

稀土在抗低温冷害中的应用^①

高素华 郭建平

(中国气象科学研究院农业气象和遥感应用研究中心, 北京 100081)

提 要

通过试验从生理的角度评述了稀土在低温条件下对提高玉米抗逆性的正面作用。试验结果表明:稀土在低温条件下可增加叶片可溶性糖的含量,降低电导率,增加叶绿素含量,提高光合作用速率,增加玉米籽粒产量。

关键词: 稀土 低温冷害 玉米

引 言

我国从 1972 年起,就开展了稀土的农用研究,已经取得了多项技术成果,生产实践证明,农作物施用稀土“常乐”增产效果明显,一般可增产 5%~15%。但关于稀土可增强农作物的抗逆性的研究很少,抗低温方面的报道至今还未见。

低温冷害是东北地区主要的气象灾害之一,对粮食生产有很大的威胁。1949 年以来,多次发生全区性和局部性低温冷害,造成粮食大幅度减产,其中 4 次减产达 50 亿 kg 左右,最严重的 1972 年达 63 亿 kg。80 年代以来,虽然气候在变暖,但不同强度的低温冷害仍时有发生。

玉米是主要的粮食作物和饲料作物,也是东北地区种植面积最大、总产量最高的作物。该地区玉米产量年际间差异很大,除了干旱及生产条件限制外,主要是低温冷害造成的。过去曾对东北地区低温冷害进行过大量研究,主要研究了低温冷害的指标、时空分布规律及简单的机理等,取得了一些成果。但对低温冷害的防御技术研究,尤其是对低温冷害对作物生理过程影响较深入的研究甚少。本文采用在玉米不同发育时期喷施稀土,作

为防御玉米低温冷害的技术进行了试验研究,取得了较好的效果。通过此项研究说明稀土不仅可以增产,而且可以提高作物的抗逆性。

1 试验方法

1.1 试验环境

低温试验是在黑龙江农科院作物栽培所的人工气候室内进行的,人工气候室为自然光玻璃室,每间面积为 18m²,控制温度为(5℃~30℃)±1℃,控制湿度为(60%~75%)±7%。温湿度调控全部自动化,并可进行自动补光。

1.2 试验材料

试验所用玉米品种为四单 19,5 月 19 日盆栽播种,盆直径 33cm,高 26cm,9 月 21 日收获并进行考种。叶片光合作用采用 Li-6200 光合作用系统测定,叶绿素测定采用日本产叶绿素计活体直接测定,电导率测定采用电导仪测定(电阻法),可溶性蛋白质含量的测定采用凯氏定氮法测定,试验设 3 次重复。

1.3 试验设计

1.3.1 发芽试验

处理温度分别为 8℃(玉米种子低于 8℃发芽十分缓慢,发芽率也很低,生产上一般把

^① 本文由国家科技攻关项目 96-020-01-06 专题资助

8℃^[1]定为临界发芽温度)和28℃,以未经稀土处理的8℃和28℃为对照,种子用 200×10^{-6} 的稀土溶液浸种后置于8℃和28℃温度条件下,观察其发芽情况。每次实验种子数为100粒,3次重复。

1.3.2 幼苗期和抽雄期试验

幼苗期低温处理强度为8℃,抽雄期低温处理强度为15℃(抽雄期温度低于15℃就会明显受害),处理时间均为5天。稀土喷施浓度为 300×10^{-6} 和 600×10^{-6} 。

播种前分别用稀土液浸种,低温处理前2天将稀土溶液均匀地喷施于叶片的正反面。除低温处理期间,玉米在室外正常生长,并以未喷稀土液的玉米为对照。

2 实验结果

2.1 稀土对玉米种子发芽的影响

8℃处理的种子经11天后发芽,28℃处理的经1天即发芽。表1为不同处理的发芽率。由表1可见,无论在发芽的初期还是后期,稀土均有明显提高发芽率的作用,8℃条件下平均可提高发芽率23%,28℃条件下提高11%。发芽势^①分别提高52.4%和13.0%,发芽势的提高大于发芽率,尤其在低温条件下,说明稀土促进种子发芽和提高种子发芽能力的作用十分显著。发芽指数^②,8℃和28℃处理比对照分别提高31%和15%。

表1 稀土对种子发芽率的影响

处理	处理温度 /℃	出芽后每天的发芽率/%									
		2天	3天	5天	7天	9天	11天	13天	15天		
稀土处理	8	18.3	21.0	54.7	75.0	78.3	81.0	81.7	82.0		
对照	8	7.33	10.0	34.0	56.0	60.7	63.7	70.0	74.0		
稀土处理	28	65.7	76.7	88.3							
对照	28	44.0	66.7	85.3							

2.2 低温条件下稀土对玉米生理过程的影响

2.2.1 低温条件下稀土对可溶性糖的影响

在低温条件下,稀土可增加叶片可溶性糖的含量(表2)。由表2可见,在低温条件

下,稀土能增加玉米体内的可溶性糖的含量,提高细胞内可溶性物质的含量,进而提高细胞的渗透压,增强细胞的抗逆能力^[2,3]。苗期和抽雄期叶片(干重)可溶性糖分别增加21%(300×10^{-6})、24%(600×10^{-6})和84%、56%。

表2 低温条件下稀土对玉米叶片可溶性糖含量(%)的影响(苗期)

项目	300×10^{-6}	600×10^{-6}	对照
鲜重	1.36	1.41	1.33
干重	11.11	11.39	11.10

2.2.2 低温条件下稀土对电导率的影响

电导率是衡量细胞内物质扩散到细胞外的一项生理指标,也是衡量细胞质膜是否受到伤害的指标。在低温条件下,稀土能降低叶片的电导率,因而减少叶片电解质外渗量,减轻低温对玉米的伤害。表3列出了在低温条件下,稀土对玉米电导率的影响。由表3可见,经处理的叶片电导率比对照降低十分显著,苗期达到10%~20%。抽雄期降幅更大,达到31.6%~32.9%。

表3 低温条件下稀土对电导率(%)的影响(苗期)

浓度	300×10^{-6}	600×10^{-6}	对照
电导率	14.17	15.97	17.73

2.2.3 低温条件下稀土对蛋白质含量的影响

低温条件下稀土对玉米叶片蛋白质含量的影响是负作用,在苗期,稀土使玉米幼苗叶片的蛋白质含量下降7%~18%。抽雄期,稀土 300×10^{-6} 处理使玉米叶片的蛋白质含量略有增加(3%), 600×10^{-6} 处理的蛋白质含量下降12.6%。

2.2.4 低温条件下稀土对玉米SPAD和光合作用速率的影响

低温条件下,稀土使玉米叶片中叶绿素

① 发芽势(%)=(3日内发芽数/总种子数)×100%
② 发芽指数=Σ(日发芽数/发芽天数)

含量增加^[4],其中抽雄期增加的幅度大于苗期(表4)。稀土可大幅度提高作物光合作用速率(表4,表中数据为低温处理第5天时的测定结果)。由表4可见,处理的叶片光合作用速率提高十分明显,苗期可提高46%~91%,抽雄期光合作用速率增加5.4%~17.5%,其中 300×10^{-6} 处理提高13.9%。光合作用速率的提高有利于作物干物质的积累,这也是稀土能在低温条件下使减产幅度下降的主要原因。

表4 低温条件下稀土对玉米 SPAD 和光合作用速率的影响

项目	SPAD*		光合作用速率(苗期) ($\mu\text{molCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$)
	苗期	抽雄期	
300×10^{-6}	48.9	53.0	-2.076
600×10^{-6}	50.4	53.3	-0.337
对照	48.8	50.2	-3.878

* 叶绿素含量 = $0.98\times \text{SPAD}/10\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

2.3 稀土对玉米产量的影响

经低温和喷施稀土溶液处理后,玉米于9月21日成熟收获,经考种后得到以下结论:稀土使玉米产量结构发生变化,并使籽粒产量有较显著的提高,尤其是苗期处理效果较好。

2.3.1 稀土对苗期遇低温时产量结构及籽粒产量的影响

由表5可见,稀土对苗期低温条件下玉米后期的产量结构、籽粒产量与对照相比均为正效应。稀土 300×10^{-6} 处理的穗长比对照增加18.4%, 600×10^{-6} 处理的穗长比对照增加29.0%;穗粗分别增加29.5%和28.4%;每行粒数分别增加24.1%和21.1%;百粒重增加不明显,其中, 600×10^{-6} 处理的百粒重反而有所下降。穗粒数增加和穗粒重增加十分显著, 300×10^{-6} 和 600×10^{-6} 的穗粒数分别比对照增加21.4%和25.8%,穗粒重分别增加24%和27.3%。虽然室外(未进行低温处理,也未进行稀土处理)生长的玉米长势要好于对照,但各项指标

仍不及在低温条件下用稀土处理的玉米。这充分说明了稀土有抗御低温冷害的作用。

表5 稀土对玉米苗期遇低温(8℃)时产量结构和籽粒产量的影响

处理	穗长 /cm	穗粗 cm	粒数 /行	百粒鲜 重/g	百粒干 重/g	穗粒数	穗干粒 重/g
300×10^{-6}	19.60	44.30	41.2	27.09	26.47	496.5	131.4
600×10^{-6}	21.36	43.94	40.2	27.98	25.56	514.7	136.7
对照	16.56	34.22	33.2	26.65	26.25	109.0	107.4
室外	17.10	35.16	36.8	30.56	28.92	430.6	124.54

2.3.2 稀土对抽雄期玉米遇低温时产量结构和籽粒产量的影响

由表6可以看出,稀土对玉米抽雄期遇低温时产量结构的影响不如苗期显著,增产效应也不如苗期明显,有些项目甚至出现负效应。如穗长均不如对照,每行粒数和每穗粒数也减少。但穗粗略有增加,百粒重增加, 300×10^{-6} 和 600×10^{-6} 的百粒重分别比对照增加2.6%和24.3%,从而使最终的产量有所增加,其中 300×10^{-6} 处理的产量增加较少,仅0.6%,而 600×10^{-6} 处理的产量的增加较显著,达14.1%。这一结果说明,当玉米在抽雄期遇低温时,用稀土来处理效果不十分理想。

表6 稀土对玉米抽雄期遇低温(15℃)时产量结构和籽粒产量的影响

处理	穗长 /cm	穗粗 /cm	粒数 /行	百粒鲜 重/g	百粒干 重/g	穗粒数	穗干粒 重/g
300×10^{-6}	18.6	42.8	40.8	24.29	24.11	498.9	120.3
600×10^{-6}	19.4	42.7	42.0	30.10	29.20	468.2	136.5
对照	20.5	42.4	44.4	24.70	23.50	509.7	119.6

3 结果讨论

通过人工模拟低温和稀土处理试验,总体上来看,稀土有防御低温冷害的作用,稀土可使玉米种子的发芽势明显提高,对玉米苗期和抽雄期低温条件下的生理过程及最终产量的提高有明显的作用,具体表现为:

(1)稀土有提高玉米种子发芽能力和促进种子发芽的作用,低温条件下更为明显,而且加快发芽速度的作用大于提高发芽能力的作用。

(2)低温条件下,稀土可使玉米叶片可溶性糖含量明显增加。可溶性糖含量的增加可提高作物的抗寒能力。

(3)低温条件下,稀土可使玉米叶片的电导率下降,说明稀土能减轻玉米叶片的细胞膜受低温的危害,从而保证玉米正常的生长。

(4)稀土在低温条件下,使玉米 SPAD 含量增加,并显著提高玉米的光合作用速率,尤其是苗期增加十分显著,抽雄期的作用略小于苗期。

(5)稀土能减轻玉米受低温冷害的影响,从而提高作物的产量,在苗期遇低温冷害时,喷施稀土溶液,可显著增产。抽雄期遇低温冷害时喷施稀土溶液的作用有限。

(6)稀土可减轻低温冷害的伤害,抽雄期

比苗期更显著,但对最终产量的影响苗期比抽雄期显著。这说明低温对玉米的伤害生殖生长期比营养生长期更为严重。

(7)生产中使用稀土抗低温建议浓度为 600×10^{-6} 为好。

参考文献

- 1 李俊明,耿庆汉. 玉米种子的低温发芽临界温度研究. 种子, 1989, (4): 22~24.
- 2 王矛雁, 于秀翠, 武兰芳等. 低温对玉米幼苗可溶性蛋白质含量与合成的影响. 内蒙古农牧学院学报, 1990, 11 (2): 133~137.
- 3 张毅, 顾慰连, 戴俊英. 低温对玉米光合作用、超氧化歧化酶活性和籽粒产量的影响. 作物学报, 1992, 18 (5): 398~400.
- 4 苏正淑, 张毅, 郑波. 低温对玉米光合作用及叶面积和籽粒产量的影响. 辽宁农业科学, 1990, (5): 22~24.

Application of Tombarthite to Chilling Damage-Resistance

Gao Suhua Guo Jianping

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The positive action of tombarthite to improve corn stress-resistance under the low temperature situation was discussed according to physiological aspect through experiments. The experimental result shows that the tombarthite could increase the content of resolvable sugar, decrease electric conductivity, increase chlorophyll content, raise photosynthesis rate and increase corn grain yield under low temperature condition.

Key Words: tombarthite chilling damage corn