

低温下钾在植物水分调节中的作用^①

邹国元^② 杨志福 李晓林

(中国农业大学资源与环境学院)

摘 要 利用玉米为材料在砂培试验中设置了 0, 1.5, 3.0, 15 mmol·L⁻¹ 4 个钾水平, 在玉米长至 5 叶期时分别转入生长箱中进行 8℃, 25℃ 两种温度处理 4 d, 测定钾在植物水分调节中的作用。结果表明, 在砂培条件下, 适施钾肥增加了玉米地上部钾含量, 同时地上部阳离子累积量显著增加, 分别为常温下从缺钾处理(0)的 1.55 mol·kg⁻¹ 增加到高钾处理(15 mmol·L⁻¹)的 2.04 mol·kg⁻¹, 低温下从 1.41 mol·kg⁻¹ 增加到 1.83 mol·kg⁻¹。经低温处理后植株叶片出现了程度不同的萎蔫症状, 但施钾植株叶片萎蔫显著减轻, 高钾处理植株的叶片萎蔫率较缺钾处理下降了 16.4 倍。施用钾肥也使植株的保水能力增强, 相对含水量得到提高, 改善了植株的水分状况。

关键词 玉米; 钾; 低温胁迫; 水分调节

分类号 Q945.14

Effect of Potassium Application on Water Regulation of Maize Plant Under Low Temperature

Zou Guoyuan Yang Zhifu Li Xiaolin

(College of Resources & Environment, CAU)

Abstract A sand culture experiment with 4 potassium concentration levels, 0 mmol·L⁻¹, 1.5 mmol·L⁻¹, 3.0 mmol·L⁻¹ and 15 mmol·L⁻¹, was conducted, to study effect of potassium on water regulation of plant. When the maizes had 5 leaves, the plants were treated with two different temperature, 8 °C and 25 °C Separated in two growth chambers, for 4 days. The results indicated that appropriate application of fertilizer potassium improved potassium content of maize plant and total content of inorganic osmotic matters from 1.55 mol·kg⁻¹ with 0 mmol·L⁻¹ K treatment to 2.04 mol·kg⁻¹ with 15 mmol·L⁻¹ K treatment under normal temperature. Under low temperature potassium application also resulted in lower wilt rate by 16.3 times, and got higher relative water content of maize plants. Therefore appropriate application of fertilizer potassium improved water status of plants.

Key words maize; potassium; low temperature stress; water regulation

低温是影响作物产量的重要环境因子。作物对低温的抗性取决于其本身的生态习性、遗传特性、生理因素等等。植物本身的养分状况也对低温抗性有较大影响。虽然目前绝大多数研究尚难以对不同养分在植物低温抗性中的作用作出较肯定的结论, 但钾在植物低温抗性中的有

收稿日期: 1997-02-26

①本研究由加拿大钾磷研究所(PPIC)提供资助

②邹国元, 现在北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 100081

益作用已得到较大程度的认可。许多起源于热带亚热带的冷敏感植物在经受短时期冷胁迫后,出现的第一个外观可见的伤害症状即为叶片渍水萎蔫,渐渐导致脉间失绿。植物水分状况失调是低温诱导的重要生理变化。钾具有提高植物体中糖分和碳水化合物、可溶蛋白质以及干燥时保持水分的能力^[1],因此在低温袭击下钾在植株的水分调节中可能发挥重要的作用。本试验旨在探讨低温下钾对植物水分调节的作用及对植物抗寒性的影响,为阐明钾在植物抗寒中的作用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试基质为石英砂。供试作物为中国农科院作物所提供的春玉米“中试310”。试验用白色小塑料盆,盆底有4个小孔,以利于排出多余水分。盆外罩牛皮纸遮光。盆底垫一张阻止根系长出盆底尼龙网膜,每盆装砂500g。

1.2 试验设计和方法

所用的营养液组成为:Ca(NO₃)₂ 2 mmol·L⁻¹, NH₄NO₃ 2 mmol·L⁻¹, NaH₂PO₄ 0.5 mmol·L⁻¹, CaCl₂ 3 mmol·L⁻¹, MgSO₄·7H₂O 2 mmol·L⁻¹以及(μmol·L⁻¹): Fe-EDTA 100 μmol·L⁻¹, MnSO₄ 2 μmol·L⁻¹, ZnSO₄ 2 μmol·L⁻¹, CuSO₄ 1 μmol·L⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 0.1 μmol·L⁻¹, H₃BO₄ 20 μmol·L⁻¹。在此基础上用K₂SO₄溶液来调节营养液中K⁺浓度,营养液pH值为6.0。设K0(空白)、K1(低钾,1.5 mmol·L⁻¹)、K2(正常,3.0 mmol·L⁻¹)及K3(高钾,15.0 mmol·L⁻¹)4个施钾水平,设Ts(低温,8℃)和Tc(常温,25℃)2个温度水平,共8个处理,每个处理设3个重复。

将精选的玉米种子经H₂O₂消毒0.5h后,用饱和CaSO₄溶液浸泡24h,置放在滤纸上发芽,露白后转入花盆石英砂中,每盆8株,每天浇水至饱和,多余的水经盆底流出,每日早晚各浇水1次。待幼苗2片叶子展开时,每盆留5株均匀一致的幼苗,去胚乳。先用自来水培养1d,再用1/2浓度的正常营养液培养2d,以后按所设计的4种处理更换营养液,每隔1天1次。试验在人工培养室进行,光强80(photon) μmol·m⁻²·s⁻¹,光照12h,生长温度为27/22℃左右。待玉米长至五叶期进行温度处理。将不同施钾水平的玉米分别转入2个光照培养箱生长,温度分别为25℃(Tc)和8℃(Ts),光强(photon)50 μmol·m⁻²·s⁻¹,其他生长条件一致。培养4d后取样测定植株干鲜重、叶片萎蔫状况,倒二叶叶片脱水速率^[2],样品烘干后分别测定地上部干样中的钾钠含量(干灰化6400火焰光度计测定)和镁、钙含量(原子吸收)。

2 试验结果

2.1 低温胁迫下钾对玉米幼苗生长的影响

在本试验中,玉米前期生长的温度相同,主要表现为钾肥效应,后期进行持续4d的2种温度处理。结果表明(表1),与8℃相比,25℃温度更有利于玉米植株的生长。但由于温度处理时间较短,差异不大。与缺钾处理相比,施用不同浓度的钾肥均有利于植株根冠的生长,但高钾与低钾处理之间的差异并不显著。另外,从冠根比来看,低温(Ts)抑制植株地上部分的生长,使冠根比下降。

2.2 低温胁迫后玉米叶片萎蔫及植株水分状况

玉米经过前期预培养后再经低温处理,4 个不同施钾水平表现出不同程度的寒害症状。主要症状表现为:玉米由下部叶片开始,脉间出现水浸状萎蔫,复温后,脉间逐渐失绿发白,细胞死亡。本试验中测定了低温胁迫后玉米萎蔫叶片占叶片总数的百分率,借以评价玉米受寒害的程度(图 1)。结果表明,随着施钾水平的提高,叶片萎蔫率由 K0 处理的 73.7%显著下降至 K3 的 4.5%,下降达 16.4 倍。进行温度处理后,植株的相对含水量发生变化(图 2)。低温胁迫后植株相对含水量显著下降,在 2 种温度下施用钾肥,植株相对含水量呈上升趋势,但 K1,K2,K3 3 处理间植株相对含水量差异并不显著,这可能与温度处理时间较短有关。

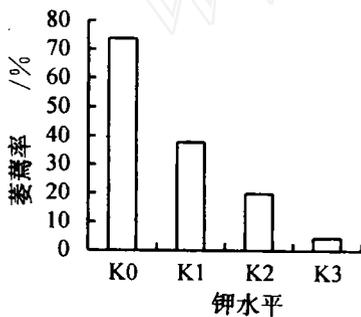


图 1 低温胁迫下施钾对植株叶片萎蔫率的影响

表 1 2 种温度下施钾对植株生长的影响

处理	地上部干重/g	根干重/g	冠根比
TsK0	0.42 d	0.25 d	1.65 d
TsK1	0.73 bc	0.46 a	1.61 d
TsK2	0.67 c	0.36 bc	1.88 cd
TsK3	0.68 c	0.42 ab	1.62 a
TcK0	0.48 d	0.21 d	2.32 a
TcK1	0.75 bc	0.38 bc	1.98 bc
TcK2	0.81 ab	0.34 c	2.39 a
TcK3	0.85 a	0.38 bc	2.27 ab

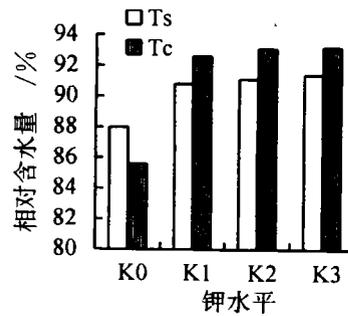


图 2 不同温度及供钾条件对玉米植株相对含水量的影响

2.3 低温下施用钾肥玉米无机渗透调节物质的累积状况

$K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$ 是植物吸收的主要阳离子,在细胞的渗透调节、维持组织水分中具有重要作用。本试验表明,经短暂低温处理后,植株对钾的吸收有减弱的趋势,对植株地上部的 Na, Ca, Mg 含量影响不大。由于玉米幼苗培养期间进行了较长时间的不同钾肥处理,植株地上部 $K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$ 含量表现出了较大的差异。与此同时,由于离子拮抗作用,植物对 Ca^{2+}, Mg^{2+} 的吸收减弱,地上部 Ca^{2+}, Mg^{2+} 质量分数(%)呈显著下降趋势。虽然如此,由于 $K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$

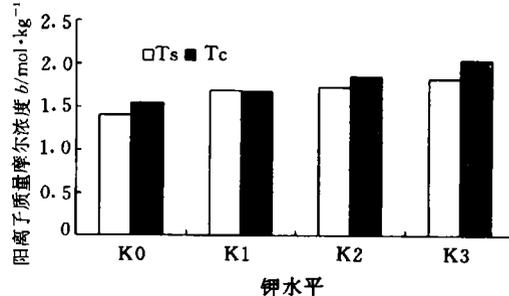


图 3 不同温度下施钾对植株体内无机渗透调节物质总量的影响

中 K^+ 吸收占了较大比例,因此,随着施钾水平的提高,植株地上部阳离子总量(图 3)也呈上升趋势。

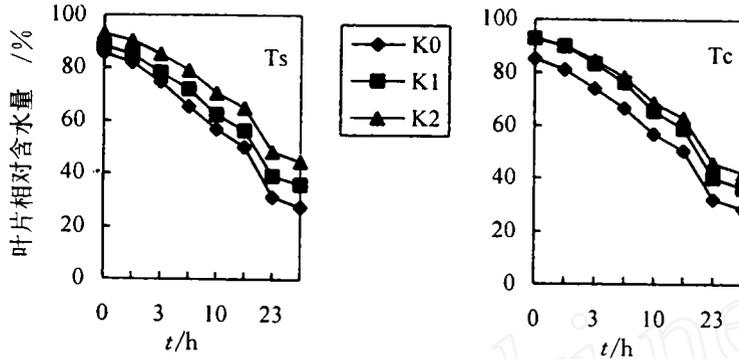


图 4 施钾对植株离体叶片保水能力的影响

2.4 低温下施用钾肥对玉米叶片保水能力的影响

取自各处理的植株倒二叶置于黑暗中贮存,每隔一定时间测定叶片含水量,借以揭示叶片持水力的状况。随着叶片水分的蒸发,不同钾处理的植株叶片水分含量随时间下降,但是下降幅度不同(图 4),经过 25 h 后,K0,K1,K2 处理玉米倒二叶相对含水量分别下降了 54.56%,49.46%,45.8%,以高钾处理的玉米叶片持水力最强。

3 讨论

低温影响植物对水分吸收,一方面是因为低温使植物根系吸水力发生变化^[3];另一方面植物的气孔蒸腾失去控制^[4~6]。事实上,作物遭受冷害以后第一个可见的症状是叶片萎蔫(图 1)。这在本试验中已经得到了充分的验证。基于上述事实,可以认为冷害是一种特殊的水分胁迫。在本试验中,低温胁迫后,不同的处理玉米均不同程度地表现出了叶片萎蔫症状,叶片含水量明显下降,但是通过施用钾肥,植物水分状况在一定程度上得到了改善(图 1)。说明在寒害的情况下施钾有利于保存叶片中的水分,减少细胞中离子及水分的外渗,使叶片的萎蔫率下降,提高植物的抗寒性。说明了施用钾肥有利于改善低温下植株的水分状况。

从本试验结果可以看出,尽管低温在一定程度上抑制了植株对钾的吸收及在植物体内的移动,但随着施钾量的增加,植物吸钾量呈明显的上升趋势,地上部钾含量大幅度提高,植物组织的相对含水量增加(图 2),保水能力提高(图 4)。同时叶片萎蔫率的变化情况也反映了 K^+ 的渗透调节作用(图 1)。当经受低温胁迫时,植物细胞质膜的透性增大,代谢活性下降,低钾植株易失去膨压并发生萎蔫;而高钾植株中高浓度的 K^+ 能使原生质胶体保持较高的水化度和粘滞性。其结果是低钾植株细胞中的水分及养分外渗,叶片出现溃水状萎蔫,含水量降低。培养箱试验结果还表明高钾处理时溶液 K^+ 会强烈抑制植株对 Ca^{2+} , Mg^{2+} 阳离子的吸收速率,植株体内 Ca^{2+} , Mg^{2+} 的含量下降, K^+ 成为植物组织内的主导阳离子。相反,当砂培溶液中钾含量很低时, Ca^{2+} , Mg^{2+} 与 K^+ 的阳离子竞争作用减弱,植物体中 Ca^{2+} , Mg^{2+} 阳离子的含量增加,成为低钾植株内的主导阳离子。尽管有人^[7]认为, Ca^{2+} , Mg^{2+} 含量增加可代替 K^+ 维持组织的渗透势,从而维持膨压,但植物细胞中 Ca^{2+} 的浓度很低,绝大部分存在于细胞壁中。因此,钙虽然在低钾植株中含量较高,但其对组织渗透势的影响有限,主要是参与细胞壁的合成,维持细胞

膜和壁的稳定,以及钙调蛋白对生理生化过程中的调整等。因而充足的钾素营养增强渗透调节能力,有助于抵御水分胁迫。

参 考 文 献

- 1 Beaucorps G D, Leymomnie J P. 钾素与作物健康,见:钾与作物抗霜冻. 南京:江苏科学技术出版社, 1989,29~37
- 2 王万里,林亚萍,章秀英. 植物角质蒸腾的几个方面. 植物生理学报,1988,14(4):123~129
- 3 Kramer P J. Water Relations of Plants. New York: Academic Press, 1983
- 4 Wilson J M. Drought resistance as related to low temperature stress. In: Lyons J M, Graham D, Raison J K, Eds. Low Temperature Stress in Crop Plants, the Role of the Membrane. New York: Academic Press,1979
- 5 Eamus D. Further evidence in support of an interactive model in stomatal control. J Exp Bot, 1986,37, 178,657~665
- 6 Gnye M. , Wilson J M. The effect of chilling and chill-hardening temperatures on stomatal behaviour in a range of chill-sensitive species and cultivars. Plant Phys Bioch, 1987,25(6):717~721
- 7 Leigh R A, Chater M, Stery R, Johnston A E. Accumulation and subcellular distribution of cations in relation to the growth of potassium-deficient barley. Plant Cell and Environm, 1986,9:595~604