

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

梁银丽 陈培元

(中国科学院,水利部西北水土保持研究所,陕西杨陵 712100)

摘 要

采用目前生产上广泛种植的小麦品种小偃 6 号,在一种特制木盒(20 cm×6 cm×50 cm)中土培,研究了水分胁迫和氮素营养对小麦根系和幼苗生长及水分利用效率(WUE)的效应。小麦根系生长在双层尼龙网之间,土壤中的水分和养分可以被正常吸收,但主根和侧根不能穿过。结果表明:在土壤含水量为田间持水量的 40%—70%范围内,随着土壤干旱程度的增加,小麦根长(RL)、根干重(RDW)、叶面积(LA)和 WUE 显著降低。氮肥的效应更为复杂。随着土壤水分胁迫的增加,降低氮肥使用量对 RDW、LA 和 WUE 的提高较为有利。就促进根系生长而言,不同土壤湿度下相应的氮肥适宜配比为 W40%N75、W55%N96、W70%N120kg/hm²;对提高小麦 WUE 来讲,土壤湿度与氮肥的适宜配比为 W40%N60、W55%N85、W70%N150kg/hm²。值得注意的是,氮肥对 RDW 的作用比对 RL 的作用更为重要。本文提出,根据土壤含水量调节氮肥用量是旱农地区促进小麦根系生长,提高 WUE 的有效方法。

关键词 水分胁迫,氮素营养,根系,水分利用效率,小麦

EFFECTS OF WATER STRESS AND NITROGEN NUTRITION ON ROOT AND SEEDLING GROWTH AND WATER USE EFFICIENCY OF WHEAT

Liang Yinli and Chen Peiyuan

(Northwest Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Conservancy, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract

This paper reported the effects of water stress and nitrogen nutrition on root and seedling growth and WUE; the most efficient way to promote root growing, to improve WUE of wheat. The study was conducted in a kind of wooden boxes (20 cm×6 cm×50 cm) with 7 replications. The contemporary wheat variety, Xiaoyan No. 6 was used. Wheat seedling grown between nylon nets were harvested at 47 days after sowing. As water stress increasing, RL, RDW, LA and

收稿日期:1993-09-21

WUE decreases observably under condition of soil water content as 40—70% of water content capacity. The effect of nitrogen is more complex. That is of benefit to RDW, LA and WUE to decrease application of nitrogen to soil as water stress increasing. The optimum combines of water and nitrogen to promote root growth are W40%N75, W55%N96 and W70%N120kg/hm², to enhance WUE are W40%N60, W55%N85 and W70%N150kg/hm². Noteworthy is that the effect of nitrogen on RDW is more important than on RL. It is proposed that adjust the usage of nitrogen to soil according to soil moisture is efficient way to promote root growth and enhance WUE of wheat in dryland farming.

Key words water stress, nitrogen nutrition, root system, WUE, wheat

根系作为作物的一个重要吸收、合成、固定和支持器官,在作物的生长发育进程和高产中起着不可忽视的作用。在作物栽培生理中,根系生理的研究一直是较薄弱的环节,虽然人们也深知地上部和地下部生长的辩证关系。特别是旱作农业生产实践中,遇到的种种问题都涉及作物水分关系的各个方面。在旱地条件下,非饱和土壤的土壤水分有效性在很大程度上取决于植物状态,首先是根系的状态。Weaver等(1926)就曾指出:准确地了解作物根系发育特性,对科学地估价作物产量是至关重要的。

自70年代以来,由于生产需要和研究水平的提高,根系生理研究已成为作物生理研究中一个十分活跃的领域。人们从根的结构和功能,根的形成、代谢和生长的动态、根系生长的内外因子调节(尤其是逆境生理)、根系生长对产量的影响等方面作了大量的研究。

作物根系的发育是一个很好的自我调节过程(Crossett, 1946等),这种自我调节作用是与环境因子的变化分不开的,改变根区环境便可影响根系的发育。资料表明,在灌溉条件下,土壤剖面中根密度增大;而在水分胁迫条件下,根系具有较深的穿透力。因此,根系穿透深度可作为抗旱性育种的一个有用的选择指标。增加氮肥,可增大根苗干重比率(Feil and Geisler, 1988)。

而在旱农地区,如何根据土壤湿度调节氮肥的使用,以促进小麦根苗协调生长,提高水分利用效率,目前尚缺乏研究报道。本研究的目的在于搞清不同土壤湿度和氮素营养水平对冬小麦根苗生长及水分利用效率的影响;不同水分胁迫程度下氮肥的适宜用量;促进根苗生长和提高水分利用效率的有效方法,为促进旱农地区作物根苗协调生长和提高产量提供科学依据。

1 材料与方 法

研究于1991—1992年在模拟田间原状土容重的条件下进行。供试材料为籽粒发育饱满的小偃6号小麦品种。采用2因素2次饱和D最优设计,研究因素为氮素营养(N)和土壤相对含水量(SRWC)。氮素水平上限为180kg/hm²,下限为0,零水平为90kg/hm²;SRWC上限为70%,下限为40%,零水平为55%。试验设计如表1所示。

试验在一种特制木盒(20 cm×6 cm×50 cm)中进行,每盒装试验地表土(垆土,深度50cm)7.8kg,土壤养分状况为:全氮0.104%,水解氮171.4 μg·kg⁻¹,速效磷42.36 μg·kg⁻¹,有机质1.313%,0.93 g三料磷肥(P₂O₅含量46%)于装盒前一次施入土中,不同氮素水平的尿素(含N量46%)也同时施入土内。土壤含水量采用称重法控制。小麦种子经浸种后种植于双层尼龙网之间,根系能够正常吸收土壤中的水分和养分,保持根苗生长良好,而根系的初生根和侧根则不能穿过。

于出苗后每 5 天无破坏性地测定叶面积发育动态,每天测定耗水量。当植株生长到具有 5 片主茎叶时,所有植株被收获,测定根长、根系分布和根苗的鲜干重及水分状况。

表 1 试验因素和水平编码及用量

Table 1 Coding and quantity of factors and levels

处理编号 Treatment No.	编码水平 Coding level		用 量 Quantity	
	X ₁ (N)	X ₂ (SRWC)	N(kg/hm ²)	SRWC(%)
1	-1	-1	0.00	40
2	1	-1	180.00	40
3	-1	1	0.00	70
4	-0.1315	-0.1315	78.15	53
5	1	0.3944	180.00	63
6	0.3944	1	125.55	70

2 结果与分析

2.1 水分胁迫和氮素营养对小麦幼苗叶面积(LA)的效应

在严重水分胁迫条件下(SRWC 为 40%),小麦 LA 随施氮水平的提高而下降;轻度水分胁迫(SRWC 为 55%),施氮量的提高有助于 LA 的增长;在供水良好条件下(SRWC 为 70%),随着氮素水平的提高,LA 明显提高,而在氮肥水平达 126 kg/hm² 以后,叶面积的增长较为缓慢。当 SRWC 达 46.5%时,施用氮肥对 LA 的增减无效,高于此值时,施氮对 LA 有增效作用,SRWC 低于 46.5%表现为负向效应。即在本试验条件下,对小麦叶面积而言,氮肥施用的土壤水分有效性界限为 46.5%(图 1)。

在不同供氮水平下,水分对叶面积产生剧烈的影响。无论在何种氮素水平下,随着水分条件的改善,叶面积均急剧增加。

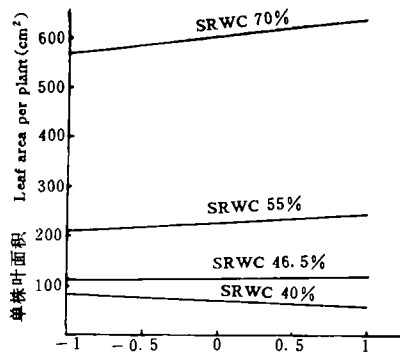


图 1 SRWC 和 N 水平对小麦幼苗叶面积(LA)的效应
Fig. 1 Effects of SRWC and N nutrition on LA of wheat seedling

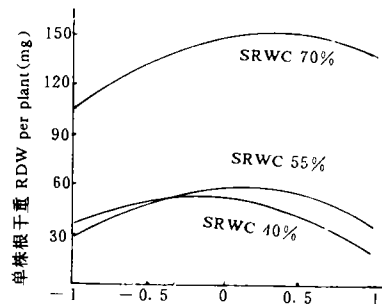


图 2 SRWC 和 N 水平对小麦幼苗根干重(RDW)的影响
Fig. 2 Effects of SRWC and N nutrition on RDW of wheat seedling

2.2 水分胁迫和氮素营养对小麦幼苗根系生长的效应

不同供氮水平下,土壤水分含量对小麦根量(RDW)有极显著的影响。无论在何种氮素水平下,随着水分状况的改善,根量均迅速增加,在小麦幼苗受到严重水分胁迫条件下(SRWC为40%),施氮90 kg/hm²左右可使小麦根量明显增加,而施氮180 kg/hm²则使根量显著降低。土壤水分与氮肥营养的不同组合对小麦根量产生明显影响。不同土壤水分条件下获得最大根量时,氮素营养的优化配方为:SRWC40%N75; SRWC55%N96; SRWC70%N120kg/hm²。由此看来,以氮120 kg/hm²,SRWC70%的组合可获得最大根量。(图2)。

小麦根长(RL)对土壤水分的反应极为明显。在SRWC为40—70%范围内,小麦根长随土壤含水量的增加而增长(图3—a)。氮素营养对根长的作用不太显著,表现为:在W70%时施氮15 kg, W55%时施氮30 kg, W40%时施氮36 kg/hm²,可获得相应水分条件下的最大根长,氮肥用量超过此值便表现为负效应。这说明随着水分胁迫程度的加重,少量增加施氮量对根系长度的增加较为有利(图3—b)。

根系干重(RDW)与根长度(RL)在对不同水分条件的反应上存在一定正相关关系($r=0.8793, n=15$)。水分胁迫时根长和根干重均降低;供水良好时根长和根干重均增加。但从对氮营养的反应上却无相关性可言。故整体上,根长与根干重关系不明显。

2.3 水分胁迫和氮素营养对小麦幼苗水分利用效率(WUE)的效应

由图4可以明显看出,小麦幼苗的WUE因土壤水分和氮素用量的不同差异显著,改变氮肥施用量或土壤水分含量均可引起WUE的变化。在土壤水分亏缺或供水良好条件下,在一定范围内随着氮肥用量的增加,小麦WUE呈上升趋势,达到一峰值后便开始下降,整个曲线呈抛物线型。不同土壤水分状况下小麦达到最大WUE时,土壤水分与氮素用量的合理组配明显不同。SRWC40%N60;SRWC55%N105;SRWC70%N150kg/hm²的组合,可获得相应水分状况下的最大WUE。总而言之。随着土壤水分状况趋于良好,氮肥的用量逐渐增加,有助于WUE的提高。

3 讨论

3.1 小麦根系与苗系生长的关系

作物的根系和苗系在营养物质的互通有无上,形成了密切联系、不可分割的统一体,失去

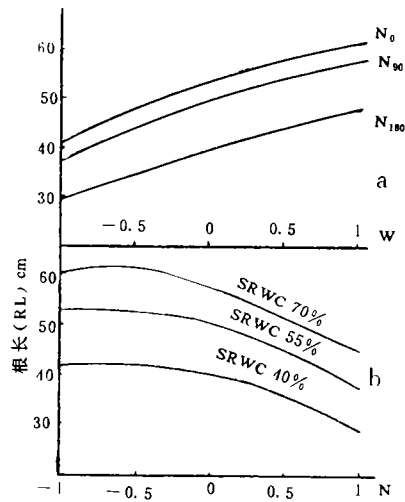


图3 SRWC和N水平对根长(RL)的影响
Fig. 3 Effects of SRWC and N nutrition on RL of wheat seedling

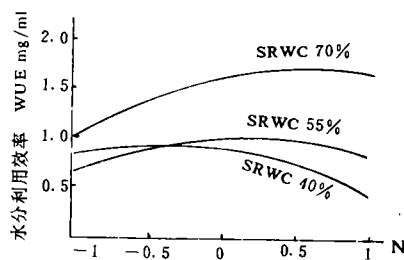


图4 SRWC和N水平对小麦幼苗WUE的效应
Fig. 4 Effects of SRWC and N nutrition on WUE of wheat seedling

一方,它便不能单独存在。土壤水分亏缺,首先影响了根系对水分的吸收,从而减少了对地上部的营养物质供应,使地上部生长受到限制。土壤缺氮,根系吸收的氮营养减少,供给地上部的氮量会显著降低,也会影响地上部的正常生长。因此,健壮根系对苗的生长十分重要。

研究结果表明,小麦根系与幼苗生长关系极为紧密(相关系数 $r=0.9425^{**}$, $n=13$),达到极显著水平,说明促进根系生长的同时,也在很大程度上促进了苗系的生长发育。而根长与根干重的关系并不显著。

前已述及,在不同土壤水分条件下促进根系和幼苗生长发育所需投入的适宜氮量各不相同。分析其促根和促苗最适组配的差异,发现同样在严重水分胁迫条件下(SRWC40%),氮素营养对 LA 表现为负向效应,而对根系生长,尤其是对根量则有增效作用。当供水良好时,氮肥用量的提高对 LA 和 RDW 都表现为增效效应,当用量增至一定程度时,LA 和 RDW 均呈下降趋势,只是各自的适宜用量存在差异。究其原因我们认为,主要是在严重水分胁迫条件下,相当有限的土壤水分被根系吸收后,首先供给自身生长所需。而输送至苗系的水分则极其有限,与苗系相比,根系的水分状况相对较好,故氮肥对水分条件较为有利的根系表现为正向效应而对水分状况较差的苗系则为负效应。土壤水分条件改善后,根系和苗系体内均维持着良好的水分关系,对吸收并首先利用营养的根系来讲,氮肥使用到一定量时便满足了根系生长所需;而对苗系而言,由于在利用水分和养分上所处位置与根系相比较差,只有营养达到相对较大的量时方可满足要求,所以对氮营养的最适需求量苗系比根系大。

3.2 根苗生长与水分利用效率(WUE)的提高

在旱农地区,农业生产上的许多问题都是围绕着如何充分地利用有限降水,使其被作物根系充分吸收并被作物有效利用,以生产量多质优的农产品。根系和苗系的健壮生长都有利于 WUE 的提高。本研究结果表明,RDW 与 WUE 之间的关系极为紧密($r=0.9182^{**}$, $n=13$),苗系的生长与 WUE 的关系也达到极显著水平($r=0.9224^{**}$, $n=13$),说明促根和促苗都有助于 WUE 的提高。由于根苗生长本身具有很好的相互依赖性,所以建立强大的根系就为苗系的健壮生长和 WUE 的提高奠定了良好的基础。

参 考 文 献

- 1 马元喜. 冬小麦分蘖和根系发育的观察. 华北农业科学, 1(3)
- 2 曹宗翼. 小麦根系在越冬期间的生理活动. 北京大学学报, 1962; (3): 298-301
- 3 陈培元等. 冬小麦根系的研究. 陕西农业科学, 1980; (6): 1-6
- 4 魏其克. 不同类型冬小麦品种根系的研究. 农牧情报研究, 1981; (22): 69-73
- 5 任其云等. 玉米苗期根系生态生理研究. 作物学报, 1982; 8(3): 169-177
- 6 刘殿英. 小麦断根对其根系与产量性状的影响. 山东农学院学报, 1983; (2): 35-42
- 7 凌启鸿等. 水稻不同层次根系的功能及其对产量形成作用的研究. 中国农业科学, 1984; (5): 3-10
- 8 马元喜. 不同土壤对小麦根系生长动态的研究. 作物学报, 1987; 13(1): 37-44
- 9 苗果园. 黄土高原冬小麦根系生长动态研究. 中国农业科学; 1989
- 10 Wolfgang Bohm. Methods of studying root systems. Springer-verlag Berlin Heidelberg; 5-114
- 11 Richards A R, Passioura J B. Seminal root morphology and water use of wheat I. Environmental effects. Crop Science, 1981; 21(2): 249-255
- 12 Betty Klepper, Belford R K, Rickman R W. Root and shoot development in winter wheat. Agronomy Journal. 1984; 76(1): 117-122
- 13 Narayan D, Misra R D. Drought resistance in varieties of wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 1989; 59(9): 595-598