



Relation entre le poids à l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé

G. KLEIJER, L. LEVY, R. SCHWAERZEL, D. FOSSATI et C. BRABANT, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon 1

@ E-mail: geert.kleijer@acw.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

Le poids à l'hectolitre, traditionnellement utilisé comme paramètre de qualité dans les céréales, est employé dans bon nombre de pays pour déterminer le niveau du prix. La littérature donne des résultats controversés pour la relation entre le poids à l'hectolitre et le rendement en farine ou avec d'autres paramètres de qualité. Cette étude se penche sur l'analyse d'un large spectre de cultivars de blé cultivés pendant plusieurs années et le calcul de la relation entre le poids à l'hectolitre et des paramètres de qualité comme le taux de protéines, l'indice Zeleny, le poids de mille grains et des caractéristiques rhéologiques.

L'analyse de variance du poids à l'hectolitre a montré d'importants effets de l'environnement et du génotype. Aucune corrélation n'a pu être repérée entre le poids à l'hectolitre et le rendement en farine pour le blé de printemps. Pour le blé d'automne, cette corrélation était négative, basse, significative sur deux ans, mais non significative pour les années individuelles. Pour le blé en général, les coefficients de corrélation entre le poids à l'hectolitre et le rendement en grains, le poids de mille grains, la note du grain, le temps de chute, la dureté du grain, le taux de protéine et l'indice Zeleny étaient bas, mais en général hautement significatifs, grâce au grand nombre d'observations. Les résultats du blé de printemps ne correspondaient pas toujours à ceux du blé d'automne. Pour les corrélations entre le poids à l'hectolitre et des paramètres rhéologiques également, la plupart des corrélations étaient généralement basses pour le blé d'automne et hautement significatives. Pour le blé de printemps, les corrélations avec l'affaiblissement de la pâte et la viscosité étaient significatives.

La mesure du poids à l'hectolitre est rapide et reste très utilisée pour la détermination du prix des céréales. Cependant, l'étude montre que ce paramètre ne donne pas d'indication sur la qualité boulangère ou le rendement en farine.

Introduction

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids de grains remplissant un volume donné, résultant de la densité du grain et de l'efficacité de conditionnement (Ghaderi *et al.*, 1971). Le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans nombre de pays pour déterminer le prix. Cependant, les études sur le PHL sont controversées et l'utilité de ce caractère est de plus en plus mise en cause.

Le PHL est influencé par plusieurs facteurs environnementaux, comme des températures durablement élevées pendant la phase de remplissage du grain, des précipitations avant la récolte et une pression de maladies élevée. Des facteurs génétiques font également varier le PHL, par le biais de la forme géométrique et de la relation longueur-



Les poids à l'hectolitre des cultivars utilisés dans cette étude variaient beaucoup, à gauche une variété avec 61,9 kg/hl, à droite 84,3 kg/hl.

largeur du grain (Roberts, 1910; Shuey, 1960). En plus, des grains à forte teneur en amidon sont plus légers que les grains vitreux (Snyder, 1904; Shollenberger et Coleman, 1926).

Mangels et Sanderson (1925) ont trouvé, après l'analyse de centaines d'échantillons de blé présentant des PHL de 50 à 82 kg/hl (moyenne 74 kg/hl), une corrélation élevée entre ce critère et le rendement en farine. Ils en ont conclu que le classement des lots par le PHL était justifié.

Shuey (1960) a décrit la relation entre rendement en farine et PHL du blé comme un «index approximatif et le plus souvent peu fiable». L'auteur a observé que le PHL des lots de blé peut varier de 11,6 kg/hl, pour le même rendement en farine. Plusieurs cultivars caractérisés par des PHL faibles se comportent de manière satisfaisante lors de la mouture (Barmore et Bequette, 1963; Murphy, 1967). La faible corrélation entre ces paramètres a été observée dans plusieurs publications (Johnson et Hartsing, 1963, Baker *et al.*, 1965; Svensson, 1981; Ghaderi *et al.*, 1971; Hook, 1984; Marshall *et al.*, 1986; Schuler *et al.*, 1995). Une relation entre le PHL et le poids de mille grains n'a pas été mise en évidence (Hook, 1984; Schuler *et al.*, 1994). Un autre paramètre important, étudié en relation avec le PHL, est le contenu en protéines. Schuler *et al.* (1994, 1995) ont observé une corrélation positive dans le blé pour ce caractère.

D'une manière générale, les études les plus anciennes montrent une bonne corrélation entre PHL et rendement en farine, qui n'a pas été confirmée dans des études plus récentes. Les corrélations avec d'autres paramètres de qualité du blé comme le taux de protéines étaient hautement significatives mais assez basses (autour de $r = 0,55$).

Dans l'étude présentée ici, la valeur du PHL comme indicateur pour la qualité du blé (rendement en farine et paramètres de qualité boulangère) est analysée en utilisant les données de nombreux cultivars récents et des lignées de sélection sur plusieurs années.

Matériel et méthodes

Les données sont issues des différents essais de rendement du programme suisse de sélection du blé d'automne et de printemps (Fossati *et al.*, 2003 et Brabant *et al.*, 2006). Chaque essai à trois répétitions était semé dans trois ou quatre lieux à travers la Suisse. En plus, les données des essais pour l'inscription au catalogue national suisse ont été utilisées. Ces essais ont été effectués dans huit (blé de printemps) à dix (blé d'automne) lieux avec trois répétitions. Les données des différents essais du programme de sélection et des essais d'homologation et années



Les données utilisées dans cet article proviennent entre autres des essais de rendement du programme de sélection blé.

(2000 à 2005 pour le blé d'automne et 1999 à 2005 pour le blé de printemps) ont été groupées. Les données pour les analyses de deux cultivars sur six années et de trois cultivars individuels ont été extraites de l'ensemble des données. Par ailleurs, les données d'un essai de blé de printemps avec des lignées d'haploïdes doublées (HD) ont également été analysées.

Le PHL a été mesuré à l'aide d'un Dickey John GAC2100. Les chiffres utilisés sont les moyennes des trois répétitions. Le poids de mille grains a été déterminé après le comptage du nombre de grains d'un échantillon de 10 grammes de chaque cultivar. Le remplissage du grain était noté en utilisant une échelle de 1 à 9 (1 = grain très bien rempli et 9 = grain complètement échaudé). Une analyse dans le proche infrarouge avec le NIR spectromètre Foss 6500 a permis de déterminer le taux de protéines, la dureté du grain et le contenu en cendres. Les méthodes standard d'ICC (ICC Standards, 1999) ont été utilisées pour la détermination du temps de chute, de l'index de Zeleny et des analyses avec le farinographe, l'extensographe et l'amylographe. Le farinographe (Brabender, Allemagne) permet de mesurer l'absorption optimale d'eau d'une farine, ainsi que la stabilité de la pâte et la perte de consistance de celle-ci après pétrissage. L'extensographe (Brabender, Allemagne) permet de mesurer la ténacité et la relation ténacité/extensibilité de la pâte.

Les analyses rhéologiques ont été effectuées par cultivar, sur le mélange des grains des différents lieux du même réseau d'essai, toutes répétitions confondues. Dans les cas précités, le PHL de référence était la moyenne des différents lieux. Au moins 3,5 kg de grains par cultivar ont été moulus (Bühler MLU202) pour obtenir une farine du type 550. Le rendement en farine a été déterminé pour les lignées HD du blé de printemps et pour les cultivars de blé d'automne des essais officiels en 2004 et 2005. Toutes les analyses rhéologiques ont été décrites par Kleijer (2002).

Trois différents tests de panification ont été effectués (Kleijer, 2002). Le Rapid Mix Test a été développé par Pelschenke *et al.* (1970) et consiste à obtenir trente petits pains après

un pétrissage intensif, une première fermentation de trente minutes et un apprêt de vingt-cinq minutes. Le deuxième test consiste en une panification en moules après une fermentation de trois heures. Le troisième test est une procédure semi-industrielle utilisant 5 kg de farine. Dans tous les tests, le volume du pain a été mesuré.

Une analyse de variance pour le PHL a été effectuée en utilisant les données des essais officiels de huit cultivars présents pendant cinq années et cultivés chaque année dans les mêmes neuf lieux. Des coefficients de corrélation d'après Pearson ont été calculés entre les différents paramètres.

Résultats

Les cultivars utilisés pour l'analyse de variance présentaient un PHL moyen de 79,4 kg/hl, variant de 66,7 à 86,2 kg/hl. Cette analyse (tabl. 1), révèle un effet important du cultivar et de l'année, et un effet mineur mais hautement significatif du lieu. L'interaction entre cultivar et lieu n'était pas significative. Pourtant, les interactions cultivar × année et lieu × année étaient significatives à respectivement 1 et 0,1%. L'effet de ces interactions était beaucoup moins important que celui du cultivar, de l'année ou du lieu.

Tableau 1. Analyse de variance du poids à l'hectolitre pour 8 cultivars, 5 années et 9 lieux.

Composante de la variance	Valeur F
Cultivar	120,96***
Lieu	59,44***
Année	145,62***
Cultivar × lieu	0,98
Cultivar × année	5,13**
Lieu × année	26,56***

***Significatif à $P < 0,001$. **Significatif à $P < 0,01$.

PHL et caractéristiques du grain

Les coefficients de corrélation (r) entre le PHL et le rendement en grains (exprimé en % des quatre cultivars standard), le poids de mille grains, la note du grain, l'indice de Zeleny, le taux de protéines, la dureté du grain et le temps de chute du blé d'automne et de printemps sont présentés dans le tableau 2. Le PHL varie de 64,0 à 87,8 kg/hl pour le blé d'automne et de 55,0 à 89,7 pour le blé de printemps. Bien que les coefficients de corrélation soient en général très bas, ils étaient, à part deux exceptions, hautement significatifs. Ce résultat peut s'expliquer par le nombre élevé d'observations. Une relation différente entre facteurs est observée chez le blé d'automne et le blé de printemps pour les paramètres rendement en grain, Zeleny, poids de mille grains, taux de protéines et temps de chute. Deux paramètres significatifs pour le blé de printemps (rendement en grain et taux de protéines) ne le sont pas pour le blé d'automne. Concernant le Zeleny, la corrélation était positive pour le blé d'automne, mais négative pour le blé de printemps. Une analyse des coefficients de corrélation des trois cultivars individuels, dont deux ont été observés pendant six années consécutives, ainsi que des données des différentes classes de qualité boulangère regroupées, a donné des résultats similaires (données non présentées). Les coefficients de corrélation étaient bas, mais significatifs pour une partie des paramètres. Les coefficients de corrélation étaient en tendance plus significatifs pour des cultivars à haute qualité boulangère, mais les coefficients restaient bas. Les résultats les plus constants ont été obtenus pour la corrélation entre PHL et poids de mille grains, mais cette corrélation n'était pas significative dans deux cas sur douze, en analysant deux différents cultivars durant plusieurs années.

PHL et caractéristiques rhéologiques

Les relations entre PHL et quelques paramètres rhéologiques et de panification sont présentées dans le tableau 3. Si pour le blé d'automne la plupart des corrélations étaient basses mais hautement significatives, pour le blé de printemps seules la perte de consistance de la pâte et la viscosité, quoique basses, réagissaient de manière significative.

PHL et rendement en farine

La relation entre le PHL et le rendement en farine du blé d'automne est présentée dans la figure 1. En 2004, la moyenne était de 80,6 kg/hl et le coef-

Tableau 2. Coefficients de corrélation (r) du blé d'automne et du blé de printemps pour le poids à l'hectolitre et différents paramètres.

Paramètre	Blé d'automne		Blé de printemps	
	r	Nombre	r	Nombre
Rendement en grain en % des standard	-0,068	7317	0,191***	4987
Poids de mille grains	0,317***	7262	0,199***	4983
Note du grain	-0,286***	7211	-0,222***	4833
Test Zeleny	0,166***	7286	-0,143***	4986
Protéine	-0,02	7312	-0,181***	4936
Dureté du grain	-0,305***	7312	-0,285***	4936
Temps de chute	0,189**	1955	0,422***	1245

***Significatif à $P < 0,001$. **Significatif à $P < 0,01$.

Tableau 3. Coefficients de corrélation (r) du blé d'automne et du blé de printemps pour le poids à l'hectolitre et certains caractères rhéologiques.

Paramètre	Blé d'automne		Blé de printemps	
	r	Nombre	r	Nombre
Gluten	0,06	103	0,15	60
Gluten index	0,25**	103	-0,08	60
Farinographe absorption en eau	0,13*	710	0,01	623
Farinographe stabilité de la pâte	0,28**	710	-0,10	623
Farinographe affaiblissement de la pâte	-0,26**	710	-0,30**	623
Extensographe extensibilité/ténacité	0,26**	710	0,05	623
Extensographe énergie	0,36**	710	0,11	623
Amylographe	0,01	104	0,23**	60
Rapid Mix Test volume	0,08*	652	-0,10	620
Pain en moule volume	0,33**	81	0,15	56
Panification en grand volume	0,20	71	-0,01	51

**Significatif à $P < 0,01$. *Significatif à $P < 0,05$.

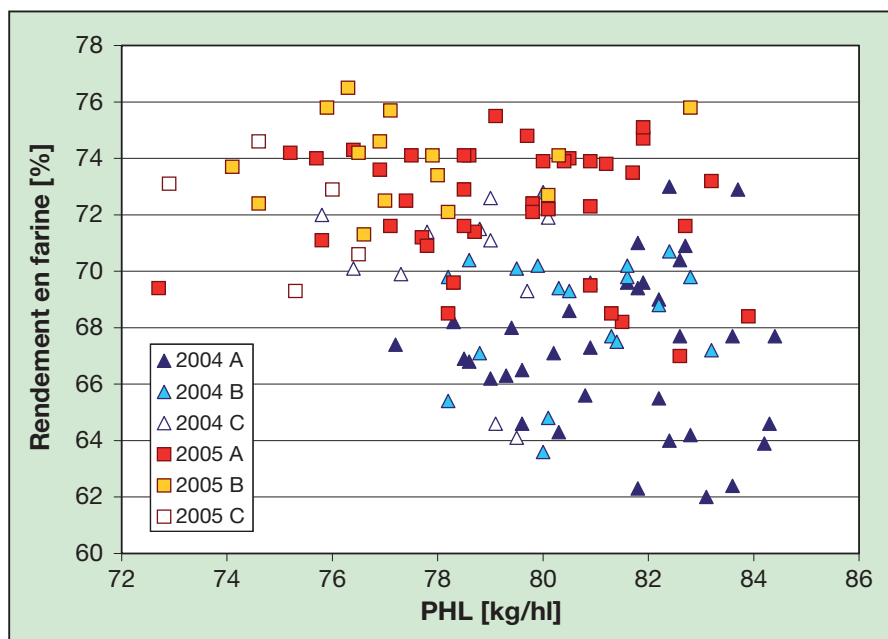


Fig. 1. Relation entre le poids à l'hectolitre et le rendement en farine dans le blé d'automne en 2004 et en 2005 pour différents groupes de qualité, A = classes top et 1, B = classes 2 et 3, C = autres.

ficient de corrélation ($r = -0,21$; $n = 65$) n'était pas significatif. En 2005 également, $r (-0,13$; $n = 60$) n'était pas significatif avec une moyenne de 78,5 kg/hl. Le regroupement des résultats de 2004 et 2005 a donné un coefficient de $-0,39$, significatif à 1%. Les blés de classe de qualité inférieure ont tendance à avoir un PHL plus bas sans incidence sur le rendement en farine. Le coefficient de corrélation entre PHL et rendement en farine pour l'essai de blé de printemps était de 0,01 ($n = 136$). Les autres paramètres analysés dans cet essai (résultats non présentés) étaient le taux de protéines, l'indice de Zeleny, la dureté du grain, le taux de cendres et les trois paramètres du farinographe. La seule corrélation significative avec le PHL était celle du taux de cendres, $r = -0,39$, à 1%.

Discussion

L'analyse de variance a clairement démontré l'influence de l'année, soit des facteurs environnementaux, sur le PHL. L'autre facteur important était le génotype, ce qui confirme les résultats d'autres auteurs. L'interaction année \times lieu était significative, ce qui indique à nouveau l'importance de l'environnement sur le génotype.

Dans notre étude, aucune corrélation n'a été observée entre PHL et rendement en farine pour le blé de printemps. Cette relation n'était pas aussi claire avec le blé d'automne. Les coefficients de corrélation des deux années individuelles étaient bas et non significatifs. Le coefficient devenait significatif à 1%, mais n'était pas très élevé ($-0,39$), lorsque les deux années étaient regroupées. Un élément intéressant à relever était cette corrélation négative, indiquant en tendance un rendement en farine plus bas pour un PHL plus élevé. La littérature est effectivement contradictoire sur la corrélation entre PHL et rendement en farine. Mangels et Sanderson (1925) et Mangels (1934) ont trouvé une bonne corrélation entre rendement en farine et PHL. Ils ont utilisé un grand nombre d'échantillons pour leurs analyses et ces échantillons variaient de 51,5 à 86,0 kg/hl avec une moyenne de 75 kg/hl pour les sept ans d'analyse. Finney *et al.* (1987) ont montré sur des échantillons de blé qui variaient entre 26 et 65 kg/boisseau (environ 33 à 82 kg/hl) une droite de régression entre rendement en farine et poids par boisseau, mais ne mentionnaient pas le coefficient de corrélation calculé. Tous ces résultats ont été obtenus soit avec des anciens cultivars et probablement aussi des cultivars locaux, soit avec des PHL

extrêmement bas ou créés de manière artificielle. Les PHL utilisés sont plus bas que ceux de cultivars panifiables actuels.

Nos résultats confirment les observations de Shuey (1960) montrant que le PHL n'est pas un critère de qualité fiable; en plus, ils corroborent ceux de Hook (1984) observant des corrélations basses qui ne pouvaient pas être utilisées pour prédire le rendement en farine. Des résultats similaires ont encore été décrits par Baker *et al.* (1965), Barmore et Bequette (1965) et Svensson (1981).

Dans nos essais de blé de printemps et d'automne, des corrélations significatives mais très basses ont été observées entre le PHL et le rendement en grains, le poids de mille grains, la note du grain, le temps de chute, la dureté du grain, le taux de protéines et l'indice de Zeleny. La corrélation avec ce dernier était très basse, positive pour les blés d'automne et négative pour les blés de printemps. La corrélation entre PHL et taux de protéines n'était pas significative pour le blé d'automne mais l'était pour le blé de printemps. Les mêmes résultats ont été obtenus en calculant les corrélations pour des cultivars individuels, pour le même cultivar sur plusieurs années ou pour les classes de qualité boulangère différentes. Schuler *et al.* (1994) rapportent une corrélation significative entre PHL et taux de protéines, mais pas pour le PHL et le poids de mille grains, en accord avec les observations de Hook (1984).

Il n'y avait aucune relation entre le PHL et les caractères rhéologiques. Bien que quelques corrélations aient été hautement significatives, elles étaient basses (maximum $r = 0,36$) et, à l'exception de la perte de consistance de la pâte, les résultats obtenus pour le blé d'automne ne correspondaient pas à ceux du blé de printemps. Nous n'avons pas trouvé de résultats concernant la relation entre le PHL et les caractéristiques rhéologiques dans la littérature.

A nouveau, des résultats contradictoires avec des coefficients de corrélation bas indiquent que même avec des corrélations hautement significatives, le PHL n'est pas une mesure fiable pour déterminer la qualité du blé.

Le blé à PHL inférieur est habituellement affouragé. La performance des animaux diffère-t-elle d'après le PHL du blé? Dans le cadre d'une collaboration entre quatre centres de recherche et l'institution «Biomathematics and Statistics Scotland», Miller *et al.* (2001) n'ont pas observé de corrélation entre PHL et consommation de matière sèche ou gain en poids vif pour les porcs, en se basant sur de vastes essais d'affoura-

gement. Pour la volaille, de faibles relations sont apparues avec l'énergie métabolisable réelle, qui n'ont par contre affecté la performance de la volaille dans aucun des essais. En conclusion de ces travaux, ils ont affirmé que le PHL du blé ne donne pas d'indications sur la valeur nutritive pour ces monogastriques. Ces travaux ont été confirmés par Bar-l'Helgouac'h *et al.* (2005), qui ont trouvé qu'il n'y avait pas de corrélation entre PHL et valeur énergétique pour les porcs ou la volaille.

Schuler *et al.* (1995) ont tiré la conclusion que, bien que le PHL fasse fréquemment office d'indicateur pour la qualité de mouture, aucune des propriétés du grain n'est corrélée avec le rendement en farine. L'affirmation de Ghaderi *et al.* (1971) reste toujours valable: le blé commercialisé ne doit pas être déclassé uniquement sur la base du PHL, sauf si l'échantillon est très échaudé.

La mesure du PHL est une méthode rapide qui reste largement utilisée pour la détermination du prix du blé, en dépit des résultats contradictoires décrits dans la littérature. Nos études n'ont pas seulement inclus des résultats d'une large gamme de cultivars modernes pendant plusieurs années, mais également des lignées HD. Malgré le fait que des coefficients de corrélation hautement significatifs aient été observés, ils étaient trop bas pour donner une indication sur la qualité ou sur le rendement en farine. La recherche doit maintenant relever le défi de trouver une méthode adéquate et rapide pour aider les utilisateurs à estimer la qualité de leurs acquisitions.

Bibliographie

- Baker D., Fifield C. C. & Jartsing T. F., 1965. Factors related to the four-yielding capacity of wheat. *Norhwest. Miller* **272**, 16-18.
- Bar-l'Helgouac'h C., Skiba F., Tailhardat C., Lebrun J. & Ruch O., 2005. Poids spécifique, un critère incontournable. *Perspectives Agricoles* **317**, 14-16.
- Barmore M. A. & Bequette R. K., 1965. Weight per bushel and flour yield of Pacific Northwest white wheat. *Cereal Sci. Today* **10**, 72-77.
- Brabant C., Fossati D. & Kleijer G., 2006. La sélection du blé de printemps en Suisse. *Revue suisse Agric.* **38**, 73-80.
- Finney K. F., Yamazaki W. T., Youngs V. L. & Rubenthaler G. L., 1987. Quality of hard, soft and durum wheats. In: E. Heyne (ed.) *Wheat and wheat improvement*. Agron. Monogr. 13. 2nd ed. ASA, CSSA, SSSA Madison, WI, 677-748.
- Fossati D. & Brabant C., 2003. La sélection du blé en Suisse. *Revue suisse Agric.* **35**, 169-180.
- Ghaderi A., Everson E. H. & Yamazaki W. T., 1971. Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* **11**, 515-518.
- Hook S. C. W., 1984. Specific weight and wheat quality. *Journal of Sci. Food and Agric.* **35**, 1136-1141.

- ICC-Standards, 1999. Standard Methods of the international association for cereal science and technology (ICC), ICC, Vienna.
- Johnson R. M. & Hartsing T. F., 1963. Kernel count as a measure of flour milling yield. *Northwest. Miller* **269**, 22-26.
- Kleijer G., 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. *Revue suisse Agric.* **34**, 253-259.
- Mangels C. E. & Sanderson I., 1925. Correlation of test weight per bushel of hard spring wheat with flour yield and other factors of quality. *Cereal Chem.* **2**, 365-369.
- Mangels C. E., 1934. Studies on test weight and flour yielding capacity of wheats. *Cereal Chem.* **11**, 231-235.
- Marshall D. R., Mares D. J., Moss H. J. & Ellison F. W., 1986. Effects of grain shape and size on milling yields in wheat. II. Experimental studies. *Australian J. of agric. Res.* **37**, 331-342.
- Miller H. M., Wilkinson J. M., McCracken K. J., Knox A., McNab J. & Rose P., 2001. Nutritional value of low specific weight wheat. *Feed Compounder*, 16-19.
- Murphy C.F., 1967. The registration of Blueboy wheat. *Crop Sci.* **7**, 82.
- Pelshenke P. F., Schulz A. & Stephan, H., 1970. Der Rapid Mix Test als Standard-Backmethode für Weizen der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V., Detmold. *Merkblatt Nr. 62*, 1-6.
- Roberts H. F., 1910. Breeding for type of kernel in wheat, and its relation to the grading and milling of the grain. *Kansas State Agricultural College Experiment Station Bulletin* **170**, 98-138.
- Schnyder H., 1904. Glutenous and starchy wheat. *Minnesota Agric. Exp. Sta. Bull.* **85**, 179-188.
- Schuler S. F., Bacon R. K. & Gbur E. E., 1994. Kernel and spike character influence on test weight of soft red winter wheat. *Crop Sci.* **34**, 1309-1313.
- Schuler S. F., Bacon R. K., Finney P. L. & Gbur E. E., 1995. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. *Crop Sci.* **35**, 949-953.
- Shollenberger J. H. & Coleman D. A., 1926. Relation of kernel texture to physical characteristics, milling and baking qualities and chemical composition of wheat. *U.S. Dep. of Agric. Bull.* **1420**.
- Shuey W. C., 1960. A wheat sizing technique for predicting flour milling yield. *Cereal Sci. Today* **5**, 71-72.
- Svensson G., 1981. Varietal and environmental effects of wheat milling quality. *Agric. Hort. Genet.* **XXXIX**, 1-103.

Summary

Relationship between test weight and several quality parameters in wheat

Test weight has been used as a quality parameter of cereals in a large number of countries and is still employed to determine the price level. Literature studies showed controversial results concerning the relationship between test weight and flour yield as well as with other quality parameters. In this study, the data of a wide range of cultivars were analysed over several years to calculate the relationship between test weight and other quality parameters such as protein content, Zeleny index, thousand kernel weight and rheological characteristics.

Analysis of variance for test weight of wheat showed important environmental and genotypical effects. No correlation was observed between test weight and flour yield in spring wheat. For winter wheat this correlation was negative, low but significant over two years, but not significant over the individual years. The correlation coefficients for wheat between test weight and grain yield, thousand kernel weight, grain score, falling number, grain hardness, protein content and Zeleny index were very low but generally highly significant, due to the large number of observations. The results in winter and spring wheat are not always similar. This is also the case for the correlations between test weight and a number of rheological parameters, where most of the correlations for winter wheat were very low but highly significant, whereas for spring wheat only the correlation with dough softening and viscosity were significant.

The rapid method of measuring test weight remains widely used for the determination of price in cereals. It is demonstrated that this parameter gives no indication about quality or flour yield.

Key words: wheat, test weight, protein content, thousand kernel weight, flour yield.

Zusammenfassung

Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und verschiedenen Qualitätsparametern beim Weizen

Das Hektolitergewicht, das herkömmlich als Qualitätsparameter bei Getreide gebraucht wird, dient in zahlreichen Ländern der Bestimmung des Preisniveaus. Die Literatur liefert umstrittene Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Mehlausbeute oder anderen Qualitätsparametern. Diese Studie ist der Untersuchung eines breiten Spektrums von Weizensorten gewidmet, die über mehrere Jahre angebaut wurden. Dabei wurde die Beziehung zwischen Hektolitergewicht und Qualitätsparametern wie Proteingehalt, Zelenywert, Tausendkorngewicht und rheologische Eigenschaften untersucht. Die Varianzanalyse des Hektolitergewichts zeigte einen grossen Einfluss der Umwelt und des Genotyps. Beim Sommerweizen konnte zwischen Hektolitergewicht und Mehlausbeute keine Korrelation festgestellt werden. Beim Winterweizen war diese Korrelation über zwei Jahre negativ, schwach, aber signifikant, in den einzelnen Jahren jedoch nicht signifikant. Beim Weizen allgemein waren Hektolitergewicht und Kornertrag, Tausendkorngewicht, Kornnote, Fallzahl, Kornhärte, Proteingehalt und Zelenywert schwach korreliert, aber dank der zahlreichen Beobachtungen generell hoch signifikant. Die Ergebnisse beim Sommerweizen deckten sich nicht immer mit jenen des Winterweizens. Hektolitergewicht und rheologische Parameter waren beim Winterweizen im Allgemeinen ebenfalls schwach korreliert und hoch signifikant. Beim Sommerweizen waren die Korrelationen zwischen dem Konsistenzabfall und der Viskosität signifikant.

Bei der Messung des Hektolitergewichts handelt es sich um eine schnelle und immer noch verbreitete Methode zur Bestimmung des Getreidepreises. Diese Studie zeigt jedoch, dass dieser Parameter nichts über die Backqualität oder die Mehlausbeute aussagt.

Riassunto

Relazione tra il peso all'ettolitro e diversi parametri qualitativi nel frumento

Il peso all'ettolitro è tradizionalmente utilizzato come parametro di qualità dei cereali. Esso è utilizzato da diversi paesi per la determinazione del livello dei prezzi. La ricerca bibliografica mostra, per quanto riguarda la relazione tra peso all'ettolitro e rendimento in farina, come pure per altri parametri di qualità, alcuni risultati controversi. In questo studio abbiamo analizzato un ampio spettro di varietà di frumento coltivati durante diversi anni e calcolato la relazione tra peso all'ettolitro e diversi parametri di qualità come il tasso delle proteine, l'indice Zeleny, il peso di mille grani e delle caratteristiche reologiche. L'analisi di varianza del peso all'ettolitro ha mostrato degli effetti ambientali importanti e genotipici. Nessuna correlazione ha potuto essere identificata tra il peso all'ettolitro ed il rendimento del frumento di primavera. Tuttavia, per il frumento d'autunno, la

correlazione è negativa, debole e significativa su due anni, ma non significativa per ogni singolo anno. Per il frumento in generale, i coefficienti di correlazione tra il peso all'ettolitro ed il rendimento in granella, il peso di mille grani, la conformazione del grano, il tempo di caduta, la durezza, il tasso proteico e l'indice Zeleny è basso, ma in generale altamente significativo. Ciò fatto tenendo conto di un gran numero di osservazioni. I risultati ottenuti per il frumento di primavera e d'autunno non sempre corrispondono. Ciò è ugualmente il caso per la correlazione tra il peso all'ettolitro ed i parametri reologici, in cui la maggior parte delle correlazioni sono generalmente deboli per il frumento d'autunno ed altamente significanti. Per il frumento di primavera, le correlazioni con l'indebolimento della pasta e la viscosità sono significanti.

La misura del peso all'ettolitro è rapida e resta largamente utilizzata per la determinazione del prezzo dei cereali. Malgrado ciò è stato dimostrato con il presente studio che questo parametro non dà indicazioni sulla qualità di panificazione sul rendimento della farina.