

**СЕЛЕКЦИЯ НА ЗЪРНЕНО-ЖИТНИ КУЛТУРИ  
CEREALS BREEDING**



**СЪДЪРЖАНИЕ НА МАКРОЕЛЕМЕНТИ В НОВИ  
ГЕНОТИПОВЕ ПИВОВАРЕН ЕЧЕМИК**

**Светла Костадинова, Невена Ганушева**  
Аграрен университет – Пловдив

**Резюме**

*Костадинова С., Н. Ганушева, 2012. Съдържание на макроелементи в нови генотипове пивоварен ечемик FCS 8(1):7-14*

Проучвано е съдържанието на азот, фосфор и калий в девет генотипове пивоварен ечемик, отглеждани при четири нива на азотно торене 0, 4, 8 и 12 kg N/da в условия на полски торев опит. Генотипната реакция по отношение съдържанието на суров протеин е по-добре изразена при неторените растения и варирането е значително от 7,0% (при „Кристи” и линия „70412296”) до 10,0% (линия „2390300”). По-високите нива на азота (N8 и N12) водят до близки стойности на суров протеин при изследваните генотипове ечемик. Линия „24201900” се откроява като най-перспективна за целите на пивоварната промишленост с ниско съдържание на суров протеин в зърното 9,2% и 10,3% при нива N8 и N12, съответно. На торенето се дължи 72% от общото вариране на азота в зърното, на генотипа 11% и на взаимодействието азот x генотип – 17%. Новите линии ечемик се характеризират с по-високо съдържание на фосфор в зърното. Съдържанието на калий в зърното и на фосфор и калий в сламата слабо зависи от генотипа при норми от 0 до 12 kg N/da.

**Ключови думи:** ечемик – азотно торене – съдържание на NPK

**Abstract**

*Kostadinova S., N. Ganusheva, 2012. Macronutrients content of new malting barley genotypes FCS 8(1):7-14*

The concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in nine malting barley genotypes grown at four nitrogen levels 0, 40, 80 и 120 kg N/ha were studied under a field fertilizing experiment. Genotypic reaction in regard to crude protein concentrations was stronger at unfertilized plants and it was considerably varying from 7.0% („Kristi” and „70412296”) to 10.0% („2390300”). The higher nitrogen levels (N80 and N120) led to similar values of grain crude protein in studied barley genotypes. Genotype „24201900” was the most perspective for the brewing industry with low crude protein concentrations of the grain 9.2% and 10.3% at level N80 и N120, respectively. The nitrogen fertilization was the main important factor affected grain nitrogen (72% of the total variation), followed by the genotype (11%) and interaction of nitrogen x genotype (17%). The new lines were characterized with higher grain phosphorus concentrations. The concentrations of grain

potassium and straw phosphorus and potassium were slightly depended on genotypes at rates 0 - 120 kg N/ha.

**Key words:** barley – nitrogen fertilization – NPK concentrations

## УВОД

Генотипната специфика на минералното хранене е комплексен проблем, зависещ от редица взаимодействия си фактори и успешното му изучаване е свързано с идентифицирането на много единични показатели. Основната задача е създаването на сортове с висока ефективност на използване както на естественото почвено плодородие, така и на минералните торове, като по този начин се осигурява получаването на устойчиво високи, качествени и икономични добиви. За сортовата специфика в минералното хранене се съди по отзивчивостта към торене предимно при естествени полски условия. Основни показатели за проучване са съдържанието и износът на хранителните елементи с добива, процесите на транспорт, разпределение и преразпределение на хранителните елементи в растителните органи, реутилизация с добива и корелациите между съдържанието на елементите и общия и стопанския добив (Below, 1995).

По-високи добиви от съвременните сортове ечемик са установени при широк диапазон на азотно торене (Abeledo et al., 2003a). Въпреки значителните генетични подобрения в добива зърно, тяхното влияние върху съдържанието на минерални елементи в зърното може да е различно. По отношение на зърнения азот е важно как селекционния процес е засягал баланса на използване на двата елемента азот и въглерод в растенията (Асуїа et al., 2005).

За пивоварен ечемик най-често се посочват примерни азотни норми от 8 до 12 kg N/da (Котева, 2001). Високите азотни норми повишават продуктивността на ечемика и успоредно с това се увеличава съдържанието на суров протеин, което над определени граници се отразява неблагоприятно върху пивоварно-технологичните му качества (Пеев и Кръстева, 1989).

Върху общия азот в ечемичното зърно, респективно върху суровия протеин, влияят редица фактори. По време на наливане на зърното азотът се преразпределя от вегетативните части към зърното. Корените остават активни по време на наливане на зърното при което високо съдържание на подвижен азот в почвата в края на вегетацията можа да е причина за по-висок процент на азот в зърното. Ечемикът може да усвои до 3,5 kg N/da от почвата след цъфтежа (Gastal & Lemaire, 2002). Високо съдържание на азот в зърното може да се дължи на голямо постъпване на азот към зърното късно през вегетацията. Това постъпване може да е в резултат на усвояване от почвата, засилено преизползване от вегетативните части или бедни запаси на въглехидрати в растенията (Abeledo et al., 2008). Други причини за високо азотно съдържание в зърното на ечемика са засушаване, полягане, болести, всички те намаляват добива без да засягат преразпределението на азота към зърното. Връзката между генотип, зърнен азот и азотното хранене, включващо активните запаси на азот в почвата и торовия азот все още не е проучвана достатъчно у нас и в чужбина. Ефектът от торенето на ечемика може да влияе в различна посока от целта на селекцията. Проучване на азотната концентрация в зърното при новите генотипове ечемик е необходимо за технологията на отглеждане, пивоварната индустрия и бъдеща селекция. Сортовете трябва да подържат азота в зърното в подходящи стойности за производство на бира така, че промените в азотния статус на растенията да са по-тесни, спрямо тези на въглерода за стабилно отношение NHI/GHI (Lawlor, 2002).

Цел на настоящето изследване е да се проучи съдържанието на макроелементите азот, фосфор и калий в основната и допълнителна продукция при нови генотипове зимен пивоварен ечемик, отглеждан при четири нива на азотно торене.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В проучването участват три сорта („Крами”, „Красен”, „Кристи”) и шест линии („689069970”; „22506999”; „2390300”; „24102400”; „24201900”; „70412296”) зимен пивоварен ечемик. Подбрани са нови перспективни линии, създадени в Катедрата по Генетика и селекция при АУ-Пловдив. Генотиповете са проучвани при четири нива на азотно торене (0, 4, 8 и 12 kg N/da) на опитното поле на Катедрата по Агрохимия и почвознание при АУ – Пловдив върху алувиална ливадна почва с рН вода=7,2. Средното съдържание на подвижни хранителни вещества в почвата преди залагане на опита е 33,2 mg Nmin/kg, 10,3 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g и 37,2 mg K<sub>2</sub>O/100 g почва. Двухфакторният опит е изведен в трикратно повтаряемост по метода на дробните парцелки и предшественик на ечемика е фуражен грах. Цялото количество азот под форма на амониев нитрат е внесено еднократно в началото на февруари. Метеорологичните условия през вегетацията на ечемика в периода 2009-2010 година са близки до средните стойности за района.

Общото съдържание в процент на азота, фосфора и калия в зърното и сламата е определено след мокра минерализация с концентрирана сярна киселина и водороден пероксид. Съдържанието на суров протеин в ечемичното зърно е изчислено от процентното съдържание на азота умножено по коефициент 5,7 (N% x 5,7).

За математическа обработка на получените резултати е приложен дисперсионен анализ (ANOVA) за двухфакторни опити и тест за многофакторно сравняване на Duncan (1955). За доказани са приети само разликите при  $\alpha = 0,95$ .

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Съдържанието на суров протеин е само една от характеристиките, свързани с пивоварните качества, но е най-важният показател за пивоварната индустрия, варирайки между 8,5 и 12,5% (Gali & Brown, 2000). В Англия пивоварните сортове ечемик се използват за производство на бира, ако 70% от продукцията съдържа общ азот в зърното в границите от 1,55% до 1,85% или от 8,8% до 10,5% изразено като суров протеин (Collen, 2006).

Възможност е генотипните различия да се проявяват добре в зоната на дефицитно и умерено минерално хранене (Климашенский, 1990). Други изследователи установяват, че при високи нива на азот генотипните разлики в процента на азот в зърното на пшеницата са големи и свързани с различия в разпределението на N в зърното, докато при ниски нива на азот, варирането е много слабо и зависи от наличието на азот в почвата до фаза цъфтеж (Ortiz-Monasterio et al., 1997).

Средното съдържание на суров протеин в зърното при деветте генотипове зимен пивоварен ечемик, отглеждани при четири нива на торене е много близко и варира от 8,9 до 10,4% (Табл. 1). Нашите резултати потвърждават, че азотното торене повишава съдържанието на суров протеин в зърното. Този показател се увеличава от 8,1% при неторения вариант до 11,2% при внасяне на 12 kgN/da. Торенето с ниската норма N4 има слаб ефект върху съдържанието на суров протеин в зърното при проучваните ечемични генотипове.

Генотипната реакция в съдържанието на суров протеин е по-добре изразена при растенията, отглеждани без торене. Стойностите варират значително от 7,0% (при „Кристи” и линия „70412296”) до 10,0% („2390300”). Азотното торене води до проявата на по-слаби генотипни различия. С нарастване на внесените количества азот (N8 и N12) съдържанието на суров протеин в зърното се изменя в много тесни граници (Табл. 1). Линия „24201900” може да се посочи като най-перспективна за ниско съдържание на суров протеин в зърното със стойности 9,2% и 10,3% при торене N8 и N12, съответно.

**Таблица 1.** Съдържание на суров протеин (%) в зърното при генотипове ечемик  
**Table 1.** Grain crude protein concentrations (%) in barley genotypes

| Генотип<br>Genotype                      | Торене<br>Fertilizing | N <sub>0</sub> | N <sub>4</sub> | N <sub>8</sub> | N <sub>12</sub> | Средно<br>генотип<br>Average<br>genotype |
|--|-----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--|
|  |                       |                |                |                |                 |  |
| Крами                                    |                       | 7,7 cd         | 9,3 a          | 10,5 ab        | 11,9 a          | 9,8 ns                                   |
| Красен                                   |                       | 9,1 ab         | 9,4 a          | 9,9 ab         | 11,6 ab         | 10,0                                     |
| Кристи                                   |                       | 7,0 e          | 7,5 b          | 10,1 ab        | 11,1 ab         | 8,9                                      |
| 689069970                                |                       | 8,1 bc         | 7,7 b          | 10,3 ab        | 11,0 ab         | 9,3                                      |
| 22506999                                 |                       | 8,3 bc         | 9,5 a          | 10,4 ab        | 11,3 ab         | 9,9                                      |
| 2390300                                  |                       | 10,0 a         | 10,3 a         | 9,8 ab         | 11,4 ab         | 10,4                                     |
| 24102400                                 |                       | 7,6 cd         | 7,8 b          | 10,7 a         | 10,9 ab         | 9,3                                      |
| 24201900                                 |                       | 8,4 bc         | 9,6 a          | 9,2 b          | 10,3 b          | 9,4                                      |
| 70412296                                 |                       | 7,0 e          | 8,0 b          | 10,0 ab        | 11,7 ab         | 9,2                                      |
| <b>Средно торене/Average fertilizing</b> |                       | 8,1 c          | 8,8 c          | 10,1 b         | 11,2 a          |  |

Средното съдържание на азот в сламата на проучваните генотипове ечемик в зависимост от азотното торене показва сходни тенденции на съдържанието на суров протеин в зърното (Табл. 2). То се променя съществено успоредно с азотната норма от 0,56% при ниво N0 до 0,91% N при високата норма N12. При ниски нива на азот в почвата (N0 и N4) линии „24102400“ и „24201900“ се характеризират с по-високо съдържание на общ азот в сламата спрямо останалите проучвани генотипове. Получените от нас резултати посочват слабо вариране на азота в сламата в зависимост от генотипа при по-високите азотни норми N8 и N12. Установени са силни положителни корелационни връзки между азотното торене и процентното съдържание на суров протеин в зърното ( $r = 0,847$ ) и азотното торене и съдържанието на азот в сламата ( $r = 0,887$ ).

**Таблица 2.** Съдържание на азот (N, %) в сламата при генотипове ечемик  
**Table 2.** Nitrogen straw concentrations (N, %) in barley genotypes

| Генотип<br>Genotype                      | Торене<br>Fertilizing | N <sub>0</sub> | N <sub>4</sub> | N <sub>8</sub> | N <sub>12</sub> | Средно<br>генотип<br>Average<br>genotype |
|--|-----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--|
|  |                       |                |                |                |                 |  |
| Крами                                    |                       | 0,51 b         | 0,56 c         | 0,71 ns        | 0,83 b          | 0,65 ns                                  |
| Красен                                   |                       | 0,58 b         | 0,65 ab        | 0,84           | 0,98 a          | 0,76                                     |
| Кристи                                   |                       | 0,58 b         | 0,65 ab        | 0,89           | 1,04 a          | 0,79                                     |
| 689069970                                |                       | 0,50 b         | 0,55 c         | 0,76           | 0,89 b          | 0,68                                     |
| 22506999                                 |                       | 0,48 b         | 0,53 c         | 0,73           | 0,80 b          | 0,62                                     |
| 2390300                                  |                       | 0,56 b         | 0,63 b         | 0,79           | 0,92 ab         | 0,73                                     |
| 24102400                                 |                       | 0,67 a         | 0,74 a         | 0,83           | 0,97 a          | 0,80                                     |
| 24201900                                 |                       | 0,63 a         | 0,70 a         | 0,81           | 0,95 ab         | 0,77                                     |
| 70412296                                 |                       | 0,51 b         | 0,56 c         | 0,71           | 0,83 b          | 0,65                                     |
| <b>Средно торене/Average fertilizing</b> |                       | 0,56 c         | 0,62 c         | 0,78 b         | 0,91 a          |  |

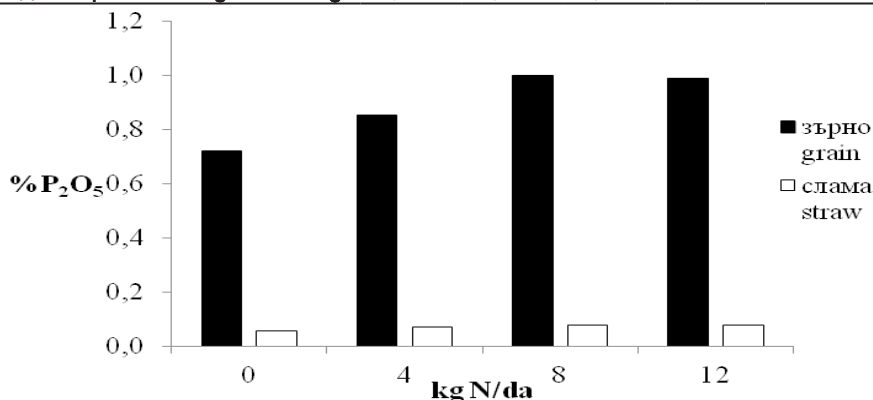
Подобряване на продуктивността при ечемика е свързано с понижаване на концентрацията на азот в зърното (Abeledo et al., 2003b). Процентът на азот в зърното зависи от генотипа (Cox et al., 1985; Emebiri & Moody, 2004; Nagarajan et al., 1999; Przulij & Momcilovic, 2001), условията на отглеждане по време на вегетационния период (Boonchoo et al., 1998; Palta et al., 1994; Paynter & Young, 2004) и тяхното

взаимодействие (Bertholdsson, 1999; Panozzo & Eagles, 1999). Резултатите от дисперсионния анализ посочват, че азотното торене е определящият фактор за съдържането на азот в зърното и в сламата. На торенето се дължи 72% от общото вариране на азота в зърното и 80% от това в сламата; на генотипа – 11% и 17%, съответно; и на взаимодействието на двата фактора азотно торене x генотип – 17% за азота в зърното и само 3% за процента на азот в сламата.

Средното съдържание на фосфор в зърното на проучваните генотипове ечемик нараства успоредно с азотната норма до ниво N8 след което не се повишава и се задържа около 1,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Табл. 3). При неторените растения не са установени доказани генотипни разлики. Стойностите на общ фосфор в зърното при торените с 8 и 12 kgN/da сортове и линии ечемик са относително близки. Въпреки това се установява ясна тенденция, че проучваните нови линии ечемик се характеризират с по-висока концентрация на фосфор в зърното, спрямо изследваните сортове „Крами“, „Красен“ и „Кристи“ независимо от нивото на торене на което са отглеждани. Линии „24102400“, „24201900“ и „70412296“ могат да се посочат като перспективни по съдържание на фосфор в зърното. При тях средните стойности на фосфора са най-високи и също са относително стабилни, тоест слабо се променят в зависимост от азотното торене.

**Таблица 3.** Съдържание на фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, %) в зърното при генотипове ечемик  
**Table 3.** Phosphorus grain concentrations (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, %) in barley genotypes

| Генотип<br>Genotype                      | Торене<br>Fertilizing |                |                |                 | Средно<br>генотип<br>Average<br>genotype |
|--|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|--|
|  | N <sub>0</sub>        | N <sub>4</sub> | N <sub>8</sub> | N <sub>12</sub> |  |
| Крами                                    | 0,65 ns               | 0,77 c         | 0,96 b         | 1,08 a          | 0,86 ns                                  |
| Красен                                   | 0,68                  | 0,74 c         | 0,79 c         | 1,00 a          | 0,78                                     |
| Кристи                                   | 0,73                  | 0,74 c         | 0,96 b         | 1,06 a          | 0,87                                     |
| 689069970                                | 0,70                  | 0,82 bc        | 0,99 b         | 0,88 b          | 0,85                                     |
| 22506999                                 | 0,83                  | 0,73 c         | 1,01 ab        | 0,91 b          | 0,89                                     |
| 2390300                                  | 0,71                  | 0,94 ab        | 1,03 ab        | 0,98 ab         | 0,89                                     |
| 24102400                                 | 0,87                  | 0,89 b         | 1,13 a         | 0,97 ab         | 0,97                                     |
| 24201900                                 | 0,69                  | 1,04 a         | 1,09 ab        | 1,05 a          | 0,97                                     |
| 70412296                                 | 0,73                  | 1,01 a         | 1,00 ab        | 1,07 a          | 0,95                                     |
| <b>Средно торене/Average fertilizing</b> | <b>0,72 c</b>         | <b>0,85 b</b>  | <b>1,00 a</b>  | <b>0,99 a</b>   |  |

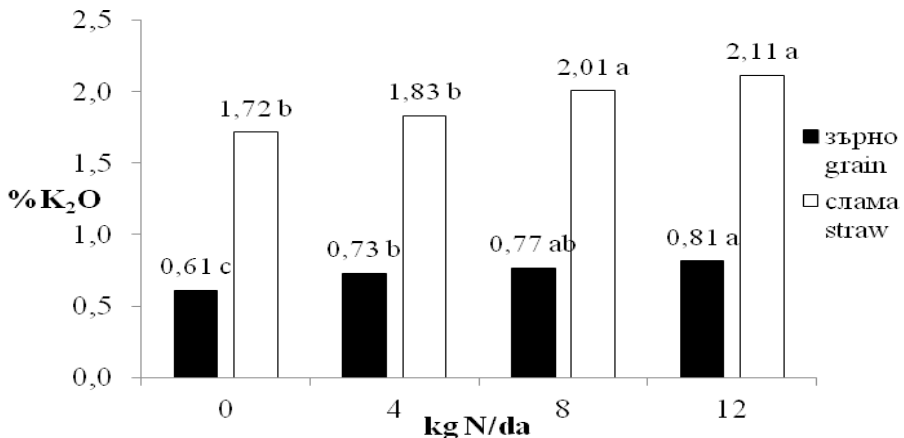


**Фигура 1.** Средно съдържание на фосфор при генотипове ечемик в зависимост от азотното торене  
**Figure 1.** Mean phosphorus concentrations of barley genotypes in dependence of N fertilization

Известно е, че сламата на ечемика е ценен груб фураж и източник на много от необходимите за животните хранителни елементи, включително фосфор и калий. Процентното съдържание на фосфор в сламата е много по-малко от това в зърното (Фиг. 1). Азотното торене повишава съдържането на фосфора в сламата на проучваните сортове и линии ечемик до норма 8 kgN/da, след което при торене N12 средните стойностите се задържат около 0,08% P2O5. В настоящето проучване с нива на азотно торене от 0 до 12 kg N/da, съдържанието на фосфор в ечемичната слама слабо зависи от генотипа. Средното съдържание на калий в зърното и сламата на проучваните сортове и линии ечемик е по-високо при торените с азот растения, спрямо неторените (Табл. 4 и Фиг. 2). Вероятна причина за това са синергетични отношения между елементите азот и калий при усвояване от растенията. Варирането в зависимост от генотипа, обаче е слабо и при четирите нива на торене. За разлика от фосфора, концентрацията на калий в ечемичната слама е близо три пъти по-висока от тази в зърното (Фиг. 2).

**Таблица 4.** Съдържание на калий (K2O, %) в зърното при генотипове ечемик  
**Table 4.** Potassium grain concentrations (K2O, %) in barley genotypes

| Торене<br>Fertilizing | N <sub>0</sub> | N <sub>4</sub> | N <sub>8</sub> | N <sub>12</sub> | Средно генотип<br>Average genotype |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|
| Генотип<br>Genotype   |                |                |                |                 |                                    |
| Крами                 | 0,61 b         | 0,74 ab        | 0,71 b         | 0,75 ns         | 0,70 ns                            |
| Красен                | 0,68 a         | 0,79 a         | 0,76 ab        | 0,82            | 0,76                               |
| Кристи                | 0,69 a         | 0,78 a         | 0,82 ab        | 0,83            | 0,78                               |
| 689069970             | 0,57 b         | 0,66 b         | 0,83 a         | 0,77            | 0,71                               |
| 22506999              | 0,63 a         | 0,71 ab        | 0,81 ab        | 0,76            | 0,73                               |
| 2390300               | 0,52 c         | 0,74 ab        | 0,77 ab        | 0,85            | 0,72                               |
| 24102400              | 0,56 bc        | 0,70 ab        | 0,69 b         | 0,83            | 0,70                               |
| 24201900              | 0,62 ab        | 0,69 ab        | 0,76 ab        | 0,88            | 0,74                               |
| 70412296              | 0,64 a         | 0,76 ab        | 0,77 ab        | 0,83            | 0,75                               |
| Средно Average        | 0,61 c         | 0,73 b         | 0,77 ab        | 0,81 a          |                                    |



**Фигура 2.** Средно съдържание на калий при генотипове ечемик в зависимост от азотното торене

**Figure 2.** Mean potassium concentrations of barley genotypes in dependence of N fertilization

## ИЗВОДИ

Генотипната реакцията в съдържанието на суров протеин е по-добре изразена при неторените растения и границите на вариране са от 7,0% (при „Кристи“ и линия „70412296“) до 10,0% (линия „2390300“). По-високите нива на азота (N8 и N12) водят до близки стойности на суровия протеин при изследваните сортове и линии. Линия „24201900“ се откроява като най-перспективна за целите на пивоварната промишленост с ниско съдържание на суров протеин в зърното 9,2% и 10,3% при азотни норми N8 и N12, съответно. На торенето се дължи 72% от общото вариране на азота в зърното, на генотипа 11% и на взаимодействието азот x генотип – 17%. Повечето от новите линии ечемик се характеризират с по-високо съдържание на фосфор в зърното, спрямо проучваните сортове. При азотно торене с норми от 0 до 12 kg N/da, съдържанието на калий в зърното и на фосфор и калий в сламата при проучваните сортове и линии ечемик слабо зависи от генотипа.

## ЛИТЕРАТУРА

- Климашенский, Е. 1990.** Генетичные аспекты минерального питания растений, Агропромиздат, Москва, 29-46
- Котева В. 2000.** Влияние на торенето и почвеното плодородие върху параметрите на посева и добива на **ечемик, отглеждан на излужена смолница в Югоизточна България**, *Растениевъдни науки* 37 (10), 873-878
- Пеев П. и А. Кръстева, 1989.** Физико-химични показатели на пивоварен ечемик при нарастващи норми на балансирано азотно торене, *Растениевъдни науки* 26 (4), 18- 22
- Abeledo L. G., Calderini D. F., Slafer G.A. 2008.** Nitrogen economy in old and modern malting barleys, *Field Crops Research*, 106, 171–178
- Abeledo, L.G., Calderini, D.F., Slafer, G.A., 2001.** Physiological changes associated with breeding progress in barley. In: Slafer, G.A., Molina-Cano, J.L., Araus, J.L., Savin, R., Romagosa, I. (Eds.), *Journal of Crop Production*, 11, 361–385.
- Abeledo, L.G., Calderini, D.F., Slafer, G.A. 2003a.** Genetic improvement of barley yield potential and its physiological determinants in Argentina (1944–1998). *Euphytica*, 130, 325–334.
- Abeledo, L.G., Calderini, D.F., Slafer, G.A. 2003b.** Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley, *Euphytica*, 133, 291–298.
- Acuña, M.L., Savin, R., Cura, J.L., Slafer, G.A. 2005.** Grain protein quality in response to changes in pre-anthesis duration in wheats released in 1940, 1964 and 1994, *J. Agron. Crop Sci.* 191, 226–232.
- Below, F. 1995.** Nitrogen Metabolism and Crop Productivity, In: M. Passarakli (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Physiology*, Dekker, Inc., New York, 275-300
- Bertholdsson, N.O. 1999.** Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions, *Eur. J. Agron.* 10, 1–8.
- Boonchoo, S., Fukai, S., Hetherington, S.E. 1998.** Barley yield and grainprotein concentration as affected by assimilate and nitrogen availability, *Aust. J. Agric. Res.* 49, 695–706.
- Collen B. 2006.** The barley growth guide, HGCA, UK, 24-25
- 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 Sci.* 25, 430–435.
- Duncan, D.B. 1955.** Multiple range and multiple F- test, *Biometrics*, 11

- Emebiri, L.C., Moody, D.B., 2004.** Potential of low-protein genotypes for nitrogen management in malting barley production, *J. Agric. Sci.* 142, 319–325.
- Gali, V.J., Brown, C.G., 2000.** Assisting decision-making in Queensland barley production through chance constrained programming. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 44, 269–287.
- Gastal, F., G. Lemaire 2002.** Nitrogen uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, No 370, 789–799
- Lawlor, D.W., 2002.** Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *J. Exp. Bot.* 53, 773–787.
- Nagarajan, S., Rane, J., Maheswari, M., Gambhir, P.N., 1999.** Effect of postanthesis water stress on accumulation of dry matter, carbon and nitrogen and their partitioning in wheat varieties differing in drought tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 183, 129–136.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Pena, R.J., Sayre, K.D., Rajaram, S., 1997.** CIMMYT's genetic progress in wheat grain quality under four nitrogen rates. *Crop Sci.* 37, 892–898.
- Panozzo, J.F., Eagles, H.A., 1999.** Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 1007–1015.
- Paynter, B.H., Young, K.J., 2004.** Grain and malting quality in two-row spring barley are influenced by grain filling moisture. *Aust. J. Agric. Res.* 55, 539–550.
- Przulij, N., Momcilovic, V., 2001.** Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. *Eur. J. Agron.* 15, 255–265.