

干旱胁迫及复水对豌豆叶片内源激素含量的影响

牛俊义^{1,2}, 闫志利², 林瑞敏³, 席玲玲², 周海燕², 蒋娟²

(1. 酒泉职业技术学院, 甘肃 酒泉 735000; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070;

3. 唐海湿地与鸟类省级自然保护区管理处, 河北 唐海 063200)

摘要: 采用盆栽试验方法, 研究了干旱胁迫及复水对豌豆叶片脱落酸(ABA)、吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA)和玉米素(ZT)等 4 种内源激素含量的影响。结果表明: 苗期轻度和重度干旱胁迫分别导致叶片 ABA 含量增加 1.03% 和 1.10%, IAA 含量增加 16.44% 和 61.99%, GA 含量降低 1.44% 和 4.79%, ZT 含量降低 2.10% 和 3.16%; 始花期轻度和重度干旱胁迫分别导致叶片 ABA 含量增加 1.60% 和 1.90%, IAA 含量增加 14.42% 和 27.75%, GA 含量降低 1.17% 和 1.79%, ZT 含量降低 16.65% 和 19.83%; 灌浆期轻度和重度干旱胁迫分别导致叶片 ABA 含量增加 0.83% 和 1.63%, IAA 含量增加 12.25% 和 29.02%, GA 含量降低 0.87% 和 1.76%, ZT 含量降低 7.89% 和 13.23%。同时对各种内源激素比例产生影响。复水可对豌豆叶片内源激素含量产生补偿效应, 其补偿量决定于豌豆生育时期、干旱胁迫强度和历时、复水历时。复水可促进豌豆叶片内源激素比例发生变化。

关键词: 豌豆; 叶片; 干旱胁迫; 复水; 内源激素

中图分类号: S643.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0154-06

植物内源激素是对干旱胁迫最为敏感的生理活性物质。不同的内源激素有着不同的合成器官、合成组织和合成途径, 以浓度变化的方式控制着植物生理反应乃至基因表达, 对植物的生长发育发挥着多方面的调节作用^[1,2]。以往研究认为, 在干旱胁迫下, 植物各种内源激素含量及其比例会发生一系列变化, 各种内源激素以相当复杂的方式协调作用, 共同形成应对干旱胁迫环境的响应机制^[3~9], 但研究多集中于小麦、玉米、大豆等主要农作物。豌豆(*Pisum sativum* L.) 是世界四大豆类作物之一^[10]。近年来, 随着国内外市场的拉动, 我国豌豆种植面积日益扩大^[11]。但我国 52.5% 的豌豆生产区为山区或干旱、半干旱地区, 干旱成为限制豌豆生产、提高豌豆产量的主要因素^[12]。干旱胁迫导致豌豆根系各种内源激素含量和比例发生变化, 复水可产生一定的补偿作用^[13], 但对于叶片各种内源激素及其比例的变化尚不明确。本研究采取盆栽土培人工控水试验方法, 研究了不同生育时期、不同程度的干旱胁迫和不同复水历时对豌豆叶片主要内源激素含量及其比例的影响, 分析了其变化规律和补偿效应, 旨在为确定豌豆抗旱机理, 建立干旱条件下豌豆外源激素调控技术和节水灌溉技术提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 盆栽试验及设计

试验采用盆栽土培人工控水法, 于 2008 年 3~7

月在甘肃农业大学农学院试验基地进行。供试品种“青 914”由甘肃省白银市农业科学研究所提供, 为甘肃省当前大面积种植的高产耐旱品种。供试土壤取自甘肃农业大学校内试验地耕层。试验用盆为陶土盆, 盆高 30 cm, 内径 30 cm, 每盆装施好基肥的土壤 13 kg。试验设计为干旱胁迫时期、干旱胁迫程度和历时三因素。其中, 干旱胁迫时期设计为苗期、始花期和灌浆期三水平, 干旱胁迫程度设计为充分供水(RWC=75%±5%, 记为 CK)、轻度胁迫(RWC=60%±5%, 记为 L)和重度胁迫(RWC=45%±5%, 记为 W)三水平, 干旱胁迫历时设计为 10 d(记为 10 d)一个水平, 共 9 个处理。每个处理重复 20 盆, 共计 180 盆。3 月 26 日每盆等距离播种 5 穴, 每穴播种子 2 粒, 苗高平均达到 6 cm 时(4 月 18 日)定苗, 每穴留生长健壮苗 1 株, 每盆留 5 株。在整个生长期, 利用防雨棚遮挡自然降水, 晴天打开, 确保光照充足一致。采取定期分批停止浇水的方法分别于苗期(4 月 5 日开始)、初花期(5 月 10 日开始)、灌浆期(6 月 1 日开始)进行干旱胁迫处理, 用称重法控制, 使各处理土壤相对含水量分别达到设定指标上限。然后每隔 2d 称重法测定一次土壤含水量, 采取定期微量给水的方法维持水分胁迫梯度, 低于供水下限时补水到上限。各处理胁迫历时到期后, 当日即复水至充分供水(RWC=75%±5%, CK)水平。除水分处理不同外, 其他栽培管理措施均保持一致。

收稿日期: 2009-05-28

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD29B07); 甘肃省研究生导师基金资助项目

(C)1 作者简介: 牛俊义(1972-), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士生导师, 研究方向为作物栽培与生态生理。E-mail: huijun@gsau.edu.cn

各盆随机摆放,每10d随机调换一次位置,以排除边际效应。

1.2 测定项目及方法

在豌豆苗期、始花期和灌浆期,分别采集干旱胁迫历时10d(复水历时0d)和复水历时5d、10d处理主茎上新展开2~4d的功能叶4片为样本,液氮速冻30min后,放置-20℃的冰箱中保存待测。采用吴颂如^[14]的酶联免疫吸附法(ELISA),在甘肃农业大学农业工程研究所作物生态生理实验室测定样品中脱落酸(abscisic acid, ABA)、吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)、赤霉素(gibberellin, GA)和玉米素(zeatin, ZT)的含量。激素试剂盒由中国农业大学化学控制实验室提供。重复4次,取其平均值。对所测数据利用EXCEL 2003进行统计分析,利用DPS 7.05软件Duncan多种比较法进行显著性测验($P < 0.05$)。补偿效应按Belsky^[15]的方法,分为部分补偿、等量补偿和超补偿3种类型进行定义和评价。滞后效应按刘晓英等^[16]的方法进行定义和评价。

2 结果与分析

2.1 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片ABA含量的变化

由图1可见,在豌豆各生育时期,干旱胁迫均导致叶片(取鲜重)ABA含量增加,随干旱胁迫程度加重增量加大。苗期L与W处理ABA含量分别比CK显著增加1.03%和1.10% ($P < 0.05$),L与W处理间无显著差异;始花期L与W处理ABA含量分别比CK显著增加1.60%和1.90%,L与W处理间也无显著差异;灌浆期L与W处理ABA含量分别比CK增加0.83%和1.63%,L处理与CK无显著差异,W处理与CK呈显著差异,说明只有重度胁迫才会导致灌浆期豌豆叶片ABA含量增加。苗期和始花期先后复水5d时,各胁迫处理与CK差值逐步减

小,与CK均无显著差异,复水产生了等量补偿效应;灌浆期复水5d时,L与W处理ABA含量分别比CK显著增加3.14%和4.31%,各胁迫处理与CK以及各胁迫处理间均呈显著差异,与复水0d时比较与CK差异更大,说明灌浆期干旱胁迫对豌豆叶片ABA含量的影响存在滞后效应。复水10d时,各胁迫处理与CK均无显著差异,说明复水10d对干旱胁迫所导致的ABA含量变化产生了等量补偿效应。

2.2 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片IAA含量的变化

由图2可见,在豌豆各生育时期,干旱胁迫均导致叶片(取鲜重)IAA含量增加,随着干旱胁迫程度加重增量加大。苗期L和W处理IAA含量分别比CK显著增加16.44%和61.99% ($P < 0.05$);始花期L和W处理分别比CK显著增加14.42%和27.75%;灌浆期L和W处理分别比CK显著增加12.25%和29.02%。各生育时期L与W处理间均呈显著差异。先后复水5d时,各生育时期干旱胁迫处理IAA含量明显减少,与CK均无显著差异,说明复水5d对各生育时期干旱胁迫引起的IAA含量变化均产生等量补偿效应。复水10d时,各胁迫处理的IAA含量与CK基本一致,说明复水产生的等量补偿效应更加明显。

2.3 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片GA含量的变化

由图3可见,在豌豆各生育时期,干旱胁迫均导致叶片GA含量减少,随着干旱胁迫程度加重减量加大。苗期、始花期、灌浆期L处理GA含量分别比CK降低1.44%、1.17%和0.87%,与CK均无显著差异;W处理GA含量分别比CK降低4.79%、1.79%和1.76%,与CK均呈显著差异($P < 0.05$)。各生育时期L和W处理间均呈显著差异。说明各

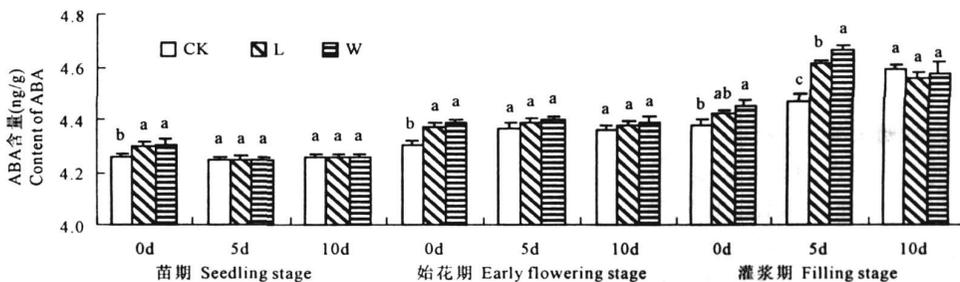


图1 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片ABA含量的变化

Fig. 1 Contents of ABA in leaves of pea under different drought stress and different water recovery time

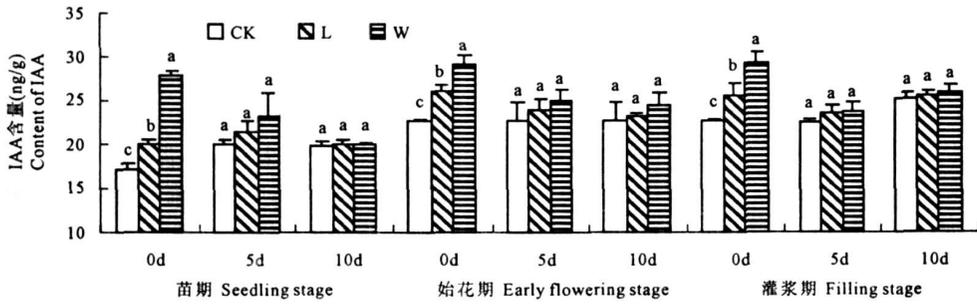


图 2 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片 IAA 含量的变化

Fig. 2 Contents of IAA in leaves of pea under different drought stress and different water recovery time

生育时期只有重度干旱胁迫下,豌豆叶片 GA 含量才会发生显著变化。旱后复水 5 d 时,苗期 L 和 W 处理 GA 含量分别比 CK 降低 0.99% 和 3.24%,各胁迫处理与 CK 及各胁迫处理间仍表现出复水 0 d 时的差异趋势,但与复水 0 d 比较各胁迫处理与 CK 的差异明显缩小,复水产生了部分补偿效应;始花期 L 与 W 处理 GA 含量分别为 CK 的 0.84% 和 1.15%,与 CK 均无显著差异,复水产生了等量补偿效应;灌浆期 L 和 W 处理 GA 含量分别比 CK 降低 4.19% 和

6.97%,与复水 0 d 比较各胁迫处理与 CK 以及各胁迫处理间差异更大,说明灌浆期干旱胁迫引起的豌豆叶片 GA 含量的变化具有滞后效应。旱后复水 10 d 时,苗期和灌浆期各胁迫处理和灌浆期 L 处理 GA 含量均与 CK 无显著差异,复水产生了等量补偿效应;灌浆期 W 处理仍与 CK 保持显著差异,复水未产生补偿效应,说明灌浆期重度干旱胁迫损伤了豌豆叶片 GA 的合成能力。

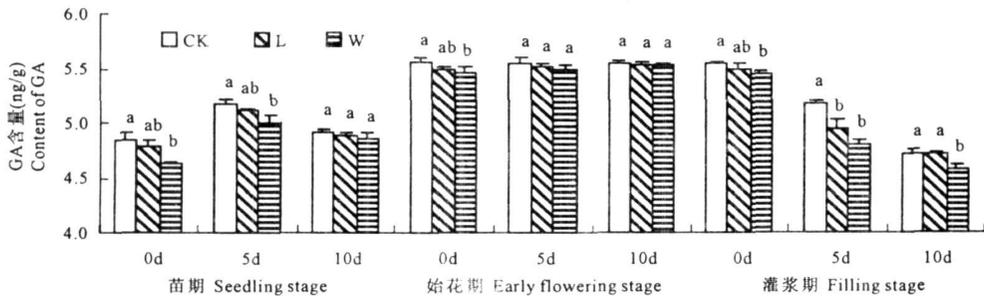


图 3 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片 GA 含量的变化

Fig. 3 Contents of GA in leaves of pea under different drought stress and different water recovery time

2.4 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片 ZT 含量的变化

由图 4 可见,在豌豆各生育时期,干旱胁迫均导致叶片(取鲜重)ZT 含量减少,随着干旱胁迫程度加重减量加大。苗期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 降低 2.10% 和 3.16%,与 CK 均无显著差异;始花期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 降低 16.65% 和 19.83%,与 CK 均呈显著差异 ($P < 0.05$);灌浆期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 降低 7.98% 和 13.23%,L 处理与 CK 无显著差异,W 处理与 CK 呈显著差异。复水 5 d 时,苗期各胁迫处理叶片 ZT 含

量均与 CK 差异缩小,仍保持与 CK 无显著差异的状况;始花期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 降低 13.14% 和 16.53%,与 CK 无显著差异,复水产生了等量补偿效应;灌浆期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 显著增加 32.21% 和 44.43%,复水产生了超补偿效应,W 处理补偿量大于 L 处理。复水 10 d 时,苗期、灌浆期各胁迫处理 ZT 含量与 CK 均无显著差异,复水均产生等量补偿作用;始花期 L 和 W 处理 ZT 含量分别比 CK 提高 38.08% 和 51.03%,与 CK 均呈显著差异,复水产生超补偿效应,W 处理补偿量大于 L 处理。

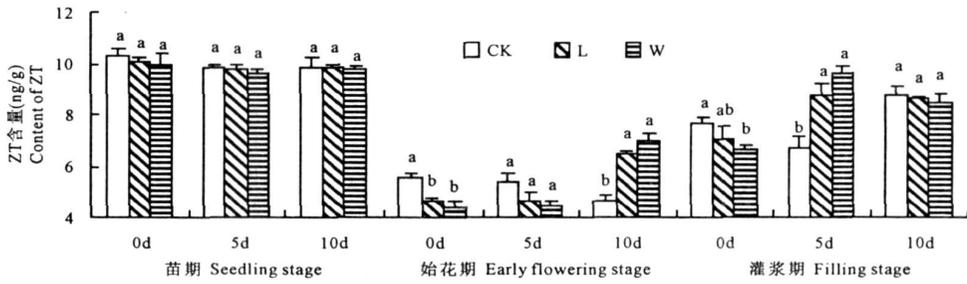


图 4 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片 ZT 含量的变化

Fig.4 Contents of ZT in leaves of pea under different drought stress and different water recovery time

2.5 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片内源激素的比例变化

干旱胁迫及复水不仅影响到豌豆叶片各种内源激素的含量,也影响到各种内源激素比例的变化。由表 1 可知,不同干旱胁迫处理各种内源激素的比例变化呈现出不同的规律,这可能与各种内源激素具有不同的合成部位、合成途径、影响合成的因素以及激素间的相互作用有关。在干旱胁迫条件下,各干旱胁迫处理除 ZT 与 GA 比例的变化区间仍在对

照区间之内,IAA 与 ABA、GA 与 ABA、ZT 与 ABA、GA 与 IAA、ZT 与 IAA 比例均在对照区间之外,呈现出不同程度的失衡状态。说明干旱胁迫对 ZT 与 GA 比例影响较小,对其它各种内源激素比例影响较大。复水后,各干旱胁迫处理除 ZT 与 GA 比例的变化区间仍在对照区间之内,其余各种激素的比例均仍在对照范围之外,但与干旱胁迫期间相比,与对照区间的超出值明显缩小,说明复水 10 d 内可对豌豆叶片各种内源激素比例可产生部分补偿效应。

表 1 不同干旱胁迫及复水处理豌豆叶片内源激素比例的变化

Table 1 Proportion of endogenous hormones in leaves of pea under different water stress and different water recovery days

项目 Item	处理 Treatment	苗期旱后复水历时 Water recovery days in seedling stage(d)			始花期旱后复水历时 Water recovery days in early flowering stage(d)			灌浆期旱后复水历时 Water recovery days in filling stage(d)		
		0	5	10	0	5	10	0	5	10
IAA/ABA	CK	4.0432	4.7283	4.6594	5.2838	5.2165	5.2267	5.1754	5.0119	5.4975
	L	4.6916	5.0651	4.6753	5.9504	5.4548	5.2895	5.7617	5.1047	5.5963
	W	6.5116	5.4656	4.7073	6.6240	5.6696	5.5545	6.5704	5.0962	5.7453
GA/ABA	CK	1.1404	1.2183	1.1555	1.2932	1.2702	1.2706	1.2638	1.1557	1.0283
	L	1.1201	1.2056	1.1447	1.2579	1.2536	1.2616	1.2425	1.0735	1.0356
	W	1.0794	1.1774	1.1405	1.2464	1.2461	1.2586	1.2217	1.0306	1.0157
ZT/ABA	CK	2.4166	2.3191	2.3063	1.2862	1.2222	1.0645	1.7558	1.4956	1.9088
	L	2.3576	2.3025	2.2997	1.0551	1.0566	1.4636	1.6025	1.9026	1.8898
	W	2.3265	2.2695	2.2982	1.0118	1.0125	1.5985	1.4992	2.0707	1.8872
GA/IAA	CK	0.2820	0.2577	0.2480	0.2448	0.2435	0.2431	0.2442	0.2306	0.1871
	L	0.2387	0.2380	0.2448	0.2114	0.2298	0.2385	0.2156	0.2103	0.1851
	W	0.1658	0.2154	0.2423	0.1882	0.2198	0.2266	0.1859	0.2022	0.1768
ZT/IAA	CK	0.5977	0.4905	0.4950	0.2434	0.2343	0.2037	0.3393	0.2984	0.3472
	L	0.5025	0.4546	0.4919	0.1773	0.1937	0.2767	0.2781	0.3727	0.3377
	W	0.3573	0.4152	0.4882	0.1528	0.1786	0.2878	0.2282	0.4063	0.3285
ZT/GA	CK	2.1191	1.9036	1.9959	0.9945	0.9622	0.8377	1.3893	1.2941	1.8562
	L	2.1048	1.9099	2.0089	0.8387	0.8428	1.1600	1.2898	1.7723	1.8247
	W	2.1553	1.9276	2.0151	0.8118	0.8125	1.2700	1.2271	2.0092	1.8581

3 结 论

作物在充足适宜的土壤水分条件下生长,各生育时期各种内源激素的含量也在发生变化,对外界胁迫因子的反应也极其敏感^[13]。闫洁等^[17]研究认为,大麦在籽粒发育和粒重形成过程中,干旱胁迫使籽粒内源激素水平发生了剧烈变化。Anderson 等^[18]根据鸭趾草内源激素含量的变化,适时、适量注入外源激素,对保证其生长起到了一定的促进作用。因此,研究豌豆叶片主要内源激素含量的变化,对于分析豌豆的抗旱机理和防止叶片衰老、脱落具有重要的理论意义,同时对研究外源激素——植物生长调节剂在生产上的运用也有着十分重要的意义。

刘瑞香等^[19]综合前人的研究结果指出,干旱胁迫导致植物体普遍呈现出 ABA 含量增加的趋势。王玮等^[20]研究认为,小麦在干旱胁迫下 IAA 含量下降,但 Sakurai 研究证明,南瓜在干旱胁迫下胚轴 IAA 含量增加^[21]。顾者珉等^[22]研究认为,ZT 作为细胞分裂素(CTK)的一种,能缓解干旱胁迫所抑制的小麦胚芽鞘的生长,增强了叶片的抗旱能力。轩春香^[13]研究认为,干旱胁迫下豌豆根系 ZT 含量的降低有利于提高作物自身的抗性,减轻逆境造成的伤害。很多实验表明,在水分胁迫下作物 GA 含量会急剧下降,且 GA 含量下降的表现先于 ABA 含量的上升^[21]。本研究结果表明,各生育时期干旱胁迫导致豌豆叶片 ABA、IAA 含量增加,ZT、GA 含量降低,随着水分胁迫程度加重增(减)幅度加大,这与干旱胁迫胁迫下豌豆根系内源激素变化的研究结果一致^[23]。

本研究结果表明,干旱胁迫对豌豆各种内源激素含量的影响具有一定的滞后效应,旱后复水虽可产生补偿效应,但补偿量因豌豆的生育时期、干旱胁迫强度和复水历时不同而不同。复水 5 d 时对部分内源激素含量只能产生部分补偿效应,只有在复水 10 d 时才能达到等量补偿效应,这与豌豆各个生育时期各种激素的合成途径和影响合成的因素以及各种激素间的相互作用有关。

植物的生长发育是多种激素相互作用的结果。前人研究结果表明,ZT 与 IAA 比例决定了顶端优势的强弱,GA 与 IAA 比例决定了木质部和韧皮部内木质素的合成能力,ABA 与 ZT 比例对气孔运动产生着重要影响,GA 与 ABA 比例影响着种子萌发、性别分化,ZT 与 ABA 比例影响着植物的生长势等^[1,24]。本研究结果表明,干旱胁迫影响了豌豆叶

片各种内源激素间的比例变化,旱后复水可产生部分补偿效应。有些激素含量比例随干旱胁迫强度的变化而变化,这是豌豆对干旱胁迫相应的一种保护性机制。

参 考 文 献:

- [1] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 199—200.
- [2] 何钟佩. 作物激素生理及化学控制[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 225—232.
- [3] 董宝娣, 刘孟雨, 张正斌, 等. 水分胁迫条件下不同抗旱类型小麦灌浆初期内源激素的变化[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 852—858.
- [4] Pustovoitova T N, Drozdova I S, Zhdanova N E, et al. Leaf growth, photosynthetic rate, and phytohormone contents in *Cucumis sativus* plants under progressive soil drought [J]. *Annals of Applied Biology*, 2003, 51(4): 441—443.
- [5] Pustovoitova T N. Changes in the levels of IAA and ABA in cucumber leaves under progressive soil drought [J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2004, 51(4): 513—517.
- [6] Lenoble M E, Spollen W G, Sharp R E. Maintenance of shoot growth by endogenous ABA: Genetic assessment of the involvement of ethylene suppression [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55(395): 237—245.
- [7] Jonathan P. Comstock. hydraulic and chemical signaling in the control of stomatal conductance and transpiration [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2002, 53(367): 195—200.
- [8] Borel C, Frey A, Marion-poll A, et al. Does engineering abscisic acid biosynthesis in *Nicotiana plumbaginifolia* modify stomata response to drought [J]. *Plant, Cell and Environment*, 2001, 24: 477—489.
- [9] 李玉梅, 李建英, 王根林, 等. 水分胁迫对大豆幼苗叶片内源激素的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4): 627—629, 636.
- [10] 高运青, 刘梦星, 徐东旭, 等. 豌豆品种比较及分析评价[J]. 作物杂志, 2008, (3): 81—82.
- [11] 马进福. 青海高原冷季豌豆生产发展现状与对策[J]. 现代农业科技, 2008, (15): 124—126.
- [12] 施积炎, 袁小凤, 丁贵杰. 作物水分亏缺补偿与超补偿效应的研究现状[J]. 山地农业学报, 2000, 19(3): 226—233.
- [13] 轩春香. 干旱胁迫及复水对豌豆根系生长及内源激素含量的影响和补偿效应研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [14] 吴颂如. 酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素[J]. 植物生理学通讯, 1998, (5): 53—57.
- [15] Belsky A J. Does herbivory benefit plant? A Review of the evidence [J]. *Am Nat*, 1986, 127: 870—892.
- [16] 刘晓英, 罗远培, 石元春, 等. 考虑水分滞后影响的作物生长模型[J]. 水利学报, 2002, (6): 32—37.
- [17] 闫洁, 曹连蕾, 张薇, 等. 土壤水分胁迫对大麦籽粒内源激素及灌浆特性的影响[J]. 石河子大学学报, 2005, 23(1): 30—38.
- [18] Anderson B E, Ward J M, Schroeder J I. Evidence for an extracellular reception site for abscisic acid in *Commelina* guard cells [J]. *Plant Physiol*, 1994, 104: 1177—1183.

- [19] 刘瑞香, 杨 拮, 高 丽, 等. 中国沙棘和俄罗斯沙棘叶片在不同土壤水分条件下脯氨酸、可溶性糖及内源激素含量的变化[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 148—151, 169.
- [20] 王 玮, 李德全, 杨兴洪, 等. 水分胁迫对不同抗旱性小麦品种芽根生长过程中 IAA、ABA 含量的影响[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 737—732.
- [21] 李广敏, 关军锋. 作物抗旱生理与节水技术[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 6.
- [22] 顾者珉, 沈曾佑, 张志良, 等. 细胞分裂素对水分胁迫中小麦胚芽鞘生长的影响[J]. 植物生理学报, 1984, (10): 355—360.
- [23] 闫志利, 轩春香, 牛俊义, 等. 水分胁迫及复水对豌豆根系内源激素含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 297—301.
- [24] 李玉梅, 李建英, 王根林, 等. 水分胁迫对大豆幼苗叶片内源激素的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4): 627—629, 636.

Effect of drought stress and water recovery on endogenous hormone content in leaves of pea

NIU Jun-yi^{1,2}, YAN Zhi-li², LIN Rui-min³,

XI Ling-ling², ZHOU Hai-yan², JIANG Juan²

(1. Jiuquan Vocational and Technical College, Jiuquan, Gansu 735000, China;

2. College of Agronomy, Gansu Agriculture University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

3. Tanghai Wetlands Natural Reserve Administration Office, Tanghai, Hebei 063200, China)

Abstract: Pot experiment was conducted to study the influence on the content of endogenous hormone including Abscisic acid (ABA), Indole-3-acetic acid (IAA), Gibberellins (GA) and Zeatin (ZT) in the leaves of pea (*Pisum Sativum* Linn.) under drought stress and water recovery. The results indicated that light and serious drought stress in seedling stage increased the content of ABA by 1.03% and 1.10% respectively, and the content of IAA rose by 16.44% and 61.99% respectively. While they decreased the content of GA by 1.44% and 4.79% respectively, and the content of ZT declined by 2.10% and 3.16% respectively. Light and serious drought stress in early flowering stage increased the content of ABA by 1.60% and 1.90% respectively, and the content of IAA raised by 14.42% and 27.75% respectively. The content of GA decreased by 1.17% and 1.79% respectively, and the content of ZT declined by 16.65% and 19.83% respectively. Light and serious drought stress in filling stage increased the content of ABA by 0.83% and 1.63% respectively, and the content of IAA raised by 12.25% and 29.02% respectively. The content of GA decreased by 0.87% and 1.76% respectively, and the content of ZT declined by 7.89% and 13.23% respectively. Meanwhile, drought stress impacted the proportion between endogenous hormones. Water recovery had compensation effect subjected to growing stage, degree and duration of stress and water recovery days to endogenous hormones. Water recovery also led to changes in endogenous hormones ratio.

Keywords: pea; leaf; drought stress; water recovery; endogenous hormone