

# 干旱胁迫下氮素营养对作物生长及生理代谢的影响

邓世媛, 陈建军\*

(华南农业大学农学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 就干旱胁迫下氮素营养对作物的生长、光合作用、氮代谢、渗透调节及水分状况等方面的影响作了简要综述, 旨在为农业生产中干旱条件下合理使用氮素营养提供参考。

**关键词:** 干旱胁迫; 氮素营养; 作物生长; 氮代谢; 水分生理

**中图分类号:** S143.1   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-3268(2005)11-0024-03

## 1 水分和养分的关系

干旱是一个全球性问题, 人类面临的第一个生态问题就是水分不足。据估计, 干旱给农业生产带来的损失相当于其他自然灾害之和。我国是一个水资源十分短缺的国家, 干旱缺水地区面积占国土面积的 52%, 而这些地区的耕地面积占全国的 64%, 每年受旱面积达 200~270 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1,2]</sup>, 即使是非干旱地区, 也经常会受到阶段性或难以预期的干旱的侵袭, 给农业生产造成极大的损失。

旱地土壤水肥关系的研究已经得到国际干旱农业研究中心的重视, 将“土壤水分和养分研究”(SWAN, soil water and nutrient)列入农作制度研究项目, 并指出, 气候、土壤养分和水分是农业生产力的决定因素, 弄清它们之间的相互关系及对作物生长的影响对农业生产力的提高极其重要(ICARDA, 1981)。

## 2 干旱胁迫下氮素营养对作物生长的影响

普遍认为, 施氮能促进作物的根系发育, 增加根系长度、密度和重量, 使根系的吸水能力增强、吸水深度增加, 从而提高对土壤水分的利用效率<sup>[3,4]</sup>。梁银丽等<sup>[5]</sup>指出, 随着水分胁迫的加重, 少量增施氮肥对小麦幼苗的根系生长有促进作用, 过量反而表现为负效应。营养元素的施用同时也促进了作物地上部的生长, 减少了干旱胁迫对作物的生长速率、叶面积、株高及产量的抑制效应, 而表现为增大叶面

积、促进生长和干物质积累<sup>[6~10]</sup>。印度学者 Lahiri 等<sup>[11]</sup>报道, 珍珠稗的植株高度、分蘖数、叶片数、产量等指标因干旱所引起的减少量可被较高的土壤氮所阻止。许旭旦<sup>[12]</sup>对小麦、丛生菜豆、绿豆及乌头菜豆等作物的研究也得到了类似的结果。但梁银丽和陈培元<sup>[5]</sup>认为, 施氮的土壤水分有效性界限为土壤相对含水量(SRWC)46.5%, 水分低于或高于此值时施氮对小麦叶面积具减效作用。

强大的根系是作物抵御干旱的一种主要方式, 而根/冠比则在协调作物地上部和地下部生长、吸水与失水平衡方面起着重要作用<sup>[8,13]</sup>。一些研究结果表明, 干旱胁迫下氮素对地上部生长的促进作用大于对根系的促进作用<sup>[14]</sup>, 而使根/冠比值减小<sup>[15,16]</sup>。但李英等<sup>[17]</sup>报道, 施氮使小麦的根/冠比增大, 孙群等<sup>[18]</sup>则发现水分胁迫下氮素处理对玉米的根/冠比影响不明显。

## 3 干旱胁迫下氮素营养对作物氮代谢的影响

水分充足时, 提高氮素水平对作物光合作用有显著的促进作用, 但研究者们对干旱条件下氮素营养对光合作用的影响意见不一。

玉米、棉花、茶树等作物的高氮植株在干旱条件下光合速率降低的幅度小, 能维持较高的光合作用, 而小麦、水稻、菜豆等作物的高氮植株在干旱胁迫下光合速率的 RuBP 羧化酶活性降低幅度较大。

干旱条件下氮素营养对植株净光合速率( $P_n$ )的影响与干旱程度和施氮水平有关。水分亏缺时,

收稿日期: 2005-05-08

基金项目: 广东省烟草专卖局(公司)资助项目(200301)

作者简介: 邓世媛(1975-), 女, 湖北恩施人, 助教, 硕士, 主要从事作物栽培和作物生理生态方面的研究。

通讯作者: 陈建军(1965-), 男, 湖北黄梅人, 副教授, 博士, 主要从事作物栽培和作物生理生态方面的研究。

氮肥能提高叶片  $P_n$  [17, 19~21], 且随着施氮量的增加而增大 [8]。轻度水分胁迫时, 高氮对光合作用的促进明显,  $P_n$  和  $G_s$  均大于低氮叶片, 但中度和严重胁迫时, 高氮叶片  $P_n$  的降低幅度大,  $G_s$  明显小于低氮叶片 [8, 20], 因此, 张岁岐等 [8] 认为, 严重干旱时施氮影响  $P_n$  的主要因素不是气孔, 而是光合能力。上官周平 [22] 报道, 干旱时小麦的  $P_n$  主要受制于非气孔因素, 施氮会加剧干旱对叶绿体光合能力的抑制, 与 Berkowitz 等 [23] 得出的氮素营养能够削弱水分胁迫下光合作用受非气孔因素限制的结论不一致。张殿忠等 [24] 指出, 提高氮素营养可以减缓水分胁迫引起的作物氮代谢紊乱, 并认为氮素对作物氮代谢的调节方式是: 氮素  $\xrightarrow{\text{提高}}$  蛋白质含量  $\xrightarrow{\text{改善}}$  水分状况  $\xrightarrow{\text{调节}}$  酶活性  $\xrightarrow{\text{减缓}}$  氮代谢紊乱。氮素营养的增加使缺水植株的蛋白酶、肽酶及核糖核酸酶活性降低, 从而维持较高的蛋白质水平 [18, 24] 和 NR 活性 [17, 25], 增加总吸氮量和叶绿素含量 [18, 26], 促进 Pro 的积累 [17, 21, 27], 并使游离氨基酸大量积累的土壤水分临界值降低, 从而使作物能够经受更严重的水分胁迫 [24]。

#### 4 干旱胁迫下氮素营养对作物水分生理的影响

氮素营养对作物在干旱逆境下的水分生理有重要影响, 但因土壤水分状况的不同而有很大差异。正常供水和轻度水分胁迫时, 氮素营养对作物根系和叶片水势 ( $\Psi_w$ ) 的提高有正效应, 中度胁迫下没有明显作用, 严重水分胁迫时, 增施氮肥加速了土壤水分环境恶化, 明显降低了植株  $\Psi_w$ , 表现为负效应 [6, 28]。张岁岐等 [8] 报道, 严重干旱时施氮增强了叶片保水力, LRWC 高于不施肥处理, 李英等 [17] 和徐萌等 [3] 也有类似的报道。但薛青武等 [6] 的研究结果与此相反, 认为严重胁迫时 LRWC 与  $\Psi_w$  的变化趋势一致, 高氮叶片的降低幅度大于低氮。施肥能够提高干旱条件下作物叶片的渗透调节能力 [3, 17, 29], 因此, 作物可以通过降低自身渗透势 ( $\Psi_s$ ) 使叶片维持一定的膨压, 以利于干旱条件下的正常生理代谢过程 [1]。但 Morgan [30] 认为, 低氮水平叶片的  $\Psi_s$  更低, 因而能维持更大的膨压。李秧秧等 [28] 也报道, 高氮处理只是在水分胁迫前期能够维持较高的根膨压, 而胁迫后期根膨压显著降低。徐萌等 [3] 指出, 土壤含水量 (SWC) 在 20%~40% 范围内, 施肥小麦的渗透调节能力显著大于不施肥小麦, 但 SWC 高于或低于此值时则差异不明显。

干旱胁迫下氮素营养对作物水分状况、光合作用等的影响最终表现在水分利用效率 (WUE) 上 [19], 它反映了农业生产中作物的能量转化效率。Amon [31] 早就指出, 旱地农业中, 作物营养的基本问题就是如何在水分受限制的条件下合理使用肥料, 以提高水分利用效率。杜建军等 [19] 也认为, 施肥的增产作用是以提高水分的有效利用为基础的。徐萌等 [3] 报道, 施肥处理的 WUE 普遍高于不施肥处理, 营养亏缺对植物同化作用和生长等过程的影响大于其对水分消耗的影响, 因而导致了 WUE 的降低。杜建军等发现, 干旱时施氮肥使冬小麦的单叶 WUE 和群体 WUE 分别提高了 33.3%~55.7% 和 13%。对小麦叶片短时 WUE 的试验结果表明, 水分胁迫导致的叶片短时 WUE 的减小可以通过增施氮肥得到部分补偿 [19]。但梁银丽等 [3] 指出, 干旱时 WUE 在一定范围内与施氮量呈正相关, 但达到某一峰值后便下降, 呈抛物线的变化趋势, 张岁岐等 [8] 也认为, 严重水分亏缺削弱了氮肥对提高 WUE 的作用, 因而严重干旱胁迫时过量的氮肥并无益于 WUE 的提高。

#### 5 结束语

干旱胁迫是作物逆境最普遍的形式, 在许多地区已经成为农业发展的瓶颈, 而生态环境的不断恶化又使得干旱日趋严重。施肥是农业生产中的关键技术措施, 研究者们已经指出, 通过施肥等栽培措施来调节作物水分状况, 从而减轻干旱胁迫造成的危害是行之有效的途径。目前, 有关干旱胁迫下氮素营养的用量、种类、施用方法等对作物生长发育及生理代谢的影响及其机理已经有了大量研究, 并且取得了一定成果。随着生物学技术的快速发展, 关于干旱胁迫分子反应的研究取得了长足进展, 利用基因工程技术改良植物耐旱性的研究已经在拟南芥、烟草、水稻和苜蓿等植物上成功应用, 因此, 借助生物学技术研究矿质营养与干旱胁迫的关系将是一个崭新的研究领域。

#### 参考文献:

- [1] 李广敏, 关军锋. 作物抗旱生理与节水技术研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [2] Viets F G. Water deficits and nutrient availability [J]. Water Deficits and Plant Growth, 1972. 217—247.
- [3] 徐萌, 山仑. 无机营养对春小麦抗旱适应性的影响 [J]. 植物生态学与植物学学报, 1991. 15(1): 79—87.
- [4] 张立新, 吕殿青, 王九军, 等. 渭水旱塬不同水肥配比冬

- 小麦根系效应的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(4): 22—28.
- [5] 梁银丽, 陈培元. 水分胁迫和氮素营养对小麦根苗生长及水分利用效率的效应[J]. 西北植物学报, 1995, 15(1): 21—25.
- [6] 薛青武, 陈培元. 土壤干旱条件下氮素营养对小麦水分状况和光合作用的影响[J]. 植物生理学报, 1990, 16(1): 49—56.
- [7] 赵立新, 荆家海, 王韶唐. 施肥对水分胁迫下冬小麦光合和水分利用的影响[J]. 西北农业大学学报, 1991, 19(1): 102—104.
- [8] 张岁岐, 山仑. 氮素营养对春小麦抗旱适应性及水分利用的影响[J]. 水土保持研究, 1995, 2(1): 31—35, 55.
- [9] 汪邓民, 周冀衡, 朱显灵, 等. 干旱胁迫下钾对烤烟生长及抗旱性的生理调节[J]. 中国烟草科学, 1998(3): 26—29.
- [10] 王同朝, 卫丽, 吴克宁, 等. 旱农区水磷耦合效应对春小麦产量和水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2000, 16(1): 53—55.
- [11] Lahiri A N, Singh S, Kacker N L. proceeding indian natural science acadamic (Part B)[J]. Physiologh Plant, 1973, (39): 77.
- [12] 许旭旦. 旱作农业中的合理施肥及其生理学基础[J]. 干旱地区农业研究, 1985(2): 56—71.
- [13] 徐萌. 无机营养与作物抗旱性的关系[J]. 干旱地区农业研究, 1989(4): 77—84.
- [14] 汪耀富, 孙德梅, 李社潮. 干旱胁迫对烟叶膜脂过氧化特性影响[J]. 河南农业科学, 1995(8): 12—15.
- [15] Yambao E B, OToole J C. Effects of nitrogen and root medium water potential on growth, nitrogen uptake and osmotic adjustment of rice (*Oryza salive cultiar* IR36)[J]. Physiologh Plant, 1984, 60: 507—515.
- [16] 杨建昌, 王志琴, 朱庆森. 不同土壤水分状况下氮素营养对水稻产量的影响及其生理机制的研究[J]. 中国农业科学, 1996, 29(4): 58—66.
- [17] 李英, 陈培元, 陈建军. 水分胁迫下不同抗旱类型品种对氮素营养反应的比较研究[J]. 西北植物学报, 1991, 11(4): 309—315.
- [18] 孙群, 李学俊, 达娃. 氮素对水分胁迫下玉米苗期生长和某些生理特性的影响[A]. 邹琦, 李德全. 作物栽培生理研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 159—161.
- [19] 杜建军, 李生秀, 高亚军, 等. 氮肥对冬小麦抗旱适应性及水分利用的影响[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(5): 1—5.
- [20] 薛青武, 陈培元. 快速水分胁迫下氮素营养水平对小麦光合作用的影响[J]. 植物学报, 1990, 32(7): 533—537.
- [21] 陈建军, 任永浩, 陈培元, 等. 干旱条件下氮营养对小麦不同抗旱品种生长的影响[J]. 作物学报, 1996, 22(4): 483—489.
- [22] 上官周平. 氮素营养对旱作小麦光合特性的调控[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(2): 105—109.
- [23] Berkowitz G A, Gibbs M. Effects of osmotic stress on photosynthesis studied with the isolated spinach chloroplasts[J]. Plant Physiology, 1982, 70: 1143—1148.
- [24] 张殿忠, 汪沛洪. 水分胁迫与植物氮代谢的关系[J]. 西北农业大学学报, 1988, 16(4): 15—21.
- [25] 康玲玲, 魏义长, 张景略. 水肥条件对冬小麦生理特性及产量影响的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(4): 21—28.
- [26] 樊小林, 李玲, 何文勤, 等. 氮肥、干旱胁迫、基因型差异对冬小麦吸氮量的效应[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 131—137.
- [27] 陈培元, 蒋永罗, 李英, 等. 钾对小麦生长发育、抗旱性和某些生理特性的影响[J]. 作物学报, 1987, 13(4): 322—328.
- [28] 李秧秧, 邵明安. 小麦根系对水分和氮肥的生理生态反应[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 383—388.
- [29] 张岁岐, 山仑, 薛青武. 氮磷营养对小麦水分关系的影响[A]. 吴丁, 卢翠乔. 植物生理学与跨世纪农业研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 193—198.
- [30] Morgan J M. Osmoregulation and water stress in higher plants[J]. Annals Reviews and Plant Physiology, 1999, 350: 299—319.
- [31] Aron I. Physiological principles of dryland crop production[A]. In: Gupta U S(ed.) Physiological Aspects of Dryland Farming[C]. OXFORD IBH Pub. Co, 1975. 3—12.