na ziemi wzrosła o  $0,8^{\circ}\text{C}$ , a zawartość  $\text{CO}_2$  w atmosferze o 32%, z 280 do 380 ppm. Niski poziom, 280 ppm, pozostawał na ziemi przez co najmniej 600 000 lat. Perspektywy na najbliższy okres są groźne. Do 2050 roku przewidywany jest wzrost stężenia  $\text{CO}_2$  do 550, a w 2100 do 700 ppm. Ogromny rozwój przemysłu, zwłaszcza w Indiach, Chinach i Brazylii może nawet przyspieszyć te prognozy [9].

Badacze amerykańscy badali ponad 5000 liści z paleocenu-eocenu (58 milionów lat temu) i stwierdzili, że poziom  $\text{CO}_2$  był wtedy podobnie wysoki jak obecnie. Temperatura powietrza była wyższa. Stwierdzali intensywniejszy wzrost liści, które były twardsze w porównaniu z liśćmi obecnych roślin, miały niższą zawartość białek i były intensywniej uszkodzane przez fitofagi. Wraz ze wzrostem temperatury otoczenia asortyment typów uszkodzeń i fitofagów był liczniejszy [10].

## **Wpływ na rośliny i fitofagi**

Podwyższenie poziomu  $\text{CO}_2$  w powietrzu ogólnie korzystnie wpływa na fotosyntezę roślin różnych gatunków i ich produktywność. Intensywność fotosyntezy początkowo rośnie, jednak przy dalszym wzroście  $\text{CO}_2$  może spadać. Równocześnie może obniżać się intensywność oddychania ciemniowego i fotorespiracji. Zaobserwowano spadek azotu ogólnego i wzrost stosunku węgla do azotu oraz poziomu

węglowodanów. Takie zmiany mogą jednak dotyczyć tylko niektórych organów roślin – np. liści czy korzeni: wydłużania korzeni i wzrostu świeżej i suchej masy korzeni oraz liści i pędów – przyczyniając się często do poprawy i zwiększenia plonów roślin uprawnych [9].

Wysoki poziom CO<sub>2</sub> w powietrzu wpływa na wielkość opadów, a w związku z tym następuje obniżenie wilgotności gleb i susze, konkurencyjność roślin i bioróżnorodność. Zalewanie niżej położonych rejonów może skutkować przemieszczaniem się zasiedlających je organizmów w wyższe rejony. Tam inne będą stężenia składników powietrza i to może ograniczać występowanie niektórych grup owadów i roztoczy-fitofagów (np. czerwców, przędziorków), a innym – sprzyjać (mszyce) [9].

Podwyższona temperatura i poziom CO<sub>2</sub> działają łącznie i wywierają kompleksowy wpływ na rośliny, który może być zróżnicowany nawet w obrębie odmian tego samego gatunku. Poziom fotosyntezy zależy jednak od wielu czynników, zwłaszcza gatunku rośliny i warunków środowiska. Wykazano, że w przypadku korzystnej temperatury i wilgotności oraz zwiększonego stężenia CO<sub>2</sub> plon wzrastał nawet o 30%. Przy wyższej temperaturze i wilgotności oraz ograniczonej ilości wody zwiększony plon nie rekompensował jednak poniesionych kosztów doświadczenia. Przy temperaturze ponad 30°C plon kukurydzy i soi zawsze wtedy spadał. Tak wysokie temperatury notowano ostatnio w wielu krajach. Korzystny wpływ zwiększonego stężenia CO<sub>2</sub> uwidaczniał się lepiej w chłodniejszym klimacie, na północnej półkuli. To równocześnie wskazuje na konieczność hodowli nowych odmian, lepiej dopasowanych do nowych warunków: uprawy odporne na susze i upały, ale korzystnie reagujące na wyższe stężenie CO<sub>2</sub> [1].

Rośliny typu C<sub>3</sub> stawały się w atmosferze podwyższonego CO<sub>2</sub> bardziej konkurencyjne od roślin C<sub>4</sub>. Wzrost poziomu CO<sub>2</sub> wpływał pozytywnie na rośliny typu C<sub>3</sub>, a negatywnie na żerowanie fitofagów. Rośliny typu C<sub>4</sub> słabiej reagowały na wzrost CO<sub>2</sub> oraz na żerowanie fitofagów. Wskutek tego następowały zmiany we florze, nawet z konieczną zmianą asortymentu niektórych roślin uprawnych i pojawem innych gatunków chwastów, a tym samym zmienionej bioróżnorodności. To nie może nie mieć wpływu na faunę stawonogów żerujących na tych roślinach [7].

Wszystko to powoduje zmiany w relacjach między fitofagami a roślinami, wpływając na rozmnażanie, rozprzestrzenienie i zachowanie się zwierząt związanych z roślinami [11, 18, 21, 22, 28, 30].

Fitofagi, żerując na liściach roślin, których skład zmienił się dla nich niekorzystnie w wyniku zmian metabolizmu związanych z podwyższonym stężeniem CO<sub>2</sub>, muszą żerować intensywniej, dłużej i zjadać takich liści więcej, aby pobrać np. wymaganą ilość związków azotowych. W niektórych przypadkach obserwowano, że larwy owadów, żerując na roślinach rosnących w atmosferze zwiększonego poziomu CO<sub>2</sub>, a więc zawierające mniej związków azotowych, zjadały nawet o 80% więcej takiego pokarmu. Dotyczy to zwłaszcza larw, które potrzebują dużo związków azotowych do swojego rozwoju. Wtedy dłużej się rozwijają i wykazują większą śmiertelność. Do-

rosłe mogą się zadowalać liśćmi ze zmniejszoną ilością azotu. Nie zawsze jednak zwiększone stężenie CO<sub>2</sub> powoduje w roślinach zmiany ograniczające rozwój żerujących na nich fitofagów [9].

DeLucia [12] porównywał stopień żerowania i uszkodzeń liści soi przez chrząszcze, gąsienice motyli i mszyce na roślinach rosnących w atmosferze podwyższonego stężenia CO<sub>2</sub>. Stwierdził, że uszkodzenia powodowane przez owady o aparacie gębowym gryzącym na tych roślinach były nie tylko większe, ale takie rośliny wabiły więcej chrząszczy, motyli i mszyc. Ponadto chrząszcze, żerując na takich roślinach żyły dłużej, składały więcej jaj i produkowały więcej potomstwa. Wydawało się to dziwne, gdyż do produkcji liczniejszego potomstwa potrzebna była większa ilość związków azotowych. Ciężar takich larw był pozytywnie skorelowany ze stężeniem azotu, a ilość zjedzonego pożywienia była negatywnie skorelowana ze stężeniem azotu w liściach. Istnieje możliwość, że owady miały obniżoną zdolność trawienia przyjmowanego pokarmu, w związku z czym pobierały go więcej [14].

Jeśli owad czy roztocz żeruje na roślinie, roślina się broni produkując hormon, kwas jasmonowy, który prowadzi do szeregu reakcji chemicznych w kierunku obrony, zwykle do produkcji wysokiego poziomu inhibitora proteazy. Hamowanie aktywności proteaz w przewodzie pokarmowym owada utrudnia trawienie białek i przyswajanie pokarmu. Okazało się, że liście rosnące w atmosferze o wysokim poziomie CO<sub>2</sub> tracą zdolność produkowania kwasu jasmonowego i w ten sposób tracą zdolności obronne. Opisane powyżej zwiększenie zawartości węglowodanów w liściach roślin poddanych działaniu podwyższonego stężenia CO<sub>2</sub> i brak odporności prowadzą do tego, że imagines żerują i żyją dłużej oraz produkują liczniejsze potomstwo.

Podobne badania prowadzili Awmack i Harrington [3] na fasoli, grochu i ziemniakach rosnących w warunkach naturalnych i w podwyższonym stężeniu CO<sub>2</sub>. Autorzy porównywali uszkodzenia powodowane przez mszyce. Podwyższony poziom CO<sub>2</sub> powodował, że pojedyncza mszyca grochowa i jej potomstwo w ciągu 20 dni obniżała liczbę kwiatów rośliny grochu o 73% w stosunku do rośliny rosnącej w normalnej atmosferze. Pojedyncza kolonia mszycy ziemniaczanej na roślinie rosnącej w atmosferze podwyższonego CO<sub>2</sub> powodowała natomiast skracanie pędów i obniżała ciężar korzeni o około 19% oraz spadek liczby kwiatów ziemniaka o 60%. Równocześnie jednak autorzy stwierdzili, że na skutek mniej korzystnych dla mszyc zawartości związków azotowych w roślinach, ten podwyższony poziom CO<sub>2</sub> nie wpływał na ich liczebność.

Heagle i in. [17] porównywali żerowanie przedziorka chmielowca na białej koniczynie w atmosferze zwiększonego poziomu CO<sub>2</sub> z żerowaniem tego szkodnika w atmosferze o normalnym składzie. Następował liniowy wzrost rośliny, stężenia węglowodanów, a spadek całkowitego azotu w liściach. Stwierdzono zwiększenie namnażania przedziorka, proporcjonalnie do poziomu niestrukturalnych węglowodanów, a spadek proporcjonalnie do poziomu azotu.

Heagle [16] porównywał żerowanie wciornastka na białej koniczynie przy zwiększonym poziomie CO<sub>2</sub> z żerowaniem tego szkodnika w normalnej atmosferze. Stwierdził wtedy o 15% intensywniejsze żerowanie na roślinach rosnących przy wysokim stężeniu CO<sub>2</sub>. Podobne wyniki uzyskali Hughes i Bazzaz [18] z żerowaniem tego szkodnika na trojeści. Wzrost CO<sub>2</sub> powodował także intensywniejsze żerowanie szkodników na wiązcie, chociaż w liściach nie stwierdzono różnic w poziomie azotu, stosunku C:N, skrobi, cukru lub związków fenolowych [23].

Zjadając więcej pożywienia fitofag pobiera równocześnie więcej substancji obronnych rośliny, rozpuszczalnych związków fenolowych, zwłaszcza garbników. Związki te często mają silny negatywny wpływ na różne gatunki fitofagów [29].

## Bezpośredni wpływ podwyższonego poziomu CO<sub>2</sub> na owady i roztocze

Nie stwierdzono dotychczas bezpośredniego wpływu nieco podwyższonego poziomu CO<sub>2</sub> na wzrost i rozwój stawonogów. Stwierdzono natomiast, że fitofagi mogą znajdować swoje rośliny żywicielskie dzięki małym różnicom w poziomie CO<sub>2</sub> w otoczeniu takich roślin. Chrzyszcz *Diabrotica virgifera* LE CONTE wykorzystywał różnice w poziomie CO<sub>2</sub> w glebie do znalezienia korzeni kukurydzy [8]. Podwyższony poziom CO<sub>2</sub> w powietrzu redukował reakcję niektórych gatunków mszyc na feromony alarmu, dzięki czemu stawały się bardziej wrażliwe na atak wrogów naturalnych [4]. Dawki CO<sub>2</sub> rzędu 0,2% zastosowane w szklarni powodowały wysoką śmiertelność przędziorków po 5–7 godzinach, natomiast stężenie 1% zastosowane przez 3 godziny nie dawało pełnego efektu. Rośliny jednak wtedy cierpiały, stawały się bladezielone.

Dwutlenek węgla wykorzystuje się niekiedy do zabijania różnych zwierząt, także owadów i roztoczy (np. w laboratorium mikrobiologicznym, w przechowalniach produktów). W tym celu jednak jego stężenie musi sięgać kilkudziesięciu procent (40–50) najlepiej z równoczesnym obniżeniem w środowisku poziomu tlenu lub nasycenia azotem. Wrażliwość różnych gatunków i stadiów rozwojowych jest bardzo zróżnicowana. W przypadku owadów, szkodników przechowalni, stwierdzono duże różnice, jednak równocześnie zależało to także bardzo od temperatury. Owady mają zdolność gromadzenia w organizmie dużych ilości tlenu. Wołek zbożowy traktowany CO<sub>2</sub> po trzech pokoleniach wykazywał odporność [26].

Roztocze są bardziej odporne od owadów na CO<sub>2</sub> i większość insektycydów. Navarro i in. [25] uzyskiwali pełną śmiertelność rozkruszka mącznego w atmosferze 10% CO<sub>2</sub> w azocie w temperaturze 15°C i 75% wilgotności po 7 dniach, a w 30% CO<sub>2</sub> po 96 godzinach. Shengh i in. [35] stosowali fosforek aluminium (75%) wraz z CO<sub>2</sub> (90 g · m<sup>-3</sup>) w temperaturach 19–28°C i uzyskiwali pełną skuteczność zwalczania roztoczy w mące po 15 dniach. Eppenhuijsen i Koolaard [13] natomiast uzyskiwali

100% śmiertelność rozkruszka drobnego i wciornastka tytoniowego w laboratorium kultur tkankowych stosując mrówczan etylu lub 65% CO<sub>2</sub>. Newton [27] uzyskiwał 100% zwalczanie wołka ryżowego, trojszyka i rozkruszków stosując 60% CO<sub>2</sub> w temperaturze 20°C odpowiednio po: 7 i 14 dniach.

Człowiek przy stężeniu CO<sub>2</sub> w powietrzu 0,1% staje się senny, bardzo cierpi już przy stężeniu CO<sub>2</sub> 4%, a przy stężeniu 8% następuje utrata przytomności już po kilku minutach [2].

Wpływ podwyższonego poziomu CO<sub>2</sub> na wrogów naturalnych zmieniający się przy podwyższonym poziomie CO<sub>2</sub> pokarm roślinny ma także wpływ na wrogów naturalnych fitofagów – pasożyty i drapieżce. Fitofag żerujący na roślinie bogatej w substancje odżywcze produkuje stosunkowo duże jaja, larwy wyrastają do większych wymiarów co korzystnie wpływa na rozwijające się w nich parazytoidy. Wzrasta także płodność parazytoida wylęgłego z dużej larwy czy jaja fitofaga, a więc wzrasta populacja parazytoida. Taki fitofag staje się także bardziej wrażliwy na spasożytowanie [5]. Samice kruszynków składały różną liczbę jaj w zależności od wielkości jaja fitofaga, które atakowały. W większych jajach było zawsze więcej jaj niż w jajach mniejszych [24]. Obniżona zawartość substancji odżywczych, zwłaszcza azotu w roślinie może także obniżać obronę fitofaga przed spasożytowaniem, gdyż zawarte w fitofagu stymulanty, zwłaszcza specyficzne aminokwasy, mogą wpływać na stopień jego porażenia. Ich zawartość może z kolei zależeć od poziomu azotu w roślinie [6, 32, 33].

Zmiany w biochemii rośliny rosnącej w atmosferze podwyższonego stężenia CO<sub>2</sub> mogą mieć także wpływ na poziom i skład kairomonów wabiących drapieżcę czy pasożyta do takiej rośliny. To może wpływać na możliwość znalezienia gospodarza, fitofaga i decydować o rozmnażaniu i efektywności czynnika walki biologicznej [15].

Także przeżywalność wrogów naturalnych może być uzależniona od poziomu CO<sub>2</sub>. Według Roth i Lindroth [34] śmiertelność parazytoidów wzrastała przy podwyższonym CO<sub>2</sub>. Na podstawie tego autorzy wnoszą, że rola wrogów naturalnych w przyszłości, przy wzrastającym poziomie CO<sub>2</sub>, będzie raczej maleć. Można jednak w literaturze znaleźć także opinie odwrotne. Konieczne są dalsze, różnorakie badania z tego zakresu.

Jak już wspomniano wyżej, podwyższony poziom CO<sub>2</sub> może prowadzić do podwyższenia temperatury otoczenia, a wtedy wpływ CO<sub>2</sub> może dotyczyć obu poziomów troficznych, zarówno fitofaga jak i jego wrogów naturalnych, ich liczebności i dynamiki populacji. To jednak zawsze będzie zależeć także od określonych układów troficznych, w których skład wchodzi różne gatunki stawonogów. Ponieważ te zmiany w poziomie CO<sub>2</sub> będą najprawdopodobniej trwać przez wieki, będzie to istotny czynnik w ewolucji gatunków tych stawonogów [31].

## Wpływ zmieniającego się poziomu CO<sub>2</sub> na rolnictwo

Główne straty w światowym rolnictwie wynikają z wpływu klimatu na uprawy. Niektórzy oceniają, że sam wzrost stężenia CO<sub>2</sub> spowoduje w krajach Azji, Afryki i Południowej Ameryki w najbliższych dziesięcioleciach spadek plonów o 4–10%. Straty we wschodniej i południowej Australii oraz wschodniej Nowej Zelandii będą głównie skutkiem suszy. Wzrost plonów przewiduje się tylko dla Północnej Europy. Straty te będą większe w krajach o cieplejszym klimacie, różne mogą być dla różnych gatunków roślin uprawnych [11, 20].

### Wnioski

Większość gatunków owadów i liczne roztocze są związane z roślinami. Morfologia, budowa anatomiczna, a zwłaszcza skład chemiczny rośliny wpływają na te stowonogi bezpośrednio lub pośrednio. Cechy te decydują o płodności, przeżywalności i dynamice populacji fitofagów i ich wrogów naturalnych. Zwiększający się w ostatnim okresie poziom CO<sub>2</sub> ma wpływ na wszystkie trzy troficzne poziomy: rośliny, fitofagi i ich wrogów naturalnych. W wyniku działania podwyższonego stężenia CO<sub>2</sub> może zwiększać się produkcja roślinna, ale równocześnie częste jest ztwardnienie tkanek roślinnych, obniża się w roślinach ilość azotu, zwiększa się stosunek C : N, co prowadzi do wydłużenia czasu rozwoju larw i zwiększonej śmiertelności fitofagów. Owady i roztocze adaptują się do tych nowych warunków, jednak następują zmiany w długości rozwoju ich pokolenia, długości okresu diapauzy, liczby pokoleń w sezonie, czy rozprzestrzenieniu gatunków. Niektóre nieprzystosowane gatunki stowonogów mogą ginąć. Dwutlenek węgla wpływa także na zachowanie, efektywność i liczebność parazytoidów i drapieżców, gdyż zmienione rośliny mogą dla nich być mniej atrakcyjne. To może prowadzić do obniżania ich efektywności działania w stosunku do ofiary. W sumie produkcja roślinna często wzrasta, tym bardziej, że ze wzrostem stężenia CO<sub>2</sub> następuje wzrost temperatury. Relacje te są jednak wieloczynnikowe i skomplikowane, trudne do jednoznacznych prognoz i ocen, i różne dla różnych rejonów i gatunków upraw.

Ewentualny wzrost plonów w niektórych rejonach na skutek zmian klimatu, ocieplania się, zwiększenia stężenia CO<sub>2</sub> nie rozwiąże jednak niedoborów żywności na świecie, zwłaszcza jeśli pod koniec wieku będzie nas 10 miliardów. Konieczne będzie podwojenie produkcji żywności. Wprawdzie to się wcześniej udawało („zielona rewolucja”), ale tym razem będzie to już bardzo trudne.

### Literatura

- [1] Ahmed F.E., A. Hall A.E., Madore M.A. 1993. Interactive effects of high temperature and elevated carbon dioxide concentration on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Plant Cell and Environment* 16: 835–842.
- [2] Anonym FAO. 2008. Can CO<sub>2</sub> kill insects and garden pests?. <<http://www.co2meter.com/blogs/news>>.

- [3] Awmack C.S., Harrington R. 2000. Elevated CO<sub>2</sub> affects the interactions between aphid pests and host plant flowering. *Agric. Forest Entomol.* 2: 57–61.
- [4] Awmack C.S., Woodcock C.M., Harrington R. 1997. Climate change may increase vulnerability of aphids to natural enemies. *Ecol. Entomol.* 22: 366–368.
- [5] Bai B.R., Luck R.F., Foraster L., Stephens B.J., Janssen J.A.M. 1992. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid *Trichogramma praetiosum*. *Ent. Exp. Appl.* 64: 37–48.
- [6] Barrett M., Schmidt J.M. 1991. A comparison between the amino acid composition of an egg parasitoid wasp and some of its hosts. *Ent. Exp. Appl.* 59: 29–42.
- [7] Bazzaz F.A., Fajer E.D. 1992. Plant life in a carbon dioxide rich world. *Scient. Am.* 266: 68–74.
- [8] Bernklau E.J., L.B., Biostad L.B. 1998. Behavioral responses of first instar of western corn rootworm (*Coleoptera, Chrysomelidae*) to carbon dioxide in a glass bead bioassay. *J. Econ. Entomol.* 91: 444–456.
- [9] Coviella C.E., Trumble J.T. 1999. Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *Conserv. Biol.* 13(4): 700–712.
- [10] Currano E.D. 2008. Ancient leaves point to climate change effect on insects. PNAS for the week of February 11, 2008: 2 ss.
- [11] Deka S., Byesh K., Kumar U., Chondbary R. 2009. Climate change and impacts on crop pests. – a critique. ISPRS Archives XXXVIII-8/W3 Workshop Proc.: Impact of climate change on agriculture: 147–151.
- [12] DeLucia E. 2008. Insects take a bigger bite out of plants in a higher carbon dioxide world. *Science News*, Mar. 25: 2 ss.
- [13] Epenhuijsen C.W., Koolard J.P. 2004. Effective aerosol treatment of mould mites and onion thrips in tissue culture. *N. Zealand Plant Prot.* 57: 202–208.
- [14] Fayer E.D. 1989. The effects of enriched carbon dioxide atmospheres on plant-insect herbivory interactions: growth responses of larvae of the specialist butterfly *Junonia coenta* (*Lepidoptera: Nymphalidae*). *Oecologia* (Berlin) 81: 514–520.
- [15] Hare J.D., Luck R.F. 1994. Environment variation in physical and chemical cues used by the parasitic wasp *Aphytis melinus*, for host recognition. *Ent. Exp. Appl.* 72: 97–108.
- [16] Heagle A.S. 2003. Influence of elevated carbon dioxide on interactions between *Frankliniella occidentalis* and *Trifolium repens*. *Environm. Entomol.* 32: 421–424.
- [17] Heagle A.S., Burns J.C., Fischer D.S., Miller J.E. 2002. Effect of carbon dioxide enrichment on leaf chemistry and reproduction by twospotted spider mites (*Acari: Tetranychidae*) on white clover. *Environm. Entomol.* 31(4): 594–601.
- [18] Hughes L., Bazzaz F.A. 1997. Effect of elevated CO<sub>2</sub> on interactions between western flowerthrips *Frankliniella occidentalis* (*Thysanoptera, Thripidae*) and the common milkweed, *Asclepias syriaca*. *Oecologia* 109: 286–290.
- [19] Johnson R.H., Lincoln D.E. 1990. Sagebrush and grasshopper responses to atmospheric carbon dioxide concentration. *Oecologia* 84: 103–110.
- [20] Kashyapi A., Hage A.P., Kulkarni D.A. 2009. Impact of climate change on world agriculture. ISPRS Archives XXXVIII-8/W3. Workshop Proc.: Impact of climate change on agriculture: 89–98.
- [21] Lavola A., Julkunen-Tiitto R. 1994. The effect of elevated carbon dioxide and fertilization on primary and secondary metabolites in birch *Betula pendula* (ROTH). *Oecologia* 99: 315–321.
- [22] Lavola A., Julkunen-Tiitto R., Roininen H., Aphalo P. 1998. Host-plant preference of an insect herbivore mediated by UV-B and CO<sub>2</sub> in relation to plant secondary metabolites. *Biochemical Systematics and Ecology* 26: 1–12.
- [23] Mohan J.E., Clark J.S., Schlesinger W.H. 2007. Long-term enrichment of a forest ecosystem: implications for forest regeneration and succession. *Ecol. Appl.* 17(4): 1198–1212.
- [24] Murdoch W.W., Briggs C.J., Nisbet R.M. 1997. Dynamical effects of host size and parasitoid-state dependent attacks by parasitoids. *J. Anim. Ecol.* 66: 542–556.
- [25] Navarro S., Lider O., Gerson U. 1985. Response of adults of the grain mite, *Acarus siro* L. to modified atmospheres. *J. Agric. Entomol.* 2: 61–68.
- [26] Navarro S., Finkelman S., Sabio G., Isikber A.R., Dias R., Rindner M., Azrieli A. 2002. Quarantine treatment of storage insect pests under vacuum or CO<sub>2</sub> in transportable systems. Proc. Int. Conf. Altern. methyl Bromide: 130–134.
- [27] Newton J. 1993. Carbon dioxide as a fumigant to replace methyl bromide in the control of insects and mites damaging stored products and artefacts. Proc. 1st Conf. Urban Pests: 1–13.
- [28] Parmesan C. 1996. Climate and species range. *Nature* 382: 765–766.

- [29] Penuelas J., Estiarte M. 1998. Can elevated CO<sub>2</sub> affect secondary metabolism and ecosystem function?. *Trends of Ecology and Evolution* 13: 20–24.
- [30] Pimm S.L., Russel G.J., Gittleman J.L, Brooks T.M. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269: 341–350.
- [31] Price P.W., Bouton C.E., Gross P., McPherson B.A, Thompson J.N., Weis A.E. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Ann. Rev. Ecol. System.* 11: 41–65.
- [32] Rao M.S., Srinivas K.S.M., Vanaja M., Rao B., Venkatesvarlu G., Ramakrishna Y.S. 2009. Host plant (*Ricinus communis* LINN.) mediated effects of elevated CO<sub>2</sub> on growth performance of two insect folivores. *Current Sci.* 97(7): 1047–1056.
- [33] Ramakrishna Y.S. 2009. Host plant (*Ricinus communis* L.) mediated effects of elevated CO<sub>2</sub> on growth performance of two insect folivores. *Current Sci.* 97(7): 1047–1051.
- [34] Roth S.K., Lindroth R.I. 1995. Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> effects on phytochemistry, insect performance and insect parasitoid interactions. *Global Change Biol.* 1: 173–182.
- [35] Shengh J., Zhengming Z., Junsheng Q. 1999. The use of phosphine fumigation in combination with carbon dioxide for control of mites in stored food. *Proc. 7th Work. Conf. Stor. Prod. Prot.* 1: 496–498.

## Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> effects on phytochemistry, pest performance and pest-parasitoid interactions

**Key words:** phytochemistry, carbon dioxide, insect and mite pests, parasitoids, storage pests

### Summary

In the enriched carbon dioxide atmosphere herbivorous insects and mites will confront less nutritious host plants. As an effect pest status of some pests and their population dynamics will change. Highly species-specific and specific to each pest-plant system effects will occur. Such changes through alteration of photosynthesis rates, plant species composition, and ultimately plant competitive ability will influence biodiversity. There is considerable evidence that the fitness of herbivorous arthropods varies with the quality of their diet and the dietary differences have corresponding effects on their parasitoids, including endoparasitoids.

For centuries, agriculturalists have used carbon dioxide to kill pests in sealed vegetable, grain and fruit storage containers. Some pests, however, are much more tolerant to high levels of CO<sub>2</sub> than others.

### Podziękowanie

Bardzo dziękuję Prof. Annie Tomczyk za liczne uwagi i dużą pomoc przy przygotowaniu tekstu.