



Аграрен университет – Пловдив, Научни трудове, т. LIX, кн. 2, 2015 г.
Юбилейна научна конференция с международно участие
Традиции и предизвикателства пред аграрното образование, наука и бизнес
Agricultural University – Plovdiv, Scientific Works, vol. LIX, book 2, 2015
Jubilee Scientific Conference with International Participation
Traditions and Challenges of Agricultural Education, Science and Business



**ВЛИЯНИЕ НА НИСКИТЕ ПОЛОЖИТЕЛНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВЪРХУ
РАСТЕЖА И СЪДЪРЖАНИЕТО НА МАКРОЕЛЕМЕНТИ
В МЛАДИ ЦАРЕВИЧНИ РАСТЕНИЯ**
**INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON THE GROWTH AND
MACRONUTRIENT CONTENT IN YOUNG MAIZE PLANTS**

Росица Чолакова-Бимбалова*, Андон Василев
Rositsa Cholakova-Bimbalova*, Andon Vasilev

Аграрен университет – Пловдив
Agricultural University – Plovdiv

***Email: rositsa.cho@abv.bg**

Abstract

Under Bulgaria's climatic conditions, both initial growth and development of maize plants often undergo suboptimal temperatures. The aim of this study was to determine the effect of low temperatures on both the initial growth and mineral nutrition of plants of two maize hybrids – the new hybrid *Kneja 307* and the *P9528* hybrid. Experiments were conducted with young plants grown in climatic modules as hydroponic culture in pots filled in with modified *Hoagland* nutrient solution. After the occurrence of the 3rd leaf, the maize plants were divided into two groups and maintained for 7 days under two temperature regimes - optimal (control) $25 \pm 1/20 \pm 1^\circ\text{C}$ (day/night) and suboptimal - constant temperature ($10 \pm 1^\circ\text{C}$).

At the beginning and at the end of the experimental period biometric measurements were performed as well as the relative growth rates of the plants (RGR) were calculated. In addition, the total content of the elements nitrogen, phosphorus and potassium in the plant organs was determined. It was found that a low temperature significantly suppressed the biometric parameters and diminished RGR by 36–38%.

There were no significant differences in the tolerance to low temperatures between the hybrids. Low temperature had no significant impact on the nitrogen content, but it lowered the content of phosphorus and potassium in the organs of the maize plants. The young plants of the two maize hybrids showed some differences in their tolerance to the temperature factor, indication for which were the two biometric parameters- root length and fresh mass of plants.

Key words: maize, *Zea mays*, low positive temperatures, growth, mineral elements.

ВЪВЕДЕНИЕ

Царевицата е топлолюбива култура, която има относително висок температурен оптимум за растеж и развитие – 25-28°C (Miedema, 1982). Царевичните растения са чувствителни към ниски положителни температури във всички фази от развитието си (Staeblar, 2001; Zaidi et al., 2010). Подоптимални или увреждащи за царевичните растения са температурите в диапазона 5–15°C (Holo et al., 2003; Leipner, 2009; Nie et al., 1992). Чувствителността към ниски температури е един от лимитиращите фактори за разширяване на площите на царевицата в световен мащаб (Janda et al., 2005).

Ниските температури предизвикват различни физиологични увреждания в царевичните растения. Установено е, че те потискат формирането и функционалната активност на фотосинтетичния апарат (Baker et al., 1994), повишават продукцията на активни кислородни видове в клетките (Foyer et al., 2002), променят състава и интегритета на мембраните (Pinheiro et al., 1997) и др. Сред най-характерните негативни ефекти са нарушенията в минералното хранене и растежа на растенията (Aroca, 2003; Sowinski, 2005). Хранителните запаси в семената на царевицата се изчерпват при формиране на 3–4-тия лист, след което храненето на младото царевично растение става напълно автотрофно (Cooper and MacDonald, 1970). В този преходен период растенията са особено чувствителни към стресови въздействия, в това число – и към ниски температури.

В условията на България началният растеж и развитие на царевицата често преминават при подоптимални за културата температури. Отражението на ниските температури върху физиологичния статус и растежа на младите царевични растения зависи в значителна степен от толерантността на хибридите. Недостатъчната информация за толерантността на царевичните хибриди у нас към ниски положителни температури мотивира провеждане на комплексно изследване с растения от новия царевичен хибрид Кнежа 307 и хибрида Р9528. В настоящата работа са представени промените в съдържанието на макроелементи и растежа на млади царевични растения, подложени на въздействие с ниски положителни температури.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Царевични растения от хибридите Кнежа 307 и Р9528 бяха отглеждани като хидропонна култура в климатични модули на Катедрата по физиология на растенията и биохимия при стационарни условия – осветеност 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (ФАР); температура $25 \pm 1/20 \pm 1^\circ\text{C}$ (ден/нощ) и относителна влажност на въздуха 65 $\pm$ 5%. Използван беше модифициран хранителен разтвор на Хогланд, който беше аериран и сменян през 3 дни за поддържане на постоянен хранителен режим. След пълното развитие на 3-тия лист растенията бяха поставени при различни температурни условия в продължение на 7 дни. Експерименталната постановка на опитите включваше 2 температурни режима – оптимален [контрола ($25 \pm 1 / 20 \pm 1^\circ\text{C}$; ден/нощ)] и подоптимален – постоянна денонощна температура – $10 \pm 1^\circ\text{C}$. Всеки

вариант беше заложен в 6 повторения (съда) с 4 растения в съд. В началото и в края на 7-дневния период бяха проведени биометрични измервания и химични анализи на растенията.

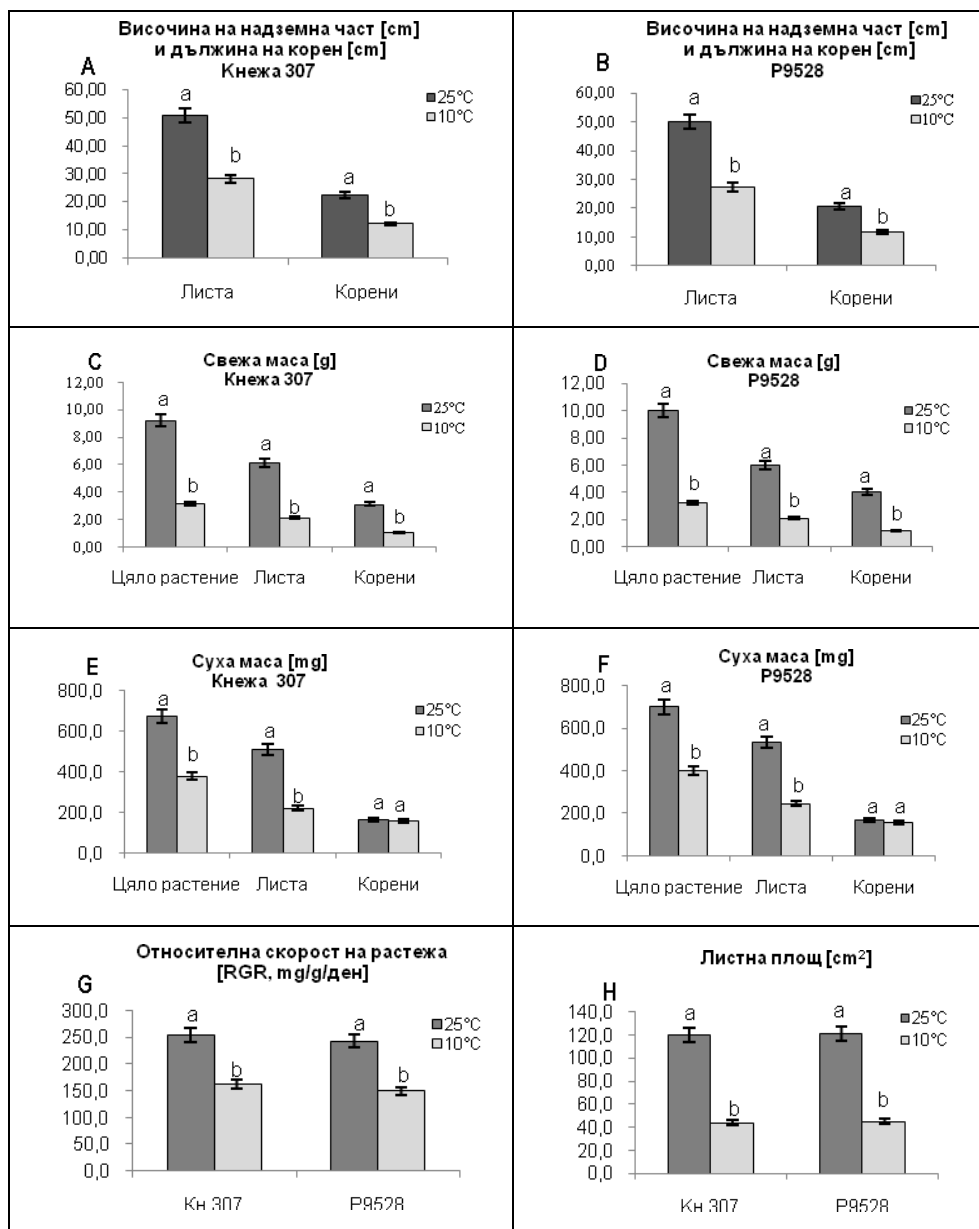
Биометричните измервания на растенията включваха височина на растенията, дължина на корените, свежа маса, листна площ, измерена с електронен цифров площомер NEO-2, и суха маса, определена чрез изсушаване до постоянно тегло. Относителната скорост на растежа на растенията беше определена съгласно Beadle (1993). В края на опитите беше определяно съдържанието на макроелементите азот, фосфор и калий в листата и корените на растенията. Общият азот беше определен чрез дестилация по метода на Келдал, фосфорът – спектрофотометрично, а калият – на пламъков фотометър (Gorbanov et al., 1990).

Проведени бяха предварителни и 3 основни опита. Получените резултати бяха обработени статистически чрез двуфакторен дисперсионен анализ. Използвана беше програмата SPSS13 и допълнителен LSD тест.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За подбор на подходяща температура за нискотемпературно въздействие бяха проведени няколко предварителни опита. След достигане на фенофаза 3-ти лист царевичните растения бяха разделяни на две групи. През следващите 7 дни растенията от едната група бяха отглеждани при денонощна температура 5, 10 или 15°C, а от другата (контролна) група – при температура 25/20°C (ден/нощ). Визуалните наблюдения показаха, че при температура 5°C растежът на младите царевични растения напълно се преустановява, а листната маса пожълтява и впоследствие некротизира. Получените резултати кореспондират с изследванията на Miedema (1982), който счита, че температури в диапазона 6–8°C са критични за началния растеж на царевичката. При температура 15°C царевичните растения нарастваха без външни симптоми на увреждане, но с по-нисък темп на растежа в сравнение с контролните растения. Тези резултати подкрепят изследванията на Anderson et al. (1994), които съобщават за слабо инхибиране на растежа без съществени функционални нарушения в царевичните растения, отглеждани при температура 14°C. Царевичните растения, отглеждани при температура 10°C, нарастваха по-бавно в сравнение с тези при 25°C и проявяваха симптоми на хлороза в основата на листните петури. Проведените наблюдения и получените резултати дадоха основание за определим температурата 10°C като подходяща за нискотемпературния вариант в основните опити.

Получените резултати от проведените основни опити са представени на фигура 1, в таблица 1 и в таблица 2. Резултатите от фигура 1 показаха, че 7-дневното нискотемпературно въздействие оказва силен инхибиращ ефект върху растежа на младите царевични растения. Необходимо е да се отбележи, че биометричните параметри на листата и корените бяха понижени в сравнително еднаква степен, както и че не се наблюдаваха съществени различия в реакцията на двата хибрида към понижената температура.



Фиг. 1. Влияние на 7-дневното нискотемпературно въздействие ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) върху биометрични показатели на царевични растения от хибрида Кнежа 307 и хибрида P9528. А и В – височина на растенията и дължина на корените (cm); С и D – свежа маса (g); Е и F – суха маса (mg); Г – относителна скорост на растежа (RGR, mg/g/ден); Н – листна площ (cm²). Показателите, които са обозначени на графиките с различни букви (a, b), са достоверно различни при $P = 0.05$

Височината на растенията и дължината на корените в растенията, отглеждани при температура 10°C, бяха намалени с 44 до 47% спрямо контролните растения (25°C) (фиг. 1 А, В). Акумулацията на свежа маса в същите растения беше понижена с 62–67% (фиг. 1 С, D), а формирането на листната им площ – с 63–64% (фиг. 1 Н). Инхибиращият ефект върху натрупването на суха маса в растенията беше по-малък – 47–48% (фиг. 1 Е, F). По-силното понижение на свежата маса в сравнение със сухата маса показва, че нискотемпературното въздействие нарушава водния статус на растенията дори при хидропонни условия. Най-обективен показател на растежните процеси в растенията е относителната скорост на растежа (RGR), която в изпиталите нискотемпературно въздействие царевични растения намалява с 36 до 38% (фиг. 1 G).

Данни от проведения двуфакторен дисперсионен анализ са представени в таблица 1.

Таблица 1. Резултати от двуфакторния дисперсионен анализ

Показатели	Хибрид	Температура	Хибрид * Температура
Височина на растенията	*	*	ns
Дължина на корените	*	*	*
Свежа маса на растенията	*	*	*
Суха маса на растенията	*	*	ns
Листна площ	ns	*	ns
Относителна скорост на растежа	ns	*	ns

*P = 0.05

Резултатите показват, че влиянието на фактора „температура“ върху биометричните показатели на растенията и RGR е статистически доказано, докато влиянието на фактора „хибрид“ и на взаимодействието между двата фактора в конкретната експериментална постановка са доказани само в част от изследваните показатели. Младите растения от двата хибрида се различават достоверно по показателите височина на растенията, дължина на корените, свежа и суха маса на растенията, но не се различават по листна площ и RGR. Двата царевични хибрида проявяват някои различия в толерантността си към температурния фактор (хибрид * температура), които са доказани само по показателите дължина на корените и свежа маса на растенията.

Растежът е интегрален процес и неговото потискане може да се дължи на нарушения в много физиологични процеси – фотосинтеза, дишане, минерално хранене, водообмен и др. Минералното хранене на растенията силно зависи от размерите и функционалната активност на кореновата система. Ниските температури потискат дишането на корените и намаляват продукцията на АТФ, който има решаващо значение за активното поглъщане на йони (Johnson, 1990). Както беше вече отбелязано, растежът на корените в изпиталите нискотемпературно въздействие царевични растения е инхибиран. Възможна хипотеза, която би обяснила в известна степен инхибицията на RGR в тези растения, са евентуални нарушения в минералното им хранене.

Резултатите, представени в таблица 2, показват, че ниската температура е понижила съдържанието на макроелементите фосфор и калий в растенията и слабо е повишила съдържанието на азот. Съдържанието на фосфор в корените на изпиталите нискотемпературно въздействие растения от хибридите Кнежа 307 и P9528 е намалено с 24% и 28%, респективно. Съответните стойности на фосфора в листата също са понижени – с 12 и 24%.

Таблица 2. Влияние на 7-дневното нискотемпературно въздействие ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) върху съдържанието на макроелементи (NPK) в листата и корените на растения от хибридите Кнежа 307 и P 9528

Варианти		Съдържание на елементи в корените (%)			Съдържание на елементи в листата (%)		
Хибрид	Температура ($^{\circ}\text{C}$)	N	P	K	N	P	K
Кнежа 307	25/20	4,79	2,18	8,57	5,37	2,66	9,17
	10/10	4,93	1,66	7,44	5,89	2,33	7,89
P9528	25/20	4,70	3,09	8,20	5,22	3,76	9,24
	10/10	4,85	2,22	7,79	5,45	2,85	8,18

Тенденция към намаляване е установена и по отношение на съдържанието на калий в подложените на ниска температура растения. В растенията от хибрида Кнежа 307 съдържанието на калий е с 13–14% по-ниско от съответните контроли. Съдържанието на калий в растенията от хибрида P9528 е понижено с 13% в листата и с 5% в корените.

Независимо че съдържанието на фосфор и калий в органите на изпиталите нискотемпературно въздействие растения е по-ниско от това в контролите, може да се отбележи, че тези растения имат висок минерален статус. Типичните стойности на фосфор и калий в царевични растения, отглеждани в полски условия, обикновено са значително по-ниски (Sanchez, 2007; Mengel, 2007).

В конкретния случай сравнително високите минерални стойности в растенията (особено на калия) са резултат на хидропонното им отглеждане.

ИЗВОДИ

1. Нискотемпературното въздействие ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$ за 7 денонощия) намалява биометричните параметри и потиска съществено относителната скорост на растежа (RGR) на млади царевични растения от хибридите Кнежа 307 и P9528.

2. Нискотемпературното въздействие понижава съдържанието на фосфор и калий в органите на хидропонно отглежданите растения от двата хибрида, но до нива, които не могат да бъдат причина за установения потиснат растеж.

3. Взаимодействието на факторите „хибрид“ и „температура“ върху растежа на младите царевични растения е статистически доказано при показателите *дължина на корените* и *свежа маса на растенията*. Това е предпоставка за използването на посочените биометрични показатели в скрининг тестове за оценка на толерантността на царевични хибриди към ниски температури.

REFERENCES

- Gorbanov, S., V. Velchev, J. Matev, Z. Tanev, G. Rachovski, T. Tomov, 1990. *Rakovodstvo za uprazhneniya po agrohimiya*, S.
- Anderson, M.D., T.K. Prasad, B.A. Martin, C.R. Stewart, 1994. Different *ialgene*-expression in chilling-acclimated maize seed lings and evidence for the involvement of abscisic-acid in chilling tolerance. *PlantPhysiol.* 105: 331–339.
- Aroca, R., P. Vernieri, J.J. Irigoyen, M. Sanchez-Diaz, F. Tognoni, A. Pardossi, 2003. Involvement of abscisicacidinleafandroot of maize (*Zea mays*, L.) in avoiding chilling-induced water stress. *PlantSci.* 165: 671–679.
- Baker, NR, P.K. Farage, C.M. Stirling, S.P. Long, 1994. Photo inhibition of crop photosynthesis in the field at low temperature. In: Baker NR, Bowyer JR, eds. *Photo inhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field*. Oxford: BiosScientificPublishers, 349–363.
- Beadle, C., 1993. Growth analysis. In: *Photosynthesis and Production in a changing environment. A field and laboratory manual*, 36–45. Chapman and Hall, London.
- Cooper, C.S., P.W. MacDonald, 1970. Energetics of early seed ling growth in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 10: 136–138.
- Foyer, CH, H. Vanacker, L.D. Gornes, J. Harbinson, 2002. Regulation of photosynthesis and antioxidant metabolism in maize leaves at optimal and chilling temperatures: review. *PlantPhysiolBiochem* 40: 659–668.
- Hola, D., K. Langrova, M. Kocova, O. Rothova, 2003. Photosynthetic parameters of maize (*Zea mays* L.) inbred lines and F-1 hybrids: their different response to, and recovery from rapid orgradualonset of low temperature stress. *Photosynthetic*. 41: 429–442.

- Janda, T., E. Kósa, J. Pintér, G. Szalai, Cs.L. Marton, E. Páldi, 2005. Antioxidant activity and chilling tolerance of young maize inbred lines and their hybrids. – *CerealResearchCommunications* 33: 541–548.
- Johnson, I.R., 1990. Plant respiration in relation to growth, maintenance, ion up take and nitrogen assimilation. *Plant, Cell, and Environment* 13: 319–328.
- Leipner, J., P. Stamp, 2009. Chilling stress in maize seed lings. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (eds) *Handbook of Maize: Its Biology*, pp. 291–310. Springer, Heidelberg.
- Mengel, K., 2007. Potassium. 91–120. In: *Handbook of Plant Nutrition* (Eds. Allen V. Barker, D. J. Pilbeam). CRC Taylor and Frances.
- Miedema, P., 1982 The effects of low temperature on *Zea mays*. *Advances in Agronomy* 35: 93–128.
- Nie, G.Y., S.P. Long, N.R. Baker, 1992. The effects of development at suboptimal growth temperatures on photosynthetic capacity and susceptibility to chilling-dependent photo inhibition in *Zea mays*. *Physiol. Plantarum* 85: 554–560.
- Pinhero, RG, M.V. Rao, G. Paliyath, D.P. Murr, R.A. Fletcher, 1997. Changes in activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. *PlantPhysiol* 114: 695–704.
- Sanchez, C. A., 2007. Phosphorus, 51–90. In: *Handbook of Plant Nutrition* (Eds. Allen V. Barker, D. J. Pilbeam). CRC Taylor and Frances.
- Sowinski, P, A. Rudzinska-Langwald, J. Adamczyk, I. Kubica, J. Fronk, 2005. Recovery of maize seed lings growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature. *J PlantPhysiol* 162: 67–80.
- Staebler, M.A., 2001. *Physiological responses to cold stress in maize during early phases of development*. M.Sc. thesis, University of Guelph, p. 82.
- Zaidi, P.H., M. Yadav, P. Maniselvan, R. Khan, T.V. Shadakshari, R.P. Singh, D. Pal, 2010. Morpho-physiological traits associated with cold stress tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 55: 201–208.