

Herbicydowe cieczy jonowe z kationami bisamoniowymi

Damian KACZMAREK*, Rafał GISZTER – Politechnika Poznańska, Poznań; Katarzyna MARCINKOWSKA – Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2016, 70, 9, 541–548

Wstęp

Struktura związków jest jedną z głównych cech klasyfikujących cieczy jonowe (ILs). Wyróżnia się cieczy, w których kation posiada ładunek na atomach azotu, fosforu, tlenu czy siarki. Do tej grupy należą m.in. amoniowe i fosfoniowe cieczy jonowe. Kation może w swej budowie posiadać jeden lub więcej atomów czwartorzędowych [1]. W przypadku, kiedy w kationie znajdują się dwa ładunki na atomach azotu, mówimy o bisamoniowych cieczach, natomiast cieczy z trzema atomami nazywane są trojczkami [2].

Bisamoniowe cieczy jonowe o właściwościach powierzchniowych, posiadające w swojej strukturze długie łańcuchy alkilowe, stanowią nową klasę związków tzw. *gemini* [3, 4]. Ich cechą charakterystyczną jest występowanie dwóch połączonych ze sobą atomów azotu posiadających ładunki dodatnie oraz występowanie osi symetrii w strukturze cząsteczki [5 ÷ 7]. Budowa bliźniacza sprawia, że cieczy te charakteryzują się niskim stężeniem micelizacji [3, 4]. Zaliczane są również, ze względu na swoje właściwości, do amfifilowych cieczy jonowych, które cechuje wysoka aktywność powierzchniowa oraz wysoka stabilność termiczna [7].

W 2007 r. W.L. Hough wraz ze współpr. zaproponowali podział ILs na trzy generacje [8]. ILs zaliczane do III generacji mają m.in. zastosowanie farmaceutyczne (przeciwbólowe, przeciwzapalne), dzięki użyciu kationów lub anionów pochodzących od znanych farmaceutyków [8, 9]. Do tej grupy cieczy jonowych można zaliczyć również ILs o aktywności grzybobójczej oraz chwastobójczej [10, 11]. W celu uzyskania aktywności fungicydowej, jako źródło kationu wykorzystywane są triazole. Herbicydowe cieczy jonowe otrzymuje się natomiast poprzez zastosowanie anionów: 2,4-dichlorofenoksyoctanowych, 4-chloro-2-metylofenoksyoctanowych, 1-(3-chlorofenyl)-piperazyńowych, 2-(fosfonometylo-amino)octanowych, czy sulfonocznikowych (MS-M) [11 ÷ 18].

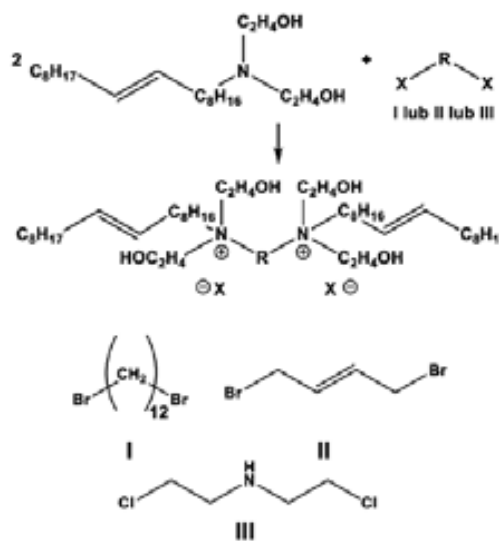
Syntezyowano nowe cieczy jonowe, w których kation bisamoniowy połączono z anionami herbicydowymi, zwiększając w ten sposób aktywność chwastobójczą. Opracowano metodę syntezy dihalogenków bisamoniowych oraz dwie metody wymiany halogenków na aniony herbicydowe. Przebadano wpływ łącznika oraz anionu na właściwości fizykochemiczne i aktywność herbicydową otrzymanych soli.

Część doświadczalna

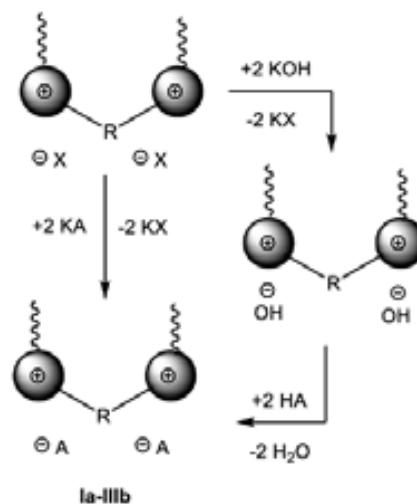
Do kolby dodano 1,12-dibromododekanu (I) lub 1,4-dibromobutenu (II) lub bis(2-chloroetylo)aminy (III) oraz bis(2-hydroksyetylo)oktadec-9-enaminy w stosunku molowym 1:2. Całość mieszano przez 72 godziny. Następnie produkt oczyszczono i wysuszono.

Syntezywane dibromki lub dichlorki bisamoniowego poddano jednoetapowej reakcji wymiany. Reakcję dihalogenku z solą potasową MCPA (1:2) prowadzono w metanolu przez 30 minut w temperaturze otoczenia, po czym odparowano rozpuszczalnik.

Otrzymany produkt rozpuszczono w acetonie i schłodzono w celu wytrącenia soli nieorganicznej. Wytrącony osad odsączono, a przesącz odparowano. Otrzymane produkty (Ia), (IIa), (IIIa) suszono w suszarce próżniowej, w temp. 70°C, przez 24 godziny.



Dihalogenek bisamoniowy poddano reakcji wymiany z wodorotlenkiem potasu w stosunku molowym 1:2. Reakcja była prowadzona w metanolu w temperaturze otoczenia przez 30 minut. Wytrącony osad bromku potasu odsączono, a przesącz zobojętniono roztworem alkoholowym kwasu 2,4-D. Po uzyskaniu obojętnego pH z mieszaniny odparowano rozpuszczalnik. Pozostałość rozpuszczono w acetonie, a następnie schłodzono. Wytrącony osad odsączono, a z przesączu odparowano rozpuszczalnik. Otrzymane produkty (Ib), (IIb), (IIIb) suszono w suszarce próżniowej, w temp. 50°C, przez 48 godzin.



Schemat otrzymywania herbicydowych bisamoniowych cieczy jonowych, gdzie X oznacza kation bromkowy lub chlorkowy, A anion MCPA(Ia-IIIa) lub 2,4-D(IIb-IIIb)

*Autor do korespondencji:

Inż. Damian KACZMAREK, e-mail: Damian.k.kaczmarek@gmail.com

Bisamoniowe herbicydowe ciecze jonowe

ILs	Symbol	R	Wydajność %	ZPC %
Ia	[C ₁₂ C ₁₈] [MCPA] ₂	-(CH ₂) ₁₂ -	92	99
Ila	[CNC ₁₈] [MCPA] ₂	-CH ₂ -CH ₂ -NH-CH ₂ -CH ₂ -	89	97
IIla	[C ₂ C ₂ C ₁₈] [MCPA] ₂	-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -	90	95
Ib	[C ₁₂ C ₁₈] [2,4-D] ₂	-(CH ₂) ₁₂ -	93	90
IIb	[CNC ₁₈] [2,4-D] ₂	-CH ₂ -CH ₂ -NH-CH ₂ -CH ₂ -	88	94
IIIb	[C ₂ C ₂ C ₁₈] [2,4-D] ₂	-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -	91	91

Tablica 1

Reakcja wymiany jonowej z solą potasową MCPA zachodziła z wyższą wydajnością niż reakcja dwuetapowa z wykorzystaniem wodorotlenku amoniowego. Natomiast synteza cieczy z anionem 2,4-D metodą dwuetapową charakteryzowała się wydajnością wyższą o 10%, w porównaniu z metodą jednoetapową. Wszystkie ciecze otrzymane w temp. 25°C były cieczami o wysokiej gęstości i lepkości.

Strukturę związku potwierdzono poprzez analizę protonowego magnetycznego rezonansu jądrowego. Na widmie dostrzec można, że anion MCPA powodował przesunięcia w kationie ku wartościom niższym niż ciecze z anionem 2,4-D. Zauważalne są również przesunięcia przy grupach CH₂ od węgli pochodzących od łącznika w kationie bisamoniowym. Wartość przesunięcia wzrasta w szeregu **Ia > IIa > IIIa** dla cieczy z anionem MCPA oraz **Ib > IIb > IIIb** dla cieczy z anionem 2,4-D. Na widmach ¹H NMR był widoczny również pik przy wartości 5,34 ppm pochodzący od podwójnego wiązania w łańcuchu oleinowym.

W Tablicy 2 zestawiono test rozpuszczalności dla popularnych rozpuszczalników organicznych oraz wody. Test przeprowadzono zgodnie z metodyką A. Vogela, który polegał na nważeniu dokładnie 0,1 g, a następnie dodanie 1 ml i 2 ml. W teście rozpuszczalności „+” oznacza związek dobrze rozpuszczalny (0,1 g/1 ml), „±” słabo rozpuszczalny (0,1 g/3 ml), natomiast „-” oznacza, że 0,1 g nie rozpuszcza się w 3 ml rozpuszczalnika.

Tablica 2

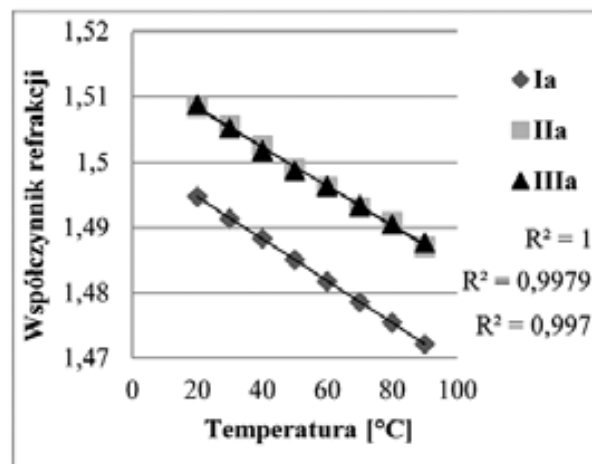
Rozpuszczalność syntezowanych bisamoniowych ILs

Rozpuszczalnik	ILs						
	Ia	IIa	IIIa	Ib	IIb	IIIb	
Woda	-	-	-	-	-	-	
DMSO	+	-	-	-	-	±	
Acetonitryl	-	-	±	-	-	±	
Metanol	+	+	+	+	+	+	
Aceton	+	+	+	+	+	+	
Izopropanol	+	+	±	-	-	+	
Octan etylu	±	±	±	±	±	±	
Chloroform	+	+	+	+	+	+	
Toluen	+	±	+	±	±	+	
Heksan	+	-	+	+	-	+	

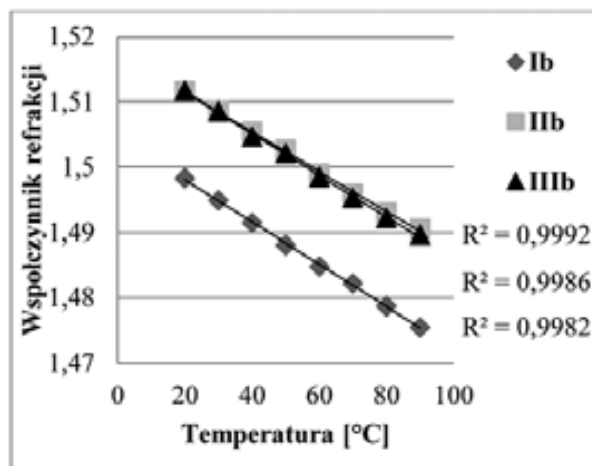
Wszystkie otrzymane ciecze jonowe rozpuszczały się w metanolu, acetonie, octanie etylu, chloroformie i toluenie. Syntezowane ciecze jonowe rozpuszczały się we wszystkich rozpuszczalnikach niepolarnych, za wyjątkiem **IIa** i **IIb**, które nie rozpuszczały się w heksanie. Ciecz **IIIb** rozpuszczała się we wszystkich rozpuszczalnikach polarnych poza wodą.

Ib i **IIb** nie ulegały rozpuszczaniu w takich rozpuszczalnikach polarnych, jak DMSO, acetonitryl oraz izopropanol. Ciecze **Ia–IIIa** rozpuszczały się w rozpuszczalnikach polarnych protonowych wykluczając wodę.

Badanie współczynnika refrakcji przeprowadzono na refraktometrze *Abbego Rudolph Research Analytical J357 Automatic Refractometer*.



Rys. 1. Współczynnik refrakcji dla ILs Ia–IIIa z anionem MCPA



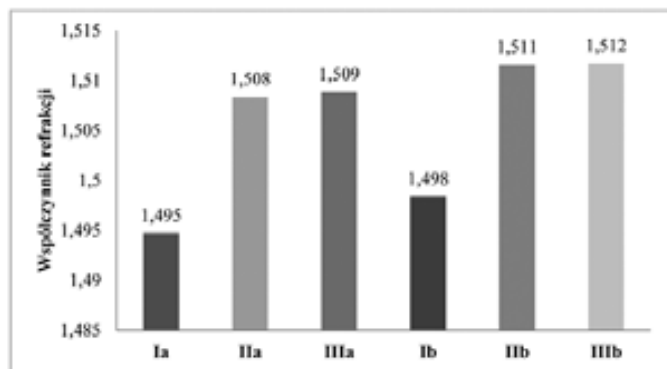
Rys. 2. Współczynnik refrakcji dla ILs Ib–IIIb z anionem 2,4-D

Wartości współczynnika refrakcji dla cieczy z anionem MCPA (Rys. 1) mieściły się w zakresie od 1,472 do 1,509. Zauważyć można, że ciecze jonowe z łącznikiem bis(etano)aminowym **IIa** i butenowym **IIIa** osiągają zbliżone wartości współczynnika refrakcji, natomiast ciecz z łącznikiem dodekanowym **Ia** charakteryzuje się znacznie niższym współczynnikiem refrakcji. Podobną zależność obserwuje się dla cieczy **Ib–IIIb** (Rys. 2). Najniższą wartość zaobserwowano dla cieczy **Ib**, której wartość wynosiła 1,476. Pozostałe dwie ciecze z anionem 2,4-D odznaczały się znacznie wyższym współczynnikiem refrakcji; najwyższą wartość odnotowano dla **IIIb** 1,512. Analizując wpływ temperatury, łącznika oraz anionów MCPA (**Ia–IIIa**) i 2,4-D (**Ib–IIIb**) na współczynnik refrakcji można zauważyć, że zmiana współczynnika refrakcji w przedziale temperatur 20–90°C jest zależnością liniową. W celu potwierdzenia wyznaczono współczynniki korelacji (R), które są bliskie jedności, co świadczy o liniowej zmianie wartości.

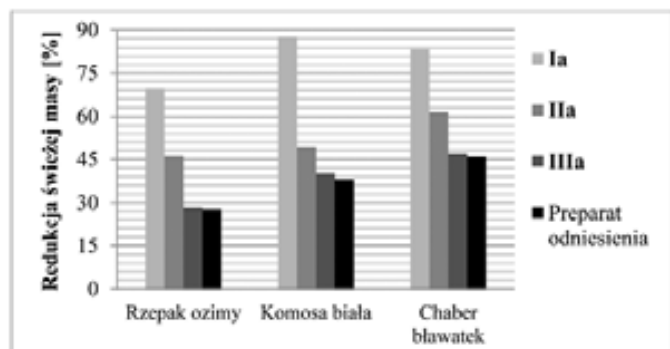
Najniższą wartość współczynnika załamania światła osiąga ciecz **Ia**. Porównując wartości współczynnika załamania światła (Rys. 3) dla stałej temp. 20°C syntezowanych nowych herbicydowych cieczy jonowych, zawierających różne łączniki i aniony, można zauważyć znaczny wpływ wprowadzenia podwójnego wiązania (**IIa**, **IIb**) lub atomu azotu (**IIIa**, **IIIb**) do łącznika na zmianę współczynnika refrakcji. Najniższą wartość współczynnika załamania światła odnotowano dla cieczy jonowej **Ia**, natomiast najwyższą dla **IIIb**.

Przeprowadzenie badania gęstości oraz lepkości było niemożliwe ze względu na wysoką lepkość cieczy, która uniemożliwiła przeprowadzenie analizy.

Badanie aktywności herbicydowej otrzymanych cieczy jonowych prowadzono w warunkach szklarniowych na trzech roślinach testowych: rzepaku ozimym (*Brassica napus* L.), komosie białej (*Chenopodium album* L.) oraz chabrze bławatka (*Centaurea cyanus* L.). Badanie przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w publikacji [11]. Jako środki porównawcze zastosowano komercyjne herbicydy zawierające 2,4-D – Chwastox Extra 300 SL (300 g substancji czynnej w 1 l preparatu) oraz MCPA – Aminopielik Standard 600 SL (300 g s.c. w 1 l preparatu).

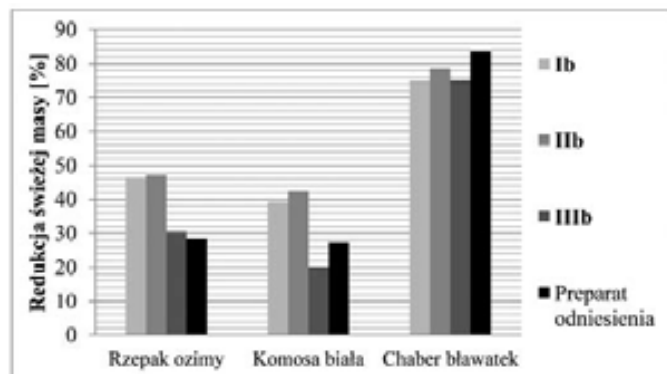


Rys. 3. Zależność współczynnika refrakcji od kationu i anionu w temp. 20°C



Rys. 4. Aktywność chwastobójcza ILs z anionem MCPA

Aktywność biologiczną otrzymanych cieczy jonowych z anionem MCPA oraz komercyjnego herbicydu zawierającego MCPA w postaci soli dimetyloamoniowej przedstawiono na Rysunku 4. Wszystkie syntezowane cieczy (Ia–IIIa) wykazały wyższą aktywność herbicydową wobec roślin rzepaku ozimego, komosy białej oraz chabra bławatka. Najlepsze właściwości chwastobójcze we wszystkich trzech testach wykazała ciecz $[C_{12}C_{18}][MCPA]_2$ Ia, która posiadała łącznik dodekanowy. Bisamoniowe cieczy jonowe IIa i IIIa charakteryzowały się podobną aktywnością chwastobójczą.



Rys. 5. Aktywność chwastobójcza ILs z anionem 2,4-D

Cieczy jonowe z anionem 2,4-D (Ib–IIIb) (Rys. 5) charakteryzują się również wyższą aktywnością herbicydową niż preparat odniesienia, w stosunku do roślin rzepaku ozimego i komosy białej, natomiast w przypadku chabra bławatka zsintezowane cieczy wykazały nieco niższą skuteczność w porównaniu do handlowego herbicydu. Ciecz IIIb jako jedyna wykazała niższą aktywność herbicydową w odniesieniu do komosy białej.

Podsumowanie

Przedstawiono dwie metody syntezy bisamoniowych cieczy jonowych z anionami herbicydowymi, gdzie prekursorami były dibromki dodekano-1,12-bis(bis(2-hydroksyetylo)oktadec-9-enamoniowe), buteno-1,4-bis(bis(2-hydroksyetylo)oktadec-9-enamoniowe) oraz dichlorki bis(etano)amino-2,2'-bis(bis(2-hydroksyetylo)oktadec-9-enamoniowe). Wszystkie otrzymane cieczy jonowe charakteryzowały się rozpuszczalnością w rozpuszczalnikach polarnych, takich jak aceton i metanol oraz rozpuszczalnikach niepolarnych: octan etylu, toluen i chloroform, natomiast nie ulegały rozpuszczeniu w wodzie. Wartości współczynnika załamania światła w dużej mierze zależały od budowy łącznika występującego w kationie bisamoniowym, znacznie mniejszy wpływ miała budowa anionu. Syntezowane bisamoniowe cieczy jonowe wykazywały z reguły wyższą aktywność biologiczną niż komercyjne herbicydy. Najwyższą skuteczność działania wobec chwastów wykazał di(4-chloro-2-metylofenoksy)octan dodekano-1,12-bis(bis(2-hydroksyetylo)oktadec-9-enamoniowy).

Praca finansowana z działalności statutowej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, 03/32/DSPB/0608

Literatura

- D'Anna F., Noto R.: *Di- and Tricationic Organic Salts: An Overview of Their Properties and Applications*. Eur. J. Org. Chem. 2014, 4201–4223.
- Pernak J., Skrzypczak A., Lota G., Frąckowiak E.: *Synthesis and Properties of Trigeminal Tricationic Ionic Liquids*. Chem. Eur. J. 2007, 11, 3106–3112.
- Al-Mohammed N.N., Alias Y., Abdullah Z.: *Bis-imidazolium and benzimidazolium based gemini-type ionic liquids structure: synthesis and antibacterial evaluation*. RSC Adv. 2015, 5, 112, 92602–92617.
- Adak S., Datta S., Bhattacharya S., Banerjee R.: *Role of spacer length in interaction between novel gemini imidazolium surfactants and Rhizopus oryzae lipase*. Int. J. Biol. Macromol. 2015, 81, 560–567.
- Niemczak M., Giszter R., Czerniak K., Marcinkowska K., Walkiewicz F.: *Bis(ammonium) ionic liquids with herbicidal anions*. RSC Adv. 2015, 5, 20, 15487–15493.
- Marcinkowska K., Czerniak K., Giszter R., Niemczak M.: *Bis-amoniowe herbicydowe cieczy jonowe*. Przem. Chem. 2013, 92, 9, 1633–1635.
- Özdil S.E., Akbaş H., Boz M.: *Synthesis and physicochemical properties of double-chain cationic surfactants*. J. Chem. Eng. Data 2016, 61, 1, 142–150.
- Hough W.L., Smiglak M., Rodriguez H., Swatoski R.P., Spear S.K., Daly D.T., Pernak J., Grisel J.E., Carliss R.D., Soutullo M.D., Davis J.H. Jr., Rogers R.D.: *The third evolution of ionic liquids: active pharmaceutical ingredients*. New J. Chem. 2007, 2, 8, 1429–1436.
- Shamshina J.L., Kelley S.P., Gurau G., Rogers R.D.: *Chemistry: Develop ionic liquids drugs*. Nature 2015, 528, 7581, 188–189.
- Pernak J., Markiewicz B., Łęgosz B., Walkiewicz F., Gwiazdowski R., Praczyk T.: *Known triazole fungicides - a new trick*. RSC Adv. 2015, 5, 13, 9695–9702.
- Pernak J., Syguda A., Janiszewska D., Materna K., Praczyk T.: *Ionic liquids with herbicidal anions*. Tetrahedron 2011, 67, 26, 4838–4844.
- Praczyk T., Kardas P., Jakubiak E., Syguda A., Materna K., Pernak J.: *Herbicidal ionic liquids with 2,4-D*. Weed Sci. 2012, 60, 2, 189–192.
- Pernak J., Syguda A., Materna K., Janus E., Kardas P., Praczyk T.: *2,4-D based herbicidal ionic liquids*. Tetrahedron 2012, 68, 22, 4267–4273.
- Kordala-Markiewicz R., Rodak H., Markiewicz B., Walkiewicz F., Sznajdrowska A., Materna K., Marcinkowska K., Praczyk T., Pernak J.: *Phenoxy herbicidal ammonium ionic liquids*. Tetrahedron 2014, 70, 32, 4784–4789.
- Pernak J., Niemczak M., Giszter R., Shamshina J.L., Gurau G., Cojocaru O.A., Praczyk T., Marcinkowska K., Rogers R.D.: *Glyphosate-based herbicidal ionic liquids with increased efficacy*. ACS Sustainable Chem. Eng. 2014, 2, 12, 2845–2851.

16. Pernak J., Czerniak K., Niemczak M., Chrzanowski Ł., Fochtman P., Marcinkowska L., Praczyk T.: *Herbicide ionic liquids based on esterquats*. New J. Chem. 2015, 39, 7, 5715–5724.
17. Pernak J., Niemczak M., Shamshina J.L., Gurau G., Głowacki G., Praczyk T., Marcinkowska K., Rogers R.D.: *Metsulfuron-methyl-based herbicide ionic liquids*. J. Agric. Food Chem. 2015, 63, 13, 3357–3366.
18. Pernak J., Czerniak K., Biedziak A., Marcinkowska K., Praczyk T., Erfurt K., Chrobok A.: *Herbicide ionic liquids derived from renewable sources*. RSC Adv. 2016, DOI: 10.1039/C6RA06703D.
19. Pernak J., Niemczak M., Chrzanowski Ł., Ławniczak Ł., Fochtman P., Marcinkowska K., Praczyk T.: *Betaine and carnitine derivatives as herbicide ionic liquids*. Chem. Eur. J. 2016, doi:10.1002/chem.201601952.

Inż. Damian KACZMAREK jest studentem studiów drugiego stopnia na Wydziale Technologii Chemicznej, specjalność Technologia Organiczna, Politechnika Poznańska. Twórca 5. zgłoszeń patentowych oraz koordynator projektów badawczych Chem TechChem na Politechnice Poznańskiej. Interesuje się syntezą oraz analizą nowych związków organicznych, a także poszukiwaniem ich możliwości aplikacyjnych.

e-mail: Damian.kaczmarek@gmail.com, tel.: 661 165 060

Mgr inż. Rafał GISZTER – doktorant Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Od stycznia 2015 r. zatrudniony na stanowisku asystenta naukowego w ramach projektu NCBiR PBS3 „Ciecze jonowe jako dodatek poprawiający właściwości eksploatacyjne mas aktywnych rozruchowych akumulatorów kwasowo-ołowiowych”. Współautor 9. publikacji w czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Zainteresowania, to badania stosowane i komercjalizacja wyników prac badawczych.

e-mail: rafal.giszter@put.poznan.pl, tel.: (61) 665 2158

Dr Katarzyna MARCINKOWSKA ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (2009). W 2015 r. uzyskała stopień doktora nauk rolniczych. Rozprawę obroniła w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Badania Środków Ochrony Roślin w IOR-PIB. Specjalność – herbicydowe ciecze jonowe.

Aktualności z firm

News from the Companies

Dokończenie ze strony 540

Konkurs Złoty Medal Chemii

Jeszcze do 14 października br. tegoroczni licencjaci i młodzi inżynierowie mogą zgłaszać swoje prace dyplomowe do VI edycji prestiżowego konkursu Złoty Medal Chemii – organizowanego przez Instytut Chemii Fizycznej PAN we współpracy z firmą DuPont Poland. Na laureata czeka nagroda pieniężna w wysokości 10 tys. zł, a na każdego finalistę czeka możliwość odbycia stażu naukowego w Instytucie Chemii Fizycznej PAN.

Autorzy nowatorskich prac licencjackich lub inżynierskich, napisanych i obronionych w roku akademickim 2015/16, a obejmujących tematyką chemię lub jej pogranicza z biologią i fizyką, mogą zgłaszać się do rywalizacji. Konkurs jest objęty honorowym patronatem prof. dr. hab. Macieja Żylicza, prezesa Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Komitetu Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk. Organizatorem konkursu jest Instytut Chemii Fizycznej PAN, a fundatorem nagród firma DuPont.

Prace na konkurs można nadsyłać do 14 października br. za pośrednictwem strony www.zlotymedalchemii.pl. Laureat Złotego Medalu Chemii otrzyma 10 tys. złotych; zdobywca Srebrnego Medalu 5 tys. zł, a Brązowego – 2,5 tys. zł.

Oprócz nagród głównych przyznane zostaną także minimum trzy wyróżnienia firmy DuPont o wartości 2 tys. zł. Wszyscy finaliści konkursu zyskają możliwość odbycia stażu naukowego w Instytucie Chemii Fizycznej PAN oraz bezpłatnego realizowania badań w jego laboratoriach w formie krótko- lub długoterminowych projektów.

– Głównym celem Konkursu Złoty Medal Chemii jest zachęcenie najzdolniejszych studentów do zaangażowania się w działalność naukową lub związaną z wdrażaniem osiągnięć naukowych do przemysłu. Chcemy im

pomóc w początkowym okresie ich działalności i pokazać, że nam starszym naukowcom zależy na młodym pokoleniu badaczy – mówi prof. dr hab. Marcin Opałto, dyrektor IChF PAN.

Najważniejsze kryteria, którymi kierować się będzie jury decydujące o otrzymaniu nagrody lub wyróżnienia to: wartość naukowa pracy, dorobek publikacyjny autora, znaczenie praktyczne otrzymanych rezultatów, wykorzystanie nowoczesnych metod analitycznych oraz samodzielność prowadzenia badań.

– *Badania naukowe skutkują wprowadzeniem rzeczywistych rozwiązań przemysłowych, z których efektami spotykamy się na co dzień. W DuPont dużą wagę przywiązujemy do rozwoju technologicznego, który pozwala jeszcze lepiej odpowiadać na problemy i potrzeby świata. Cieszy nas, że w Polsce jest tak wiele młodych osób, które decydują się wkroczyć na naukową ścieżkę i dokonują ważnych odkryć* – przyznaje Andrzej Pałka, dyrektor generalny DuPont Poland.

W ubiegłorocznej edycji do rywalizacji stanęło ponad 50 studentów i studentek z całego kraju. Złoty Medal Chemii 2015 powędrował do Michała Sawczyka z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, autora pracy licencjackiej dotyczącej ważnych zagadnień związanych z katalizą oraz chemią nanomateriałów, w której młody naukowiec skupił się na systemie, który pozwoliłby odzyskiwać katalizatory, które są bardzo kosztowne i przez to nie są stosowane w przemyśle.

Lista finalistów konkursu zostanie ogłoszona 4 listopada br., a 15 listopada br. finaliści zaprezentują swoje prace w siedzibie IChF PAN – i wyłonieni zostaną laureaci konkursu. Uroczysty finał VI edycji Złotego Medalu Chemii i ogłoszenie laureatów odbędzie się 1 grudnia w Warszawie. (abc)

Harmonogram i regulamin są dostępne na stronie internetowej www.zlotymedalchemii.pl.

(inf. prasowa DuPont, 15 września 2016 r.)

Dokończenie na stronie 548