

## UŚCIŚLENIE NORM NAWOŻENIA CHMIELU W OPARCIU O POBRANIE SKŁADNIKÓW I WSPÓŁCZYNNIKI BILANSOWE<sup>1</sup>

JERZY DWORNIKIEWICZ

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach  
Zakład Hodowli i Uprawy Roślin Specjalnych*

**Synopsis.** W pracy podjęto próbę bilansowego wyznaczania dawek nawozów mineralnych NPKMg pod chmiel. Zaproponowane dawki składników pokarmowych stanowią iloczyn trzech czynników: 1) stwierdzonego w warunkach Polski pobrania składnika pokarmowego na jednostkę plonu, 2) współczynnika bilansowego składnika na tle zasobności gleby oraz 3) poziomu prognozowanego plonu. Wyliczone dawki nawożenia chmielu w poszczególnych przedziałach zasobności gleby różnią się od dawek proponowanych w literaturze. W znaczący sposób modyfikowane są przez współczynniki bilansowe PKMg. Są bardziej precyzyjne i nawiązują do zasad zrównoważonej gospodarki składnikami mineralnymi w aspekcie wielkości i jakości plonu oraz środowiska glebowego.

**Słowa kluczowe** – *key words*: chmiel – *hops*, dawki nawożenia – *fertilization rates*, pobranie składników – *nutrient uptake*, współczynniki bilansowe – *balance coefficients*

### WSTĘP

Doradztwo nawozowe w systemie zrównoważonego rolnictwa powinno być oparte na bilansowaniu składników pokarmowych w układzie gleba-roślina, które uwzględnia po stronie rozchodu pobranie składników wraz z plonem, natomiast po stronie przychodów: zasoby glebowe składników, ich ilości wnoszone w nawozach organicznych i mineralnych oraz w przypadku azotu uwzględnia specyfikę jego zachowania (np. biologiczne wiązanie, opad z atmosfery czy efekt azotu resztkowego zastosowanego pod przedplon) [Fotyma 2001, Fotyma i Kuś 2000, Jadczyzyn 2000].

W literaturze spotyka się rozbieżne dane dotyczące pobrania składników pokarmowych przez chmiel (w kg z ha) wraz z plonem głównym i ubocznym: od 117 do 272 kg N, 38-75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 110-257 kg K<sub>2</sub>O, 154-296 kg CaO i 27-75 kg MgO [Czuba 1996, Dwornikiewicz 2006, Marocke 1967, Migdal 1996, Roberts i Nelson 1961, Szewczuk 1988, Zattler 1965].

Zalecane w różnych krajach, w tym w Polsce dawki składników PKMg pod chmiel na tle zasobności gleby, z uwzględnieniem wielkości osiąganego plonu są również zróżnicowane [Hopfen 2005, Matatko i Češka 2001, Migdal 1996, Rybaček 1980].

Zaproponowany przez Szewczuka i Sugier [2004, 2005] system nawożenia chmielu w Polsce oparty jest na wynikach masowych badań zasobności gleb plantacji produkcyjnych, na wynikach badań stanu odżywienia roślin i uzyskiwanych plonów szyszek oraz na zaleceniach nawozowych stosowanych w Niemczech i Republice Czeskiej [Szewczuk i Sugier 2004, 2005].

W zrównoważonym systemie nawożenia chmielu i wyznaczania dawek składników NPKMg powstała potrzeba podejścia bilansowego w układzie gleba-roślina, biorąc pod uwagę stwierdzone

<sup>1</sup>Opracowano w ramach Programu Wieloletniego PIB 2.7 p.t.: „Tworzenie postępu biologicznego w hodowli chmielu i tytoniu oraz jego wykorzystanie w systemie zrównoważonego rolnictwa”

eksperymentalnie faktyczne potrzeby pokarmowe chmielu na tle oceny glebowych rezerw dostępnych dla roślin form składników pokarmowych oraz prognozowanego plonu.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2001-2002 w IUNG-PIB wykonano badania na dwóch produkcyjnych plantacjach chmielu RZD Jastków (brunatna gleba lessowa) i RZD Kępa (mada średnia) w warunkach poprawnej agrotechniki oraz średnich zasobności gleb plantacji w fosfor, potas i magnez (analizy zasobności gleb wykonywano czterokrotnie: wiosną i jesienią tuż po zbiorze chmielu 2001 i 2002 roku i stwierdzono średnio: 9,2 mg P, 18,5 mg K i 11,9 mg Mg·kg<sup>-1</sup> gleby). Do badań wytypowano najbardziej popularne w Polsce, a zróżnicowane pod względem morfologicznym odmiany chmielu: aromatyczną – Lubelski i goryczkową – Marynka. Uzyskany materiał badawczy pozwolił określić:

- udział plonu głównego i ubocznego w ogólnej biomase rośliny;
- średnią zawartość N, P, K, Ca, Mg w poszczególnych częściach rośliny chmielu;
- całkowite pobranie składników pokarmowych przez chmiel na tle uzyskanego plonu głównego [Dwornikiewicz 2006].

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

### Pobranie N, P, K Ca i Mg przez chmiel

Na podstawie badań struktury plonu oraz składu chemicznego roślin, określono łączne pobranie składników pokarmowych z gleby chmielnika wraz z plonem głównym i ubocznym przez krajowe odmiany chmielu – aromatyczną Lubelski i goryczkową Marynka. Nieznaczne odmianowe różnice w pobraniu składników pokarmowych nie zostały statystycznie udowodnione. Średnio chmiel przy plonie suchej masy szyszek 1,8 t·ha<sup>-1</sup> (co odpowiada ok. 2 t·ha<sup>-1</sup> powietrznie suchej masy, tzw. chmielu plantatorskiego, będącego przedmiotem obrotu) pobierał z gleby wraz z plonem głównym i ubocznym około: 160 kg N, 15 kg P, 115 kg K, 150 kg Ca i 38 kg Mg [Dwornikiewicz 2006].

Rośliny chmielu pobierały zdecydowanie więcej azotu, wapnia i potasu niż fosforu i magnezu, przeciętnie w stosunku masowym N:P:K:Ca:Mg = 2,75:0,25:1,97:2,58:0,67 [Dwornikiewicz 2006].

Na podstawie stwierdzonych ilości pobrania składników przez chmiel w warunkach wysokich (przy granicy średnich) zawartości fosforu, potasu i magnezu w glebach plantacji założono tezę, iż łączne pobranie składników pokarmowych nie miało cech niedoborów lub istotnego pobrania luksusowego.

W tabeli 1 przeliczono średnie pobranie składników pokarmowych na 1 tonę powietrznie suchej masy plonu głównego oraz relatywne pobranie w plonie ubocznym.

Uwzględniając nieznaczne różnice odmianowe w pobraniu składników pokarmowych – do celów doradztwa nawozowego można uogólnić, iż chmiel na 1 tonę plonu głównego, tj. szyszek chmielu, wyrażonego w powietrznie suchej masie (PSM) wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego – pobiera następujące szacunkowe ilości składników pokarmowych: 80 kg N, 8 kg P, 60 kg K, 80 kg Ca i 19 kg Mg. Wartości te wykorzystano do wyliczenia zalecanych dawek nawozów w dalszej części pracy.

Tabela 1. Pobranie składników pokarmowych przez chmiel w plonie głównym i ubocznym w  $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$  powietrznie suchej masy (PSM) plonu głównego (Dwornikiewicz 2006)

Table 1. Nutrient uptake by hops in the main crop and in the side-line crop ( $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$  air dry matter ADM of main crop)

Plon Crop	$\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$				
	N	P	K	Ca	Mg
Plon główny Main crop	30,9	3,8	25,0	9,2	3,8
Plon uboczny Side-line crop	47,5	3,4	31,0	64,2	15,3
Razem Total	78,4	7,2	56,0	73,4	19,1

### Określenie potrzeb nawozowych chmielu

Na podstawie eksperymentalnego uściślenia ilości składników pokarmowych pobieranych przez krajowe odmiany chmielu [Dwornikiewicz 2006] – podjęto próbę bilansowego wyznaczenia dawek składników NPKMg. Metoda ta oparta jest na różnicy pomiędzy przychodem składników pokarmowych z różnych źródeł, a rozchodem [Fotyma 2001, Jadczyzyn 2000].

Na podstawie algorytmu obliczania dawek nawozów mineralnych w systemie doradztwa NAW wersja 3 [Jadczyzyn 2001], w szacunku potrzeb nawozowych chmielu założono tezę, że uzyskany w eksperymencie plon w warunkach produkcyjnych i w warunkach poprawnej agrotechniki, można potraktować jako plon stanowiący różnicę pomiędzy maksymalnym plonem osiągalnym w ścisłych doświadczeniach polowych, a plonem minimalnym osiąganym w obiekcie bez nawożenia. Stąd oszacowane w eksperymencie w warunkach pól produkcyjnych końcowe pobranie składników pokarmowych z uzyskanym plonem potraktowano jako potrzeby nawozowe chmielu.

Tak postawiona teza nawiązuje do stwierdzenia Fotymy [2002], iż praktycznie potrzeby nawozowe roślin stanowią iloczyn ilości składnika pokarmowego pobranego w plonie końcowym oraz współczynnika bilansowego tego składnika.

Kolejny fragment algorytmu szacowania potrzeb nawożenia PKMg oparty jest na zastosowaniu wymienionego współczynnika bilansowego na tle aktualnej zasobności gleby. Wg Fotymy [2002] – współczynnik bilansowy jest stosunkiem zastosowanej dawki do pobrania przez rośliny. W warunkach niższych zasobności gleby, współczynnik bilansowy powyżej 1 określa dawkę składników ponad ich pobranie wraz z plonem roślin, uwzględniając równocześnie przyrost zasobności glebowej do zasobności optymalnej. Przy zawartościach wysokich współczynnik ma wartość poniżej 1, dając możliwość wyczerpywania rezerw glebowych [Fotyma 2001, Fotyma i Mercik 1992].

Z uwagi na fakt, iż uprawa chmielu w Polsce w zdecydowanej większości skoncentrowana jest na glebach średnich – szacowanie zalecanych dawek składników pokarmowych pod chmiel uproszczono poprzez zastosowanie współczynników bilansowych fosforu, potasu i magnezu wyznaczonych dla gleb średnich, jak w tabeli 2 [Fotyma 2002, Jadczyzyn 2001].

Tabela 2. Współczynniki bilansowe dla fosforu, potasu i magnezu (gleby średnie) (Fotyma 2002, Jadczyzyn 2001)

Table 2. Balance coefficients for phosphorus, potassium and magnesium (medium - textured soil)

Ocena zasobności gleby <i>Soil fertility evaluation</i>	Współczynniki bilansowe <i>Balance coefficients</i>		
	fosfor <i>Phosphorus</i>	potas <i>Potassium</i>	magnez <i>Magnesium</i>
Bardzo niska <i>Very low</i>	1,89	1,64	2,64
Niska <i>Low</i>	1,43	1,48	2,29
Średnia – optymalna <i>Medium – optimum</i>	1,11	1,10	1,59
Wysoka <i>High</i>	0,70	0,72	0,89
Bardzo wysoka <i>Very high</i>	0,35	0,34	0,54

#### Uściślenie dawek składników N, P, K, Mg pod chmiel

**Nawożenie azotem.** Zdaniem Fotymy i Kusia [2000] dodatni bilans N na poziomie pola, kiedy rośliny wykorzystują azot pochodzący z różnych źródeł, w około 70% jest uznawany jako dopuszczalna granica w zrównoważonym sposobie produkcji roślinnej, natomiast wykorzystanie azotu w 85-95% można uznać jako całkowicie zadowalające.

W bilansie azotu, w przychodach należy uwzględnić azot pochodzący z opadu atmosferycznego, którego ilość np. w woj. lubelskim wynosi około 17 kg·ha<sup>-1</sup> [Fotyma i Kuś 2000, Szponar i in. 1998]. Wobec tego roczna, bezpieczna ze względów środowiskowych ilość azotu w nawożeniu mineralnym chmielu, powinna być na poziomie lub nieco powyżej pobrania i wynosić około 80-85 kg N na 1 tonę plonu głównego.

Tak wyliczona dawka azotu mineralnego jest niższa od dotychczas rekomendowanych norm nawozowych, w których dawka azotu wyrażona w kg na ha stanowi 1/10 część plonu szyszek [Migdal 1996, Rybaček 1980] oraz od dawek proponowanych przez Szewczuka i Sugier [2004, 2005].

W przypadku stosowania nawozów organicznych ilość azotu mineralnego należy korygować uwzględniając składniki tzw. działające w zastosowanych nawozach organicznych. Do tego celu należy zastosować równoważniki nawozowe N dla azotu pochodzącego z różnych źródeł [Fotyma 2001].

**Nawożenie fosforem, potasem i magnezem.** Z uwagi na specyficzne gatunkowe potrzeby pokarmowe chmielu, wielkość pobrania składników pokarmowych oraz długoletni okres użytkowania plantacji w jednym miejscu, kryteria oceny zasobności gleb chmielniczków nieznacznie różnią się od kryteriów stosowanych przez OSCHR dla innych roślin uprawy polowej [Polskie Normy]. Zawarte w tabelach 3-5 kryteria oceny zasobności gleb plantacji chmielu w fosfor, potas i magnez zaczerpnięto z prac Szewczuk i Sugier (2004, 2005), które nawiązują do kryteriów cytowanych w literaturze zagranicznej [Hopfen 2005, Kořen i in. 2001, Matatko i Češka 2001].

Na podstawie tezy Fotymy [2002], iż praktycznie potrzeby nawozowe roślin stanowią iloczyn ilości składnika pokarmowego pobranego w plonie końcowym oraz równoważnika bilansowego tego składnika – w tabelach 3-5 zaproponowano dawki składników PKMg w nawozach mine-

ralnych pod chmiel, które stanowią iloczyn trzech czynników: 1) stwierdzonego pobrania składnika pokarmowego na jednostkę plonu (80 kg N, 8 kg P, 60 kg K i 19 kg Mg a tonę plonu głównego) [Dwornikiewicz 2006], 2) współczynnika bilansowego składnika na tle zasobności gleby (tab. 2) [Fotyma 2002, Jadczyzyn 2001] oraz 3) poziomu plonu.

Tabela 3. Zalecane dawki fosforu pod chmiel  
Table 3. Recommended phosphorus rates under hops

Ocena zasobności gleby <i>Soil fertility evaluation</i>	Zawartość w glebie <i>Content in soil</i> P, mg·kg <sup>-1</sup>	Zalecana dawka składnika kg P·ha <sup>-1</sup> przy poziomie prognozowanego plonu t·ha <sup>-1</sup> <i>Recommended nutrient rates kg P · ha<sup>-1</sup> at the predicted yield t · ha<sup>-1</sup></i>			
		1	1,5	2	2,5
Bardzo niska <i>Very low</i>	< 30	15,1	22,7	30,2	37,8
Niska <i>Low</i>	30-50	11,4	17,2	22,9	28,6
Średnia – optymalna <i>Medium – optimum</i>	51-80	8,9	13,3	17,8	22,2
Wysoka <i>High</i>	81-110	5,6	8,4	11,2	14,0
Bardzo wysoka <i>Very high</i>	> 110	0	0	0	0

Tabela 4. Zalecane dawki potasu pod chmiel  
Table 4. Recommended potassium rates under hops

Ocena zasobności gleby <i>Soil fertility evaluation</i>	Zawartość w glebie <i>Content in soil</i> K, mg·kg <sup>-1</sup>	Zalecana dawka składnika kg K·ha <sup>-1</sup> przy poziomie prognozowanego plonu t·ha <sup>-1</sup> <i>Recommended nutrient rates kg K · ha<sup>-1</sup> at the predicted yield t · ha<sup>-1</sup></i>			
		1	1,5	2	2,5
Bardzo niska <i>Very low</i>	< 70	98,4	147,6	196,8	246,0
Niska <i>Low</i>	70-110	88,8	133,2	177,6	222,0
Średnia – optymalna <i>Medium – optimum</i>	111-170	66,0	99,0	132,0	165,0
Wysoka <i>High</i>	171-250	43,2	64,8	86,4	108,0
Bardzo wysoka <i>Very high</i>	> 250	0	0	0	0

Tabela 5. Zalecane dawki magnezu pod chmiel  
 Table 5. Recommended magnesium rates for hops

Ocena zasobności gleby <i>Soil fertility evaluation</i>	Zawartość w glebie <i>Content in soil</i> Mg, mg·kg <sup>-1</sup>	Zalecana dawka składnika kg Mg·ha <sup>-1</sup> przy poziomie prognozowanego plonu t·ha <sup>-1</sup> <i>Recommended nutrient rate kg Mg · ha<sup>-1</sup> at the predicted yield t · ha<sup>-1</sup></i>			
		1	1,5	2	2,5
Bardzo niska <i>Very low</i>	< 50	50,2	75,2	100,3	125,4
Niska <i>Low</i>	50-70	43,5	65,3	87,0	108,8
Średnia – optymalna <i>Medium – optimum</i>	71-100	30,2	45,3	60,4	75,5
Wysoka <i>High</i>	101-130	16,9	25,4	33,8	42,3
Bardzo wysoka <i>Very high</i>	> 130	0	0	0	0

Z uwagi na wieloletnie, często nierównoważone stosowanie nawozów PKMg – w glebach większości starszych plantacji chmielu nagromadziły się bardzo wysokie zapasy niektórych składników, zakłócając glebową równowagę jonową. W takim przypadku, w literaturze chmielarskiej zaleca się okresową przerwę w stosowaniu tych składników, aby nadmierne zapasy glebowe zostały zredukowane do poziomu zasobności średnich, a więc optymalnych [Hopfen 2005, Matatko i Češka 2001, Migdal 1996, Szewczuk i Sugier 2004, 2005]. Podobną zasadę przyjęto w niniejszym opracowaniu (tabele 3-5).

W przypadku stosowania nawozów naturalnych lub organicznych – ilość nawozów mineralnych należy korygować uwzględniając składniki tzw. działające zawarte w nawozach organicznych.

Zaproponowane w tabelach 3-5 dawki składników nawozowych PKMg w nawożeniu chmielu różnią się od dawek cytowanych w literaturze i wynikają przede wszystkim z dwóch założeń metodycznych:

- w szacunku zastosowano stwierdzone, faktyczne pobranie składników pokarmowych przez krajowy chmiel (tab. 1) [Dwornikiewicz 2006], gdy tymczasem w literaturze cytowano wyniki pobrania składników przez chmiel w odmiennych, zagranicznych warunkach agroklimatycznych i dla innych odmian [Hopfen 2005, Matatko i Češka 2001, Migdal 1996, Szewczuk i Sugier 2004, 2005].
- w szacunku zastosowano wyznaczone w warunkach krajowych współczynniki bilansowe dla PKMg przypisane dla przedziałów zasobności gleby (tab. 2), które to współczynniki w swojej treści uwzględniają równocześnie: pobranie składnika z plonem, przyrost lub wyczerpywanie rezerw glebowych do zasobności optymalnej oraz wskaźnik wykorzystania PKMg z zastosowanych nawozów mineralnych [Fotyma 2002, Fotyma i Mercik 1992, Jadczyzyn 2000, 2001].

Różnice w zaleceniach nawozowych różnych autorów wynikają z metodologii ich opracowania. Ilustracją tych różnic mogą być wykorzystane w pracy współczynniki bilansowe zawarte w tabeli 2 [Fotyma 2002, Jadczyzyn 2001], gdzie nawet przy zasobności średniej, optymalnej zastosowano współczynniki bilansowe dla P i K wynoszące ok. 1,1 oraz dla Mg 1,59 ilości po-

brania podczas, gdy w niektórych zaleceniach nawożenia chmielu, przy średnich zasobnościach gleby, zaproponowano dawki składników PKMg na poziomie wymagań pokarmowych rośliny [np. Szewczuk i Sugier 2004].

Oszacowane wyższe dawki Mg mogą wynikać, oprócz większej ilości pobrania magnezu przez chmiel, również ze współczynników bilansowych dla magnezu, które we wszystkich przedziałach zasobności gleby są o ok. 20-60% wyższe od współczynników dla fosforu i potasu (tab. 2).

### WNIOSKI

1. Podstawą uściślenia dawek nawozów mineralnych w nawożeniu chmielu był bilans składników pokarmowych na poziomie pola (plantacji).
2. Do wyznaczenia dawek nawozów mineralnych wykorzystano stwierdzone eksperymentalnie potrzeby pokarmowe krajowych odmian chmielu oraz współczynniki bilansowe PKMg.
3. Wielkość dawek nawożenia chmielu w poszczególnych przedziałach zasobności gleby modyfikowana jest w znaczący sposób przez współczynniki bilansowe PKMg.
4. Opracowane dawki nawożenia chmielu różnią się od dawek proponowanych w literaturze; są bardziej precyzyjne i nawiązują do zasad zrównoważonej gospodarki składnikami mineralnymi w aspekcie wielkości i jakości plonu oraz środowiska glebowego.

### PIŚMIENNICTWO

1. Czuba, R. 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Red. R. Czuba. Wyd. Zakłady Chemiczne Police. 127–128.
2. Dwornikiewicz, J. 2006. Plon główny i uboczny oraz zawartość składników pokarmowych w roślinach chmielu. Pam. Puł. 142: 75–83.
3. Dwornikiewicz, J. 2006. Pobranie składników pokarmowych przez chmiel. Pam. Puł. 142: 85–91.
4. Fotyma, M. 2001. Optymalne zaopatrzenie gleb i roślin w składniki pokarmowe. Biul. Inform. IUNG. 16: 17–20.
5. Fotyma, M. 2002. Zrównoważona gospodarka fosforem w rolnictwie polskim. Nawozy Nawoż. 4: 160–172.
6. Fotyma, M., Kuś, J. 2000. Zrównoważony rozwój gospodarstwa rolnego. Pam. Puł. 120: 101–116.
7. Fotyma, M., Mercik, S. 1992. Chemia rolna. Wyd. PWN Warszawa.
8. Hopfen 2005. Anbau. Sorten. Düngung. Pflanzenschutz. Ernte. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. 21–26.
9. Jadczyzyn, T. 2000. Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. Nawozy Nawoż. 4: 185–203.
10. Jadczyzyn, T. 2001. System doradztwa w zakresie nawożenia roślin potasem i magnezem. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 480: 425–432.
11. Kořen, J. 2001. Závlaha a výživa chmele jako stabilizační faktor výnosu. Red. J. Kořen. Chmelařský Institut. Žatec: 25–29.
12. Marocke, R. 1967. Einige Beobachtungen über der Erzeugung von Trockensubstanz und den Nährstoffzug verschiedener Hopfensorten im Laufe der Jahre 1964 und 1965. Hopfen Rundschau. 10: 12–15.
13. Matatko, J., Češka, J. 2001. Půdní zásobenost základními živinami je jedním z rozhodujících činitelů výnosu chmele. Chmelařství. 1: 11–12.
14. Mígdal, J. 1996. Nawożenie chmielu. Poradnik plantatora chmielu. IUNG. 133–160.
15. Polskie Normy oznaczania zawartości przyswajalnych form w glebach mineralnych: fosforu – PN-R-04023; potasu - PN-R-04022; magnezu - PN-R-04020;
16. Roberts, S., Nelson, C. 1961. Hop nutrient uptake and the relationship between quality and nutrient content of hop cones. Washington Agricultural Experiment Stations. Washington State University. Bulletin 630.

17. Rossbauer, G. 2007. World fertilizer use manual. Hops (*Humulus lupulus L.*) <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/hops.htm>. 20.03.2007.
18. Rybaček, V. 1980. Chmelařství. Red. V. Rybaček. Wyd. Statni Zemědělské Nakladatelství. Praha:174–178.
19. Szewczuk, Cz. 1988. Ocena stanu odżywienia roślin chmielu na podstawie plonów szyszek oraz analiz chemicznych liści i gleby. AR Lublin. Rozpr. nauk. 110.
20. Szewczuk, Cz., Sugier, D. 2004. Wyniki badań oraz propozycje zmian w nawożeniu chmielu. Annales UMCS, Sec. E. 59 (2): 621–629.
21. Szewczuk, Cz., Sugier, D. 2005. Nawożenie chmielników na podstawie zasobności gleby. Biul. Chmiel. 9: 2–3.
22. Szponar, L., Traczyk, I., Pawlik-Dobrowolski, J. 1998. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. Prace IZZ. Warszawa, 80: 79–80.
23. Zattler, F. 1965. Hopfen. (In:) Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Band III. Springer-Verlag, Wien-New York, 1097–1133.

J. DWORNIKIEWICZ

### **PRECISIONING OF HOP FERTILIZATION RATES BASED ON NUTRIENT UPTAKE AND BALANCE COEFFICIENTS**

#### **Summary**

The study is an attempt to determine plant-soil balanced NPKMg fertilization rates for hops. The recommended nutrient rates per unit yield are the product of three factors: 1/ nutrient uptake rate per unit yield under Poland's conditions, 2/ balance coefficients vs. soil fertility and 3/ predicted yield. Fertilization rates for hops calculated within specific ranges of soil fertility differed from reported in literature. The calculated rates were found to be altered significantly by PKMg balance coefficients. They were more accurate and more closely related to the principles of the sustainable management of nutrients viewed from the standpoint of yield, crop quality and soil environment.

---

Dr Jerzy Dwornikiewicz

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Hodowli i Uprawy Roślin Specjalnych  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
dwornik@iung.pulawy.pl