

*Marek S. Szyndel*

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

## **Zastosowanie kwaśnych węglanów (wodorowęglanów) w ochronie roślin przed chorobami**

**Słowa kluczowe:** kwaśne węglany, nietoksyczne pestycydy, biokompatybilne fungicydy, Remedy

### **Wstęp**

Prezydent i Kongres Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej zatwierdzili w 1996 roku „Dokument o ochronie jakości żywności“ (Food Quality Protection Act), który przewiduje weryfikację wszystkich obecnie stosowanych w rolnictwie i ogrodnictwie pestycydów pod kątem ich szkodliwości dla środowiska i pozostałości w środkach spożywczych [9]. Wymagana jest ponowna rejestracja wszystkich środków ochrony roślin i zostanie to przeprowadzone w trzech etapach: I grupa — do sierpnia 1999 r., a kolejne do 2002 i 2006 roku. Już w tej chwili zakłada się, że do roku 2002 około 230 związków chemicznych zostanie wycofanych ze sprzedaży. FQPA zmienia regulacje prawne dotyczące rejestracji i zastosowania pestycydów nie tylko w rolnictwie amerykańskim. Akt ten, według uzgodnień podpisanych przez Światową Organizację Handlu w międzynarodowych umowach GAAT, wymusza ustalenie nowych limitów dopuszczalnych pozostałości pestycydów także przez inne kraje [21]. Dokument ten będzie miał zasięg ogólnoświatowy, a więc będzie miał wpływ również na polski rynek środków ochrony roślin.

Wizja braku efektywnych środków do zwalczania chorób roślin, szkodników i chwastów spowodowała, iż rozpoczęto szerokie badania nad bezpiecznymi dla środowiska związkami chemicznymi, tak zwanymi pestycydami biokompatybilnymi lub biopestycydami [17]. Zwane one są także pestycydami chemicznie łagodnymi (ang. soft-chemical), niskiego ryzyka (ang. low-risk) lub fitomineraloterapeutycznymi [14]. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że nazwa „związki czy pestycydy bioracjonalne” nie dotyczy poruszanego tematu, a odnosi się raczej do wykorzystania organizmów żywych w biologicznej ochronie roślin [17]. W USA agencje rządowe (Environmental Protection Agency-EPA) już otworzyły nową, służbową drogę dla przyspieszonej i łatwiejszej rejestracji biopestycydów [9]. Do takiej właśnie grupy związków chemicznych zalicza się wodorowęglany, których antymikrobiologiczne wła-

ściwości są znane od dawna [5, 22]. W 1997 roku EPA poinformowała, że wodorowęglany jako związki posiadające status GRAS (ang. generally recognized as safe) [47], powszechnie uznane za bezpieczne, nie wymagają ponownych testów na tzw. „pozostałości” we wszystkich produktach rolniczych [44].

## Ogólna charakterystyka wodorowęglanów

W cząsteczkach soli kwasu węglowego, zwanych wodorowęglanami ( $\text{Me}^1\text{HCO}_3$ ), między kationem a jonem węglanowym ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) występuje atom kwasowego wodoru, dlatego też sole te zwane są również kwaśnymi węglanami lub — według starej nomenklatury chemicznej — dwuwęglanami [43]. Technicznie są to sole kwasu węglowego ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), który dysocjuje do wodoru, jonów wodorowęglanowych, a w dalszych reakcjach do jonów węglanowych [34]. Najbardziej znane i najpowszechniej wykorzystywane to: wodorowęglan sodowy ( $\text{NaHCO}_3$ ), wodorowęglan potasowy ( $\text{KHCO}_3$ ) i wodorowęglan amonowy ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ). Sole te występują w postaci białych proszków, lekko krystalicznych, bezwonnych (z wyjątkiem soli amonowej, która silnie pachnie amoniakiem). Są one łatwo rozpuszczalne w wodzie, a ich roztwory dają odczyn lekko zasadowy: pH 8,0–8,3 [39, 43].

Kwaśny węglan sodowy ( $\text{NaHCO}_3$ ) — węglan jednosodowy, popularnie zwany sodą oczyszczoną lub sodą do pieczenia (ang. baking soda), ma wielostronne zastosowanie w gospodarstwie domowym (do czyszczenia i odkażania), przemyśle spożywczym (składnik proszków do pieczenia, lemoniad w proszku), chemicznym (w produkcji środków do prania, gaśnic, w fotografice), kosmetycznym (zmiękczac wody, składnik past do zębów i antyperspirantów), a w medycynie stosowany jest przeciw nadkwasocie. Wodorowęglan potasowy ( $\text{KHCO}_3$ ) wykorzystywany jest głównie w medycynie i stomatologii, ale także w przemyślach: spożywczym, kosmetycznym i tekstylnym. Wodorowęglan amonowy ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) służy jako składnik przy wyrobie proszków do pieczenia, w mieszaninach chłodzących, jako środek rozprężający przy wyrobie gąbek oraz w przemyślach: farbiarskim, tekstylnym i garbarskim [12, 39, 43].

Kwaśne węglany są aktywne głównie w zakresie pH od 6,5 do 8,5, ponieważ koncentracja jonów wodorowęglanowych w roztworze jest w pełnej zależności od kwasowości roztworu. W roztworach kwaśnych (pH < 6,5) sole są nieaktywne, gdyż dominuje kwas węglowy ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), rozpadający się na dwutlenek węgla i wodę, zaś w roztworach zasadowych (pH > 8,5) dominują jony węglanowe i koncentracja jonów wodorowęglanowych ponownie spada [30].

## Wykorzystanie wodorowęglanów w zwalczaniu patogenów roślin

Pierwsze prace nad wykorzystaniem wodorowęglanów do zwalczania patogenów roślin publikowane były już ponad 70 lat temu. Currey w 1924 roku [5] opisał zastosowanie kwaśnego węglanu sodu do zwalczania mączniaka prawdziwego róż, a Marloth w 1931 roku wykazał efektywność tej soli w zwalczaniu *Penicillium digitatum* i *P. italicum*, rozwijających się na powierzchni owoców [22]. Wyniki te zostały w pełni potwierdzone 50 lat później przez Homma i in. [15, 16], którzy przedstawili także inhibicyjny efekt omawianej soli na wzrost i rozwój grzybów *Pyricularia oryzae* na ryżu i *Sphaerotheca fuliginea* na ogórkach, *Leveillula taurica* na papryce i *Diaporthe citri* na cytrusach. W 1982 roku Punja i Grogan [40] opisali fungicydalne właściwości wodorowęglanów wobec grzyba *Sclerotium rolfsii* oraz możliwość zwalczania chorób powodowanych przez ten grzyb na trawach i marchwi. Brenneman i in. [2] zastosowali z powodzeniem  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  do zwalczania grzybów *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia minor* i *Rhizoctonia solani* na orzechach ziemnych. Badania *in vitro* kilku liściowych patogenów roślin dyniowatych, a mianowicie: *Alternaria cucumerina*, *Colletotrichum orbiculare*, *Didymella bryoniae*, *Ulocladium cucurbitae* potwierdziły grzybobójcze właściwości omawianych soli [50]. Ziv i Hagiladi [49] donieśli, że 2%  $\text{NaHCO}_3$  i 2%  $\text{KHCO}_3$  z dodatkiem substancji olejowych silnie redukowały rozwój mączniaka prawdziwego na *Eonymus japonica*, powodowanego przez *Oidium eonymus-japonica*. Szyndel i in. [45] z powodzeniem ograniczali występowanie *Sclerotinia homoeocarpa* i *Pythium aphanidermatum* na trawach pól golfowych, stosując mieszanki wodorowęglanów z innymi fungicydami. Kompleksowe wieloletnie badania nad zastosowaniem kwaśnych węglanów do zwalczania mączniaka prawdziwego róż, czarnej plamistości róż i szarej pleśni na pelargoniiach przeprowadzono w Cornell University pod kierunkiem prof. R.K. Horsta [17–19, 28–32, 35–38]. Uzyskane wyniki stały się podstawą do wyprodukowania przez Church & Dwight Co., Inc. i H & I Agritech, Inc. nowego fungicydu o nazwie Armicarb 100.

Wiele prac poświęcono przydatności i skuteczności kwaśnych węglanów w ograniczaniu chorób roślin rozwijających się podczas przechowywania materiału roślinnego, czyli tak zwanych chorób przechowalniczych, powodowanych przez grzyby, jak wspomniany już wcześniej *Penicillium digitatum* oraz *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium* spp., *Helminthosporium solani*, *Rhizoctonia carotae*, *Rhizopus stolonifer* [1, 8, 22, 27, 41, 44].

Przykłady można by mnożyć, gdyż jest wiele doniesień o wysokiej efektywności wodorowęglanów w zwalczaniu bardzo szerokiego zakresu patogenów grzybowych roślin. Ale nie tylko. Sole te hamują wzrost drożdży i grzybów występujących na produktach spożywczych [4, 48], w tym także grzybów wytwarzających duże ilości mykotoksyn [24, 25]. Mają więc szerokie zastosowanie w medycynie i stomatologii [10, 23, 26, 46].

Właściwości antybakteryjne i antydrożdżowe  $\text{NaHCO}_3$  i  $\text{KHCO}_3$  opisali Corral i in. [3], wykazując, że to głównie jony wodorowęglanowe są odpowiedzialne za antimikrobową aktywność tych soli, potwierdzając wcześniejsze, hipotetyczne jedynie przypuszczenia [20].

## Mechanizm grzybobójczego działania kwaśnych węglanów

Mechanizm działania wodorowęglanów jako substancji grzybobójczych nie jest jeszcze w pełni poznany. Uważa się, że odgrywa tutaj rolę kilka czynników jednocześnie. Za zasadnicze uznaje się zmiany pH, w tym głównie efekt buforujący soli, powodujący zwyżkę pH, oraz zmiany ciśnienia osmotycznego, zakłócające przepuszczalność błon. Wykazano także bezpośredni wpływ anionów  $\text{HCO}_3^-$  na pobieranie przez grzyby kationów:  $\text{N}^+$ ,  $\text{P}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  oraz na syntetyzowanie niektórych białek enzymatycznych i węglowodanów. Aniony te oddziałują na mitochondrialne ATP i wpływają na reakcje fosforylacji oksydacyjnej [3, 6, 13, 20, 25, 30, 40, 42]. Porter [35] — na podstawie badań pH wewnątrzkomórkowego zarodników *Alternaria brassicae* i *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* — wysunęła hipotezę, iż aktywność tych soli może być związana z inaktywacją enzymu  $\text{H}^+$ ATP-azy hydrolizującego ATP.

Wodorowęglan amonu ma dwa aktywne składniki, to jest: kation amonowy  $\text{NH}_4^+$ , który może przekształcić się w amoniak, oraz anion wodorowęglanowy  $\text{HCO}_3^-$ . Przy pH roztworu powyżej 7,0 dysocjacja tej soli wygląda następująco:



Początkowo uważano [6], że grzybobójcze właściwości wynikają jedynie z faktu, iż anion wodorowęglanowy, podnosząc zasadowość roztworu, zwiększa znacznie koncentrację amoniaku, który hamuje rozwój grzybów. Jednakże Palmer i in. [30] wykazali, że amoniak jest tylko jednym z czynników odpowiedzialnych za grzybobójcze właściwości tej soli i nie wyjaśnia całkowicie aktywności anionu wodorowęglanowego.

Tworząca się na powierzchni liścia, po zabiegu opryskiwania, warstwa ochronna polimerów także może stanowić barierę hamującą kiełkowanie zarodników lub aktywne wnikanie tworzącej się strzępki infekcyjnej [7, 11, 49, 50].

Uzyskane dane wskazują, że kwaśne węglany wpływają bezpośrednio na komórki plechy patogena, powodując destrukcję ścian komórkowych, a przez to zakłócenia podstawowych procesów fizjologicznych komórki, nie obserwowano zaś ich wpływu na komórki rośliny żywiciela [18]. Sole te wyraźnie ograniczały ilość strzępek grzybni i intensywność zarodnikowania grzybów *Sphaerotheca pannosa* var. *rose* i *S. fuliginea* [16, 19, 36, 37], a także hamowały lub ograniczały rozwój i kiełkowanie zarodników grzybów z rodzajów: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Didymella*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Pythium*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Ucladium* [6, 8, 24, 27, 28, 29, 30, 35, 38, 40, 44, 50]. Zarodniki bywały uszkodzane w różnym stopniu — aż do całkowitej plazmolizy włącznie [6, 8, 19, 28, 30, 35].

Fungicydalny lub fungistatyczny efekt wodorowęglanów może być wyraźnie zwiększony przez dobór odpowiedniego nośnika poprawiającego przyczepność i równomierne rozprowadzenie soli na powierzchni liścia. Nośniki zapobiegają także nadmiernej krystalizacji soli na liściu [15, 32]. Wodorowęglany zastosowane bez nośników (adjuwantów, substancji powierzchniowo czynnych) i przy zbyt wysokiej koncentracji mogą być fitotoksyczne dla roślin [31, 33, 45, 50].

## Nowe fungicydy „wodorowęglanowe“

Fungicydy oparte na wodorowęglanach mają szerokie spektrum działania. W tabelach 1, 2 i 3 zestawiono dane znajdujące się na oficjalnej ulotce handlowej fungicydu o nazwie Remedy, którego substancją aktywną jest wodorowęglan potasu w stężeniu 85%. Fungicyd ten produkowany jest i rozprowadzany przez Bonide Products, Inc. — USA. Prezentowane w tabelach zestawienia obejmują zestaw roślin ozdobnych, warzywniczych i sadowniczych, na których można ten fungicyd stosować, oraz podstawowy zakres chorób powodowanych przez wiele różnych patogenów, jak i przez specyficzne patogeny, do zwalczania których ten fungicyd jest polecany.

Wszystkie fungicydy oparte na kwaśnych węglanach są fungicydami działającymi zapobiegawczo i powinny być stosowane z odpowiednio dużą ilością wody. Można je mieszać z innymi pestycydami, ale konieczne jest przeprowadzenie próby na fitotoksyczność nowej mieszaniny. Obecnie na rynku amerykańskim, oprócz wspomnianego wcześniej Remedy, znajduje się fungicyd o nazwie Kaligreen (Toagosii Co. Ltd), zawierający 82%  $\text{KHCO}_3$ , i polecany jedynie do zwalczania mączniaków

**Tabela 1.** Rodzaje (i niektóre gatunki) roślin ozdobnych, na które polecany jest fungicyd Remedy do zwalczania różnych patogenów grzybowych (wg ulotki handlowej)

<i>Aeschynanthus</i>	<i>Crataegus</i>	<i>Impatiens</i>	<i>Prunus amygdalus</i>
<i>Ageratum</i>	<i>Delphinium</i>	<i>Iris</i>	<i>Prunus armeniaca</i>
<i>Ajuga</i>	<i>Dendranthema</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Prunus persica</i>
<i>Alyssum</i>	<i>Dianthus</i>	<i>Kalanchoe</i>	<i>P. persica</i> var. <i>nectarina</i>
<i>Andromeda</i>	<i>Dizygotheca</i>	<i>Lagerstroemia</i>	<i>Pulmonaria</i>
<i>Antirrhinum</i>	<i>Episcia</i>	<i>Ligustrum</i>	<i>Pyracantha</i>
<i>Aphelandra</i>	<i>Euonymus</i>	<i>Limonium</i>	<i>Rhododendron</i>
<i>Aquilegia</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>Malus</i>	<i>Rosa</i>
<i>Artemisia</i>	<i>Forsythia</i>	<i>Melissa</i>	<i>Schefflera</i>
<i>Aster</i>	<i>Gazania</i>	<i>Pachysandra</i>	<i>Scindapsus</i>
<i>Buxus</i>	<i>Gladiolus</i>	<i>Papaver</i>	<i>Senecio</i>
<i>Calendula</i>	<i>Gypsophila</i>	<i>Pelargonium</i>	<i>Sinningia</i>
<i>Catharanthus</i>	<i>Hedera</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Tagetes</i>
<i>Centaurea</i>	<i>Heliopsis</i>	<i>Philodendron</i>	<i>Verbena</i>
<i>Chamaedorea</i>	<i>Heuchera</i>	<i>Phlox</i>	<i>Viburnum</i>
<i>Codiaeum</i>	<i>Hibiscus</i>	<i>Pilea</i>	<i>Viola odorata</i>
<i>Coleus</i>	<i>Hoya</i>	<i>Pinus</i>	<i>Viola tricolor</i>
<i>Cornus</i>	<i>Hydrangea</i>	<i>Pittosporum</i>	<i>Zinnia</i>
<i>Crassula</i>	<i>Ilex</i>	<i>Primula</i>	

**Tabela 2.** Rośliny warzywne i rośliny sadownicze, na które polecany jest fungicyd Remedy

Warzywa		Rośliny sadownicze	
arbuz	kapusta	borówka amerykańska	śliwa
batat	melon	brzoskwinia	truskawka
burak	ogórek	czereśnia	wiśnia
cukinia	papryka	grusza	winorośl
dynia	pomidor	jabłoń	
dynia squash	sałata	mango	
groch	ziemniak	morela	

**Tabela 3.** Zestawienie niektórych chorób oraz patogenów roślin, które mogą być zwalczane (ograniczane) przy użyciu fungicydu Remedy

Nazwy ważniejszych chorób	Choroby powodowane przez grzyby z rodzajów		
plamistości liści	<i>Alternaria</i>	<i>Diplodia</i>	<i>Phytophthora</i>
antraknozy	<i>Ascochyta</i>	<i>Entomosporium</i>	<i>Ramularia</i>
fuzaryjne plamistości liści	<i>Botrytis</i>	<i>Helminthosporium</i>	<i>Sclerotinia</i>
choroby zwane parchami	<i>Cercospora</i>	<i>Ovulinia</i>	<i>Septoria</i>
mączniaki prawdziwe	<i>Corynespora</i>	<i>Phoma</i>	
mączniaki rzekome	<i>Didymellina</i>	<i>Phomopsis</i>	

prawdziwych na winoroślach, ogórkach, truskawkach, tytoniu i różach. Fungicyd ten wymaga dodania środków przyczepnych (adjuwantów). Z informacji uzyskanych w EPA wynika, że w rejestracji znajdują się jeszcze następujące fungicydy biokompatybilne, których substancją czynną są kwaśne węglany: FirstStep (W.A. Cleary Chemical), Armicarb 100 (Church & Dwight Co., Inc. oraz H & I Agritech, Inc.) i Agriculture (H & I Agritech, Inc.). Wszystkie te fungicydy nie wymagają dodatkowych adjuwantów i prawdopodobnie jeszcze w tym roku znajdą się w sprzedaży. Prace nad wykorzystaniem nowych substancji nośnych dla wodorowęglanów są w dalszym ciągu intensywnie prowadzone. Przyszłość pokaże, czy fungicydy oparte na wodorowęglanach staną się realnym substytutem powszechnie obecnie stosowanych fungicydów. Na pewno odegrają one jednak swoją rolę w chemicznej ochronie roślin.

## Literatura

- [1] Ahroni Y., Fallik E., Copel A., Gil M., Grinberg S., Klein J.D. 1997. Sodium bicarbonate reduced postharvest decay development on melons. *Postharvest Bio. Technol.* 10: 201–206.
- [2] Brenneman T.B., Csinos A.S., Phipps P.M. 1990. Evaluation of ammonium bicarbonate for control of soilborne peanut pathogens. *Peanut Sci.* 17: 28–31.
- [3] Corral L.G., Post L.S., Montville T.J. 1988. Antimicrobial activity of sodium bicarbonate. *J. Food Sci.* 53: 981–982.
- [4] Curran D.M., Montville T.J. 1989. Bicarbonate inhibition of *Saccharomyces cerevisiae* and *Hansenula wingei* growth in apple juice. *Internat. J. Food Microbiol.* 8: 1–10.
- [5] Currey J.A. 1924. Bicarbonate of soda spray effective. *The American Rose Annual* 9: 69–70.
- [6] De Pasquale D., Montville T.J. 1990. Mechanism by which ammonium bicarbonate and ammonium sulfate inhibit mycotoxigenic fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 3711–3717.
- [7] Elad Y., Ziv O., Ayish N., Katan J. 1989. The effect of film-forming polymers on powdery mildew of cucumber. *Phytoparasitica* 17: 279–288.
- [8] Fallik E., Grinberg S., Ziv O. 1997. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits. *J. Horticult. Sci.* 72: 35–41.
- [9] Food Quality Protection Act (FQPA) and New York State. Chem-Newsletter, Cornell Cooperative Extension, Pesticide Management Education Program (PMEP), Cornell University, March 1998: 33 ss.
- [10] Frassetto L., Morris R.C., Sebastian A. 1997. Potassium bicarbonate reduced urinary nitrogen excretion in postmenopausal women. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.* 82: 254–259.
- [11] Hagiladi A., Ziv O. 1986. The use of antitranspirant for the control of powdery mildew of roses in the field. *J. Environ. Horticult.* 4: 69–71.
- [12] Hamlin S. 1995. Baking soda to the rescue. *New York Times*, July 19: 5–6.
- [13] Homma Y., Arimoto Y. 1990. Mechanisms of plant disease control by potassium bicarbonate. Abstr. 17th. Internatl. Cong. Pestic. Chem. 2: 94.
- [14] Homma Y., Arimoto Y. 1993. Phytomineralotherapy, as a concept on plant protection. Abstr. 6th. Internatl. Cong. Pl. Pathol. July 28-Aug. 6. 1993 Montreal, Canada: 3.4.29.
- [15] Homma Y., Arimoto Y., Misato T. 1981. Studies on the control of plant diseases by sodium bicarbonate formulation. Part I. Effect of emulsifiers and surfactants on the protective values of sodium bicarbonate. *J. Pestic. Sci.* 6: 145–153.
- [16] Homma Y., Arimoto Y., Misato T. 1981. Studies on the control of plant diseases by sodium bicarbonate formulation. Part II. Effect of sodium bicarbonate on each growth stage of cucumber powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*) in its life cycle. *J. Pestic. Sci.* 6: 201–209.
- [17] Horst R.K., Kawamoto S.O., Porter L.L. 1992. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease* 76: 247–251.
- [18] Israel H.W., Ingalls S.J., Porter L.L., Horst R.K. 1993. Control of powdery mildew of rose with bicarbonates: I. A qualitative microscopic study of eradication. Abstr. *Phytopathology* 83: 244.

- [19] Israel H.W., Ingalls S.J., Porter L.L., Horst R.K. 1993. Control of powdery mildew of rose with bicarbonates: III. A microscopic study of protection. Abstr. *Phytopathology* 83: 244.
- [20] MacCauley B.J., Griffin D.M. 1969. Effect of carbon dioxide and the bicarbonate ion on the growth of some soil fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 53: 223–228.
- [21] Mandava B. 1997. FQPA: Global impact — New U.S. legislation will change registration and use of crop protection products. *Farm Chem. Internatl.* 11: 12.
- [22] Marloth R.H. 1931. The influence on hydrogen-ion concentration and of sodium bicarbonate and related substances on *Penicillium italicum* and *P. digitatum*. *Phytopathology* 21: 169–198.
- [23] Miyasaki K.T., Genco R.J., Wilson M.E. 1986. Antimicrobial properties of hydrogen peroxide and sodium bicarbonate individually and in combination against selected oral Gram-negative facultative bacteria. *J. Dental Res.* 65: 1142–1148.
- [24] Montville T.J., Goldstein P.K. 1987. Sodium bicarbonate reduces viability and alters aflatoxin distribution of *Aspergillus parasiticus* in Czapek's agar. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 2303–2307.
- [25] Montville T.J., Goldstein P.K. 1989. Sodium bicarbonate inhibition of aflatoxigenesis in corn. *J. Food Prot.* 52: 45–48.
- [26] Newbrun E., Hoover C.I., Ryder M.I. 1984. Bacterial action of bicarbonate ion on selected periodontal pathogenic microorganisms. *J. Periodontol.* 55: 658.
- [27] Olivier C., Halseth D.E., Mizubuti E.S.G., Loria R. 1998. Postharvest application of organic salts for suppression of silver scurf on potato tubers. *Plant Disease* 82: 213–217.
- [28] Palmer C.L., Horst R.K., Israel H.W., Langhans R.W. 1994. Bicarbonates and *Botrytis*: III. Effect on germination of *Botrytis cinerae* conidia. Abstr. *Phytopathology* 84: 1065.
- [29] Palmer C.L., Horst R.K., Israel H.W., Langhans R.W. 1995. Bicarbonates and *Botrytis*: VII. Calcein AM and Ethidium Homodimer I indicate viability of fungal conidia. Abstr. *Phytopathology* 85: 1204.
- [30] Palmer C.L., Horst R.K., Langhans R.W. 1997. Use of bicarbonates to inhibit in vitro colony growth of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81: 1432–1438.
- [31] Palmer C.L., Langhans R.W., Horst R.K., Israel H.W. 1995. Bicarbonates and *Botrytis*: V. Control of gray mold on greenhouse grown geraniums. Abstr. *Phytopathology* 85: 1150.
- [32] Palmer C.L., Winston A.E., Horst R.K., Israel H.W. 1994. Bicarbonates and *Botrytis*: II. Effects with surfactants on in vitro colony growth of *Botrytis cinerea*. Abstr. *Phytopathology* 84: 1115.
- [33] Poncavage J. 1992. Add some oil to your arsenal. *Organic Gardening* 12: 31–32.
- [34] Ponnamperna F.N. 1967. A theoretical study of aqueous carbonate equilibria. *Soil Sci.* 103: 90–100.
- [35] Porter L.L. 1993. Bicarbonate inhibition of select phytopathogenic fungi: mechanistic studies and disease control implications. Dissertation PhD, Cornell University: 202 ss.
- [36] Porter L.L., Horst R.K., Israel H.W. 1993. Control of powdery mildew of rose with bicarbonates: II. A quantitative influence on fungal structures. Abstr. *Phytopathology* 83: 246.
- [37] Porter L.L., Horst R.K., Israel H.W. 1993. Control of powdery mildew of rose with bicarbonates: IV. Temporal influence on conidial germination. Abstr. *Phytopathology* 83: 246.
- [38] Porter L.L., Urbina-Reyes R.N., Horst R.K. 1992. Bicarbonate inhibition of phytopathogenic fungi *in vitro*. Abstr. *Phytopathology* 82: 247.
- [39] Potassium bicarbonate specifications. 1988. Church and Dwight Co. Inc., Chemical Divisions Materials: 2 ss.



- [40] Punja Z.K., Grogan R.G. 1982. Effects of inorganic salts, carbonate — bicarbonate anions, ammonia, and the modifying influence of pH on sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 72: 635–639.
- [41] Ricker M.D., Punja Z.K. 1991. Influence of fungicide and chemical salt dip treatments on crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* in long-term storage. *Plant Disease* 75: 470–474.
- [42] Roinstead K.S., Montville T.J., Rosen J.D. 1994. Mechanism for sodium bicarbonate inhibition of trichothecene biosynthesis in *Fusarium tricinctum*. *J. Agric. Food. Chem.* 42: 2025–2028.
- [43] Słownik chemiczny. 1982. J. Chodkowski (red.) Wiedza Powszechna. Warszawa, Wyd. VI: 155, 619, 638.
- [44] Smilanick J.L., Margosan D.A., Mlikota F., Usall J., Michael I.F.F. 1999. Control of green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. *Plant Disease* 83: 139–145.
- [45] Szyndel M.S., Horst R.K., Israel H.W., Lajoie M.S. 1995. Bicarbonate-based fungicides control *Sclerotinia* and *Pythium* on turf. *Abstr. Phytopathology* 85: 1151.
- [46] Tao L., Tanzer J.M., MacAlister T.J. 1987. Bicarbonate and potassium regulation of the shape of *Streptococcus mutans* PIIC 10449S. *J. Bacteriol.* 169: 2543.
- [47] U.S. Pharmacopeia Convention. 1990. The U.S. Pharmacopeia (U.S.P.), Rockville, MD: 2067 ss.
- [48] Xu W.Q., Hang Y.D. 1989. Inhibition of *Geotrichum candidum* by bicarbonates. *Mircen J. Appl. Microbiol. Biotech.* 5: 109–113.
- [49] Ziv O., Hagiladi A. 1993. Controlling powdery mildew in *Euonymus* with polymer coating and bicarbonate solutions. *HortScience* 28: 124–126.
- [50] Ziv O., Zitter T.A. 1992. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. *Plant Disease* 76: 513–517.

## Use of bicarbonates in plant disease protection

**Key words:** bicarbonates, nontoxic pesticides, biocompatible fungicides, Remedy

### Summary

The reevaluation and probable cancellation of many pesticides, due to Food Quality Protection Act (FQPA), strongly enhance the value of research and development of new biocompatible chemicals. Among the environmentally low-risk chemicals are bicarbonate salts which already have GRAS status. Bicarbonates, technically hydrogen carbonate salts: sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ), potassium bicarbonate ( $\text{KHCO}_3$ ) and ammonium bicarbonate ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) have a wide range of antimicrobial activity. Their effectiveness to control foliar, soil and postharvest plant diseases has been demonstrated. Bibliographical review presents:

- general background of historical and present research using bicarbonates for crop protection against fungal pathogens,

- chemical characteristics of bicarbonates and their major uses in households and industry,
- evidences for and hypotheses of mode of action of bicarbonates and their efficacy in inhibiting fungal growth,
- information about current bicarbonate fungicides commercially available and new ones which are in the EPA registration process.

Tables showing ornamental and garden applications as well as diseases controlled by the fungicide Remedy are presented.

*Adres do korespondencji:  
dr hab. Marek S. Szyndel  
H&I Agritech, Inc.,  
Cornell University Business and Technology Park  
95 Brown Rd, No. 1030  
Ithaca, NY., 14850  
USA*