

УСВОЯВАНЕ И ЕФЕКТИВНОСТ НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА КАЛИЯ ПРИ ГЕНОТИПИ ЕЧЕМИК

Светла Костадинова, Невена Ганушева
Аграрен университет, 4000 Пловдив

Резюме

Костадинова Светла, Ганушева Невена, 2010. Усвояване и ефективност на използване на калия при генотипи ечемик, FCS 6(2): 293-300

Проучвана е реакцията в усвояването и използването на калия при български генотипи пивоварен ечемик. Установено е, че сорт Кристи използва най-ефективно калия за образуване на зърно и биомаса, а селекционна линия 24201900 най-малко ефективно. Средно за проучваните генотипи 80% от общия износ на калий се акумулира в сламата. Ефективността на използване на калия силно отрицателно е свързана със сухата маса на сламата и слабо зависи от концентрацията на калий в биомасата. Генотипи с по-висок HI са ефективни в използването на калий. Образуваното зърно или биомаса за единица усвоен от растенията калий може да се използва като индекс при селекцията на ефективни на калий генотипи ечемик.

Ключови думи: Ечемик – Генотипно вариране – Калий – KUE

Abstract

Kostadinova S., N. Ganusheva, 2010. Potassium Uptake and Utilization Efficiency in Barley Genotypes, FCS 6(2): 293-300

The genotypic variation in potassium uptake and utilization by malting barley was studied. It was established that variety Kristi had the highest utilization efficiency for grain and biomass, and the breeding line 900 had the lowest KUE. Average for studied genotypes 80% of total K taken up by plants was in straw. KUE had significant negative correlation with dray mass of the straw and had a weak effect on the K concentration of biomass. Genotypes with higher HI are efficient in K utilization. The grain or biomass produced per unit of K taken up by plants might be used as an index at breeding of genotypes with high KUE.

Key words: Barley – Genotypic variability – Potassium - KUE

УВОД

Калият е важен хранителен елемент за пивоварния ечемик, влияещ на качеството на зърното. Генотипната специфика на минералното хранене е доказана при житните култури (Pettersson & Jensen 1983; Yang et al., 2003; Samal et al., 2010;), но проучванията в света и в България са провеждани главно с пшеница (Zhang et al. 1999; Guoping et al., 1999;). При планирането на селекционния процес рядко се вземат под внимание спецификата на изходните форми по отношение на минералното хранене и не се прогнозира възможните резултати, което показва недостатъчно участие на физиологията и агрохимията при създаване на нови

генотипи (Foulkes et al., 2009). Високите цени на минералните торове във връзка с енергийната криза и отрицателното влияние на интензивната химизация върху околната среда и качеството на продукцията, са причина все по-често да се фокусира върху използване на агрохимично ефективни сортове, рационално използващи хранителните вещества.

Проучване спецификата на минералното хранене са в две насоки: характеризирани реакцията на сортовете и хибридите към минералното хранене с оглед диференциране и прецизиране на торенето, и планомерно и целенасочено създаване на нови сортове и хибриди, които използват ефективно и икономично хранителните елементи (Gurny, 2009). Изследванията върху генетичната специфика на минералното хранене са затруднени поради изключителната комплексност на процесите, методичните трудности и сложността при използване и тълкуване на резултатите. Новите интензивни сортове използват по-ефективно хранителните елементи от старите. Това се дължи не толкова на повишеното усвояване, колкото на подобреното използване на усвоения хранителен елемент за формиране на добива (Foulkes, 2009).

Известно е, че растенията усвояват К изключително от почвения разтвор, който е в динамично равновесие с обменния и в по-малка степен с необменния калиев запас в почвата (Steingrobe & Claassen 2000). Ефективността на минерално хранене зависи от две интегрирани групи растителни фактори, а именно ефективност на усвояване и ефективност на използване. Ефективността на усвояване е относителното усвояването на хранителния елемент при дадена обезпеченост или снабдяване с него. Ефективността на използване представлява общата или основна продукцията отнесена към усвояването на елемента. Установени са видови и сортови различия в ефективността на усвояване на калий (Trehan & Claassen 1998; Dessougi et al. 2002; Trehan & Sharma 2002; Zhang et al. 2007). Механизми които водят до по-висока ефективност на усвояване на К са размер на кореновата система и способността на растенията да повишават разтворимостта на К в ризосферата (Steingrobe & Claassen 2000; Rengel & Damon 2008).

Целта на изследването е да се установи генотипната реакция на сортове и селекционни линии пивоварен ечемик по отношение концентрацията на калий в основната и допълнителна продукция, усвояването и използването от растенията на този хранителен елемент и възможно приложение за целите на селекцията.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследвани са 9 български генотипа двуреден ечемик, включващи сортовете Крами, Красен, Кристи и 6 перспективни линии, селекция на катедрата по Генетика и селекция при Аграрен университет – Пловдив. Проучването е проведено в учебно-експерименталната база на Аграрен университет – Пловдив през 2007-2008 година върху алувиална ливадна почва. По-важни агрохимични показатели на почвата са: рН вода 7,2; минерален азот 39,2 mg Nmin/kg; подвижни фосфати 22,8 mg P₂O₅/100 g и усвоим калий 50 mg K₂O /100 g почва. Прилагана е стандартна агротехника за района на Южна България. Извършено е предсеитбено торене с 6 kg N/da. Климатичните условия по време на вегетацията на ечемика за изследвания период се отнасят като благоприятни по отношение на температурата на въздуха и количеството валежи.

Във физиологична зрялост от всеки генотип са взети метровки в трикратна повтораемост за отчитане на продуктивността. Въздушно сухите проби са разделени на зърно и останала надземна биомаса (слама, включително глуми и осили), в които е определена концентрацията на калий (% K₂O) на пламъков фотометър след минерализация със сярна киселина. Количеството усвоен калий в зърното и сламата е изчислено като сухото тегло на съответната растителна част умножено по

концентрацията на елемента в нея ($\text{g K}_2\text{O m}^{-2}$). Въз основа на това е установена ефективността на усвояване на калия от генотипите ечемик (Gerloff, 1987). Ефективността на използване на усвояения калий е определена според различни автори (Gerloff, 1987; Yang et al., 2003; Dawson et al., 2008) като: 1). ефективност на използване за образуване на биомаса (KUEb), отношение на надземната биомаса и усвояения калий в зрялост ($\text{g биомаса/g усвоен K}_2\text{O}$) и 2). ефективност на използване за образуване на зърно (KUEg), отношение на добива зърно и усвояения калий в зрялост ($\text{g зърно/g усвоен K}_2\text{O}$). Разпределеният калий в зърното е характеризирани с жътвения индекс на елемента (КНІ %) като отношение усвоен K_2O в зърното и усвоен K_2O в биомасата, умножени по 100.

За статистическа обработка на получените резултати е приложен дисперсионен анализ (ANOVA) и е определена статистическата достоверност по метода на тест за многофакторно сравняване на Duncan. За доказани са приети само разликите при $\alpha = 0.95$.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Във физиологична зрялост средните концентрации на калий в зърното и в сламата при ечемичните генотипа се различават съществено (Табл. 1). Процентното съдържание на калий в сламата е 1,73% K_2O и в зърното 0,61% K_2O , или зърното е с 2,8 пъти по-високо съдържание. Тези резултати са еднопосочни с друго наше изследване с пивоварен сорт Каменица, отглеждан през същия вегетационен период при седем различни системи на торене, където концентрацията на калий в сламата е средно 2,3 пъти повече, спрямо тази в зърното и варирането в зависимост от различните системи на торене е от 1,9 до 3 пъти (непубликувани данни). Установени са доказани различия в концентрацията на К в зърното, което варира в границите 0,53%-0,69% K_2O за всички генотипи. С най-ниска концентрация са селекционни линии 24102400 и 24201900, а с най-висока са сортове Крами и Красен. Концентрацията на калий в сламата се изменя от 1,62% K_2O (сорт Красен) до 1,8% K_2O (линия 24102400). Сорт Красен се характеризира с висока концентрация на калий в зърното и ниска в сламата. Противоположно на него е линия 24102400, която е с ниско калиево съдържание в зърното и най-високо в сламата.

Таблица 1. Концентрация на калий (K_2O , %) в зърното и сламата при генотипи пивоварен ечемик

Table 1. Concentration of potassium (K_2O , %) in grain and straw at malting barley genotypes

Сортове и линии Genotypes	Зърно Grain	Слама Straw
Крами	0,69 a*	1,75 ab
Красен	0,68 ab	1,62 b
Кристи	0,61 cd	1,74 ab
704112296	0,57 d	1,70 ab
2390300	0,63 bc	1,75 ab
24102400	0,52 e	1,80 a
24201900	0,56 de	1,76 a
689069970	0,62 c	1,74 ab
22506999	0,64 bc	1,69 ab
Средно	0,61	1,73

*Еднаквите букви след стойностите показват, че различията не са доказани

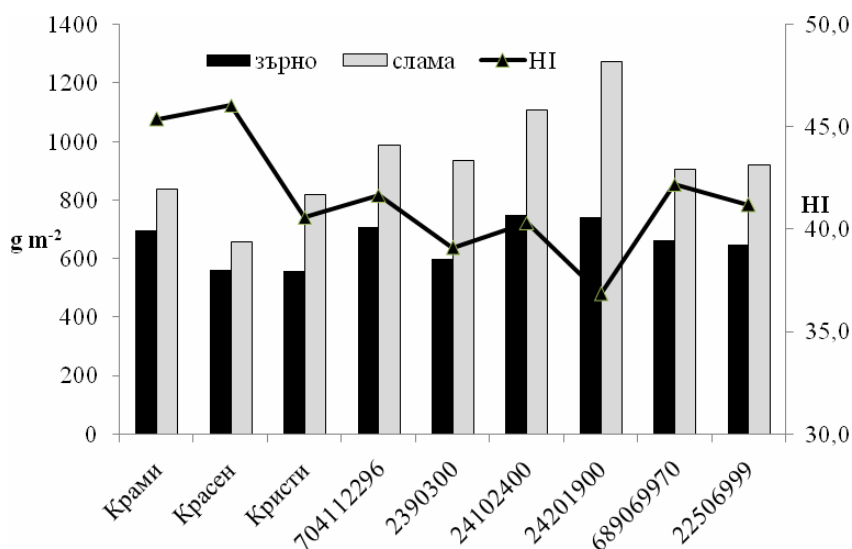
Ефективността на усвояване на хранителните елементи често се определя като способността на растенията да усвояват определен елемент при ниско ниво на запасеност в почвата или хранителната среда (Dawson et al., 2008). Обикновено

обаче, селекцията на културите се извършва при агрохимични условия не лимитиращи растежа и продуктивността им (Abeledo et al., 2008). В настоящето проучване е доказана сортова реакция в ефективността на усвояване на калия при добра запасеност на почвата с усвоим калий. Средното количество усвоен калий от проучваните генотипи е 20,3 g K₂O.m⁻² (Табл. 2). Най-много калий 26,6 g K₂O.m⁻² общо в зърното и сламата усвоява линия 24201900, което е с 11,8 g K₂O.m⁻² повече, спрямо сорт Кристи, доказано най-слабо ефективен в износа на калий. Трябва да се отбележи, че два от проучваните сортове Красен и Кристи, акумулират в надземната биомаса значително по-малко калий, спрямо изследваните селекционни линии. Причина за това е, че двата сорта отстъпват по продуктивност на суха маса на изпитваните селекционни линии (Фиг. 1).

Таблица 2. Усвояване и разпределение на калия (g K₂O.m⁻²) при генотипи пивоварен ечемик

Table 2. Uptake and allocation of potassium (g K₂O.m⁻²) in malting barley genotypes

Сортове и линии Genotypes	Усвоен калий / Potassium uptake			КНІ (%)
	Зърно Grain	Слама Straw	Общо Total	
Крами	4,81 а	14,7 е	19,48 d	24,7 а
Красен	3,77 с	13,3 f	17,03 е	22,1 bc
Кристи	3,40 е	11,4 g	14,80 f	23,0 ab
704112296	4,03 bc	16,9 с	20,89 с	19,3 de
2390300	3,78 bc	16,4 cd	20,19 cd	18,8 e
24102400	3,87 bc	19,9 b	23,78 b	16,3 f
24201900	4,18 b	22,4 а	26,60 а	15,7 f
689069970	4,12 bc	15,7 cde	19,85 cd	20,8 cd
22506999	4,13 bc	15,6 de	19,74 cd	20,9 cd
Средно	4,01	16,25	20,3	20,2



Фигура 1. Добиви зърно и слама и жътвен индекс на добива (HI, дясна ос у) при генотипи пивоварен ечемик

Figure 1. Grain and straw yields, and harvest index (HI, right axis y) at malting barley genotypes

Резултати на различни автори (Wooddend & Glass, 1987; Yan et al., 1995; Swaider & Chyan, 1994) установяват, че концентрацията на К в стъблото е много по-високо, спрямо това в другите части на растенията и акумулирания в сламата калий съставлява средно около 70% от общото му усвоено количество в житни растения. В тази връзка е важно сламата на житните да се използва като органичен тор с цел подобряване калиевата запасеност на почвата. В съгласие с това се и нашите резултати, посочващи, че преобладаващото количество усвоен от растенията К се локализира в сламата (средно 16,25 g K₂O.m⁻²) и варира при изследваните ечемични генотипи от 11,4 (сорт Кристи) до 22,4 (линия 24201900) g K₂O.m⁻². Средното количество калий, усвоено в зърното е 4,01 g K₂O.m⁻². То е най-ниско при сорт Кристи и най-високо при Крами. Селекционните линии не проявяват генотипна реакция и имат близки стойности на усвоявания в зърното им калий.

Калиевият жътвен индекс (КНИ) посочва участието на общия усвоен калий, разпределен в добива зърно и при житните култури се характеризира с най-ниска стойност, спрямо тези на азота и фосфора (Wignarajah, 1995). Резултати за период от осем години от трайния торов опит на катедрата по Агрохимия и почвознание на Аграрния университет в Пловдив, показват средни стойности на КНИ за пивоварен ечемик Каменица 16,3% и за пшеница 12,4% (непубликувани данни). Най-висок КНИ се установява при сорт Крами, дължащо се на относително голямото количество усвоен калий в зърното (Табл. 2). Селекционни линии 24102400 и 24201900, акумулиращи най-много калий, са с най-нисък жътвен индекс на калия (15,7-16,3%). Продуктивността на двата генотипа е най-висока (Фиг. 1), но едновременно с това те имат най-ниска концентрация на калий в зърното и най-висока в сламата. Резултат от това е относително висока акумулация в сламата и по-малко усвоен калий разпределен в зърното.

Усвоеният в биомасата калий от ечемичните генотипи е в силна положителна корелационна зависимост от сухата надземна маса и в силна отрицателна корелация с жътвените индекси на добива и на калия, но слабо е свързан с концентрацията на калий в растенията (Табл. 3).

Таблица 3. Корелационна зависимост на общия усвоен калий и някои растежни параметри при генотипи пивоварен ечемик

Table 3. Correlation between the total accumulated potassium and some growth parameters at malting barley genotypes

Корелационен коефициент Coefficient of correlation	Суха маса зърно Grain dry mass	Суха маса слама Straw dry mass	Обща суха маса Total dry mass	Усвоен К слама K taken up straw	HI	КНИ
r	0,863	0,987	0,992	0,994	-0,739	-0,835

Peterson & Jensen (1983) установяват големи различия в ефективността на използване на калия (добив зърно или стопански добив на единица акумулиран в надземната биомаса калий) между 11 сорта ечемик. Според тях силно варира генотипната реакция по отношение ефективността на използване и слабо по отношение ефективността на усвояване на калия, като ефективността на използване по-силно е свързана с продукцията на слама.

Средният стопански добив (зърно и слама), който се образува на единица усвоен от генотипите пивоварен ечемик калий е 79,1 единици (Табл. 4). Доказани генотипни различия са установени между сорт Кристи и линия 704112296 (най-ефективно използващи усвоявания калий за образуване на биомаса), и селекционни линии 2390300 и 24201900 (с най-ниска ефективност на използване КУЕв). Изразена като ефективност на използване на база добив зърно (КУЕг), средната стойност за изследваните генотипи е 32,8 g_{зърно}·g_{K₂O}⁻¹, като варирането е от 27,9 при линия

24201900 до $37,9 \text{ g}_{\text{зърно}} \cdot \text{g}_{\text{K}_2\text{O}}^{-1}$ за сорт Кристи. От проучваните девет генотипа пивоварен ечемик, сорт Кристи усвоява най-малко калий в стопанския добив, но най-ефективно го разпределя в зърното и най-ефективно използва единица акумулиран калий за образуване на основна и допълнителна продукция.

Таблица 4. Ефективност на използване на калия за образуване на биомаса (KUEb) и зърно (KUEg) при генотипи пивоварен ечемик

Table 4. Potassium utilization efficiency for biomass (KUEb) and grain (KUEg) at malting barley genotypes

Сортове и линии Genotypes	KUEb ($\text{g}_{\text{биомаса}} \text{g}_{\text{K}_2\text{O}}^{-1}$)	KUEg ($\text{g}_{\text{зърно}} \text{g}_{\text{K}_2\text{O}}^{-1}$)
Крами	78,9 ab	35,8 b
Красен	80,9 ab	32,8cd
Кристи	82,2 a	37,9 a
704112296	81,4 a	33,9 c
2390300	76,1 b	29,8 ef
24102400	78,0 ab	31,5 de
24201900	75,8 b	27,9 f
689069970	79,0 ab	33,3 cd
22506999	79,4 ab	32,7 cd
Средно	79,1	32,8

При полски опит за 25 генотипа зимна пшеница е установено, че биомасата (KUEb) или добива зърно (KUEg) образувани за единица усвоен в биомасата K са в положителна корелационна зависимост с добива зърно на 1 клас и HI, и силна отрицателна корелация с концентрацията на калий в стъблото в зрялост (Guoping et al., 1999). Проучване на 134 генотипа ориз установява силна положителна корелация между ефективността на използване на калий за биомаса (KUEb) и сухата маса на растенията, а така също и отрицателна корелационна зависимост на KUEb с процента на калия в растенията и с акумулирания калий в сламата (Yang et al., 2003). Само за девет сорта се доказва, че KUEg във физиологична зрялост силно и положително е свързана с HI при ниско ниво на калий, силно отрицателно корелира с концентрацията на калий в сламата и усвояването на калий. Авторите посочват като най-важни белези, определящи ефективни на калий генотипи ориз, сухата маса на сламата, концентрацията и усвояването на калий в сламата и HI.

Таблица 5. Корелационна зависимост на ефективността на използване на калия и някои растежни параметри при генотипи пивоварен ечемик

Table 5. Correlation between potassium use efficiency and some growth parameters at malting barley genotypes

Корелационен коэффициент Coefficient of correlation	Суха маса слама Straw dry mass	Обща суха маса Total dry mass	Усвоен K слама K taken up straw	Общ усвоен K Total K accumulation	HI	KHI
r	KUEb					
	-0,715	-0,668	-0,744	-0,752	0,699	0,617
r	KUEg					
	-0,842	-0,743	-0,817	-0,794	0,976	0,825

В настоящето проучване за 9 генотипа ечемик не сме установили съществена корелационна връзка между ефективността на използване на калия и концентрацията му в растенията, за разлика от горе цитираното за пшеница и ориз

(Табл. 5). Нашите резултати потвърждават наличието на силна отрицателна връзка между ефективността на използване на калия и сухата маса на сламата и усвояването на елемента, както и положителна корелация на KUE_B и KUE_G с HI. Установили сме положителна връзка между жътвеният индекс на калия и KUE_G.

ИЗВОДИ

Доказана е генотипна реакция в усвояването и използването на калия при български генотипи пивоварен ечемик. Селекционна линия 24201900 усвоява най-много калий, но го използва най-малко ефективно за образуване на зърно и биомаса. Сорт Кристи акумулира най-малко калий в надземната биомаса, но се характеризира с висока ефективност на използването му, което го прави перспективен за бъдеща селекция на ечемични генотипи с подобрена ефективност на калиево хранене.

Средно за проучваните генотипи 80% от общия износ на калий се акумулира в сламата. Ефективността на използване на калия силно отрицателно е свързана със сухата маса на сламата и слабо зависи от концентрацията на калий в биомасата. Генотипи с по-висок HI са ефективни в използването на калий.

Образуваното зърно или биомаса за единица усвоен от растенията калий може да се използва като индекс при селекцията на ефективни на калий генотипи ечемик.

ЛИТЕРАТУРА

- Abeledo L., D. Calderini, G. Slafer, (2008).** Nitrogen economy in old and modern malting barleys, *Field Crops Research*, 106 171–178
- Dawson J. C., D. Huggins, S. Jones, (2008).** Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems, *Field Crops Research* 107, 89–101
- Dessougi H., N. Claassen, B. Steingrobe (2002).** Potassium efficiency mechanisms of wheat, barley and sugar beet grown on a K fixing soil under controlled conditions, *J Plant Nutr Soil Sci*, 165 (6):732–737
- Foulkes M., M.J. Hawkesford, P.B. Barraclough, M.J. Holdsworth, S. Kerr et al. (2009).** Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects, *Field Crops Research* 114, 329–342
- Gerloff G. (1987).** Intact plant screening for tolerance to nutrient deficiency stress, *Plant Soil* 99: 3–15
- Gyrny A. G. (2009).** Inheritance of nitrogen and phosphorus utilization efficiency in spring barley at the vegetative growth stages under high and low nutrition, *Plant Breeding*, Vol. 118, Issue 6, 511 – 516
- Guoping Z., Chen Jingxing & Eshetu A Tirore, (1999).** Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in wheat, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54: 41–48
- Patterson S., P. Jensen, (1983).** Variation among species and varieties in uptake and utilization of potassium, *Plant and Soil* 72, 231–237
- Rengel Z, P. Damon (2008).** Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiol Plantarum*, 133 (4):624–636
- Samal D., Kovar J., Steingrobe B. et al. (2010).** Potassium uptake efficiency and dynamics in the rhizosphere of maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) evaluated with a mechanistic model, *Plant Soil*, Springerlink.com
- Steingrobe B., N. Claassen, (2000).** Potassium dynamics in the rhizosphere and K efficiency of crops, *J Plant Nutr Soil Sci*, 163:101–106
- Swaidar J., Y. Chyan, F. Freji, (1994).** Genetic aspects of plant mineral nutrition, *J. Plant Nutrition* 17, 1687–1699

- Trehan S., N. Claassen, (1998).** External K requirement of young plants of potato, sugar beet and wheat in flowing culture resulting from different internal requirements and uptake efficiency, *Potato Res* 41:229–237
- Trehan S., R. Sharma, (2002).** Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters, *Commun Soil Sci Plant Anal* 33:1813–1823
- Wignarajah K., (1995).** Mineral Nutrition of Plants, In: M. Passarakli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Physiology, Dekker, Inc., New York, 193-220
- Woodend J., J. Glass (1987).** In Genetic aspects of plant mineral nutrition, Eds. by Gableman W. & B. Loughman, 381–391, Martinus Nijhoff, Dordrecht, the Netherlands
- Yan X., E. Stephen, (1995).** Genetic Variation for Phosphorus Efficiency of Common Bean in Contrasting Soil Types: II. Yield Response, *Crop Sci* 35, 1094–1099
- Yang X., Liu J.X., Wang W.M., Li H., et. al. (2003).** Genotypic differences and some associated plant traits in potassium internal use efficiency of lowland rice (*Oryza sativa* L.), *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67: 273–282
- Zhang G., J.X. Chen, E.A Tirore, (1999).** Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in wheat. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 54: 41–48
- Zhang Z, X. Tian, L. Duan, (2007).** Differential responses of conventional and Bt-transgenic cotton to potassium deficiency, *J Plant Nutr* 30:659–670