

不同水分及钾水平对烟草根、茎水导特性的影响

张国娟, 魏永胜, 赵泽茹

(西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过室内砂培试验, 控制钾素水平: 低钾(K1)2.4 mmol/L, 中钾(K2)5.4 mmol/L, 高钾(K3)9.9 mmol/L 以及两个水分处理: 充分供水 W_1 和水分胁迫 W_2 , 选择云烟 89 号为供试材料, 测定了烟草生长后期株高、茎粗、根系干重、根系总吸收面积和活跃吸收面积以及根、茎导水率等指标, 研究了不同处理对烟株根系、茎部水导特性的影响。结果表明: 在烟株生长后期, 水分对烟株株高、茎粗、根系活跃吸收面积以及根系导水率的作用大于钾; 在水分充足条件下, 适度施钾可以促进烟株生长, 提高根和茎的水分传导能力, 但烟株根系干重和根系总吸收面积在各个处理间差异并不显著。

关键词: 烟草; 水分胁迫; 钾水平; 导水率

中图分类号: S572.01; S158.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-7601(2010)01-0142-05

钾是高等植物必需的矿质元素之一, 而烟草又是嗜钾作物, 钾对烟草的生理生化特性有很大的影响。正确合理施用钾肥, 不仅可以保证烟株正常生长, 而且对于改善烟叶品质尤为重要。有关水、钾营养关系对烟草的生理形态指标的影响研究已有不少报道^[1,2]。在烟草摄取水分、钾营养的过程中, 根系参数的改变起了决定性的作用, 根的生长和根系吸收面积对提高养分和水分的有效性具有重要影响。

有研究表明, 水分进入植物体的阻力除部分取决于气孔开张度外, 根系的作用至关重要^[3]。因此, 根系吸收和运输水分的能力成为了研究焦点, 表征根系这一能力的常用指标是根系导水率或根系水分导度(Root hydraulic conductivity, L_p), 可直接反映植物水分生理与土壤水分供应状况的关系。如慕自新等^[4]研究了玉米根系水导与表型抗旱性的关系, 发现玉米整株根系水导与其抗旱性具有显著的相关性, 可作为抗旱品种的筛选指标。近年来, 许多学者就不同植物营养元素(主要是氮磷硫)对水分胁迫下作物苗期 L_p 的影响进行了大量的研究, 如在土壤水分不变的情况下, 施氮可以提高玉米根系和冠层导水率^[5], 硫营养对小麦根系导水率有明显的调节作用^[6], 氮、磷亏缺均可降低玉米根系水导^[7], 水分胁迫下磷营养可以通过影响水通道蛋白的活性来调节玉米根系导水率^[8]。谭勇等^[9]研究了缺钾对黄茛幼苗根系导水率的影响, 但关于不同钾水平对水分

胁迫条件下作物生长后期根系和茎部导水率的研究不多, 而茎部导水率反映了茎向上运输水分的能力, 同样影响着根系吸水特性。本试验主要是通过研究不同水、钾条件对烟草后期根系和植株生长的影响, 进而反映导水率的变化, 探讨水分在植物体内运输阻力的分布, 为合理高效利用钾肥, 指导烟草生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与与设计

试验于 2008 年 3 月至 12 月在西北农林科技大学玻璃温室中进行, 供试烟草品种为云烟 89 号, 由陕西省烟草公司提供。将经 1% 硫酸铜消毒处理并经催芽的烟草种子种于 10 cm × 10 cm 的营养钵中。供试沙子要过筛, 清洗。8 月 6 日开始用 Hoagland 营养液中的 K_2SO_4 浓度控制 K^+ 水平^[10,11]: 低钾(K1) 2.4 mmol/L, 中钾(K2) 5.4 mmol/L, 高钾(K3) 9.9 mmol/L。9 月 16 日开始用不同灌水量进行水分处理: 每 2 d 浇水一次, 充分供水处理(W_1) 每次浇水 50 ml, 胁迫处理(W_2) 每次浇水 20 ml。试验共 6 个处理, 3 次重复。

1.2 测定项目及方法

在烟草水分处理 50 d 后, 采用压力室(3005 型, 美国 SEC 公司)降压法^[8,9,12]测定烟草根系及茎部导水率。测定时, 将烟草沿地面以上 5 cm 处用刀片

收稿日期: 2009-06-17

基金项目: 西北农林科技大学青年科学基金(04ZM049.06ZR032)

作者简介: 张国娟(1983—), 女, 山东聊城市人, 在读硕士, 从事植物水分与营养生理研究。

通讯作者: 魏永胜, E-mail: wysh70@126.com。

切割,切割点以下部分测定根系导水率,切割点以上 10 cm 长部位用来测定茎部导水率。将材料放入压力室内,密封,缓慢加压至 1.0 MPa,然后采用降压法,用内装吸水纸的 EP 管分别收集 1.0,0.8,0.6,0.4,0.3,0.2 MPa 时流出的汁液,每个压力下至少收集 3 次,每次收集 1 min,两个压力之间有 5 min 的平衡时间以确保达到稳定流。用万分之一天平称量 EP 管吸水的质量,计算不同压力下达到稳定流时单位时间的水流量 Q (mg/min)。最后 Q 除以根系活跃吸收面积或茎木质部横截面积得到根系和茎部水流速率 J_v [mg/(min·m²)],水流速率与压力相关曲线的斜率即为根系和茎部导水率 L_p [mg/(min·m²·MPa)]。

根系干物质量采用称重法测定,根系总吸收面积与活性吸收面积测定用甲稀蓝吸附法,烟草株高

(茎基部到茎顶端)用直尺测定,茎粗(茎基部 10 cm 处)和茎基部 5 cm 处的木质部直径用游标卡尺测量。

1.3 数据分析及处理方法

所得试验数据用 EXCEL 和 DPS 统计分析软件处理,首先对不同处理指标进行方差分析,若差异显著,再进行 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同水分及钾处理对烟草生长的影响

从表 1 可以看出,虽然烟草根系干重在不同水分、钾处理间差异未达显著水平,但充足供水和施钾有利于烟草根系物质的积累。

表 1 不同水、钾处理对烟草生长的影响

Table 1 Effects of different water and potassium conditions on tobacco growth

处理 Treatments	株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter	根系干重(g) Root dry weight	叶片钾含量(%) K ⁺ content in leaf	砂培基质中钾含量(%) K ⁺ content in sand	
50 水 Water(mL/2d) K ⁺ (mmol/L)	2.4	20.45 ± 0.95c	6.27 ± 0.10b	0.93 ± 0.05a	0.72	0.0023
50	5.4	27.25 ± 2.10b	6.14 ± 0.06b	1.10 ± 0.12a	0.89	0.0140
50	9.9	36.35 ± 1.06a	6.26 ± 0.03b	1.00 ± 0.13a	1.66	0.0155
20	2.4	15.40 ± 0.06d	5.46 ± 0.18c	0.65 ± 0.22a	0.70	0.0028
20	5.4	17.40 ± 0.32cd	5.42 ± 0.12c	0.94 ± 0.22a	1.02	0.0145
20	9.9	20.00 ± 1.56c	6.81 ± 0.09a	1.10 ± 0.05a	1.61	0.0200

注:同列不同字母表示不同处理间差异达 5% 显著水平。下同。

Note: Different letters in a row stand for significant difference at 0.05 levels. They are the same in the following.

在充足水分条件下,烟草的株高随钾素水平的增大而增高,而茎粗没有显著差异。但无论是株高还是茎粗,50 mL/2d 供水处理的烟草要显著高于 20 mL/2d 供水处理的烟草。这说明钾素对植物生长影响依赖于植物供水状况。

由表 1 还可知:无论是正常水分条件下还是干旱胁迫下,烟草叶片中钾含量随施钾量的增加而升高。由于营养液的钾浓度不变,但培养基质会积累钾,因此最终基质中的钾水平要高于营养液。但 20 mL/2d 供水处理在高钾条件下,基质中钾含量高于 50 mL/2d 处理,表明充足的水分条件有利于烟草对钾的吸收。

2.2 不同水分及钾处理对烟草根系总吸收面积、活跃吸收面积以及活跃面积的影响

与根系干重结果一致,在不同的水分和钾处理之间根系总吸收面积差异不显著(表 2),但从数值

可以看出,中钾和低钾水平下,50 mL/2d 供水处理的烟草根系总吸收面积都要大于 20 mL/2d 供水处理的烟草,因此可以推出,烟草发育后期供水可以促进根系生长。

根系活跃吸收面积和其所占比例在不同处理间存在显著差异,与 20 mL/2d 供水处理相比,50 mL/2d 供水处理可以显著增加烟草根系活跃吸收面积和其所占比例。而且在 50 mL/2d 供水处理下,中等钾水平处理的根系活跃吸收面积最大,均显著高于其他 2 个钾水平处理,其活跃吸收面积占总吸收面积的比也较高。这说明烟草生长后期,适度施钾有利于提高根系活力,促进根系吸水。20 mL/2d 供水处理下,钾素对根系活跃吸收面积及其活跃面积的影响不显著,但高钾可以增加活跃吸收面积,这进一步说明钾是通过水分起作用的。

表 2 不同水分及钾处理对烟草根系总吸收面积、活跃吸收面积以及活跃面积的影响

Table 2 Effects of different water and potassium conditions on the total absorption area, active absorption area and active area of tobacco root system

处理 Treatments		总吸收面积(m ²)	活跃吸收面积(m ²)	活跃面积(%)
水 Water(mL/2d)	K ⁺ (mmol/L)	Total absorption area	Active absorption area	Active area
50	2.4	0.69 ± 0.06a	0.19 ± 0.02b	27.23 ± 1.19bc
50	5.4	0.71 ± 0.13a	0.26 ± 0.04a	38.10 ± 4.18ab
50	9.9	0.51 ± 0.16a	0.20 ± 0.03b	42.73 ± 6.34a
20	2.4	0.50 ± 0.09a	0.12 ± 0.01c	24.37 ± 2.86c
20	5.4	0.50 ± 0.11a	0.12 ± 0.02c	25.17 ± 2.64c
20	9.9	0.67 ± 0.07a	0.17 ± 0.02bc	25.23 ± 0.59c

注:活跃面积 = 活跃吸收面积/总吸收面积 × 100%。

Note: Active area = Active absorption area/Total absorption area × 100%。

2.3 不同水分及钾处理对烟草导水率的影响

不同水分处理、钾水平条件下,烟草根系和冠层导水率的变化见表 3。水分处理、钾水平、水分 × 钾水平对烟草根系导水率的影响均达到了显著水平。水分胁迫高钾水平下的根系导水率低于充分供水低钾水平下的导水率,因此水分胁迫可以降低烟草根系导水率。充分供水中等钾水平下,根系导水率明显高于其他两个钾水平,这与表 2 中根系活跃吸收面积的变化趋势一致,施钾利于根系生长,促进吸水。

表 3 不同水、钾处理对烟草导水率的影响

Table 3 Effects of different water and potassium conditions on hydraulic conductivity of tobacco

处理 Treatments		根系导水率	茎部导水率
水 Water (mL/2d)	K ⁺ (mmol/L)	Root hydraulic conductivity (mg/(min·m ² ·MPa))	Stem hydraulic conductivity (10 ⁶ mg/(min·m ² ·MPa))
50	2.4	273.71 ± 4.08c	187.12 ± 18.46a
50	5.4	399.02 ± 2.65a	113.90 ± 10.91b
50	9.9	335.05 ± 16.0b	169.26 ± 17.28a
20	2.4	140.53 ± 5.06d	78.50 ± 11.79b
20	5.4	59.92 ± 1.27e	190.17 ± 24.23a
20	9.9	167.34 ± 33.29d	210.00 ± 19.80a

由表 3 知,钾水平、水分 × 钾水平对烟草茎部导水率的影响达到了显著水平。水分胁迫条件下施钾可以提高茎部输水能力。

3 讨论

钾是植物生长发育的必需元素,主要调节植物的水分平衡。钾是一价阳离子,降低渗透势的作用大,从而降低水势,促进根系吸水,其次,钾通过调节气孔保卫细胞的膨压控制气孔开闭来控制蒸腾失水。烟草属于耗钾植物,很少能够产生钾胁迫,体内

大量积累钾离子,渗透势降低,进而促进根系吸水和输水以及茎部导水能力。

矿质营养必须溶于水中才能被作物吸收利用,同时土壤的养分供应既影响着植物的营养状况又同时影响植物体对水分的吸收,因此吸水和吸肥是两个相互依赖的过程。在干旱半干旱地区,干旱少雨和土壤贫瘠常常相伴而生,增施肥料被普遍认为是该地区农业增产的主要措施之一,此即生产中的“以肥促水”^[7]。但从本试验结果看,烟草生长后期,水分处理对烟草各个指标的影响要大于钾水平的影响。只有在水分充足的条件下,钾促进烟草植株和根系生长的作用才能表现出来(见表 1,2),出现“以水促肥”的现象。因此在烟草生长后期管理中也要注意灌水,防止干旱胁迫。另一方面,在低水条件下,增施钾肥可以增加烟草植株的株高、茎粗、干重、活跃吸收面积和水导等各项指标,也表明在干旱条件下,可以通过合理施用钾肥,达到以“以肥促水”的效果。

水分胁迫使根系导水率降低(表 3),这与以往研究相同^[13,14]。原因有可能与长期干旱(处理 50 d)导致根内部结构发生变化有关,如可加快内皮层和外皮层细胞的栓质化或木质化以及凯氏带细胞壁加厚、增加根系导水阻力^[14,16],这方面已有报道。如 Lo Gullo 等^[17]在野生沙枣(*Olea oleaster*)幼苗根中发现,缺水会引起 2 层外皮层细胞木栓化和 3~4 层内皮层细胞木栓化;North 和 Nobel^[18,19]发现土壤干旱可以促使 *Agave deserti* 根木质化和栓质化;Perumalla 等^[20]也发现干旱胁迫下玉米和洋葱幼根内皮层上的凯氏带形成速度加快。除了解剖结构的变化外,根细胞质膜上的水通道蛋白(AQP)的活性变化可能也是干旱引起根系导水率变化的原因。如王生毅等^[13]发现未经干旱胁迫的西红柿根系用 50 μmol/L 的 HgCl₂ 处理后,其根系导水率较对照(未用

HgCl₂ 处理)下降 46.7%,而干旱胁迫的西红柿根系导水率较对照下降 40.67%。还有 North 和 Nobel^[21] 发现龙舌兰属植物 *Agave deserti* 根系在土壤湿润条件下,用 50 μmol/L 的 HgCl₂ 处理后其单根导水率减小 60%,而在干旱条件下生长 45 d 的其导水率不受 HgCl₂ 影响。这说明,干旱胁迫后 AQP 活性降低,以致用 HgCl₂ 处理后不会对根系导水率产生影响,或产生很少的影响。

由于所用烟草处于生长发育后期,且水分胁迫时间长(50 d),根系形态发生变化,比如根系的自然脱落^[22],解剖结构上的皮层加厚、薄壁栓化等,导致根系导水能力几乎无法恢复。而本试验中,水分胁迫高钾条件下,根系导水率升高,说明钾充足的情况下,有利于烟草新根系生成,根系导水特性得到部分恢复^[8,23]。

根系和茎部导水率的倒数,即静水压/水流速率,分别得到的是烟草根系和茎部水分运输的阻力。由表 3 可以推出,茎部阻力远远小于根系表面到茎基部这部分阻力。这说明,茎部阻力在整个水分运输所受到的阻力中只占有很小部分,这与以往研究相同^[24]。因此水分总阻力的变化主要表现在根系阻力的变化^[25]。以前研究发现:根系这部分阻力并不仅仅由维管束组织造成,绝大部分是由根系的径向和轴向的水合阻力造成。径向阻力指水流由根表进入根木质部导管过程中受到的阻力;轴向阻力指水在根木质部向上运输过程中受到的阻力。目前较为一致的观点是根系导水阻力主要来自根表到根木质部导管之间的径向阻力^[3,14,26]。水分进入根木质部要通过表皮、外皮层、皮层细胞、内皮层、中柱鞘、木质部薄壁细胞,最后到达导管。对于老根来说,运输阻力主要集中在内皮层和外皮层上。因为这两层有凯氏带,并且细胞壁发生木质化或栓化。此外也有研究报道,根直径大小也与根导水阻力有直接关系,直径大,阻力也大^[27]。

由上可知,在烟草耕作管理中改变茎部阻力造成的影响不大,除非由于水分胁迫引起植物地上部分木质部栓化,可以通过减小根系直径、增加新根数目来提高根系导水率^[28]。在烟草生长后期,水起主导作用,所以在后期管理中也要注意灌水防止干旱胁迫,同时适度施钾以促进根系生长。

参考文献:

[1] 汪耀富,王 佩,宋世旭,等.渗透胁迫对不同供钾水平烤烟叶片多胺含量的影响[J].南京农业大学学报,2008,1:133—136.
[2] 魏永胜,梁宗锁,田亚梅.土壤干旱条件下不同施钾水平对烟草

光和速率和蒸腾效率的影响[J].西北植物学报,2002,22(6):1330—1335.

- [3] Steudle E, Peterson C A. How does water get through roots[J]. J. Exp. Bot., 1998,49:775—788.
[4] 慕自新,张岁岐,梁爱华,等.玉米整株根系水导与其表型抗旱性的关系[J].作物学报,2005,31(2):203—208.
[5] 张志亮,张富仓,郑彩霞,等.局部根区灌水和施氮对玉米导水率的影响[J].中国农业科学,2008,41(7):2033—2039.
[6] 曲 东,周莉娜,王保莉,等.硫营养对小麦苗期根系导水率的影响[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):40—43.
[7] 慕自新,张岁岐,杨晓青,等.氮磷亏缺对玉米根系水流导度的影响[J].植物生理与分子生物学学报,2003,29(1):45—51.
[8] 沈玉芳,王保莉,曲 东,等.水分胁迫下磷营养对玉米苗期根系导水率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(5):11—15.
[9] 谭 勇,梁宗锁,王渭玲,等.氮磷钾营养胁迫对黄苜蓿幼苗根系活力及根系导水率的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(6):69—72.
[10] 郑宪滨,曹一平,张福锁,等.不同供钾水平下烤烟体内钾的循环、累积和分配[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):166—172.
[11] 汪耀富,宋世旭,王 佩,等.渗透胁迫对不同供钾水平烤烟叶片抗旱生理指标的影响[J].植物生理科学,2006,22(5):216—219.
[12] 刘晚荷,山 仑,邓西平.压力室法测定根系导水率方法探讨[J].西北植物学报,2001,21(4):761—765.
[13] 王生毅,邓西平,薛 崧,等.干旱胁迫对西红柿根系水导的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(2):600—801.
[14] 沈玉芳,曲 东,王保莉.干旱低磷胁迫对不同品种小麦根系导水率的影响[J].西北植物学报,2004,24(9):1578—1582.
[15] 赵雪峰,王曙光,樊明寿.植物根系水分导度及影响因素[J].植物生理学通讯,2006,42(4):605—612.
[16] 刘晚荷,山 仑.土壤机械阻力对玉米根系导水率的影响[J].水利学报,2004,4:114—117.
[17] Lo Gullo MA, Nardini A, Salleo S, et al. Changes in root hydraulic conductance(KR) of *Olea oleaster* seedlings following drought stress and irrigation[J]. New Phytol, 1998,140:25—31.
[18] North GB, Nobel P S. Hydraulic conductivity of concentric root tissues of *Agave deserti* Engelm. under wet and drying conditions[J]. New Phytol, 1995,130:47—57.
[19] North GB, Nobel P S. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of *Agave desertii* (Agavaceae) [J]. Am. J. Bot., 1991,78:906—915.
[20] Perumalla C J, Peterson C A. Deposition of Casparian bands and suberin lamellae in the exodermis and endodermis of young corn and onion roots[J]. Can. J. Bot., 1986,64:1873—1878.
[21] North GB, Nobel P S. Heterogeneity in water availability alters cellular development and hydraulic conductivity along roots of a desert succulent[J]. Ann Bot, 2000,85:247—255.
[22] 李文锐,张岁岐,山 仑.水分胁迫对紫花苜蓿根系吸收与光合特性的影响[J].草地学报,2007,15(3):206—210.
[23] North G B, Nobel P S. Drought - induced hydraulic conductivity and

- structure in roots of *Ferocactus acanthodes* and *Opuntia ficus-indica* [J]. *New Phytol.* 1992,120:9—19.
- [24] Tadaishi Tohiyuki, kun. On Resistance to Water Transport from Roots to the Leaves at the Different Positions on a Stem in Rice Plants [J]. *Japanese Journal of Crop Science*, 1992,61:153—158.
- [25] Martre P, Cochard H, Durand JL. Hydraulic architecture and water flow in growing grass tillers (*Festuca arundinacea* Schreb.) [J]. *Plant Cell Environ.* 2001,24:65—76.
- [26] Steudle E. Water transport across roots [J]. *Plant Soil*, 1994,167:79—90.
- [27] Rieger M, Litvin P. Root hydraulic conductivity in species with contrasting root anatomy [J]. *J. Exp. Bot.*, 1999,50:201—209.
- [28] 慕自新, 张岁岐, 郝文芳, 等. 玉米根系形态和空间分布对水分利用效率的调控 [J]. *生态学报*, 2005,25(11):2895—2900.

Effect of different water and potassium levels on root and stem hydraulic conductivity of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

ZHANG Guo-juan, WEI Yong-sheng, ZHAO Ze-ru

(College of Life Sciences, Northwest A&F University of, Yangling, Shaansi 712100, China)

Abstract: Under different water (50 mL/2d and 20 mL/2d) and potassium levels (2.4 mmol/L, 5.4 mmol/L, 9.9 mmol/L), Yun 89 tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) was selected as an experimental material. The experiment was carried out in greenhouse to evaluate the total absorption area, active absorption area, active area and dry weight of tobacco root system, plant height, stem diameter, hydraulic conductivity of root and stem of tobacco. The results showed that the role of water was more important than potassium for tobacco plant height, stem diameter, root active absorption area and hydraulic conductivity at later growth stages. Under normal water supply, potassium fertilizer can enhance root and stem hydraulic conductivity of tobacco. But there were not remarkable differences on dry weight and total absorption area of tobacco root system between these ways.

Keywords: tobacco (*Nicotiana tabacum* L.); water stress; potassium level; hydraulic conductivity

(上接第 141 页)

渗透胁迫下钴和 DFMA 对小麦幼苗多胺含量及膜脂过氧化的影响

马 兰, 李朝周

(甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 探讨了渗透胁迫下小麦幼苗乙烯与多胺之间是否存在底物竞争以及 CoCl_2 和 DFMA 对膜脂过氧化的影响。研究表明, -1.0 MPa 聚乙二醇 (PEG) 溶液对小麦幼苗根系渗透胁迫 6 h 时, 叶片腐胺、亚精胺含量及乙烯释放量均显著提高, 之后随胁迫时间延长, 腐胺、亚精胺含量逐渐下降, 乙烯释放量逐渐增加; 当 -1.0 MPa PEG 溶液中加入 DFMA 0.5 mmol/L, 在渗透胁迫过程中, 相比于未加 DFMA 的处理, 叶片腐胺和亚精胺含量均显著下降, 而乙烯释放量没有显著变化; 说明在 -1.0 MPa PEG 溶液根系渗透胁迫过程中, 叶片内乙烯与亚精胺之间并不存在显著的底物竞争关系。当 -1.0 MPa PEG 溶液中加入 CoCl_2 2 mmol/L, 乙烯释放量的增加被抑制, 且腐胺、亚精胺含量显著提高; 在 PEG 溶液中加入 CoCl_2 还提高了叶片抗氧化酶的活力, 并在胁迫至 24 h 时, 显著降低了活性氧水平以及 MDA 含量, 进而对细胞膜表现出保护作用。然而, 在 PEG 溶液中加入 DFMA, 上述指标表现为相反的变化趋势。说明当渗透胁迫加深时, CoCl_2 提高多胺含量及抑制乙烯产生可以相对降低脂质过氧化程度, 且能够减轻细胞膜在深度渗透胁迫下所受伤害。

关键词: 钴; 渗透胁迫; 小麦幼苗; 多胺; 乙烯; 脂质过氧化