

KOMPUTEROWA ESTYMACJA WARTOŚCI GRZYBOBÓJCZEJ ŚRODKÓW OCHRONY DREWNA

Jerzy Ważny, Krzysztof Krajewski

Zakład Ochrony Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego — AR
w Warszawie

Zbadano możliwości praktycznego zastosowania techniki komputerowej do estymacji wartości grzybobójczej środków ochrony drewna w klasycznej metodzie agarowo-klockowej, na przykładzie preparatu WR-3 (czwartorzędowy związek amoniowy+borany) i grzyba testowego *Coniophora puteana*. Za pomocą programów komputerowych opartych na metodzie najmniejszych kwadratów wyliczono równania regresji pomiędzy ubytkiem masy próbek a retencją środka w formie dziesiętnej i po transformacji na probity oraz dziesiętne i naturalne logarytmy. Do estymacji wartości grzybobójczej metodą komputerową najbardziej przydatna wydaje się transformacja probitowa.

WSTĘP

Metoda agarowo-klockowa oznaczania wartości grzybobójczej środków ochrony drewna zaproponowana przez Liesego i wsp. w 1935 r. [20] jest obecnie powszechnie stosowana, głównie w krajach europejskich. Na przestrzeni lat podlegała ona mniejszym lub większym modyfikacjom, jednakże istota oznaczania pozostała w zasadzie nie zmieniona [6, 32]. W wielu krajach została ona opracowana w formie normy państwowej [33], a ostatnio przedstawiona jako norma europejska [12] dla krajów Europy Zachodniej oraz norma RWPG [30] dla krajów Europy Wschodniej. Wśród licznych aspektów skomplikowanej procedury badawczej szczególnie ważną rolę odgrywa jej końcowy etap — ustalanie wyników, czyli wartości grzybobójczej. Najczęściej jako wynik przyjmowany jest limit toksyczności przedstawiający sobą przedział pomiędzy retencją środka ochrony, przy której zachodzi jeszcze rozkład drewna, wyrażający się ubytkiem masy większym niż 30%, a retencją, przy której ubytek masy jest równy lub mniejszy od 30% [7, 8, 10, 12, 31 i in.].

W normie polskiej [24] oraz projekcie normy RWPG [30] wynik — wartość toksyczna — wyznaczony jest jako punkt przecięcia empirycznej krzywej zależności ubytku masy próbek od retencji środka z linią wyznaczającą poziom ubytku masy — 30%. Krzywa zależności jest wy-

kreślana na podstawie wartości średnich i jest w związku z tym obarczona błędem zależnym od rozproszenia pojedynczych wartości ubytku masy drewna w poszczególnych retencjach. Wyznaczanie krzywej zależności możemy przedstawić także na wzór normy amerykańskiej [2], opierając się na jednostkowych wynikach, metodą interpolacji wizualno-graficznej. Sposoby te są jednakże obciążone pewnym subiektywizmem, istnieje bowiem możliwość wyznaczenia n — liczby linii zależności, a tym samym uzyskania n wartości toksycznych, różniących się między sobą w pewnym zakresie [34]. Drogą do zwiększenia obiektywności i powtarzalności wyników jest niewątpliwie zastosowanie metod statystyki matematycznej dla wyznaczania linii zależności ubytku masy od retencji środka. Żadna z istniejących norm państwowych na badanie wartości grzybobójczej przeciwko *Basidiomycetes* nie stosuje dotychczas metod statystycznego opracowania wyników. Jednakże na przestrzeni lat pojawiły się nieliczne prace zawierające propozycje w tym zakresie, głównie dla metody ziemno-klockowej.

Celem niniejszego opracowania było sprawdzenie przydatności różnych metod matematycznych do określenia wartości grzybobójczej w klasycznej metodzie agarowo-klockowej oraz próba wyboru metody najbardziej odpowiedniej zarówno pod względem dokładności, jak i możliwości jej zastosowania w powszechnej praktyce laboratoryjnej.

STAN ZAGADNIENIA

W metodzie ziemno-klockowej po raz pierwszy statystyczne wyrównanie krzywych zależności pomiędzy retencją środka a ubytkiem masy próbek zastosowali Duncan i Richards [11]. Korelacje między tymi wartościami zostały obliczone metodą najmniejszych kwadratów. Szersze rozwinięcie tej propozycji przedstawił Snokke [28]. W tym samym czasie Rykaczew [26] zaproponował zastosowanie „krzywej działania impregnatu”, obliczonej wg metody najmniejszych kwadratów, wyrażającej funkcje związku pomiędzy koncentracją środka a ubytkiem masy próbek drewna. Sposób ten został zapowiedziany we wcześniejszej pracy autora, jako wyraz krytyki przedstawiania wyników w formie „limitu toksyczności” [25]. Mc Knight [21, 22] zastosował funkcje logarytmiczne do wyrównania krzywych zależności retencji środka od ubytku masy przy określaniu „wartości progowej”. Hartley [17] potwierdził, że transformacja logarytmiczna wyników ubytku masy próbek lepiej nadaje się do matematycznego określania wartości grzybobójczej.

Analizę probitową dla oceny wartości grzybobójczej środka ochrony drewna wprowadził Belenkov [4], proponując jednocześnie zastosowanie wartości tzw. „wiarygodności zabezpieczania drewna” w zamian za krytykowanego już poprzednio przez Rykaczewa limitu toksyczności [4, 5]. Nance i Amburgey [23] zastosowali do oceny wartości grzy-

bobójczej transformację logarytmiczną oraz zaproponowali zamiast określenia „granicznej retencji” tzw. „procentowy poziom ochrony”, wynoszący 95% wartości w stosunku do próbek drewna nie zabezpieczonych, odpowiadający pojęciu „prawdopodobieństwo ochrony” Belenkova [5]. Amburgey i in. [1] z powodzeniem określili wartość grzybobójczą różnych receptur preparatów emulsyjnych opartych na pentachlorofenolu na podstawie obliczonej regresji liniowej między ubytkiem masy w % a retencją środków, przy zastosowaniu metody standardowej [2] i jej modyfikacji.

Statystyczne opracowanie wyników przy określaniu wartości grzybobójczej środków ochrony drewna rozwinęli Link i DeGroot [19]. W przeciwieństwie do Nance'a i Amburgeya [23], którzy stosowali logarytmy dziesiętne, wprowadzili oni transformację procentowego ubytku masy wg wykładnikowego i logistycznego modelu. Jednocześnie zaproponowali jako kryterium wyznaczania wartości granicznej 1% ubytku masy próbek. Model logistyczny do wyrównywania krzywej zależności ubytku masy od retencji przy oznaczaniu grzybobójczej wartości różnych receptur pentachlorofenolu zastosował później DeGroot [9].

W metodzie agarowo-klockowej pierwsze próby statystycznego opracowania wyników zostały przedstawione przez badaczy węgierskich. Igmandy [18], opierając się na propozycjach Gyarmatiego [14] wprowadził do oceny wartości grzybobójczej pentachlorofenolanu sodowego analizę probitową. Obliczył on równanie probitowej regresji zależności ubytku masy próbek od retencji środka oraz przedstawił graficznie tę zależność. Gyarmati [15] oraz Gyarmati i Gyarmati Jr. [16] rozwinęli teorię biometrycznej analizy wartości grzybobójczej środków ochrony drewna, wprowadzając pojęcie „czynnika ochronnego” jako miernika skuteczności działania fungicydów. Czynniki te proponują oni obliczać za pomocą równań regresji po transformacjach probitowych, logitowych lub kątowych wyników. Wazny i wsp. [35] przeprowadzili matematyczną estymację różnymi metodami wartości grzybobójczej przy zmodyfikowanej metodzie agarowo-klockowej. Na przykładzie oznaczania wartości toksycznej preparatu CCA w stosunku do grzyba *Serpula lacrymans* obliczono za pomocą komputerowych programów statystycznych krzywe zależności ubytku masy próbek od retencji środka, stosując metodę najmniejszych kwadratów w układzie procentowym i po transformacji probitowej i logarytmicznej ($\log 10$ i $\log n$).

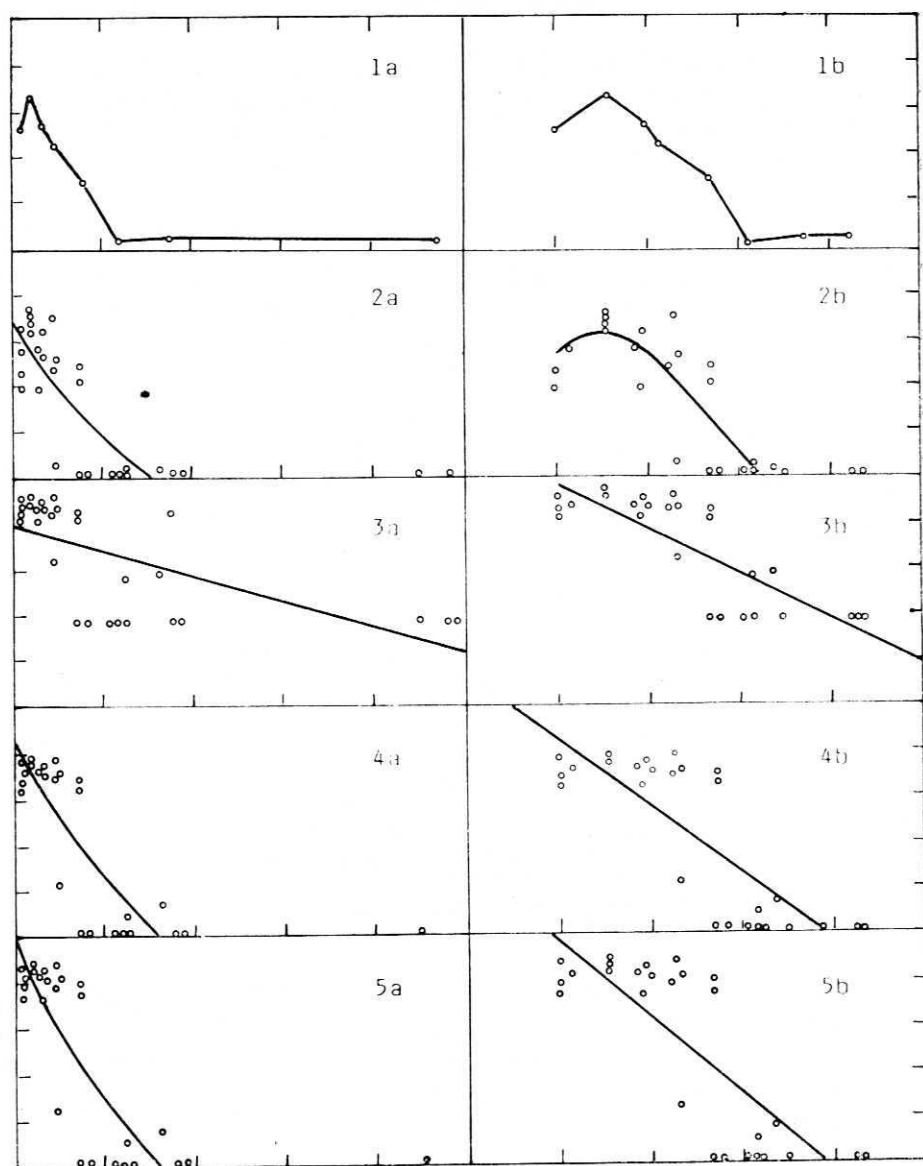
MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Dla oznaczenia wartości grzybobójczej zastosowana została metoda agarowo-klockowa wg polskiej normy PN, różniącej się tylko nieznacznie od norm BS, DIN i EN. Próbkę drewna o wymiarach 5,0, 2,5, 1,5 cm, wykonane z drewna bielastego sosny (*Pinus silvestris* L.), były suszone

do stałej masy, ważone i poddane nasycaniu w podciśnieniu 88 kPa przez 30 min i następnie po skasowaniu próżni pozostawione w roztworze przez 30 min. Do badań wzięto preparat WR-3 (czwartorzędowy związek amoniowy + związki boru) produkcji doświadczalnej. Osiem koncentracji 0,06 - - 2,5‰ w wodzie destylowanej przygotowano wg progresji logarytmicznej $\sqrt[3]{10}$. Zastosowano po 4 próbki dla każdej koncentracji. Po 6 tygodniach kondycjonowania próbki sterylizowano promieniami γ i wkładano je następnie na rozwiniętą w kolbach Kollega grzybnię grzyba testowego *Coniophora puteana*, szczep Eberswalde 15E. Po 12 tygodniach ekspozycji próbki wyciągano, oczyszczano z grzybni i po wysuszeniu do stałej masy ważono i obliczano ubytki masy. Wartość grzybobójczą określano, stosując procedurę wg EN i PN oraz opracowanie statystyczne w różnych wariantach. Określano zależność ubytku masy i retencji środka, przez obliczenie równań regresji oraz ich współczynników korelacji i wariancji. Estymacje tych wartości przeprowadzono metodą komputerową, wykorzystując pakiet programów opartych na metodzie najmniejszych kwadratów [29]. Analizę regresji prowadzono dla wartości ubytku masy (y) w procentach oraz po ich transpozycji na probity, logarytmy dziesiętne i logarytmy naturalne. W obliczeniach nie brano pod uwagę danych odnoszących się do próbek kontrolnych ze względu na możliwe w pewnych przypadkach działanie stymulujące procesy rozkładowe drewna przez niskie dawki fungicydu, co przejawia się większym ubytkiem masy niż przy retencji równej zeru.

Przy transformacji probitowej ubytki masy niższe od 0,1‰ przyjmowano jako równe 0,1, co odpowiada najniższej możliwej do bezpośredniego odczytania z tablic wartości probitów [13]. Przy transformacji logarytmicznej ($\log 10$ i $\log n$) wszystkie wartości procentowego ubytku masy mniejsze od 1,0 przyjmowano jako równe 1,0, unikając w ten sposób ujemnych wartości logarytmów. Założenie to nie zmieniło ogólnego charakteru zależności w zakresie powyżej 1‰ ubytku masy i nie wpłynęło na prawidłowość wyznaczenia wartości grzybobójczej, gdyż wartość ta była wyznaczona dla poziomu ubytku równego 3‰.

Dla wartości retencji (x) we wszystkich przypadkach zastosowano dwa warianty: pierwszy — dziesiętny w kg/m^3 oraz drugi — po transpozycji do postaci logarytmu dziesiętnego. W drugim przypadku dokonano multiplikacji wyników (R), co pozwoliło na uniknięcie wartości ujemnych powstających przy transpozycji logarytmicznej wartości retencji w zakresie od 0 do 1 kg/m^3 . Transpozycja taka nie zmienia przebiegu funkcji regresji i jednocześnie nie powoduje konieczności zmniejszenia liczebności próby — odmiennie niż to zaproponowali Nance i Amburgey [23]. Istotność regresji badano na podstawie testu F wg Snedecora [27]. Wartości grzybobójcze obliczono z równań regresji dla przyjętej wartości ubytku masy (3‰) lub odpowiadającej wartości po transpozycji probitowej lub $\log 10$ i $\log n$.



Rys. 1. Zależność ubytku masy i retencji środka przy różnych metodach estymacji: 1) wg PN, 2) w procentach, 3) w probitach, 4) w $\log 10$, 5) w $\ln$; a — w skali dziesiętnej, b — w skali logarymicznej

Fig. 1. The correlation of mass loss of blocks and preservative retention estimated by various procedures: 1) acc. PN, 2) in percent, 3) in probits, 4) in $\log 10$, 5) in $\log n$; a — retention in decimal scale, b — retention in log scale

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki wartości toksycznej w stosunku do grzyba *C. puteana* środka ochrony drewna WR-3 uzyskane przy zastosowaniu różnych metod estymacji przedstawiono w tab. 1. Zabiera ona równania regresji ubytku masy i retencji środka, współczynniki korelacji i wariancje oraz war-

Tabela 1-Table 1

Wyniki badań wartości grzybobójczej preparatu WR-3 w stosunku do *Coniophora puteana* przy różnych metodach estymacji

Fungitoxic values of WR-3 preservative against *Coniophora puteana* estimated by various methods

Ubytek masy y wyrażony w: Mass loss (y) given as:	Retencja (x) Retention (x)	Równanie regresji Equation of regression	Współczynnik korelacji Coef. of correlation	Wariancja Sy^2 Variation Sy^3	Wartość grzybobójcza Toxic value kg/m ³
Procenty ¹ Percent ¹	a				2,29 - 3,61
Procenty ² Percent ²	a b				3,36 3,45
Procenty Percent	a b	$y = 0,503x^2 - 9,617x + 33,591$ $y = 46,057x^3 - 183,853x^2$ $+ 197,458x - 32,511$	0,861 0,892	58,919 48,282	4,03 3,60
Probity Probit	a b	$y = -0,186x + 4,015$ $y = -1,976x + 5,864$	0,693 0,837	0,778 0,448	4,82 2,45
Log 10	a b	$y = 0,024x^2 - 0,470x + 1,708$ $y = -1,61x + 2,275$	0,884 0,836	0,117 0,156	3,12 3,54
Log n	a b	$y = 0,056x^2 - 1,082x + 3,932$ $y = -2,672x + 5,239$	0,884 0,836	0,620 0,828	3,12 3,54

¹ - wg EN, ² - wg PN, a - w kg/m³, b - w log 10 (10*R)

¹ - acc. EN, ² - acc. PN, a - in kg/m³, b - in log 10 (10*R)

tość grzybobójczą przedstawioną w kg/m³ dla wersji dziesiętnej osi x oraz w log 10 (10*R) i po retransformacji równań w kg/m³ dla wersji logarytmicznej osi x . Obok wyników estymacji matematycznej umieszczono w tabeli również wartość grzybobójczą uzyskaną zgodnie z procedurą EN i PN. Repliki graficznych wydruków komputerowych zależności ubytku masy i retencji środka podaje rys. 1.

Zależności ubytku masy i retencji środka wyrażały się równaniami pierwszego, drugiego lub trzeciego stopnia i wykazywały wysokie współczynniki korelacji. Zależności okazały się istotne we wszystkich przypadkach przy poziomie ufności 0,95 i 0,99. Wartość grzybobójcza (limit) preparatu WR-3 wg procedury EN wynosiła 2,29 - 3,62 kg/m³ wg procedury PN, 3,36 kg/m³ przy skali dziesiętnej retencji i 3,45 kg/m³ przy skali logarytmicznej. Estymacja matematyczna przy skali dziesiętnej retencji środka dała wyniki w granicach 3,12 do 4,48 kg/m³, przy czym największą wartość uzyskano przy transpozycji probitowej, nieco mniej-

sza przy skali dziesiętnej, najmniejszą i jednakową przy transpozycji do postaci $\log 10$ i $\log n$. Przy skali logarytmicznej retencji środka estymacja matematyczna dała wyniki w granicach 2,45 do 3,60 kg/m³. Przy transpozycji do postaci $\log 10$ i $\log n$ oraz przy skali dziesiętnej wartości grzybobójcze były prawie jednakowe i bliskie wartości maksymalnej. Analiza probitowa dała wartość sporo niższą wynoszącą 2,45 kg/m³. Równania regresji miały najprostszą formę (pierwszy stopień) przy transformacji probitowej, w obu wersjach ekspozycji retencji środka, oraz przy transpozycji $\log 10$ i $\log n$ tylko przy wersji logarytmicznej retencji. W pozostałych przypadkach były to równania wyższego rzędu.

Wobec uzyskania stosunkowo zbliżonych wyników wartości grzybobójczej przy zastosowaniu różnych metod transformacji ubytku masy próbek i retencji środka, można stwierdzić, że w zasadzie wszystkie zastosowane formy estymacji mogą być przydatne w dążeniu do zwiększenia obiektywności, a tym samym i powtarzalności oceny. Ze względu na mniejszą pracochłonność procedury (równania pierwszego stopnia) i prostsze formy obliczeń należałoby udzielać preferencji zastosowaniu transformacji probitowej dla ubytku masy próbek przy jednoczesnej transformacji retencji środka do postaci $\log 10$.

Uzyskane wyniki, podobnie jak i poprzednie doświadczenia autorów i innych opracowań [19, 23, 35], wykazują przydatność metod statystycznych dla zwiększenia obiektywności i powtarzalności określania wartości grzybobójczej środków ochrony drewna w praktyce laboratoryjnej przy metodzie agarowo-klockowej. Zalecana wybrana metoda estymacji matematycznej wyników wymaga jednakże sprawdzenia i potwierdzenia przy zastosowaniu innych środków ochrony i innych grzybów testowych.

Praca wpłynęła do Redakcji w listopadzie 1990 r.

LITERATURA

1. Amburgey T. L., Castro Cardias M. F., Parikh S. V.: Comparing the efficacies of water-emulsifiable formulations of pentachlorophenol with that of technical-grade penta by soil-block bioassays. *Proc. AWPA* 1985, 81, 10 - 17.
2. ASTM D 1413 — 76 (Reapproved 1986): Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures. ASTM Committee of Standards, Philadelphia.
3. Belenkov D. A.: Metody ocenki toksiczności antiseptikow po werojatnosti zaszczity dreviesiny. *IVUZ, Lesnoj Żurnal* 1966, Nr 2, 94 - 98.
4. Belenkov D. A.: O primienimosti probit-analiza dla ocenki toksiczności antiseptikow na dreviesinie. *IVUZ, Lesnoj Żurnal* 1968, Nr 2, 83 - 86.
5. Belenkov D. A.: Nesostojatelnost predielnoj dozy kak kryteria ocenki toksiczności antiseptikow dla diereworazruszajuszczich gribow. *IVUZ, Lesnoj Żurnal* 1971, Nr 6, 77 - 80.
6. Bravery A. F.: Microbiological assay of chemicals for the protection of

- wood. In: Board, R. G. and Lovelock, D. W. (Eds.) Some methods for microbiological assay. Acad. Press. London 1974, 303 - 321.
7. BS 838: 1961: Methods of test for toxicity of wood preservatives to fungi. British Standards Institution, London.
 8. ČSN 490604, 1980: Ochrana dřeva. Metody stanovení biocidních vlastností ochranných prostředků na dřevo. Úřad pro normalizaci a měření, Praha.
 9. DeGroot R. C.: Comparisons of pentachlorophenol formulation in soil-block tests. Wood and Fiber Sci. 20, 1988, 209 - 214.
 10. DIN 52 176, 1972: Prüfung von Holzschutzmitteln. Bestimmung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln. Prüfung mit holzerstörenden Basidiomyceten nach dem Klötzchen-Verfahren in Kolleschalen. Fachnormenausschuss Materialprüfung im Deutschen Normenausschuss, Berlin.
 11. Duncan C. G., Richards C. A.: Evaluating wood preservatives by soil-block tests. 4. Creosotes. Proc. AWWA 47: 1951, 275 - 287.
 12. EN 113, 1980: Wood preservatives. Determination of the toxic values against wood destroying Basidiomycetes cultured on an agar medium. CEN European Committee for Standardization, Bruxelles.
 13. Finney D. J.: Probit analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. University Press, Cambridge 1971.
 14. Gyarmati, B.: Prüfung der Wirksamkeit von Fungiziden (Ung.). Vortrag am IV. Ungarischen Mikologischen Kongress, Budapest 1968.
 15. Gyarmati B.: Biometrische Analyse der Wirksamkeit von Holzschutzmitteln. Holzforschung 31, 1977, 205 - 208.
 16. Gyarmati B., Gyarmati B. Jr.: Eine Methode zur Analyse der Wirksamkeit von Holzschutzmitteln. Holztechnologie 23, 1982, 91 - 94.
 17. Hartley C.: Microbiological process report. Biological factors influencing the effectiveness of wood preservatives against decay. Appl. Microbiology 6, 1958, 207 - 211.
 18. Igmandy Z.: Natriumpentachlorophenol als Holzschutzmittel. In: Erdeszeti és Faipari Egyetem Közleménye 1, Sopron 1974, 23 - 36.
 19. Link C. L., DeGroot R. C.: Statistical determination of preservative threshold retention in soil block tests. Wood and Fiber Sci. 19, 1987, 392 - 406.
 20. Liese J., Nowak A., Peters F., Rabanus A.: Toximetrische Bestimmung von Holzkonservierungsmitteln. Verlag Chemie, Berlin, 18 pp. Auszug: Angewandte Chemie 48 (1), 1935, 21 - 23.
 21. McKnight T. S.: Some physical factors influencing the effectiveness of preservatives. For. Prod. J. 7, 1957, 441 - 444.
 22. McKnight T. S.: Application of the logistic function to toxicity testing of wood preservatives. For. Prod. J. 8, 1958, 96 - 98.
 23. Nance W. L., Amburgey T. L.: Statistical analysis of data from laboratory decay tests. Proc. AWWA 72, 1976, 161 - 171.
 24. PN-79/C-04903 1976: Środki ochrony drewna. Oznaczanie wartości grzybobójczej metodą agarowo-kłockową przeciwko podstawczakom (Basidiomycetes). PKNiM, Warszawa.
 25. Rykaczew P. I.: Kritika metoda predielnoj dozy i puti sosdania nowoho metoda ispytaniya antiseptika dla dreviesiny. Trudy Instituta Lesa AN SSSR 4, 1950, 271 - 292.
 26. Rykaczew P. I.: O metodie ispytaniya antiseptikow dla dreviesiny. Naucz. Trudy CNIMOD 2 (8), 1951, 205 - 207.
 27. Snedecor G. W.: Statistical methods. Applied to experiments in agriculture and biology. The Iowa State College Press., Ames., Iowa 1957.
 28. Snoke L. R.: Specific studies on the soil-block procedure for bioassay of wood preservatives. Appl. Microbiology 4, 1956, 21 - 31.

29. Steczowicz M.: Regresja wielokrotna. Program komputerowy Amstrad. CGGW-AR, Warszawa 1986.
30. ST SEV 1987: Zaszczita drewniesiny. Opredielenije zaszczitnogo liejstwja ispytajemogo weszczestwa proti w diereworazruszczuszczim gribom klasa Basidiomycetes. Projekt.
31. TGL 14 140/01, 1974: Holzschutz. Bestimmung der Schutzwirkung von Präsubstanzen gegen holzerstörende Pilze in Kolleschalen. Laborprüfung mit Braun- und Weissfäulepilzen. VVB Schnittholz und Holzwaren, Zentralstelle für Standardisierung, Dresden.
32. Ważny J.: Vergleichende Analyse der Standard-Untersuchungsmethoden für die Bestimmung der pilzwidrigen Wirksamkeit von Holzschutzmitteln gegen Basidiomyceten in der Ländern der RWG. Holztechnologie 16, 1975, 226 - 235; 17, 1976, 21 - 27.
33. Ważny J.: Probleme der Standardisierung von Holzschutzmittel-untersuchungen in der RWG-Ländern. Holzindustrie 29, 1976, 99 - 103.
34. Ważny J., Thornton J. D.: Determination of fungitoxic value of preservatives in laboratory wood-block test. Part. 1. Standard procedures. Inter. Res. Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/2326, 1989.
35. Ważny J., Thornton J. D., Krajewski K. J.: Determination of fungitoxic value of preservatives in laboratory wood-block tests. Part. 2. Statistical estimation. Inter. Res. Group on Wood Preservation. Document No. IRG/WP/2327, 1989.

COMPUTER ESTIMATION OF FUNGITOXIC VALUE OF WOOD PRESERVATIVES

Summary

The application of computer method for estimation of fungitoxic value of wood preservatives was investigated in classical agar-block experiment. There were used WR-3 preservatives (quaternary ammonium compound+borates) against test fungus *Coniophora puteana*. With the aid of computer program based on the least square method the regression equation was calculated between sample mass loss both in terms of percentage and following probit and decimal and natural logarithmic transformations — and preservative retention both in percent and after decimal logarithmic transformation. It seems that probit transformation is most suitable for computer estimation of fungitoxic value of wood preservatives.

Adres autorów

Prof. dr hab. Jerzy Ważny
Dr inż. Krzysztof Krajewski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego —
Akademia Rolnicza w Warszawie
Katedra Ochrony Drewna
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa