

旱地小麦群体生理变量对氮素供应量的响应*

张雷明 杨君林 上官周平

(中国科学院 水土保持研究所 杨陵 712100)
水利部

摘要 试验研究不同 N 肥处理对旱作小麦群体结构参数、光合生理特性、产量及水分利用效率的调控效应结果表明,在一定 N 肥范围内小麦群体结构、分蘖数、光合速率、水分利用效率和产量均随施 N 肥量的增加而改善,但当 N 肥用量超过一定量时反而不利于群体结构和功能的改善。旱作农业生产中水肥间有明显耦合关系,肥料对作物增产作用依赖于土壤水分的优劣。

关键词 小麦 群体结构 N 肥 水分利用效率

Effects of nitrogen nutrition on the physiological characteristics of wheat colony in dryland. ZHANG Lei-Ming, YANG Jun-Lin, SHANGGUAN Zhou-Ping (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *CJEA*, 2003, 11(3): 63~65

Abstract The coordinate effects on wheat structural parameter, leaf photosynthetic characteristics, yield and water use efficiency at different nitrogen levels in dry land farming were studied. The results show that the structural parameter, amount of tillers, leaf photosynthetic rate, water use efficiency and yield are increased with nitrogen supplies, but it is detrimental to the improvement of the colony structure and function when the nitrogen supply exceeds the suitable quantity. So there is a significant coupling relationship between soil water and fertilizer. The production increase depends on not only the fertilizer itself, but also the interaction between soil water and fertilizer.

Key words Winter wheat, Colony structure, Nitrogen nutrition, Water use efficiency

水分不足和土壤贫瘠是限制旱地农业生产力的主要因素。国内外经验证明在合理耕作的基础上增施肥料是旱地抗旱增产重要措施之一,但其生理机制尚不清楚^[2-4,7]。目前这方面的研究多偏重于作物微观反应的变化,而生物产量的最终形成是受作物群体生长状况所决定。本试验研究了大田不同 N 素处理的小麦群体生理特性和水分利用效率,从群体水平阐明干旱逆境下 N 素营养对作物生长的调控,为改进栽培技术、提高农田生产力提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验于 2000~2001 年在位于陕西省杨陵的中国科学院水土保持研究所试验站进行,供试小麦品种为“小偃 6 号”,供试土壤为塿土,田间持水量为 23.76%,播前土壤含水量为 15.3%,试验管理同大田生产。试验地于 1998~2000 年用小麦和玉米匀地,匀地期间除自然降雨外,未进行灌水与施肥作业。播前用呋喃丹消毒土壤,用防水板将试验田隔成 2m×1m 面积试验小区,小区间用 2m 深防水板相隔,防水板露出地面 5cm。2000 年 10 月 7 日播种,每小区东西方向种植 5 行,小麦播前土壤含水量为 15.3%,播种深度为 6cm,行距为 20cm,小麦播种量为 120kg/hm²,试验田四周种植保护行。播种时底肥施过磷酸钙 1800kg/hm²,所有肥料作为底肥一次性施入,试验设未施肥(对照,CK)、处理 I 施纯 N 50kg/hm²、处理 II 施纯 N 100kg/hm²、处理 III 施纯 N 150kg/hm²、处理 IV 施纯 N 200kg/hm² 和处理 V 施纯 N 250kg/hm² 等 6 个施肥水平。试验采用随机排列,重复 4 次。小麦生育期降雨量为 146.7mm,低于常年平均降雨量(250mm)。

小麦播前与收获后在每处理中各打 2m 深土钻,每 10cm 取土样 1 次,用烘干法测定分析播前土壤和收获后土壤含水量,并用水量平衡方程式计算土壤耗水量。播种后 7~10d 小麦出苗,小麦三叶期时在每小区的中间三行南北方向标记 50cm 麦苗,并使基本苗数匀至基本相同,分别于小麦冬前、返青期、拔节期等监

* 国家重大基础研究(973)发展规划项目(G1999011708)和国家自然科学基金项目(30270801)共同资助

收稿日期:2002-05-30 改回日期:2002-06-29

测分蘖动态,用 LAI-2000 型植物冠层分析仪测定小麦群体叶面积系数和群体透光率。于小麦灌浆期晴天 10:30~12:00 用 CID-301PS 光合测定系统测定旗叶光合速率、蒸腾速率和气孔导度等,并根据 $1 - C_i/C_a$ 公式计算叶片气孔光合限制值。

2 结果与分析

2.1 N 素营养对旱地小麦光合生理特性的影响

表 1 表明小麦灌浆期光合速率和气孔导度随施 N 量的增加而呈先升后降的变化,均为处理 II 时达最大

表 1 N 素营养对灌浆期小麦叶片光合生理特性的影响 *

Tab.1 The effects of nitrogen nutrition on leaf photosynthetic characteristics of wheat

项 目 Items	土壤含水量/% Soil water content					
	14.02	13.39	12.58	11.70	11.72	11.85
	处 理 Treatments					
	CK	I	II	III	IV	V
光 合 速 率 / $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	9.06ab	10.23b	12.25c	10.04b	9.72b	8.13a
蒸 腾 速 率 / $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	4.87a	4.95a	4.74a	4.40ab	4.28ab	3.90b
气 孔 导 度 / $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	90.60ab	96.70b	119.67c	83.80ab	77.23ab	64.77a
叶片细胞间隙 CO_2 浓度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	134.97a	146.23a	148.63a	118.83a	109.23a	112.47a
气 孔 限 制 值 / %	56.77a	54.42a	53.30a	62.63a	65.59a	64.49a
叶片水分利用效率/ $\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$	1.90a	2.10ab	2.60c	2.30b	2.30b	2.10ab

* 表中数值为 3 次重复平均值,相同字母表示 $P > 0.05$ 水平差异不显著。

肥效的发挥,致使处理 V 的光合速率和气孔导度低于对照。灌浆期叶片细胞间隙 CO_2 浓度随施 N 量的增加而降低,且施 N 量 $> 100\text{kg}/\text{hm}^2$ 后叶片细胞间隙 CO_2 浓度和气孔导度的变化一致,表明该期小麦叶片细胞间隙 CO_2 浓度主要受气孔导度的调节。气孔限制值与叶片细胞间隙 CO_2 浓度的变化正相反,气孔限制值与施 N 量呈正相关,且随施 N 量的增加而升高,表明干旱条件下叶片气孔行为对光合速率的影响较大,且施 N 肥后增加了气孔对土壤水分的敏感性。叶片水分利用效率反映作物的瞬时水分利用效率,施 N 肥可明显提高叶片水分利用效率,处理 II 叶片水分利用效率最大,但随施 N 量的进一步增大,叶片水分利用效率反而下降,说明旱地农业生产中适量施用 N 肥有利于水分利用效率的提高。

2.2 冠层结构参数与群体分蘖动态

不同施 N 肥条件下小麦各生育期群体叶面积系数变化趋势基本一致,叶面积系数随施 N 肥量的增加而增加(见图 1)。试验期间因各处理未进行人工补灌,加之降雨较常年偏少,随小麦的生长发育,小麦叶面积

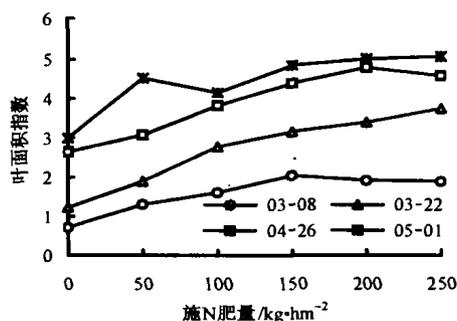


图 1 不同 N 素水平叶面积系数的变化

Fig.1 The leaf area index of different nitrogen treatments

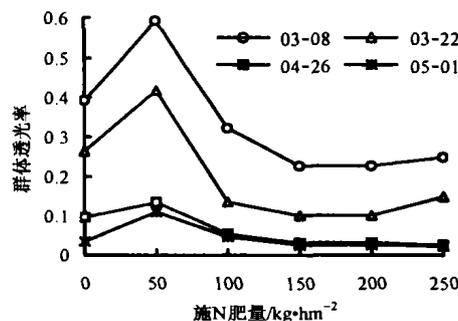


图 2 不同 N 素水平群体透光率的变化

Fig.2 The DIFN of different nitrogen treatments

系数随 N 肥的变化趋于平缓,尤其小麦拔节期(4 月 16 日左右)后当施 N 肥 $> 200\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦叶面积系数略呈下降趋势。小麦开花灌浆期(5 月 1 日)当施 N 肥 $> 50\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦叶面积系数变化很小,已达基本稳定。小麦不同生育期群体透光率随施 N 肥量的增加变化趋势基本一致,各时期曲线变化随施 N 肥量的增加呈先增加后降低再上升趋势,尤其施 N 肥 $50\text{kg}/\text{hm}^2$ 时其上升最高(见图 2)。当施 N 肥 $> 100\text{kg}/\text{hm}^2$ 时,施 N 肥量对小麦群体透光率的调控作用则不明显。N 素营养对小麦群体透光率的调控作用后期明显大于前期。小麦生长发育中群体分蘖均随施 N 肥量的增加而明显增加(见图 3),当施 N 肥 $200\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦群体分蘖数在冬前和返青期达最高,当 N 肥用量再增加时其群体分蘖能力反而降低。施用 N 肥可明显促进小麦分蘖成穗能力,但各 N 肥处理间差异不明显,故干旱条件下适量施

值,且与其他处理间差异显著,表明适量施用 N 肥有利于提高小麦光合能力。光合速率并不随施 N 量的增加而呈线性增加,其原因主要是受土壤水分的影响,施 N 肥较多时小麦前期生长旺盛,消耗土壤水分过多,导致后期缺水,土壤水分环境恶化,限制了 N 肥

用N肥可提高小麦成穗率,而过量施用N肥则不利于小麦进行分蘖。

2.3 籽粒产量与水分利用效率

试验结果表明当施N肥 $<100\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦产量随施N肥量的增加而增加,增产效果明显,当施N肥 $>150\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦产量随施N肥量的增加反而降低,当施N肥 $100\text{kg}/\text{hm}^2$ 时小麦产量已达最高,之后产量并不随施N肥量的增加而增加,这表明干旱条件下当施N肥超过一定量时,增施N肥不但未促进小麦产量增加,相反使小麦产量降低。由于本试验年度干旱较严重,N肥适宜用量为 $50\sim 100\text{kg}/\text{hm}^2$ 的增产作用较好。本试验条件下小麦水分利用效率随N肥用量的增加表现为抛物形变化趋势,当施N肥 $<150\text{kg}/\text{hm}^2$ 时,增施N肥可明显改善小麦水分利用效率,且随施N肥量的增加而小麦水分利用效率显著上升,但当施N肥达 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 后小麦水分利用效率反而下降。

3 小结与讨论

干旱条件下N素营养对作物生长发育有显著调控作用^[5,6]。本试验表明适量施用N肥可增加小麦有效分蘖和单株有效茎数,有利于高产,而过量施用N肥则增加小麦群体的无效分蘖,降低有效成穗率,加大对土壤有限水的消耗,导致作物减产。作物冠层光合生理特性与籽粒产量间关系密切^[1],旱地增施N肥有利于增大群体叶面积,改善冠层结构,形成结构与功能良好的冠层,提高群体同化能力,并减少土面蒸发量,有利于作物利用土壤贮水和提高蒸腾与蒸发比率,从而显著提高作物水分利用效率。但过多施用N肥会造成叶面积过大、植株间通风透光不良,产量和水分利用效率降低。本试验表明施N肥量为 $50\sim 100\text{kg}/\text{hm}^2$ 时产量和水分利用效率较高,达到增产与高效用水双重目的。不同N素水平下小麦对土壤干旱的适应性变化不同,研究表明低N小麦由于早生结构适应干旱,而高N小麦主要通过渗透调节适应干旱,且高N叶片光合速率受抑制程度大于低N叶片^[3]。N素营养对光合速率提高的程度取决于作物受水分胁迫的程度,轻度和中度水分胁迫下N素的促进作用仍很明显,但严重胁迫下不同N素水平间差异不显著,N素营养对作物抗旱性的影响机理尚需进一步深入研究。不同土壤水分条件下肥效研究乃是旱地农业重要研究内容之一,水分和养分失调意味着植物生长过程的衰退和停止^[5,6],因而旱地农业中水肥等要素投入必须保持适宜比例,即N肥的投入量应根据土壤水分状况而定,以发挥各要素的交互作用。

参 考 文 献

- 1 陈宏达主编. 作物群体生理研究. 广州:广东科学技术出版社,1989
- 2 李春俭主编. 土壤与植物营养研究进展. 北京:中国农业大学出版社,2001
- 3 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. 植物生理学报, 1990, 16(1):49~56
- 4 Evans J. R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat. J. Plant Physiol, 1983, 72(2):297~302
- 5 McDonald A. J. S., Davis W. J. Keeping in touch: respond of the whole plant to deficits in water and nutrition supply. Adv. Bot. Res., 1996, 22:229~300
- 6 Morgan J. A. Interaction of water supply and N in wheat. Plant Physiol, 1984, 76:112~117
- 7 Shanguan Z. P., Shao M. A., Dyckmans J. Nitrogen nutrition and water use efficiency in winter wheat. Environ. Exp. Bot., 2000, 44: 141~149

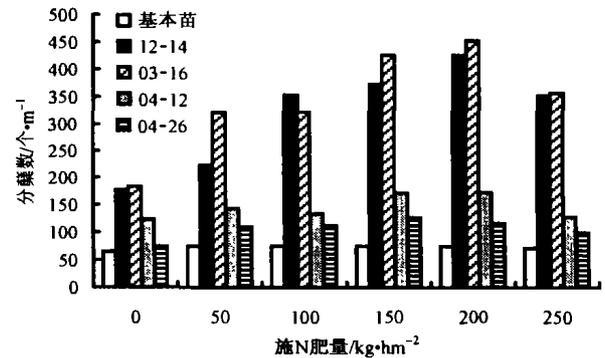


图3 不同N素水平小麦群体分蘖动态变化

Fig.3 The dynamic changes of the wheat colony tiller of different nitrogen treatments