

夏玉米的干旱适应性及其生理机制的研究

王 畅* 林秋萍 贡冬花

(河南省农业科学院粮食作物研究所, 郑州, 450002)

李普安 张赞平 付国占

(豫西农业专科学校, 洛阳)

摘 要

1987~1988年, 分别在大田和遮雨塑料棚条件下, 测定并分析了三个抗性不同的夏玉米杂交种与干旱适应性有关的一些生理特性。结果表明: 夏玉米杂交种受旱后, 对于旱均表现出了程度不同的适应性; 高抗杂交种以较强的根系活力、气孔调节能力和广泛的水分适应性体现其抗旱性, 在耐旱性上则主要表现为受害后叶绿素含量较稳定, 膜损伤小, 游离脯氨酸积累量大。二者综合作用的结果, 使其抗旱系数大, 经济产量高。此外, 还对夏玉米抗旱机理以及气孔扩散阻力、游离脯氨酸积累与抗旱性的关系进行了初步探讨。

关键词 夏玉米 抗旱性 耐旱性

干旱是我国北方地区影响作物产量的最大气象灾害。而产量是抗旱作物或品种对于旱适应性的综合体现, 其中有其生理机制。对此, 虽已有大量报道〔1, 3, 9〕, 但多着重于苗期和盆栽条件, 在大田条件下进行较系统的研究则较少。为此, 我们在大田条件下, 结合产量结果, 进行了夏玉米不同杂交种在生长发育过程中对于旱适应性的生理研究, 以期探明杂交种适应干旱的生理机制, 并为提高防旱栽培技术提供依据。

材料与方 法

供试材料是1986年经抗旱鉴定筛选出来的高抗豫玉三号、中抗豫玉一号和低抗豫玉五号三个杂交种。

试验于1987、1988两年在省农科院和豫西农专实验站大田和遮雨塑料棚中进行。两种处理均采用随机区组排列, 重复4次。第1、2、3重复结合外观评判、形态指标及产量结果

1989—6—25收稿。 * 执笔人。

王振华、黄宏伟、李艳英等做了部分工作。

进一步鉴定其抗旱性强弱;第4重复在各生育期取样,分别测定生理指标,用阿贝折射仪测定水势;用国产DDS—11A型电导率仪测定叶片电导率;用酸性茚三酮法测定游离脯氨酸含量〔4〕,用分光光度法测定叶绿素含量,用 α -萘胺法测定根系活力;用LI—1600稳态气孔计测定气孔阻力和蒸腾速率。根系活力取根尖测定。其余各项指标的取样部位均以零位叶中部、抽雄后以穗位叶中部为准。

产量以群体中单株穗重为准。

结果与分析

作物适应干旱的能力在同一作物不同品种间差异很大〔9,6〕,有些差异属于抗旱性,有些属于耐旱性。

一、夏玉米抗旱的生理特性

1. 根系活力 根系活力是反应植株吸水能力的重要生理指标。资料表明,根系活力与抗旱性呈正相关。本实验结果(表1),高抗杂交种豫玉三号无论在正常或干旱情况下根系活力都较高,而低抗杂交种豫玉五号则较低;干旱情况下各杂交种在测定的三个生育期根系活力均有下降,但以五叶期和大喇叭口期下降为甚。高抗杂交种干旱时根系活力下降幅度最小,仍保持较强的吸水能力,在干旱逆境中免受或少受伤害。因此,高抗杂交种具备根系活力强的抗旱特征。

表1 玉米三个杂交种根系活力的比较 (单位: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)

处	理	豫 玉 三 号			豫 玉 一 号			豫 玉 五 号		
		五 叶 期	大 喇 叭 口 期	籽 粒 形 成 期	五 叶 期	大 喇 叭 口 期	籽 粒 形 成 期	五 叶 期	大 喇 叭 口 期	籽 粒 形 成 期
正	常	54.04	47.68	34.76	43.99	42.01	29.88	42.73	43.53	26.10
干	旱	41.76	41.83	32.76	24.72	25.01	23.97	21.92	24.70	19.64
干旱时下降幅度(%)		22.70	12.30	5.80	43.81	40.50	19.80	48.70	43.30	24.80

2. 叶片水势 大田条件下,高抗杂交种叶片水势较低,易从土壤中吸收水分,这是由其遗传特性决定的。干旱条件下,各生育期水势下降的幅度为高抗<中抗<低抗杂交种(表2)。这说明高抗杂交种水分适应范围较广,细胞内的水分一般不易受环境条件变化的影响。因此,比较稳定的叶片水势有利于保持细胞内的水分平衡,可作为衡量玉米杂交种抗旱性的一个指标。

3. 气孔扩散阻力与蒸腾速率

用稳态气孔计测定了夏玉米不同杂交种在拔节及大喇叭口期叶片气孔扩散阻力与蒸腾速率。从表3看出,受旱后,高抗杂交种豫玉三号在拔节期,尤其在玉米的需水临界期——大

喇叭口期气孔扩散阻力显著增加,蒸腾速率则明显下降;而低抗的豫玉五号则气孔扩散阻力增加甚微,蒸腾速率下降很少或稍有上升;中抗的豫玉一号居中。这说明高抗杂交种另一抵抗干旱的途径是加大气孔阻抗,减少蒸腾,有效地减少水分大量损失,保持植株有一定的水分状况,使其新陈代谢得以正常进行。

表2 干旱情况下玉米杂交种叶片水势的变化 (单位:巴)

生育期	豫玉三号			豫玉一号			豫玉五号		
	正常	干旱	ΔX	正常	干旱	ΔX	正常	干旱	ΔX
拔节期	-12.50	-15.00	3.50	-8.84	-15.00	6.16	-6.00	-12.50	6.50
大喇叭口期	-7.50	-10.00	2.50	-6.25	-8.75	2.50	-5.00	-11.25	6.25
籽粒形成期	-8.75	-11.25	2.50	-6.25	-10.00	3.75	-5.00	-10.00	5.00

ΔX : 与正常相比,干旱条件下叶片水势下降值

表3 干旱条件下玉米杂交种气孔扩散阻力与蒸腾速率的变化

(单位: $s \cdot cm^{-1}$, $\mu g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$)

生育期	处理	豫玉三号		豫玉一号		豫玉五号	
		气孔扩散阻力	蒸腾速率	气孔扩散阻力	蒸腾速率	气孔扩散阻力	蒸腾速率
拔节期	正常	4.42	4.24	3.80	4.86	5.30	3.84
	干旱	6.76	3.41	5.56	3.60	4.50	3.80
大喇叭口期	正常	5.38	2.35	4.01	2.78	7.90	1.44
	干旱	14.48	1.37	10.12	1.57	8.15	2.83

二、夏玉米耐旱的生理特征

前述结果表明,抗旱性不同的玉米各杂交种,在干旱条件下都或多或少地损失了体内水分,受到了一定的伤害。但不同杂交种对旱害的忍耐能力不同。

1. 细胞膜的稳定性 干旱对细胞的伤害首先导致了细胞膜透性增大,稳定性降低,细胞内的离子和糖类被动外渗。据测定结果(表4),供试材料各个生育期旱后细胞膜的稳定性均较正常为低,此结果与Blum等(1981)在小麦、王畅等(1987)在水稻以及舒薇(1988)在谷子上得到的结果相同,说明当玉米处于水分相对亏缺条件时,在一定范围内,可通过自身的渗透调节提高细胞膜的稳定性,从而增强植株对干旱逆境的适应能力;就不同杂交种而言,在三个生育期其干旱与正常相比,细胞膜的百分伤害率增值的大致趋势为,低抗的豫玉五号>中抗的豫玉一号>高抗的豫玉三号,证明豫玉三号杂交种对干旱的忍耐能力大于其它杂交种。此外,不论生态条件如何,各个杂交种在大喇叭口期细胞膜的百分伤害率最高,膜的稳定性最差,忍耐干旱的能力最小,而其它生育期细胞膜的稳定性则相对较高。这说明,玉米在不同生育时期,对缺水的敏感性不同,较为敏感的时期为大喇叭口期,这与玉米的需水规律相一致。

表4 干旱情况下玉米杂交种细胞膜稳定性变化 (单位: 百分伤害率)

处 理	豫 玉 三 号			豫 玉 一 号			豫 玉 五 号		
	小喇叭口期	大喇叭口期	籽粒形成期	小喇叭口期	大喇叭口期	籽粒形成期	小喇叭口期	大喇叭口期	籽粒形成期
正 常	61.89	81.68	61.20	70.81	76.83	63.20	59.83	82.06	65.30
干 旱	68.29	84.29	63.40	83.13	86.15	74.31	80.51	88.01	81.11
干旱比正常增值	6.40	2.61	2.20	12.32	9.32	11.11	20.68	5.95	15.81

2. 叶绿素含量 叶绿素含量与光合速率乃至经济产量有直接关系。叶绿素的化学性质很不稳定, 受旱后易分解, 使其含量下降。但抗旱性不同的杂交种, 受旱后各个生育期叶片叶绿素含量的下降幅度则不同(表5), 高抗的豫玉三号下降较小, 而低抗的豫玉五号明显下降。

表5 干旱情况下玉米杂交种叶绿素含量变化 (单位: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)

处 理	豫 玉 三 号			豫 玉 一 号			豫 玉 五 号		
	拔节期	大喇叭口期	籽粒形成期	拔节期	大喇叭口期	籽粒形成期	拔节期	大喇叭口期	籽粒形成期
正 常	2.21	3.37	4.63	2.30	3.74	4.31	2.48	2.49	4.92
干 旱	2.09	3.09	4.36	1.55	2.48	3.60	1.47	1.37	3.59

3. 游离脯氨酸的积累量 测定了抗旱性不同的夏玉米杂交种四个生育期在干旱和正常情况下的叶片游离脯氨酸积累量(表6)。结果表明, 不同杂交种、不同生育期叶片脯氨酸的积累量, 干旱较之正常条件下虽均有增值, 但增值大小不同, 表现为高抗的豫玉三号>中抗的豫玉一号>低抗的豫玉五号。表明游离脯氨酸的积累对夏玉米忍耐干旱是有利的。

表6 三个玉米杂交种旱后叶片脯氨酸积累量变化 (单位: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

生 育 期	豫 玉 三 号			豫 玉 一 号			豫 玉 五 号		
	正常	干旱	ΔX	正常	干旱	ΔX	正常	干旱	ΔX
拔 节 期	1.6794	2.7192	1.0398	1.0270	1.9866	0.9596	2.4153	3.2832	0.8679
小喇叭口期	1.4500	2.8450	1.5950	1.5800	2.2233	0.6580	1.4300	1.9680	0.5380
大喇叭口期	0.8920	1.5220	0.6300	0.9450	1.1090	0.1640	1.0320	1.1490	0.1170
籽粒形成期	1.0760	1.3290	0.2540	1.1090	1.2150	0.1060	0.7660	0.8800	0.1040

ΔX : 干旱较正常增值

三、产量结果和抗旱系数

夏玉米杂交种抗旱性不同, 其产量结果也有明显差异。抗旱系数(干旱条件下的产量/正常水分条件下的产量)则是评判植株抗旱性的综合指标。试验结果, 抗旱系数的大小顺序

为, 豫玉三号>豫玉一号>豫玉五号。说明高抗杂交种对于干旱的适应性强(表7)。

表7 玉米产量结果及抗旱系数

项 目	豫玉三号	豫玉一号	豫玉五号
产量 干旱	85.42	76.76	65.40
(g/株) 正常	141.70	137.65	122.60
抗旱系数(干旱/正常)	0.60	0.56	0.53

讨 论

一、关于夏玉米的抗旱机理

植物对于干旱的适应机理是近百年来抗旱性研究中普遍重视的问题。Iladi等(1982)〔7〕将抗旱性分为避旱性和耐旱性,王韶唐(1983)〔2〕认为,植物的抗旱性是避旱性和耐旱性的总和。我们认为,夏玉米的抗旱性是指在遭受周期性水分亏缺的地区,玉米抵抗和忍耐干旱,能正常生长,具有高产潜力的能力。其抗旱机理可区分为抵抗干旱和忍耐干旱两种。抵抗干旱是指玉米在干旱条件下抵抗干旱使自身不受旱害的特性(包括形态解剖结构和生理生化特性);忍耐干旱是指玉米受旱害后反应出来的适应特性。二者都是玉米比较稳定地适应干旱的特性。试验表明,高抗的夏玉米杂交种在抵抗干旱和忍耐干旱上都表现出了优势,它具有较强的根系活力,气孔调节能力和较广泛的水分适应性,有利于其吸水和保水,从而抵抗了干旱的威胁;其耐旱性则表现为植株受旱后,膜的稳定性较高,叶绿素含量较稳定,游离脯氨酸积累量大,使其抗旱系数大,最终的经济产量高。

二、关于气孔扩散阻力与夏玉米抗旱性的关系

关于作物受旱后,气孔扩散阻力与抗旱性的关系,存在两种不同的观点。一种观点认为气孔扩散阻力增大,在减少水蒸气向体外散失的同时,也减少了二氧化碳向叶片内部的扩散,降低了光合速率,因而旱后气孔扩散阻力增值较少的作物品种抗旱性较强〔1〕。另一种观点则认为,光合速率是由气孔导度和叶肉同化二氧化碳的能力共同控制的,并且在最适条件下气孔对光合作用的限制仅占一小部分,受旱后气孔扩散阻力增大,气孔导度下降较多的作物或品种能有效地控制体内水分损失,因此对于干旱的适应性较强〔5〕。我们的实验结果支持了后一种观点。从表3、5、7中可看出,在玉米的拔节期,尤其是对水分最敏感的大喇叭口期,受旱后不同的杂交种气孔扩散阻力增值顺序为高抗>中抗>低抗,与光合作用直接相关的叶绿素含量下降幅度为高抗<中抗<低抗,而光合作用的重要产物——经济产量亦为高抗>中抗>低抗杂交种。因而证实了玉米受旱后还存在着比二氧化碳供给更重要的机理抑制光合。高抗杂交种受旱后加大气孔扩散阻力,降低蒸腾速率,有利于维持体内的正常水分状态,这对于干旱、半干旱地区尤为重要。据此,我们提倡在夏玉米抗旱栽培中使用蒸腾抑制剂,特别是与ABA作用类似、能促进气孔关闭的化学药物。这样不但可以有效地利用水分,而且对光合作用不会产生抑制作用。

三、关于体内游离脯氨酸积累量与夏玉米耐旱性的关系

关于作物受旱后体内游离脯氨酸积累量与抗旱性的关系亦有两种观点。一种认为,脯氨酸亚氨基亲水性极强,有利于提高植物的耐旱性。脯氨酸能消除干旱时蛋白质水解释放的有毒氨基酸及氨的危害,可作为耐旱性指标〔8,9〕;另一种则认为,受旱后脯氨酸的积累是由于氧化受抑,合成受激,蛋白质合成受阻,是一种伤害反应,因而不抗旱的作物或品种旱后则能积累较多的脯氨酸〔6,7〕。本研究证明,夏玉米受旱后,叶片的游离脯氨酸的积累量为高抗>中抗>低抗,较高的脯氨酸积累量对夏玉米旱后有保护效应。此与 Singh 等(1972)〔9〕在大麦、Kiim (1972)〔8〕在小麦;尹田夫等(1984)在大豆以及王育启等(1985)在高粱上的研究结果相同,而与曹仪值等(1985)在小麦、Hanson (1979)〔6〕在大麦以及Ilani等(1982)〔7〕在玉米上的研究结果相异。看来,脯氨酸累积与抗旱性的关系因作物、取材、生育期以及处理方式不同而表现出了不同的结果。

参 考 文 献

- 〔1〕 马瑞昆:综述麦类作物缺水和抗旱的农学及生理研究,《农作物研究资料》,1936(4):11-16
- 〔2〕 王韶唐:作物抗旱的生理机理,《植物生理生化进展》,1983(2):120-134
- 〔3〕 汤章城等:游离脯氨酸与高粱苗的抗旱性,《植物生理学通讯》,1986(3):29-31
- 〔4〕 徐同等:植物脯氨酸快速测定法,《华中农学院学报》,2(1)1983:94-95
- 〔5〕 Hutmacher, B.: 气孔和非气孔因素对棉花光合速率的控制作用,《国外农业—棉花》,1986(1):24-28
- 〔6〕 Hanson, A. D.: Capacity for proline accumulation during water stress in Barley and its implication for breeding drought resistance, *Crop Science*, 1979 (19): 489-493
- 〔7〕 Iladi, L. et al: Changes in abscisic acid and proline levels in Maize varieties of different drought resistance, *Phy-iologia Plantarum*, 1982 (55): 129-135
- 〔8〕 Keim, D. L. et al: Drought resistance and dryland adaptation in winter wheat, *Crop Science*, 1979 (19): 574-576
- 〔9〕 Singh, T. N. et al: Proline accumulation and varietal adaptability to drought in Barley, *Nature New Biology*, 236 (67) 1972: 188-190

A Study on Drought Adaptability and Its Physiological Mechanism of Summer Maize

Wang Chang Lin Qiuping Gong Donghua

*(Food Crops Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences,
Zhengzhou)*

Li Puan Zhang Zanping Fu Guozhan

(Yuxi Agricultural College, Luoyang)

Abstract

Drought adaptability and physiological characteristics at different growth periods of 3 different maize hybrids were tested and analyzed under the conditions of field and plastic shed from 1987 to 1988. The results showed that the adaptable degrees to the drought were all different when summer maize hybrids were drought. The hybrids with high drought resistance had higher root activities, better stomatal adjustment and better adaptability to water contents. Physiologically, the drought tolerance was mainly due to the steady content of chlorophyll, less injured cell membrane and greater amounts of free proline accumulation. As a synthesized result above two functions, the drought tolerant hybrid possessed a higher coefficient of drought resistance and produced more yield. Furthermore, a preliminary study on the mechanism of drought resistance and the relationship between the drought resistance and the diffusion activity of stomata and the free proline accumulation was discussed.

Key words: Summer maize; Drought resistance; Drought hardiness