

不同生态型结球大白菜抗寒性的评价

孟凡珍¹ 张振贤² 于贤昌¹

(1. 山东农业大学 园艺学院, 山东 泰安 271018; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要 本试验以3种结球生态型,6个大白菜品种为材料,研究其秋冬期间田间抗寒性的差异。结果表明,随田间气温的降低,3种结球生态型大白菜叶片渗透势均先降低后升高;电解质渗漏率呈递增趋势;叶片含水量下降,自由水与束缚水质量比变小,至2001年1月14日自由水与束缚水质量比接近1;叶绿素含量和叶绿素a与b质量比呈降低趋势。但在低温胁迫下直筒型品种的电解质渗漏率较平头型和卵圆型低,叶片含水率和自由水与束缚水质量比较低,而叶绿素含量较高,耐寒性较好。

关键词 大白菜;生态型;抗寒性;渗透势;自由水与束缚水质量比

中图分类号 S 634.1; Q 945.79

文章编号 1007-4333(2004)04-0035-05

文献标识码 A

Primary evaluation of freezing-tolerance of Chinese cabbage with different ecotypes

Meng Fanzhen¹, Zhang Zhenxian², Yu Xianchang¹

(1. College of Horticulture, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China;

2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Six varieties of Chinese cabbage with different ecotypes were used in this experiment to investigate their freezing-tolerance. The results showed that the water content and the ratio of free to binded water in leaf decreased, but electrolytic leakage increased slowly with temperature decrease. Osmosis potential firstly decreased, and then increased with decreasing temperature. The free water content was nearly equal to the binded water content in January 14. The chlorophyll content and the ratio of chlorophyll a/b also decreased slowly. However, under low temperature stress, electrolytic leakage, leaf water content and the ratio of free to binded water of ecotp. *cylindrica* were all lower than those of ecotp. *ocata* and ecotp. *depressa*. It was obvious that ecotp. *cylindrica* had stronger ability against freezing.

Key words Chinese cabbage; ecotype; freezing-tolerance; osmosis potential; the ratio of free to binded water

大白菜是我国栽培面积和总产量最大的蔬菜^[1],每年的种植面积一般维持在215万hm²左右,是我国北方冬春季节的主要蔬菜,在人们的生活中占重要地位。近年来早春和夏季栽培日益普遍,因秋冬大白菜和早春大白菜分别在结球末期和生长初期常遭受冻害,常给生产上造成损失,为了确保其高产、稳产和优质栽培,探讨抗寒内在机理具有十分重要的意义。

大白菜按其结球习性分为直筒型(ecotp. *cylindrica*)、卵圆型(ecotp. *ocata*)和平头型(ecotp. *de-*

pressa),目前生产又有春季、夏季和秋季生态之分。温度胁迫对大白菜影响的研究曾见到抗热研究方面的报道^[2],在设施条件下有对冷敏感的黄瓜、番茄等蔬菜作物抗寒性的研究^[3~6],而对3种类型大白菜的抗寒性缺乏系统的研究。本试验以不同结球生态型大白菜为试材,在田间低温条件下研究各生态型大白菜的抗寒性,以探讨大白菜耐低温的生理基础,为大白菜的育种、生产和生态分类提供理论和技术的依据。

收稿日期:2004-03-31

作者简介:孟凡珍,讲师;张振贤,教授,通讯作者,主要从事蔬菜生理与分子生物学研究,E-mail:zhangzx@cau.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 试验材料与 设计

试验于 2000—2001 年在山东农业大学蔬菜试验站进行,供试品种为 3 个生态型的大白菜品种 (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinesis* (Lour) Ols-son),即卵圆生态型(ecotp. *ocata* Li)品种(强势、春大王),平头生态型(ecotp. *depressa* Li)品种(秋珍白 3 号、鲁白 8 号),直筒生态型(ecotp. *cylindrica* Li)品种(晋菜 3 号、秋珍白 16 号)。于 2000 年 8 月 25 日播种,按行株距 50 cm ×40 cm 定苗,3 次重复,随机排列,常规管理。进入结球期后记录每天的最低气温及其日夜温差,分别于当年 10 月 29 日、11 月 15 日、12 月 14 日和第 2 年 1 月 14 日取健壮功能叶测定各项指标,均重复 3 次。

1.2 测定项目与 方法

1)叶绿素含量的测定。采用丙酮法^[7]。

2)渗透势测定。使用美国产 5520 型蒸汽压渗透仪(Vapor pressure osmometer),取待测叶片放入冰箱中冷冻 8 h,取出解冻后挤取叶汁测定其渗透势,并记录测定时的室温,重复 3 次。计算公式:
 $\psi_s = C_i \times 0.0083 \times (273 + t) \times 10^{-3}$ 。式中: ψ_s 为渗透势,MPa; C_i 为样品浓度,mmol L⁻¹; t 为测定时的室温,。

3)电解质渗漏率的测定。采用沈文云等^[6]的方法并略加修改。取大白菜叶片,用直径 40 mm 左右的打孔器打取 12 片圆叶片,置于大试管中,加入 20 mL 蒸馏水,抽气 15 min,静置 120 min,用 ORION TDS 电导仪(美国产)测定第 1 次电导率 L_1 ,然后煮沸 30 min,冷却后测定第 2 次电导率 L_2 ,测定

蒸馏水的电导率 L (ck)。相对电导率 = $(L_1 - L) / (L_2 - L) \times 100\%$ 。

4)束缚水含量测定。采用马林契克法^[7]。

2 结果与分 析

2.1 大白菜生长期 间田间气温的 变化

田间测量并记录试验地 2000 年 10—12 月和次年 1 月每天的最低气温,结果如图 1,可以看出,10 月初至月末每天的最低温度上限为 17.6,下限为 0;11 月份最低气温上限为 8.1,下限为 -3;次年 1 月份最低气温上限为 0.8,下限达 -15。田间最低气温的变化可能明显影响大白菜的生理状态和抗寒能力。

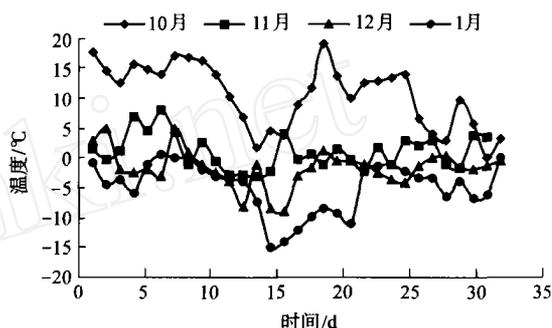


图 1 大白菜生长期 间各段最低气 温的变化 (2000—2001 年)

Fig. 1 Variation of the lowest temperature change during Chinese cabbage growth season

2.2 大白菜叶片 中渗透势的 变化

大白菜叶片渗透势随田间气温的降低呈现出先降后升的变化趋势(表 1),不同品种在 2000 年 10 月 29 日和次年 1 月 14 日差异明显。至 2001 年 1

表 1 秋季田间低温对大白菜叶片渗透势的影响

Table 1 Effect of low temperature stress on osmotic potential of Chinese cabbage leaves in autumn and winter

品 种	日 期			
	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14	2001-01-14
	渗透势/ MPa			
强势	- 1.19 fE	- 1.25 cC	- 1.14 bB	- 1.14 cC
春大王	- 1.03 eE	- 1.29 eE	- 1.42 eE	- 1.34 eE
秋珍白 3 号	- 0.99 dC	- 1.26 cC	- 0.88 aA	- 0.84 aA
鲁白 8 号	- 0.83 aA	- 1.27 dD	- 1.41 dD	- 0.95 bB
晋菜 3 号	- 0.91 bB	- 1.20 aA	- 1.37 cC	- 1.28 dD
秋珍白 16 号	- 0.97 cC	- 1.16 bB	- 1.36 cC	- 1.37 fE

注:新复极差检验,小写字母表示在 = 0.05 水平,大写字母表示在 = 0.01 水平上差异显著。下同。

月14日不同品种的渗透势从高到低依次为秋珍白3号、鲁白8号、强势、晋菜3号、春大王、秋珍白16号。由此可见,适当低温诱导可使叶片中可溶性物质增加,降低渗透势,从而增强了大白菜的抗寒能力。直筒型的秋珍白16号、晋菜3号以及卵圆型的春大王的渗透势较低,说明叶片中可溶性溶质含量较高,抗寒能力较强。

2.3 大白菜叶片电解质渗漏率的变化

电解质渗漏率是反映植物受逆境胁迫后细胞膜透性变化的重要生理指标,其大小的变化与作物的耐冷性负相关。从表2可看出,2000年10月29日大白菜叶片电解质渗漏率较低,但品种间略有差异,鲁白8号、秋珍白16号和强势较高,其他3个品种较低。

表2 秋冬田间低温对大白菜叶片电解质渗漏率的影响

Table 2 Effect of low temperature stress on electrolytic leakage of Chinese cabbage leaves in autumn and winter

品 种	日 期			
	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14	2001-01-14
	电解质渗漏率/ %			
强势	19.56 abA	22.67 bB	27.65 abAB	28.68 cB
春大王	16.62cdB	21.38 bB	25.02 bAB	32.63 bc AB
秋珍白3号	17.08 bcB	27.44 aA	28.34 abA	39.29 abAB
鲁白8号	20.41 aA	25.54 bB	31.59 aA	44.49 aA
晋菜3号	15.45 dB	22.10 bB	23.48 bB	29.28 cB
秋珍白16号	19.88 abA	23.95 bB	24.89 bB	32.79 bc AB

随温度的降低,电解质渗漏率增大,至1月14日达到最大值,品种间差异更加明显,增加幅度最大的为平头型品种鲁白8号(从20.41%增加到44.49%)和秋珍白3号,卵圆型和直筒型的电解质渗漏率则相对较低,说明抗冻性较平头型强。

2.4 大白菜叶片含水率和自由水与束缚水质量比的变化

表3表明,2000年10月29日大白菜叶片含水

率较高,品种间差异较小,为90.45%~92.24%。随着生长季节的推进和温度的降低,叶片含水率逐渐下降,且前期降低速度较快,而后降低较缓慢。至2001年1月14日,各品种含水率都降到最低,直筒型品种晋菜3号和秋珍白16号的含水率降低幅度较大(表3),而平头型和卵圆型则降低较小。许多研究证明,植物叶片含水率低,其抗寒性强,可见,直筒型品种晋菜3号、秋珍白16号抗寒能力较强。

表3 秋冬季田间低温对大白菜叶片中含水率的影响

Table 3 Effect of low temperature stress on the water contents of Chinese cabbage leaves in autumn and winter

品 种	日 期			
	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14	2001-01-14
	含水率/ %			
强势	91.27 bcBC	85.99 abAB	86.65 aA	84.54 abAB
春大王	90.95 cdBC	86.80 abAB	86.09 aA	86.65 aA
秋珍白3号	91.66 bAB	87.61 abAB	87.54 aA	84.95 abAB
鲁白8号	92.24 aA	88.06 aA	84.24 abA	86.78 aA
晋菜3号	91.83 abAB	83.50 cB	84.91 abA	82.78 bcAB
秋珍白16号	90.45 dC	84.65 bAB	81.54 bA	82.02 cB

自由水与束缚水质量比与植物的抗性密切相关,从表4看出,在2000年10月29日大白菜叶片的自由水与束缚水质量比较高,最高的为晋菜3号;随着季节的变化和田间气温的降低,自由水与束缚水比值逐渐降低,特别是10月29日至12月14日,由于温度下降幅度较大,其比值下降较快;而从12月14日至翌年1月14日温度下降幅度相对较小,则比值的下降幅度也相对较小。1月14日,自由水

与束缚水比值接近1,而且品种间差异显著,其比值从大到小的顺序为:秋珍白3号、鲁白8号、强势、春大王、秋珍白16号、晋菜3号。因此,直筒生态型大白菜秋珍白16号、晋菜3号在冷冻低温下迅速减少自由水含率,增加束缚水的含量,有利于提高其自身的抗寒能力;平头生态型的秋珍白3号和鲁白8号自由水与束缚水比值较高不利于抗冻,田间的抗冻表现也明显差;卵圆型的强势和春大王介于二者之间。

表4 秋冬季田间低温对大白菜叶片中自由水与束缚水质量比影响

Table 4 Effect of low temperature stress on the value of free water/binding water of Chinese cabbage leaves in autumn and winter

品 种	日 期			
	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14	2001-01-14
	$m(\text{自由水})/m(\text{束缚水})$			
强势	24.28 cB	13.85 aA	1.37 abA	1.37 bB
春大王	19.67 dB	12.19 bB	1.46 abA	1.28 bB
秋珍白3号	24.39 cB	9.15 dD	1.28 bA	2.08 aA
鲁白8号	21.17 cdB	11.03 cC	1.50 bA	1.97 aA
晋菜3号	38.75 bA	6.54 eE	1.50 abA	0.91 cC
秋珍白16号	42.91 aA	9.35 dD	1.60 aA	1.05 cC

2.4 大白菜叶片叶绿素含量和叶绿素 a 与 b 质量比的变化

不同结球生态型大白菜品种叶绿素含量有一定的差异。2000年10月29日取样时,直筒型的秋珍白16号和晋菜3号的含量较高,其他2个生态型则相对较低。随着温度的降低,各品种叶片叶绿素含量均呈降低趋势,但品种间下降速度存在明显差异,直筒型品种秋珍白16号和晋菜3号降低幅度较小,而平头型的鲁白8号降幅最大,这可能是低温下平

头型的鲁白8号叶绿素的分解速度较快,致使其含量降低(表5)。

低温胁迫对叶绿素 a 与 b 的比值有明显影响,10月29日各供试品种的叶绿素 a 与 b 比值较大,品种间差异小,除鲁白8号为3.59外,其余的均在3.40~3.50范围内。随着田间气温的降低,叶绿素 a 与 b 比值也随着变小。至12月14日不同品种间叶绿素 a 与 b 比值差异较明显,晋菜3号、秋珍白16号、鲁白8号较高,比值约为3,其他3个品种的比

表5 秋冬季田间低温对大白菜叶片中叶绿素含量和叶绿素 a 与 b 质量比的影响

Table 5 Effect of low temperature stress on the chlorophyll contents and chlorophyll a/b of Chinese cabbage leaves in autumn and winter

品 种	日 期					
	$m(\text{叶绿素 a})/m(\text{叶绿素 b})$			叶绿素含量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)		
	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14	2000-10-29	2000-11-15	2000-12-14
强势	3.48 bAB	3.08 dC	2.70 cBC	893.684 bAB	811.072 bBC	459.570 dCD
春大王	3.43 bAB	3.15 cC	2.76 bcBC	805.265 cB	699.933 cC	428.511 deDE
秋珍白3号	3.41 bAb	2.82 eD	2.64 cC	867.421 bcB	704.921 cC	520.269 cC
鲁白8号	3.59 aA	3.53 aA	3.02 aA	927.193 bAB	688.553 cC	389.850 eE
晋菜3号	3.40 bB	3.17 cC	3.00 aA	1 013.300 aA	1 095.521 aA	1 024.386 aA
秋珍白16号	3.40 bB	3.32 bB	2.87 bAB	935.787 abAB	895.265 bB	951.484 bB

值 2.64~2.76。低温下叶绿素 a 与 b 比值降低,可能是由于低温胁迫使叶绿素 a 比叶绿素 b 分解快(表 5)。

3 讨论与结论

1) 叶绿素含量是受低温影响非常明显的生理指标之一。许多研究证实低温胁迫下叶绿素含量下降^[8],叶绿素 b 比 a 的降解速度慢,a 与 b 质量比变小。本试验结果也表明,在冬季自然低温胁迫下大白菜叶绿素含量下降,叶绿素 a 与 b 比值变小,以直筒型品种晋菜 3 号和秋珍白 16 号的降低幅度较小,这表明大白菜品种间的叶绿素对低温胁迫的反应存在较明显的差异。

2) 在低温锻炼过程中含水率下降,自由水与束缚水的比值变小,有利于提高植物体的抗冷和抗冻能力,已被许多研究证实^[9,10]。在田间气温降低的过程中,大白菜叶片含水量缓慢下降,自由水含量迅速减少,束缚水所占的比例增大,这些变化有利于增强大白菜的抗寒能力,但品种之间有一定差异。2001 年 1 月 14 日低温条件下,直筒型品种秋珍白 16 号和晋菜 3 号叶片的含水率和自由水与束缚水的比值都较小,说明其抗冻能力较强。

3) 低温对植物的伤害始于细胞膜系统,质膜可能是冷害和冻害发生的原初反应部位。低温胁迫可引起植物细胞膜透性的改变,使细胞膜的半透性降低或丧失,细胞内物质外渗,电导率增加。根据低温下电解质渗漏率可以反映细胞膜的受伤害程度,通常用低温伤害前后的相对电导率来表示。田间低温胁迫下,大白菜叶片的电导率呈递增趋势,不同品种的增加值存在差异,平头型品种鲁白 8 号和秋珍白 3 号的增加速度较快,而直筒型的品种晋菜 3 号和秋珍白 16 号较慢。从秋冬季温度胁迫导致的越冬大白菜电解质渗漏率、叶片含水率、自由水与束缚水质量比、叶绿素含量和叶绿素 a 与 b 质量比等有关生理指标的变化进一步证明,直筒型品种秋珍白 16 号、晋菜 3 号耐低温能力大于平头型大于卵圆型。

本试验对大白菜抗寒性进行了初步探讨,因其抗寒性受多方面的影响,如基因型、抗冻蛋白^[11]、基因调控、渗透调节物质^[12,13]、胞间或胞内结冰机制^[14]等,所以,在这些方面系统地研究大白菜抗寒

性的生理生化及分子生物学,将在大白菜生态分类的综合评价、生产管理等方面提供理论和技术上的可靠依据。

参 考 文 献

- [1] 中国蔬菜编辑部. 中国蔬菜生产发展迅速[J]. 中国蔬菜,2000,6:5
- [2] 吴国盛,王永键,姜亦巍,等. 大白菜耐高温性的遗传[J]. 园艺学报,1997,24(2):141~144
- [3] 马德华,卢育华,庞金安. 低温胁迫对黄瓜膜脂过氧化的影响[J]. 园艺学报,1998,21(1):22~26
- [4] 孙德岭,方文惠,张宝珍. 温度变化对番茄抗冷性的影响[J]. 华北农学报,1999,14(3):75~78
- [5] 王孝宣,李树德,东如. 低温对番茄幼苗游离脂肪酸和番茄开花的影响[J]. 园艺学报,1996,23(4):349~354
- [6] 沈文云,侯锋,吕淑云. 冷害对 F1 黄瓜苗某些生理特性的影响[J]. 华北农学报,1995,10(1):56~59
- [7] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物物理学实验指导[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998. 17~72
- [8] 曾韶西,王以柔,刘鸿先. 低温弱光下叶绿素相关酶的反应[J]. 植物生理学通讯,1991,17(2):177~182
- [9] Brush R A, Griffith M, Mlynarz A. Characterization and quantification of intrinsic ice nucleators in winter rye (*Secale cereale*) leaves[J]. Plant Physiol. 1994,104:725~735
- [10] Griffith M, McIntyre H C H. The interrelationship of growth and frost tolerance in winter rye[J]. Physiol Plant,1993,87:335~344
- [11] Yu Xiaoming, Marilyn Griffith. Anti-freeze proteins in winter rye leaves form oligomeric complexes. Plant Physiol, 1999,119:1361~1370
- [12] Janda T, Szalai G, Antunovics Z, et al. Effect of benzoic acid and aspirin on chilling tolerance and photosynthesis in young maize plants[J]. Maydica, 2000, 45(1):29~33
- [13] Hurry V, Strand A, Furbank R, et al. The role of inorganic phosphate in the development of freezing tolerance and the acclimatization of photosynthesis to low temperature is revealed by the pho mutants of *Arabidopsis thaliana*[J]. Plant Journal, 2000, 24(3):383~396
- [14] Griffith M, Antikainen M. Extracellular ice formation in freezing-tolerant plants[J]. Adv Low-Temp Biol, 1996,3:107~139