

水氮调控对冬小麦根冠比和水分利用效率的影响研究*

王艳哲^{1,2,3} 刘秀位^{1,3} 孙宏勇¹ 张喜英^{1**} 张连蕊⁴

(1. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 中国科学院农业水资源重点实验室
河北省节水农业重点实验室 石家庄 050022; 2. 河北经贸大学生物科学与工程学院 石家庄 050061;
3. 中国科学院大学 北京 100049; 4. 河北旅游职业学院 承德 067000)

摘要 通过田间和桶栽试验研究了水、氮调控对冬小麦根冠比和水分利用效率的影响。田间试验结果显示,土壤水分条件对冬小麦根冠比影响显著。当冬小麦生育期 60 cm 土层土壤水分维持在田间持水量的 60% 以上时,根冠比维持稳定状态,不随灌溉次数的增加而变化;当冬小麦生育期 60 cm 土层土壤水分低于田间持水量的 60% 时,土壤越干旱,根冠比越大。桶栽试验结果显示,氮素水平对冬小麦根冠比影响显著,而水氮互作效应对根冠比影响不显著。在所有水分处理条件下,随着施氮量增加,冬小麦根量减少。施氮对冬小麦地上部分和地下部分的影响不同。在水分亏缺条件下,随着氮用量增加,冬小麦经济产量呈增加趋势,水分利用效率与施氮量存在明显正相关关系;而在充分灌溉条件下,产量随着施氮量的增加表现出先增加后降低的趋势,存在一个氮肥用量阈值。因此,水氮通过调控地上-地下干物质分配而影响作物产量和水分利用效率,在水分供应受限制条件下,增施氮肥会降低根冠比,更利于地上干物质的积累和经济产量形成。田间试验和桶栽试验均表明,冬小麦根冠比与水分利用效率呈负相关,根冠比大不利于地上部分干物质的积累和作物产量的形成,导致水分利用效率降低。

关键词 土壤水分 田间持水量 水氮水平 冬小麦 根冠比 水分利用效率

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2013)03-0282-08

Effects of water and nitrogen on root/shoot ratio and water use efficiency of winter wheat

WANG Yan-Zhe^{1,2,3}, LIU Xiu-Wei^{1,3}, SUN Hong-Yong¹, ZHANG Xi-Ying¹, ZHANG Lian-Rui⁴

(1. Key Laboratory of Agricultural Water Resources, Chinese Academy of Sciences; Hebei Key Laboratory of Water-Saving Agriculture; Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050022, China; 2. Department of Biology Science and Engineering, Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Hebei Tourism Vocational College, Chengde 067000, China)

Abstract Water and nitrogen (N) fertilizer have been identified as the two key factors that influence wheat root and shoot development. Root/shoot ratio and water use efficiency (WUE) of winter wheat were studied in the field and tub experiments at the Luancheng Agro-Ecosystem Experimental Station of Chinese Academy of Sciences in the North China Plain. The field experiment involved with 5 irrigation treatments (with zero to 4 irrigations) during winter wheat growth period. The tub experiment involved 15 treatments of five levels of N (0 g·tub⁻¹, 2 g·tub⁻¹, 4 g·tub⁻¹, 6 g·tub⁻¹, 8 g·tub⁻¹) and three levels of irrigation (with 140 mm, 210 mm, 280 mm irrigation), with 6 replicas of each treatment. The PVC tub used in this experiment was 1 m in depth and 20 cm in diameter. The bottom of each tub was sealed with plastic film and buried in the field. Field data showed that soil water content significantly influenced root and shoot biomass accumulation. The root/shoot ratio was not affected by irrigation when water content of the top 60

* 国家自然科学基金面上项目(31071369, 31171511)资助

** 通讯作者: 张喜英(1965—), 女, 研究员, 主要从事农田节水机理与技术研究。E-mail: xyzhang@sjziam.ac.cn

王艳哲(1976—), 女, 博士研究生, 讲师, 研究方向为农田节水机理与技术。E-mail: wyzhe@126.com

收稿日期: 2012-07-10 接受日期: 2012-11-22

cm soil layer was above 60% of field capacity. Below this soil water level, root/shoot ratio increased with decreasing soil water content. The tub experiment showed that the root/shoot ratio was significantly driven by N dose and not by the combined effect of water and N. Root dry weight decreased and grain yield increased with increasing N dose under deficit water supply. Concurrently, *WUE* increased with increasing N dose. Under sufficient water supply, winter wheat yield initially increased with increasing N dose to a certain level, after which it no longer changed with increasing N dose. A threshold value for N dose was noted under sufficient water supply. While under deficit water supply, more N meant higher *WUE* by reduced root/shoot ratio. This study suggested that N and water regulated biomass allocation to the parts of the above-ground and below-ground systems of the plant that influenced grain production and *WUE*. Both experiments showed a negative correlation between root/shoot ratio and *WUE*. That implied that higher root/shoot ratio increased biomass allocation to root but at the same time reduced above-ground biomass and *WUE*.

Key words Soil water content, Field water capacity, Water and nitrogen level, Winter wheat, Root/shoot ratio, Water use efficiency

(Received Jul. 10, 2012; accepted Nov. 22, 2012)

作物根系与地上部是一个相互依赖、相互作用的统一体,根系的生长发育状况直接影响到地上部的生长和产量的形成^[1]。根系的主要功能是从土壤中吸收水分、养分,冠层则在地上合成碳水化合物。为了植株整体及各自生长需要,根、冠之间经常进行着物质和能量的交换,既相互依赖,又相互促进^[2]。根冠比是指作物根系与地上部干重的比值,它能反映作物的生长状况及环境条件对根系与地上部分生长的不同影响。在干旱和较少灌溉条件下,冬小麦产量的提高和干物质在地上和地下部分的分配密切相关^[3]。形成单位产量的干物质,根系需要的同化产物是地上部的两倍,因此,较小的根系有利于更多的同化产物转移到地上部^[4]。同化物分配到根中的减少导致了根冠比的减小,进而提高了水分利用效率^[5]。但 Ehdaie 等^[6]的研究认为,在干旱条件下较大的根系有利于吸收土壤中的水分和养分,从而获得较高的产量。

土壤水分和养分水平显著影响光合产物在根、冠之间的分配。杨贵羽等^[7]在温室中对冬小麦进行的研究表明,随着水分胁迫的增强,根冠干物质的累积速率降低,根冠比随胁迫的增强而增大。张凤翔等^[8]在水稻上的研究表明,在低土壤水分条件下增施氮肥能显著增加根的干重和促进根系深扎。氮肥缺乏时根系吸收的表面积增大,消耗的光合产物多,向地上部分输出的少,从而导致根冠比较大^[4]。而氮素过多,又会导致根系生长不良,无法满足地上部养分和水分的供应^[9]。同样,地上部的生长也会影响到同化物质向根系的转移。研究表明,降低地上部分的株高,会减少干物质向根系的分配^[10],根系扎根深度会减少 20~60 cm,根长密度减少 6.6 m·m⁻²,从而导致其吸收水分的减少^[11],导致较小的根冠比^[12]。因此如何通过调控水肥管理调控同化产物在根冠之间分配的比例,使作物根、冠达到合理,对农田水分高效利用有重要意义。基于此,本研究

在大田和桶栽条件下,研究水氮调控对冬小麦根冠比的影响,以期在生产上合理调控水肥供给,取得高产和高水分利用效率的目标提供参考。

1 材料与方法

本试验于 2010—2011 冬小麦生长季在中国科学院栾城农业生态系统试验站进行。试验分田间试验和桶栽试验,供试小麦品种均为“科农 199”。

1.1 试验地点概述

土壤状况和耕作情况:田间试验所用土壤为壤土,0~2 m 土层平均田间持水量 36%(v/v),耕层土壤有机质 17 g·kg⁻¹,全氮 1.11 g·kg⁻¹,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 80 mg·kg⁻¹、21 mg·kg⁻¹和 120 mg·kg⁻¹。试验区为冬小麦-夏玉米一年两熟制。冬小麦常规播种,采用“四密一稀”的播种方式,平均行距 15 cm,窄行距 12~13 cm,宽行距 21~24 cm。夏玉米收获后秸秆粉碎还田,施基肥二铵 375 kg·hm⁻²(含 P₂O₅ 46%)、尿素 150 kg·hm⁻²(含 N 46%),旋耕两遍,播种小麦。施肥耕作管理与当地大田水平一致。

降水情况:该地多年平均降水量为 480 mm,年内分布不均,冬小麦生长季节平均降水量 130 mm。2010—2011 年小麦生长季降雨量仅为 53.7 mm(图 1),冬小麦生长的前期降水量非常少,干旱持续时间长,为特别干旱的年份。

1.2 试验设计

田间试验研究不同水分条件对根冠比和水分利用效率的影响:冬小麦从不灌溉到灌溉 4 水,共 5 个水分处理,小区面积 40 m²,小区随机排列,每个处理 4 次重复,灌溉采用地面灌溉方式,具体灌水处理见表 1。拔节期追肥,施肥量 300 kg·hm⁻² 尿素(含 N 46%)。冬小麦播种前底墒充足。

桶栽试验研究水氮耦合对根冠比和水分利用效率的影响:试验设 5 个氮肥水平,每个氮肥处理设 3 个水分处理水平,共 15 个处理。每个处理重复 6 次,

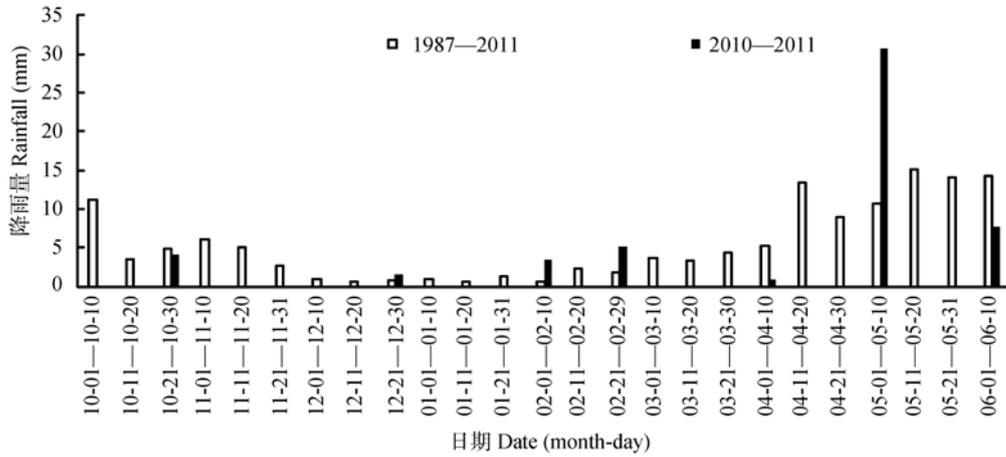


图 1 2010—2011 年和 1987—2011 年平均小麦生长季旬降雨量比较

Fig. 1 Comparison of ten-day average rainfall during winter wheat season between 2010—2011 and average of 1987—2011

表 1 田间试验不同灌水处理冬小麦不同生育期的灌水量

Table 1 Irrigation treatments of winter wheat at different stages for the field experiment

处理 Treatment	灌水次数 Irrigation times	灌水量 Irrigation amount (mm)				
		冬前期 Before wintering	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading stage	灌浆期 Filling stage	
Wf0	0	0	0	0	0	0
Wf1	1	0	70	0	0	0
Wf2	2	0	70	70	0	0
Wf3	3	0	70	70	70	0
Wf4	4	70	70	70	70	70

共 90 个桶。使用内径 19.2 cm、外径 20 cm、深 1 m 的 PVC 管，下端封口，在试验田的遮雨篷内挖 3 m×1.4 m×1 m 的深坑，把桶放置在遮雨棚中。桶栽试验所用土壤来自于多年未施肥的农田耕层土壤，有机质含量 6.2 g·kg⁻¹，全氮 0.51 g·kg⁻¹，速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 31.2 mg·kg⁻¹、2.2 mg·kg⁻¹ 和 109.1 mg·kg⁻¹。装土时维持土壤容重为 1.3 g·cm⁻³，每桶装干土 37.1 kg，土壤重量含水量为 21%。每桶底施过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)16 g、氯化钾(含 K₂O 50%)6 g，与土混合均匀，装入 PVC 管内。试验具体设计见表 2。

1.3 测定项目

1.3.1 生物量和根量取样

田间试验：小麦冬前期在各处理的每个小区随机取小麦 20 株，高温 105 °C 杀青半小时，80~85 °C 烘干致恒重，测定地上部分生物量；拔节期、抽穗期、开花期和灌浆期每隔 10 d 按同样方法取生物量。在冬小麦灌浆期，用直径为 10 cm 的根钻参照 Böhm 方法^[13]对所有处理的冬小麦进行根系取样，10 cm 为 1 个层次，深度到 150 cm。每个处理 4 个重复。用 0.25 mm 土壤筛洗净根系，去除杂质，在 80~85 °C 烘干至恒重，测定根干重。

桶栽试验：在小麦成熟收获后，取地上部分于室外自然风干，称重，测定生物量。同时考种测定籽

粒产量。把 PVC 管劈开，用 0.25 mm 土壤筛洗净根系，去除杂质，烘干称重。

1.3.2 土壤含水量测定

田间试验：利用 IH-II 型中子仪进行测定，每个试验小区在小区中间位置安装 2 m 深中子仪管，从 2 月 20 号开始每 7~10 d 测定 1 次土壤体积含水量，每 20 cm 为 1 个层次进行测定。

桶栽试验：冬小麦收获后，把 PVC 管劈开，每 20 cm 为 1 个层次，自上而下取土，采用烘干法测定土壤重量含水量，再计算土壤体积含水量。

1.3.3 根冠比和水分利用效率计算

根据地上部生物量和根干重计算根冠比。所有处理在小麦成熟时进行小区收获测产。不同处理的生育期农田耗水量(ET)根据水量平衡方程计算，根据籽粒产量和 ET，计算桶栽和田间试验各处理的水分利用效率，单位为 kg·m⁻³。

1.3.4 数据分析

各处理重复测定的平均值为各处理的值，并计算标准偏差；用 SPSS 软件分析不同处理之间的显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同水分条件对冬小麦地上部生物量的影响

田间试验表明，随着小麦的生长，其地上部生

表 2 桶栽试验水、氮处理
Table 2 Water and N treatments in the tub experiment

因素 Factor	处理 Treatment	处理次数 Irrigation / fertilization times	灌溉/施肥时期 Stages of irrigation/fertilization	灌溉/施肥量 Irrigation/fertilization amount
水分 Irrigation	W1 (亏缺灌溉, Deficit irrigation)	2	拔节和抽穗期 Jointing and heading	70 mm·次 ⁻¹ 70 mm per irrigation
	W2 (适中灌溉, Moderate irrigation)	3	拔节、孕穗—抽穗、扬花—灌浆期 Jointing, booting—heading, flowering—filling	70 mm·次 ⁻¹ 70 mm per irrigation
	W3 (充分灌溉, Full irrigation)	4	拔节、孕穗、抽穗—扬花、灌浆期 Jointing, booting, heading-flowering, filling	70 mm·次 ⁻¹ 70 mm per irrigation
施氮肥 N fertilization	N1	0		
	N2	2	底肥和拔节期追肥 Sowing and jointing	1 g·桶 ⁻¹ 尿素 ¹⁾ 1 g urea per tub
	N3	2	底肥和拔节期追肥 Sowing and jointing	2 g·桶 ⁻¹ 尿素 2 g urea per tub
	N4	2	底肥和拔节期追肥 Sowing and jointing	3 g·桶 ⁻¹ 尿素 3 g urea per tub
	N5	2	底肥和拔节期追肥 Sowing and jointing	4 g·桶 ⁻¹ 尿素 4 g urea per tub

1): 所用尿素含 N 46% N content of urea is 46%.

物量呈增加趋势, 冬前增长缓慢, 保持在较低水平, 返青期开始增长速度加快, 花后达到最大, 不同灌溉处理表现趋势基本一致(图 2A)。越冬前各处理地上部生物量没有显著差异($P>0.05$), 随着返青期后不同水分处理之间土壤水分条件差异的变化(图 2B), 地上部生物量开始表现出差异, 并且随着水分条件差异增大, 地上部生物量差异扩大, 结果显示水分条件对冬小麦地上部分干物质积累起关键作用。但当水分条件达到一定水平时, 随着含水量的增加, 对干物质积累的影响减小, 如灌溉 3 水和灌溉 4 水的干物质积累过程没有显著差异($P>0.05$), 最后收获时, 两者地上部分干物重基本一致。

2.2 不同水分条件对灌浆期冬小麦根干重和根冠比的影响

很多研究显示, 冬小麦在灌浆期根长达到最大^[14]。根系取样结果显示, 灌浆期不同灌水处理的根干重差异显著, 不灌溉处理的根干重最小, 为 $248.18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 灌溉 4 水处理的根干重最大, 为 $280.81 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 这与不同处理地上生物量表现出的趋势相同。说明地下部分的生长受制于地上部分。但是从相对量来看, 不灌溉处理分配到根系的干物质相对增多, 占总干物质质量的 28%; 随着灌溉次数增加, 分配到根系的干物质质量相对减少, 灌溉 1 水处理的根干重占干物质总重的 21%, 灌溉 2、3、4 水处理的均为 18% 左右, 这表明, 当土壤含水量达到一定水平时, 地上部和地下部的干重比值即根冠比会维持稳定。图 3A 中, 不同灌水处理的根冠比不同, 不灌水处理、灌溉 1 水处理的根冠比与其他处理之间的差异均达到了显著水平($P<0.05$), 增加灌溉次数明显降低了根冠比, 但灌溉 2 次水后再增加灌水次数, 根冠比依然维持在 0.23 左右。从灌溉 2~4 水处理全生育期的土壤含水量变化看(图 2B), 当 60 cm 土层土壤含

水量维持在田间持水量的 60% 以上时, 土壤水分条件对根冠比影响较小。

2.3 不同水分条件对冬小麦产量和水分利用效率的影响

从产量看, 不灌水处理冬小麦产量最低, 在一定范围内, 随着灌水次数的增加, 产量呈显著增加趋势($P<0.05$), 灌溉 3 水产量最高(图 3B), 比不灌水处理增产 150% 左右, 灌溉 4 水和灌溉 3 水处理的产量没有明显差异($P>0.05$)。不同水分处理水分利用效率的计算结果表明, 不灌水处理的水分利用效率最低, 灌溉次数对水分利用效率的影响显著($P<0.05$)。在试验年特别干旱的条件下(图 3C), 灌溉 3 水处理的水分利用效率最高, 再增加灌水量, 对干物质积累没有产生影响(图 2A), 水分利用效率降低, 原因可能是随着灌水次数增多, 地面蒸发耗水增加。田间结果显示在特别干旱的条件下, 作物分配到根系的干物质相对较多, 不利于地上部分生长, 水分利用效率降低。而高于作物需求的水分供应, 不能增加作物干物质积累量, 对产量没有作用, 反而增加了农田无效耗水, 导致水分利用效率降低。

2.4 不同水氮处理对冬小麦成熟期根干重和根冠比的影响

图 4A 表明氮肥用量和冬小麦根干重之间相关性明显, 在相同水分条件下, 根干重随着氮肥用量的增加而呈下降趋势。N1 水平下(3 个不同水分条件测定值的平均值)干重达最大值 $217.90 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 随着氮素水平的提高, 根干重下降, 在 N5 水平下, 根干重比 N1 下降 24% 左右, 其他处理间差异不显著。说明随着土壤氮含量增加, 作物不需要较大的根系系统就可以满足对养分的需求。结果显示充足的氮肥供应, 可减少根冠比, 也就是减少干物质对地下根系的分配。

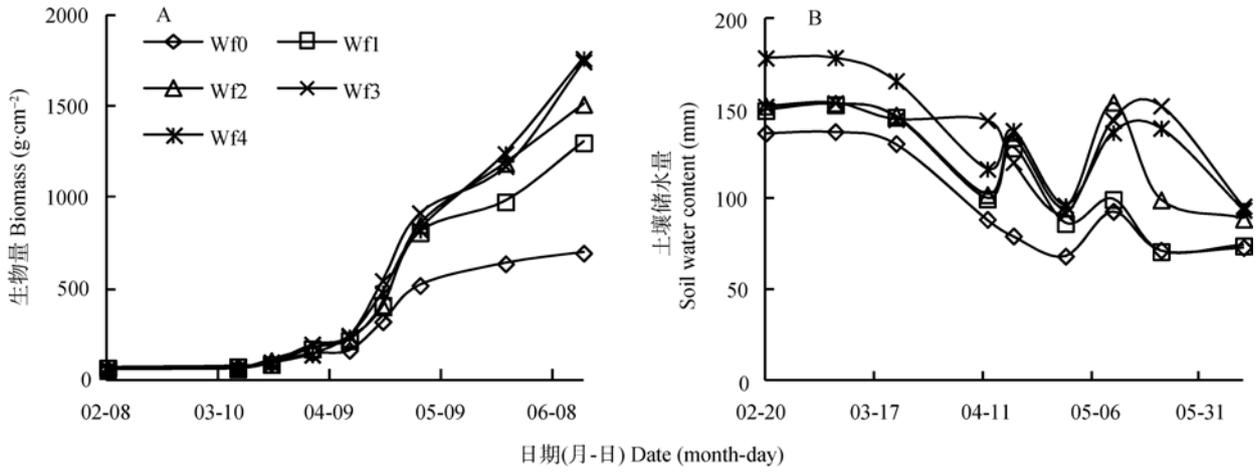


图 2 大田试验不同水分条件下冬小麦生物量(A)和 0~60 cm 平均土壤储水量(B)随时间的变化
Fig. 2 Changes of winter wheat biomass (A) and 0~60 cm average soil water content (B) after winter wheat recovering under different irrigation treatments in the field experiment

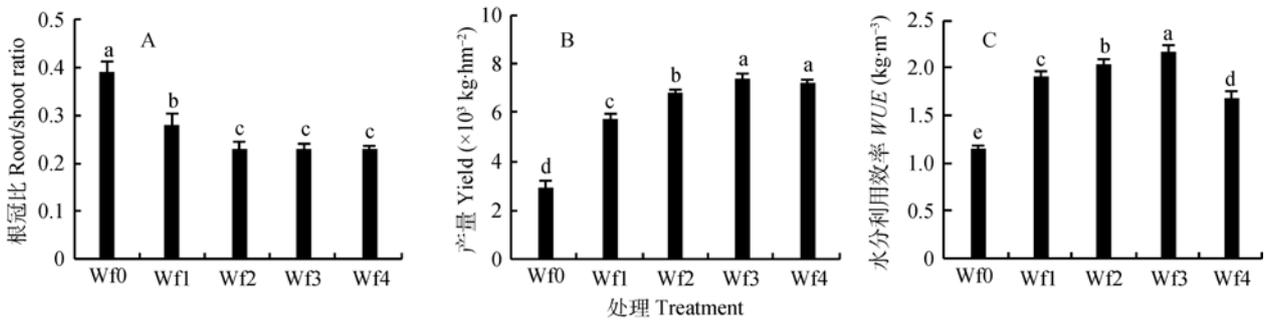


图 3 大田试验冬小麦灌浆期不同灌溉处理的根冠比(A)、产量(B)和水分利用效率(C)比较
Fig. 3 Comparison of root/shoot ratio (A), yield (B), WUE (C) of winter wheat under different irrigation treatments at filling stage of the field experiment

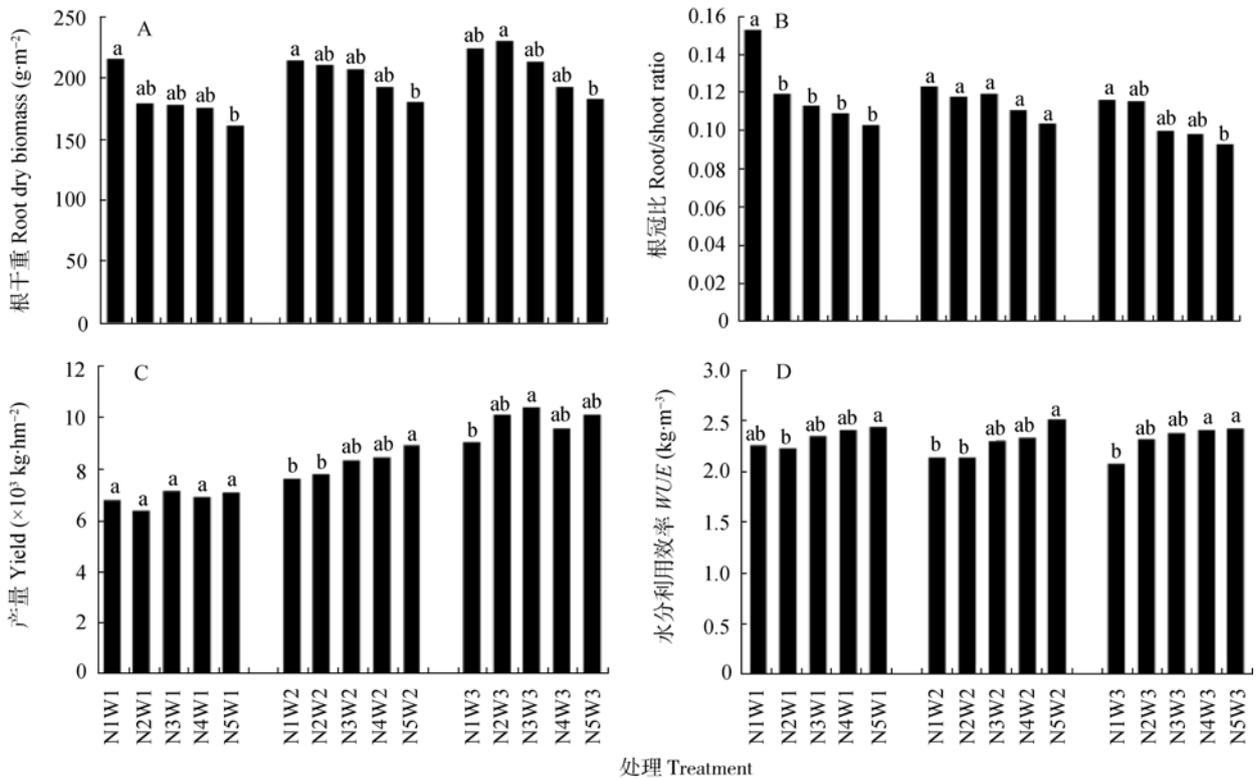


图 4 桶栽试验不同水氮处理冬小麦成熟期根干重(A)、根冠比(B)、产量(C)和 WUE(D)的比较

Fig. 4 Comparison of root dry biomass (A), root/shoot ratio (B), yield (C), WUE (D) at mature stage of winter wheat for the tub experiment

图 4B 显示, 随着氮肥用量的增加, 冬小麦根冠比减小, 不同水分条件下表现趋势一致。N1 处理与 N3、N4、N5 处理差异达到显著水平($P<0.05$)。方差分析结果显示(表 3), 水分条件对根冠比的影响达到显著水平, 氮肥水平对根冠比的影响达到极显著水平, 而水氮互作效应对根冠比影响不显著。

2.5 不同水氮处理对冬小麦产量和水分利用效率的影响

图 4C 表明, 在不同灌溉条件下, 氮肥对冬小麦产量的影响不同。在水分亏缺条件下, 产量不随氮用量的增加而变化; 而在适中灌溉条件下, 随着氮用量的增加产量逐步增加; 在充分灌溉条件下, 随着施氮量的增加, N3 水平时产量达到最大, 这时再增加施氮量, 产量有减小的趋势。因此, 在适中灌溉条件下, 增施氮肥利于作物产量的提高。图 4D 显示在灌溉次数较少时(亏缺灌溉和适中灌溉), 水分利用效率有随着氮肥用量增加而增加的趋势, 在充分灌溉条件下氮肥用量增加到一定程度, 水分利用效率不再变化。因此在限水灌溉条件下, 可以通过增加氮肥用量, 减少根冠比, 促进同化产物更多地向上部转移, 提高产量和水分利用效率。但是在水分充足供应条件下, 当氮肥供应达到一定程度, 再增加氮肥供应对产量不产生影响。

图 5 显示在大田不同水分处理和桶栽不同氮肥处理下, 冬小麦根冠比与作物水分利用效率呈显著负相关($P<0.01$)。

3 讨论和结论

作物的生长过程不仅取决于自身的遗传因素, 还受到外界环境条件的影响, 其中水分是影响作物生长发育的主要环境因素^[14], 其直接影响到作物根冠的生长。本研究结果表明, 土壤水分条件的变化并不影响冬小麦地上部生物量累积的总趋势, 均呈现出“慢-快-慢”的变化规律, 只是曲线的高度和陡度有差异, 表明不同水分条件下, 生物量的累积速度不同, 这与前人的研究结果一致^[7]。根干重的积累和土壤水分之间的关系密切, 随着土壤含水量的增加, 根干重呈增加趋势。虽然土壤水分的提高对地上部和地下部的生长都表现出了正效应, 但在灌浆期水分对地上部的促进作用大于地下部, 因而导致土壤含水量低的处理其根冠比较大。但杨贵羽等^[7]的研究表明, 在灌浆期前, 水分条件越好的处理其根冠比越大, 并认为可能是水分促使庞大根系的建成, 从而消耗较多的同化产物, 使根重增加、冠重减少。本研究结果则显示灌浆期水分条件较好的处理根冠比较小, 表明土壤水分的增加能促进更多的同

表 3 桶栽试验不同水氮条件下冬小麦根冠比的方差分析

Table 3 Variance analysis of root/shoot ratio of winter wheat under different water and N treatments in the tub experiment

差异源 Difference source	自由度 Free degree	残差平方和 Sum of squares	残差均方和 Mean square	F	Sig.
灌水水平 Irrigation level	2	0.03	0.01	4.267*	0.220
氮肥水平 N application level	4	0.06	0.01	4.851**	0.003
灌水×施肥 Interaction of water and N	8	0.02	0.00	0.664	0.719
误差 Error	33	0.10	0.00		

“*”: 差异达 0.05 显著水平 Significantly different at 0.05 level; “**”: 差异达 0.01 极显著水平 Significantly different at 0.01 level.

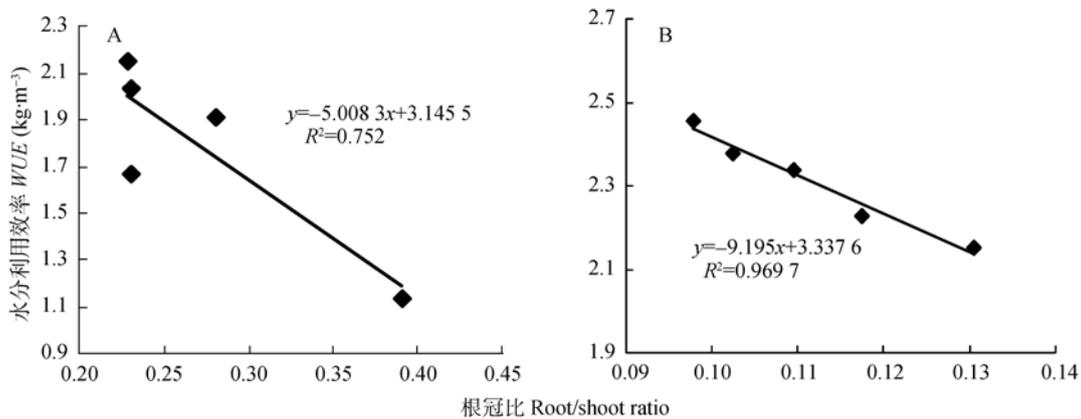


图 5 田间试验(A)和桶栽试验(B)冬小麦根冠比和水分利用效率之间的关系

Fig. 5 Relationship between root/shoot ratio and water use efficiency (WUE) of winter wheat under different irrigation treatments in the field experiment (A) and different water and N treatments in the tub experiment (B)

化产物向地上部和籽粒转移,从而提高作物产量。因此当灌浆期土壤含水量降低到一定程度时,增加一次灌溉,可以促进干物质形成并向经济产量转移,而减少根系对同化物质的消耗。本研究中产量的结果也证明了这一点,灌溉 3 次水和灌溉 4 次水的处理均在灌浆期灌溉一次,其产量在所有处理中是最高的,并且两者之间没有明显差异。

氮素营养是调控作物生长、群体发育、提高同化能力和水分利用的重要措施,对作物的根冠关系有重要影响^[15]。氮素对根冠的生长有明显的调节作用,随着施氮水平的增加,根冠比降低^[16]。本研究结果显示,土壤氮肥施用量对冬小麦根冠比有显著影响,氮肥对根系生长表现为负效应。在供水不能满足作物需求时,随着氮肥施量增加,根量减少,根冠比降低,而地上部分干物重增加,产量和水分利用效率提高。而在充分供水条件下,当氮肥施用达到一定水平,增施氮肥不再增加地上部分的生物量,有一个氮肥施用阈值,这和严昌荣等^[17]在春谷子上所做的营养液培养试验所得结果相似。因此在生产实践中可以通过调节氮肥的用量调控根系大小,在水分亏缺状态下,可以通过增加氮肥的施用量减少地下部分消耗的同化物质,促进干物质向地上部的转移,促进作物产量提高。

提高农田水分利用效率是解决水资源短缺的重要手段,地上-地下相互关系决定着作物水分和营养吸收、利用和分配,从而影响作物的产量和水分利用效率。很多研究显示水分利用效率和根冠比之间关系密切,随着根冠比的减小,作物的水分利用效率提高^[5]。Ma 等^[18]通过去根和控制分蘖的方法明确了冬小麦根冠比和产量水分利用效率之间的负相关关系。本研究也得出了相同结论,因此通过外界环境调控降低根冠比对提高农田水分利用效率有明显作用。但另一方面,在干旱缺水环境下,较大的根系系统是作物抗旱的基础,在胁迫环境下作物还需要较大的根系系统维持作物生长发育。在这种条件下,需要通过各种措施增加深层根系生长,而上层根系一般存在冗余生长,通过控制上层土壤根系冗余生长和促进下层根系生长,既可以减少作物根冠比,又能增加深层根系对土壤储水的利用。

综上所述,土壤水分条件和氮素水平都能够显著影响冬小麦地上和地下的生长,地上相对于地下得到的干物质多,更利于农田水分利用效率的提高。因此,在农业生产上,如何通过优化水氮供应,调控地上和地下生长,使作物维持适中的根冠比,达到既不影响根系对土壤水分养分的有效利用,又能显著控制根系冗余生长,减少根系生长对干物质消耗,是提高农田水分利用效率的重要方面。

参考文献

- [1] 蔡昆争. 作物根系生理生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011
Cai K Z. Crop roots physiological ecology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011
- [2] 陈晓远, 高志红, 罗远培. 植物根冠关系[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(5): 555-561
Chen X Y, Gao Z H, Luo Y P. Relationship between root and shoot of plants[J]. Plant Physiology Communications, 2005, 41(5): 555-561
- [3] Zhang X Y, Chen S Y, Sun H Y, et al. Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat[J]. Irrig Sci, 2008, 27(1): 1-10
- [4] Passioura J B. Roots and drought resistance[J]. Agricultural Water Management, 1983, 7(1/3): 265-280
- [5] Siddique K H M, Belford R K, Tennant D. Root Shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a Mediterranean environment[J]. Plant Soil, 1990, 121(1): 89-98
- [6] Ehdaie B, Merhaut D J, Ahmadian S, et al. Root system size influences water-nutrient uptake and nitrate leaching potential in wheat[J]. J Agron & Crop Sci, 2010, 196(6): 455-466
- [7] 杨贵羽, 罗远培, 李保国, 等. 不同土壤水分处理对冬小麦根冠生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 104-109
Yang G Y, Luo Y P, Li B G, et al. Effect of different soil water conditions on growth of root and shoot of winter wheat[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3): 104-109
- [8] 张凤翔, 周明耀, 周春林, 等. 水肥耦合对水稻根系形态与活力的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 197-200
Zhang F X, Zhou M Y, Zhou C L, et al. Effects of water and fertilizer coupling on root morphological characteristics and activities of rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(5): 197-200
- [9] 张大勇, 姜新华, 赵松龄, 等. 半干旱区作物根系生长冗余的生态学分析[J]. 西北植物学报, 1995, 15(5): 110-114
Zhang D Y, Jiang X H, Zhao S L, et al. An ecological analysis of growth redundancy in root systems of crops under drought conditions[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 1995, 15(5): 110-114
- [10] Subbiah B V, Katyal J C, Narrasimhan R L, et al. Preliminary investigations on root distribution of high yielding wheat varieties[J]. Intern J Appl Rad Isot, 1968, 19(4): 385-390
- [11] Angadi S V, Entz M H. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars[J]. Agronomy Journal, 2002, 94(1): 136-145
- [12] Zhang X Y, Chen S Y, Sun H Y, et al. Root size, distribution and soil water depletion as affected by cultivars and environmental factors[J]. Field Crops Research, 2009, 114(1): 75-83
- [13] Böhm W. Methods of studying root system[M]. Berlin: Springer Verlag, 1979
- [14] Zhang, X Y, Pei D, Chen S Y. Root growth and soil water utilization of winter wheat in the North China Plain[J]. Hydrol Process, 2004, 18(4): 2275-2287
- [15] 任书杰, 张雷明, 张岁岐, 等. 氮素营养对小麦根冠协调生长的调控[J]. 西北植物学报, 2003, 23(3): 395-400
Ren S J, Zhang L M, Zhang S Q, et al. The effect of nitrogen nutrition on coordinate growth of root and shoot of winter wheat[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2003, 23(3): 395-400

- [16] 张绪成, 郭天文, 谭雪莲, 等. 氮素水平对小麦根-冠生长及水分利用效率的影响[J]. 西北农业学报, 2008, 17(3): 97-102
Zhang X C, Guo T W, Tan X L, et al. The effects of nitrogen level on the root and shoot growth and their relationship with the water use efficiency in wheat plants[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2008, 17(3): 97-102
- [17] 严昌荣, 梅旭荣, 居辉, 等. 施肥对春谷子生长发育及水分利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 142-144
Yan C R, Mei X R, Ju H, et al. Effects of fertilization on the growth, development and water use efficiency of spring millet[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2006, 14(1): 142-144
- [18] Ma S C, Li F M, Xu B C, et al. Effect of lowering the root/shoot ratio by pruning roots on water use efficiency and grain yield of winter wheat[J]. Field Crops Research, 2010, 115(2): 158-164

农业资源研究中心“百人计划”招聘启事

中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心(以下简称中心)面向国家水安全、粮食安全、生态环境安全的重大战略需求和农业资源与生态学前沿领域开展应用基础研究。根据中心科研布局与学科发展的需要,现诚聘海内外杰出人才若干名。

一、招聘研究领域

农业水文学、农业生态学、水化学与农田面源污染、土壤微生物生态学、农业灌溉工程、农业遥感与模型、作物遗传育种、植物生理等相关领域。

二、报名条件

1. 具有中国国籍的公民或自愿放弃外国国籍来华或回国定居的专家学者。年龄40周岁以下,身体健康;
2. 恪守科学道德,学风正派,诚实守信、严谨治学、尊重他人,具有团队合作精神,并对所招聘的研究领域有浓厚的研究兴趣和艰苦创业的奉献精神;
3. 具有博士学位且在相关研究领域已有连续3年以上在海外科研工作经历,在国外获得相应职位(或优秀的博士后研究人员);或在国内外本学科领域已取得有影响的科研成果且获得研究员(教授)职位;
4. 独立主持或作为主要骨干参与过课题(项目)研究的全过程并做出显著成绩;
5. 在本学科领域有较深的学术造诣,做出过具有国际水平的研究成果,在重要核心刊物上发表过3篇及以上有影响的学术论文并被引用(第一或通讯作者),或掌握关键技术、拥有重大发明专利等,其研究水平足以担当我中心的学术带头人;
6. 在国内外学术界有一定的影响,能把握本学科领域的发展方向,具有长远的战略构思,能带领一支队伍在国际科学前沿从事研究并做出具有国际水平的创新成果。

三、岗位及待遇

1. 聘为研究员(全职)、研究组组长、研究生导师;
2. 入选“百人计划”后由中国科学院提供科研经费200万元人民币;
3. 研究中心提供每年30万元人民币的研究组研究经费;
4. 研究中心创新领域前沿研究课题1项,经费50万元人民币;
5. 依据科研工作需要提供100平米的科研用房(待新科研大楼建成后再行改善),以及所需的相关设施与试验用地,并配备选聘的科研助手;
6. 基本年薪:20万元人民币+研究生导师津贴,绩效奖励根据工作业绩另行发放;
7. 购房补贴90万元人民币;
8. 安家费10万元人民币;
9. 享有中心其他良好福利待遇;
10. 协助安置配偶就业和子女就学,随迁配偶在暂未落实工作期间,第一年可享受引进人才配偶生活补贴1000元/月。

四、应聘材料

1. 填写《中国科学院“百人计划”候选人推荐(自荐)表》(见 www.sjziam.cas.cn);
2. 相关证明材料复印件(已取得的重要科研成果证明、国内外任职情况证明、最高学位证书、身体健康状况证明等);
3. 发表论文目录及代表性论文3篇(全文,复印件);
4. 两位海内外教授级同行的推荐信函;
5. 本人认为有必要提供的其他相关材料。

五、联系方式

有意者请将本人应聘材料电子文档发至以下联络方式(邮件主题注明方式:姓名+百人计划+研究领域或方向):

联系人: 韩一波 电话: 86-311-85871740 传真: 86-311-85815093
E-mail: ybhan@genetics.ac.cn 网址: www.sjziam.cas.cn
通讯地址: 河北省石家庄市槐中路286号 邮编: 050022