



## АКУМУЛИРАНЕ И ПРЕИЗПОЛЗВАНЕ НА СУХАТА БИОМАСА ПРИ СОРТОВЕ И ЛИНИИ ЕЧЕМИК ACCUMULATION AND REUTILIZATION OF THE DRY MASS IN BARLEY VARIETIES AND LINES

Светла Костадинова\*, Невенка Ганушева  
Svetla Kostadinova\*, Nevenka Ganusheva

Аграрен университет – Пловдив  
Agricultural University – Plovdiv, Bulgaria

\*E-mail: kostadinovas@yahoo.com

### Резюме

При полски опит са проучвани акумулирането и преизползването на суха биомаса при девет български генотипа пивоварен ечемик: три сорта (Крами, Красен, Кристи) и шест нови перспективни линии (689069970, 22506999, 2390300, 24102400, 24201900, 70412296).

Установено е, че биомасата в изкласяване/цъфтеж при сортовете Крами, Красен, Кристи и проучваните линии е по-висока спрямо масата на вегетативните части в зрялост. Проучваните генотипи синтезират от 2,4 до 3,57 пъти повече биомаса преди цъфтежа спрямо след тази фаза и ремобилизират и използват резерви, натрупани в периода до цъфтежа. Ефективността на транслокацията на биомасата и участието на доцъфтежните асимилати в зърното са най-високи при сорта Красен (29,6 и 49,1% съответно) и най-ниски при линия 704112296 (17,7 и 30,1% съответно).

### Abstract

The accumulation and reutilization of the dry mass of nine Bulgarian malting barley genotypes were studied in a field experiment: three cultivars (*Krami*, *Krasen*, *Kristi*) and six new perspective lines (689069970, 22506999, 2390300, 24102400, 24201900, 70412296).

It was found that the biomass of the *Krami*, *Krasen*, *Kristi* cultivars and the studied lines at heading/anthesis was higher compared with the mass of the vegetative parts in maturity. The genotypes synthesized from 2.4 to 3.57 times more biomass before anthesis compared to after that stage and they were remobilized and used reserves accumulated in the pre-anthesis period. The efficiency of the translocation of the biomass and the contribution of the pre-anthesis assimilates to the grain were the highest in the *Krasen* cultivar (29.6 and 49.1%, respectively) and lowest in line 704 112 296 (17.7 and 30.1%, respectively).

**Ключови думи:** ечемик, суха маса, акумулиране, преизползване.

**Key words:** barley, dry mass, accumulation, reutilization.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Актуален научен и приложен приоритет във физиологията на житните култури е получаването на нови знания за отзивчивостта на добива от зърно към промени в наличието на асимилати по време на различни периоди от вегетацията (Dordas, 2009). Натрупаните до цъфтежа резерви са важен източник на въглехидрати за наливане на зърното, когато текущата фотосинтеза е потисната от суша, високи температури или болести. Те са особено важни в селекцията на агрохимически перспективни генотипи, както и за сортове за “ниски вложения” (Hermans et al., 2012). Периодът на наливане на зърното при ечемика включва натрупване на въглехидрати от два източника: текущи асимилати, преместени директно в зърното, и асимилати, преразпределени от резервни депа,

съхранени във вегетативните части на житните растения. Преизползването (ремобилизация или реутилизацията) на асимилати произлиза от стареенето на растенията, активен и последователен процес, който включва преместване (транслокация) на съхранените резерви от стъблата, листата и корените към зърното (Gan and Amasino, 1997; Zhang et al., 1998). Множество фактори по време на вегетацията влияят върху взаимоотношенията донор-акцептор, най-важни от които са генотип, торене, температура, валежи (Borras et al., 2004; Miralles and Slafer, 2007). Според Asseng and van Herwaarden (2003) относителното участие на ремобилизацията в добива от зърно се определя главно от взаимодействията донор-акцептор през периода на наливане на зърното, независимо от екологичните условията на отглеждане.

Ечемикът обикновено се отглежда на неполивни площи с редуцирани торови норми (Koteva, Marcheva, 2012), където стресови условия през периода на наливане на зърното могат да ограничат продуктивността и да повишат зависимостта на добива от резервни вегетативни асимилати. По време на жизнения си цикъл растенията преживяват периоди, когато добивът е ограничен предимно от силата и възможностите на донора за асимилати, от капацитета на акцептора да приема и използва асимилатите или комбинирано от двете (Borras et al., 2004). По-доброто разбиране на взаимоотношенията донор-акцептор при ечемика са важни за установяване на физиологични и агрохимични белези, подходящи за генетична селекция и модифициране на добива от зърно. Целта на настоящото проучване е да се установи акумулирането и динамиката на сухата маса при нови сортове и линии пивоварен ечемик.

### МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проучвани са девет български генотипа пивоварен ечемик, създадени в Катедрата по генетика и селекция при АУ – Пловдив: три нови сорта (Крами, Красен, Кристи) и шест перспективни линии (689069970; 22506999; 2390300; 24102400; 24201900; 70412296).

Изследването е проведено в учебноексперименталната база на Аграрния университет – Пловдив върху алувиално-ливадна почва (Molic fluvisols) в периода 2008-2009 г. По-важните агрохимични показатели на почвата са: рН вода = 7,2; минерален азот 39,2 mg N<sub>min</sub>/kg; подвижни фосфати 22,8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g и усвоим калий 50 mg K<sub>2</sub>O/100 g почва. Прилагана е стандартна агротехника за отглеждане на ечемика за района на Южна България. Предшественик на ечемика е царевица. Извършено е предсеитбено торене с 6 kg N/da като амониев нитрат.

Метеорологичните данни (температура на въздуха и валежи) са събрани в метеорологичната станция на експерименталното поле на АУ - Пловдив. Температурата и валежите през вегетационния период на ечемика са близки до средните стойности за дългосрочен период. Липсват екстремни температури и няма проява на резки засушавания; така агрометеорологичните условия през периода октомври-юни може да се отнесат като благоприятни за отглеждане на ечемика. Сумата на валежите през есенно-зимните периоди надвишава средните стойности от многогодишен период на наблюдение и стойностите на сумата на валежите през периода на пролетната вегетация са близки до средните многогодишни стойности за района на опитното поле.

Във фаза изкласяване/цъфтеж е анализирана надземната биомаса на растенията (стъбла+листа+растящи класове), а във физиологична зрялост –

зърното и вегетативната надземна биомаса (стъбла+листа+плевя). Взети са метровки в трикратна повторемост от всеки генотип. Пробите предварително са сушени при 60°C до постоянно тегло и претеглени.

Акумулирането и преизползането на сухата маса при генотипите ечемик е проучвано въз основа на следните показатели: формиране на надземна биомаса във фази изкласяване и физиологична зрялост (g/m<sup>2</sup>); транслокация на биомасата (DMT), изчислена като разлика между биомасата в изкласяване и в зрялост без зърното (g/m<sup>2</sup>); ефективност на транслокация на биомасата (DMTE), изчислена като отношение на транслокацията на биомасата (DMT) към биомасата в изкласяване (%); участие на биомасата в изкласяване в зърното (CAVG) като отношение на транслокацията на биомасата (DMT) към добива от зърно (%); жътвен индекс на добива - отношение на добива от зърно към надземния биологичен добив (%); загуба (-) или печалба (+) на биомаса като разлика между биомасата в зрялост и изкласяване (g/m<sup>2</sup>). Подобен подход при оценка на акумулирането и динамиката на суха маса при ечемика използват и други автори (Przulj and Momcilovic, 2001; Abeledo et al., 2008).

За математическа обработка на данните е приложен дисперсионен анализ (ANOVA) и тест за многофакторно сравняване на Duncan. За доказани са приети само разликите при  $\alpha = 0,95$ .

### РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Изследваните девет генотипа ечемик се различават по акумулирането на биомаса до цъфтежа (табл. 1). Тя е най-висока при линии 24102400 и 24201900 (повече от 1400 g/m<sup>2</sup>) и най-ниска при сорта Красен (931 g/m<sup>2</sup>). Проучваните линии, с изключение на 2390300, акумулират средно с 206 g/m<sup>2</sup> повече суха маса спрямо сортовете Крами, Красен и Кристи. Масата на вегетативните части в зрялост се изменя съществено в зависимост от генотипа. Тя е най-висока при линия 24201900 и най-ниска при сорта Красен, който образува с 44% по-малко слама+плевя в зрялост. След цъфтежа сортовете и линиите синтезират средна нетна маса от 387 g/m<sup>2</sup>, но липсват доказани математически различия между генотипите.

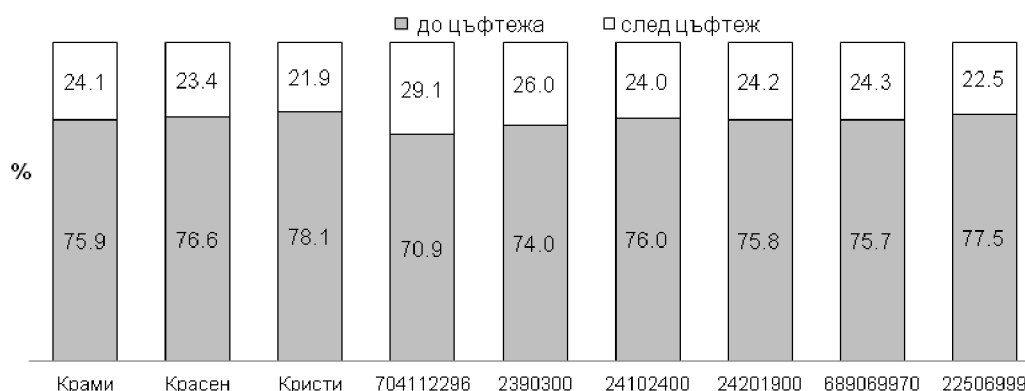
Относителното количество на акумулиране на суха биомаса преди и след цъфтежа е представено с отношението на масата в цъфтеж към масата, синтезирана след цъфтежа (табл. 1) и като процент на двата дяла от биомасата в зрялост (фиг. 1). Резултатите показват, че генотипите синтезират от 2,4 до 3,57 пъти повече биомаса преди цъфтежа спрямо след тази фаза. Следцъфтежната акумулация на биомаса е най-висока при линия 70412296 и най-ниска при сорта Кристи – 29,1 и 21,9% от общата биомаса в зрялост съответно (фиг. 1). Селекционираниите генотипи пивоварен ечемик



**Таблица 1.** Суха маса (DM) в цъфтеж и зрялост (без зърното), нетна маса след цъфтежа и отношение на акумулираната маса до и след цъфтежа

**Table 1.** Dry mass at flowering and maturity (without grain), net mass after flowering, and ratio of pre- to post anthesis accumulated mass

Генотип Genotype	DM цъфтеж DM anthesis (kg/da)	DM слама+плява DM straw+chaff (kg/da)	Нетна DM след цъфтежа Net DM after anthesis (kg/da)	DM цъфтеж/DM след цъфтежа DM anthesis/DM after anthesis
Крами/Krami	1165 bc	839 e	371 ns	3.14
Красен/Krasen	931 d	656 f	285	3.27
Кристи/Kristi	1075 c	818 e	301	3.57
704112296	1202 bc	990 c	494	2.44
2390300	1110 bc	900 d	391	2.84
24102400	1411 a	1108 b	445	3.17
24201900	1453 a	1173 a	463	3.14
689069970	1187 bc	906 d	381	3.12
22506999	1216 b	922 d	352	3.45



**Фиг. 1.** Процент на акумулираната маса до и след цъфтежа от общата надземна маса в зрялост  
**Fig. 1.** Percent of accumulated pre- and post anthesis mass from total aboveground mass in maturity

в Катедрата по генетика и селекция при АУ – Пловдив акумулират над 70% от общата биомаса в зрялост до фаза цъфтеж. Получените от нас стойности за отношението маса цъфтеж/маса след цъфтеж са по-високи от цитирани в литературата за 20 генотипа пролетен ечемик, при които са установени високи нива (повече от 600 g/m<sup>2</sup>) на акумулиране на биомаса след цъфтежа и сортови различия (Przulj and Momcilovic, 2001).

Средната продуктивност на зърно от сортовете и линиите е висока, като повечето от проучваните линии доказано превъзхождат сортовете Красен и Кристи по този показател и не се различават съществено от стандартния сорт Крами (табл. 2). Биомасата в цъфтеж при всички проучвани генотипи е по-висока спрямо масата на вегетативните части в зрялост (слама+плява) или генотипите намаляват теглото на листа+стъбла в периода след цъфтежа, което означава, че ремобилизират и използват резерви, натрупани преди цъфтежа. Въз основа на това са изчислени стойностите на DMTE и CAVG.

Разпределението на биомасата се определя от броя и активността на акцептора и броят зърна е тясно свързан с наличието на асимилати в цъфтеж (Wardlaw, 1990). При неполивни условия е важно да се повиши до максимална степен транслокирането (преизползването) на суха маса, тъй като може да спомогне за по-висок добив. Подходяща селекция на сортове в допълнение на отглеждането на културите може да повиши ефективността на преизползване на сухата маса (Cox et al., 1985). Количеството на транслокираната доцъфтежна биомаса DMT се изменя в границите от 210 до 327 g/m<sup>2</sup>, но подобно на натрупването на нетна маса след цъфтежа различията между генотипите не са доказани (табл. 2). Голямото редуциране на вегетативна биомаса след цъфтеж при проучваните генотипи може индиректно да посочва, че транслокацията на асимилати, образувани предимно до цъфтежа, са важни за растежа на зърното.

Ефективността на транслокацията на сухата маса (DMTE) е параметър, посочващ процента на

**Таблица 2.** Добив от зърно, транслокация на биомаса (DMT), ефективност на транслокацията на биомаса (DMTE) и участие на доцъфтежните асимилати в зърното (CAVG)

**Table 2.** Grain yield, dry mass translocation (DMT), dry mass translocation efficiency (DMTE), and contribution of pre-anthesis assimilates in the grain (CAVG)

Генотип Genotype	Добив от зърно Grain yield (kg/da)	DMT (kg/da)	DMTE (%)	CAVG (%)
Крами/Krami	697 ab	327 ns	28.0	46.9
Красен/Krasen	560 c	275	29.6	49.1
Кристи/Kristi	558 c	257	23.9	46.1
704112296	706 a	213	17.7	30.1
2390300	601 bc	210	18.9	35.0
24102400	748 a	304	21.5	40.6
24201900	743 a	280	19,3	37.7
689069970	662 ab	281	23.7	42.5
22506999	646 abc	294	24.2	45.5

транслокираната биомаса. Стойностите му варират от 17,7% при линия 704112296 до 29,6% при сорта Красен, което показва, че сортовете и линиите се различават по участие на до- и следцъфтежната фотосинтеза в зърнения добив. Подобни стойности до тези, намерени в това проучване, са цитирани и от други автори за зимна пшеница (14,6–27,9%, Parakosta & Gagianas, 1991), твърда пшеница (Dordas, 2009), ечемик (3,0–16,4%, Przulj & Momcilovic, 2001).

Участието на доцъфтежните асимилати в зърното може да бъде решаващо за поддържане на добива от зърно при неблагоприятни климатични условия, понижена фотосинтеза, водообезпеченост и усвояване на минерални елементи (Arduini et al., 2006). Известно е, че зимната пшеница трансферира висок процент (60–73%) от доцъфтежните си резерви на асимилати към зърното (Parakosta & Gagianas, 1991) и за твърдата пшеница процентът може да бъде до 71,5–90% (Dordas, 2009). Относителното участие на синтезираните до и след цъфтежа асимилати в добива от зърно се изменя в сравнително тесни граници, но всички проучвани генотипи се характеризират с това, че по време на наливане на зърното освен асимилати, формирани от текуща фотосинтеза, преизползват

асимилати, натрупани до цъфтежа. Участието на въглехидратите, акумулирани до цъфтежа в зърното, средно е 41,5%. Стойностите на CAVG варират от 30,1% (линия 704112296) до 49,1% от сухото тегло на зърното (сорт Красен).

В цъфтеж биомасата на класа и количеството азот в него може да се разглеждат като следствие от два процеса: акумулиране на биомаса и азот в надземните части на растенията в периода преди цъфтежа и разпределянето им между вегетативните органи и класа (Demotes-Mainard & Jeuffroy, 2001). Генотипите се различават по маса на класа в цъфтеж, въпреки че делът на класа от надземната биомаса в цъфтеж варира в сравнително тесни граници (табл. 3). Последното посочва, че масата на цъфтящия клас в дадена година е пропорционално на масата на листата и стъблата. При пролетния ечемик за тези две части на растенията, както и за надземната биомаса, е доказано съществено взаимодействие генотип x година (Przulj & Momcilovic, 2001). Теглото на класа в цъфтеж е най-голямо при линии 24102400 и 24201900 и сорта Крами (над 300 g/m<sup>2</sup>) и най-малко при Красен. Най-висок жътвен индекс е установен при сортовете Крами и Красен, а най-нисък – при линия 24201900.

**Таблица 3.** Суха маса на класа в цъфтеж, дял от надземната биомаса в цъфтеж и жътвен индекс на добива  
**Table 3.** Dry mass of spike in anthesis, part of aboveground biomass in anthesis and yield harvest index

Генотип Genotype	Маса на класа в цъфтеж Mass of spike anthesis (kg/da)	% от масата в цъфтеж % of mass in anthesis	HI
Крами/Krami	315 abc	27.1	0,454 a
Красен/Krasen	261 e	28.0	0,461 a
Кристи/Kristi	280 de	26.3	0,406 bc
704112296	301 abcd	25.2	0,417 b
2390300	266 cde	24.0	0,400 bc
24102400	325 a	23.1	0,403 bc
24201900	320 ab	22.2	0,388 c
689069970	285 bcde	24.2	0,422 b
22506999	304 abcd	25.0	0,412 bc

**ИЗВОДИ**

1. Биомасата в изкласяване/цъфтеж при сортовете Крами, Красен, Кристи и проучваните шест нови линии пивоварен ечемик е по-висока спрямо масата на вегетативните части в зрялост. Проучваните генотипи синтезират от 2,4 до 3,57 пъти повече биомаса преди цъфтежа спрямо след тази фаза и ремобилизират и използват резерви, натрупани в периода до цъфтежа.
2. Ефективността на транслокация на биомаса и участието на доцъфтежните асимилати в зърното са най-високи при сорта Красен (29,6 и 49,1% съответно) и най-ниски при линия 704112296 (17,7 и 30,1% съответно).

**REFERENCES**

- Abeledo, L. G., Calderini, D.F., Slafer, G. A.*, 2008. Nitrogen economy in old and odern malting barleys. *Field Crops Research*, 106, 171–178.
- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M.*, 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. – *European Journal of Agronomy*, 25, 309–318.
- Asseng, S. and van Herwaarden, A.F.*, 2003. Analysis of the benefits to yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. – *Plant Soil* 256, 217–229.
- Borras, L., Slafer, G.A., Otegui, M.E.*, 2004. Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal, *Field Crop Research*, 86, 131–146.
- Hermans, C., Hammond, J., White, J., Verbruggen, N.*, 2012. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? – *Trends in Plant Science*, Vol.11, No.12, 610-617.
- Cox, M.C., Qualset, C.O., Rains, D.W.*, 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. – *Crop Science* 25, 430–435.
- Demotes-Mainard, S. and Jeuffroy, M.H.*, 2001. Partitioning of dry matter and nitrogen to spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to nitrogen deficiency. – *Field Crop Research*, 70, 153-165.
- Dordas C.*, 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. – *European Journal of Agronomy* 30, 129–139.
- Gan, S. and Amasino, R.M.*, 1997. Making sense of senescence. – *Plant Physiology*, 113, 313–319.
- Koteva, V., M. Marcheva*, 2012. Productivity of barley, cultivar Vesletz, cultivated under reduced mineral fertilization. – *Agricultural Sciences*, 4 (11) 7-11.
- Miralles, D.J. and Slafer, G.A.*, 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? – *Journal of Agricultural Science* 145, 139–149.
- Papakosta, D.K. and Gagianas, A.A.*, 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. – *Agronomic Journal*, 83, 864-870.
- Przulj, N. and Momcilovic, V.*, 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. I. Dry matter translocation. – *European Journal of Agronomy*, 15, 241–254.
- Wardlaw, I.F.*, 1990. The control of carbon partitioning in plants. – *New Phytologist*, 116, 341–381.
- Zhang, J., Sui, X., Li, B., Su, B., Li, J., Zhou, D.*, 1998. An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. – *Field Crops Research*, 59, 91–98.

Статията е приета на 15.03.2013 г.  
Рецензент – проф. д-р Борис Янков  
E-mail: [bjankov@au-plovdiv.bg](mailto:bjankov@au-plovdiv.bg)