

土壤水分对免耕水稻根系生长的影响

杨彩玲^{1,2} 刘立龙¹ CHUNG Nghiem Tien¹ 秦华东¹
赵泉¹ 陈德威³ 徐世宏³ 黄敏¹ 江立庚¹

1. 广西大学农学院/亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 南宁 530004;
2. 安徽省农业科学院, 合肥 230031; 3. 广西壮族自治区农业技术推广总站, 南宁 530022

摘要 2013年早季和晚季,以吉优716为试验材料,盆栽条件下研究土壤水分对免耕水稻根系生长、形态的影响及其与地上部生物量积累和产量的关系。试验设3种土壤水分条件:W100、W85、W70,分别为水稻全生育期保持土壤饱和含水量的95%~100%、80%~85%、65%~70%。结果表明:W70处理土壤水分严重抑制了免耕水稻拔节期根系的生长,根干质量显著下降;土壤水分对抽穗期根系直径影响较大,对总根长、体积和根干质量影响不大;W70处理成熟期根系出现早衰,根长、根直径、表面积、总体积和根干质量均显著下降。土壤水分主要影响直径0.0~1.5 mm根的生长,特别是直径0.0~1.0 mm的根。不同时期各处理间根冠比差异不显著,在拔节期和成熟期W70处理根冠比均低于W100和W85,在抽穗期W70处理根冠比高于W85处理。免耕水稻根干质量与地上部生物量和产量均呈显著正相关。重度水分胁迫显著抑制了拔节期根系生长,引发成熟期根系早衰,进而使地上部生物量积累减少,产量下降。轻度水分胁迫对免耕水稻根系生长影响较小。土壤水分对根系调控最核心的区域是根直径0.5~1.0 mm区间。

关键词 水稻; 免耕; 土壤水分; 根系; 湿润灌溉; 节水灌溉

中图分类号 S 511 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)01-0008-09

植物根系是吸收水分和养分的主要器官,也是多种氨基酸、有机酸和激素合成的主要场所,与地上部的生长发育、产量形成均有密切关系^[1]。湿润灌溉能促进水稻根系的生长,延长根系生命周期,使干物质的积累增加,旱种则抑制水稻根系的生长和地上部干物质积累^[2]。另有研究认为,旱作水稻根体系生物量增加^[3-4],根冠比加大,根系分布加深,根系呼吸增强^[5-6]。上述研究表明,根系生长对土壤水分非常敏感,必须将旱作水稻土壤水分细化才能确定一个适宜根系生长的阈值。

根长是体现根系数量的指标之一,反映根系生长的数量累加与削减过程;根体积是体现单子叶植物根系空间分布的指标之一^[7]。针对水稻根系形态的研究已有部分相关报道,但结论不统一。控水灌溉(-10 kPa, -20 kPa为控水下限)促进水稻根系生长发育,水稻总根数、根长、根体积及干物质积累

均增加^[8]。郝树荣等^[9]认为,水分胁迫减少了根系生物量,根冠比降低,单株根系条数减少,但平均根长增加。而高志红等^[7]研究认为持续的水分胁迫可以使水稻根直径变粗,根长变短;根表面积与根总长度和根干质量呈极显著正相关。张玉屏等^[10]提出,水分胁迫显著影响了水稻单株次生根数、根系干质量、根系吸收总面积;当土壤水分田间最大持水量的70%~75%时,最有利于水稻根系生长发育。另有研究表明,轻度水分胁迫(田间最大持水量的80%)有利于延缓水稻生长后期根系的衰老,而中重度水分胁迫无此功能^[11]。此外,抽穗开花期被认为是根系对水分胁迫反应最敏感的时期^[10],而汪妮娜等^[12]研究则认为抽穗扬花期水分胁迫对水稻根系生长的抑制作用不显著。

针对免耕水稻根系特性研究较多^[13-17],但均与常耕水稻作比较,关于不同土壤水分对免耕根系的

收稿日期: 2015-03-02

基金项目: 广西自然科学基金重点项目(2011GXNSFD018017); 广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019084); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队(水稻)(NYCYTXGXCTD-01)

杨彩玲, 博士, 研究方向: 作物水肥资源利用与胁迫生理. E-mail: yclmail2005@sina.com

通信作者: 江立庚, 博士, 教授, 研究方向: 作物生理生态. E-mail: jiang@gxu.edu.cn

影响研究缺乏。免耕稻田最大持水量和田间持水量较低,气相比例增加,使土壤持水性得到改善,有利于根系的生长^[18]。免耕水稻根系更多地分布在稻田表层,0.0~5.0 cm 土层水稻根系分布量占总量的50%^[14],分布在深层的根系明显减少。综上,不同土壤水分条件下,免耕水稻根系特性必然不同于常耕水稻,有必要深入研究。本研究探讨土壤水分条件下免耕水稻根系生长、形态及与产量的关系,以期免耕水稻节水灌溉与土壤水分调控指标的优选提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点、时间与材料

2013年早、晚季分别在广西大学试验大棚(南宁, N 22°49'12", E 108°19'11")进行盆栽试验。试验土壤采自免耕水稻田,早季与晚季基本理化性状分别为:pH 6.54、6.51,有机质 29.1、27.6 g/kg,全氮 1.61、1.67 g/kg,碱解氮 101、102 mg/kg,速效磷 27.2、28.3 mg/kg,速效钾 108、108 mg/kg。试验水稻品种为三系杂交水稻吉优 716。

1.2 试验设计

在早、晚稻种植前分别于免耕稻田中挖取原状免耕土壤^[19]。试验设3种土壤水分条件,W100:水稻全生育期保持田间最大持水量的95%~100%(移栽时加水1次,保持15~30 mm水层,下同);W85:水稻全生育期保持田间最大持水量的80%~85%;W70:水稻全生育期保持田间最大持水量的65%~70%。每处理设36盆,共计108盆。以水量平衡法计算加水量^[20],利用量程30 kg、感量为1 g的电子秤在每日16:00—17:00测量并补充每桶内土壤因蒸腾蒸发所丢失的水分。

每盆总施氮量为30 g/m²,基肥、分蘖肥、穗肥按5:2:3的比率施用。基肥在插秧前1 d施用,分蘖肥在立苗后施用,穗肥在幼穗发育初期施用。过磷酸钙 5.923 g/盆,作为基肥一次施入,氯化钾 1.895 g/盆,按基肥60%、分蘖肥40%的比例施用。每盆移栽2蔸(2苗/蔸)。早稻3月12日播种,4月2日移栽;晚稻7月16日播种,8月2日移栽,育秧方式为秧盘育秧,移栽秧龄分别为21 d和17 d。

1.3 测定内容与与方法

在水稻拔节中期、抽穗期和成熟期进行取样,每次取样36盆(每处理12盆,每盆2蔸),将水稻根系完整洗出,各处理随机抽取4盆进行根系构型扫描

(WinRHIZO STD4800根系分析系统,加拿大REGENT公司),于105℃杀青30 min后,75℃烘干、称质量。植株地上部按茎鞘、叶、穗分类后分别于105℃杀青30 min后,75℃烘干、称质量。产量由烘干后籽粒质量按13%水分换算而得。

1.4 数据处理

采用Excel软件进行常规数据处理、SPSS 18.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对免耕水稻不同时期根系形态的影响

1)土壤水分对免耕水稻不同时期根系平均直径的影响。由表1可知,免耕水稻各时期根系平均直径随着土壤含水量的下降而下降。在拔节期和成熟期,W70处理根平均直径显著低于W100处理;在抽穗期,W70处理和W85处理根平均直径均显著低于W100处理,W70处理和W85处理间差异不显著。分析表明,土壤水分对免耕水稻根粗影响较大,且对抽穗期根粗影响最大。

表1 土壤水分对免耕水稻不同时期根系平均直径的影响

Table 1 Influence of soil moisture on root average diameter of different stages in no-tillage rice

生长季节 Season	土壤水分 Soil moisture	平均直径/mm Average diameter		
		拔节期 Elongation stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
早季 Early	W100	0.66a	0.57a	0.60a
	W85	0.59b	0.51b	0.56a
	W70	0.58b	0.51b	0.49b
晚季 Late	W100	0.43a	0.52a	0.44a
	W85	0.43a	0.48b	0.38b
	W70	0.40b	0.46b	0.36b

注:同列平均值后的不同字母表示达5%显著差异,下表同。

Note: Means followed by different letters within a row represent significant difference at 0.05 level (lowercase letters). The same as below.

2)土壤水分对免耕水稻不同时期根长的影响

①土壤水分对免耕水稻不同时期总根长的影响。由表2可知,早稻根系生育前期生长较快,在抽穗期总根长达到最大值,抽穗后有所下降;而晚稻根系生育前期生长最旺盛,拔节期达到最大值,随着生育进程呈下降趋势。各处理水稻各时期总根长随着土壤含水量的下降而下降。在拔节期和成熟期,W70处理总根长显著低于W100处理,W100处理和W85处理间差异不显著;在抽穗期,各处理间总根长差异不显著,表明土壤水分对免耕水稻拔节

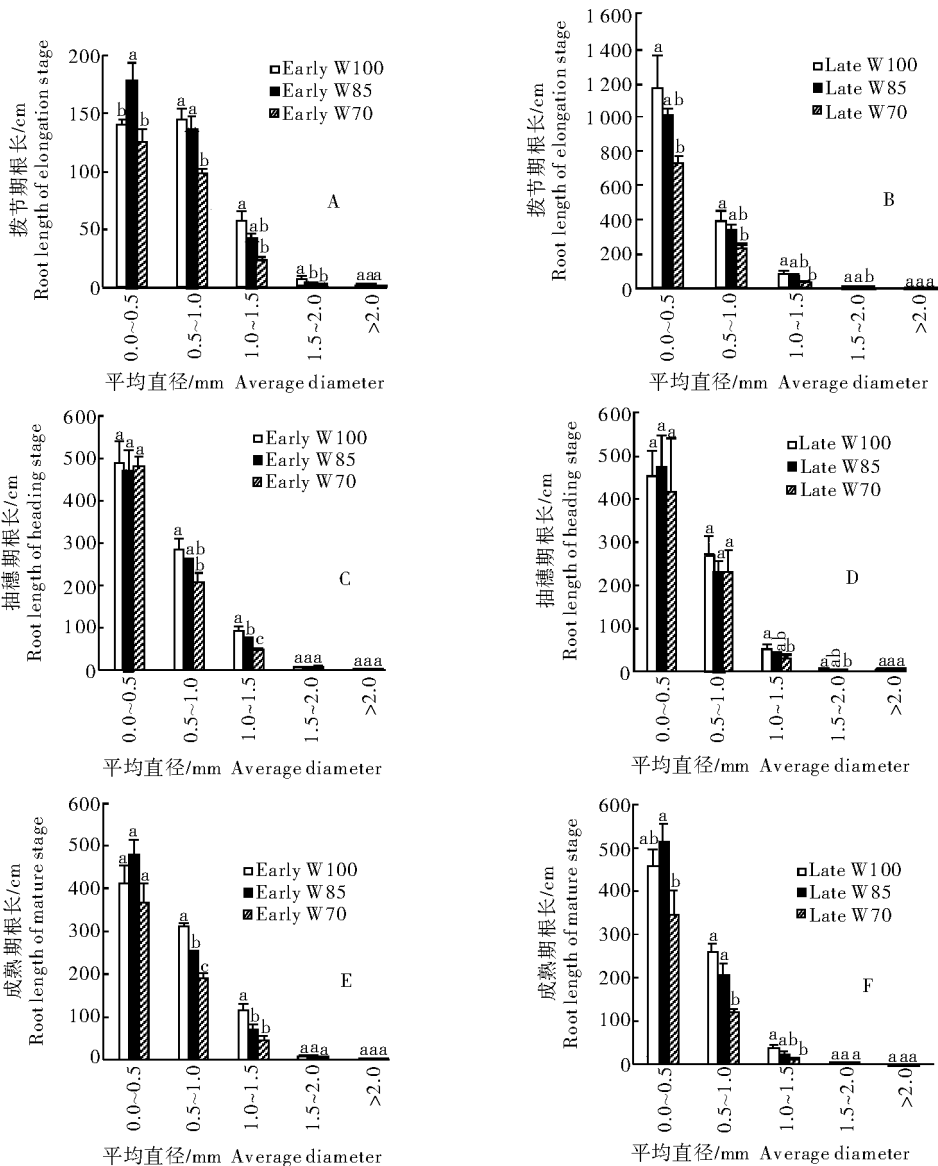
表 2 土壤水分对免耕水稻不同时期总根长的影响

Table 2 Influence of soil moisture on root length of different stages in no-tillage rice

生长季节 Season	土壤水分 Soil moisture	单茬根长/cm Root length		
		拔节期 Elongation stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
早季 Early	W100	349.4a	877.8a	850.3a
	W85	357.9a	799.8a	807.5a
	W70	249.7b	749.0a	613.7b
晚季 Late	W100	1 660.4a	776.1a	767.7a
	W85	1 440.2ab	740.1a	746.8a
	W70	1 002.1b	676.1a	482.8b

期和成熟期总根长影响较大,对抽穗期总根长影响较小。

②土壤水分对免耕水稻不同根直径下根长的影响。根据直径大小,将根系分为 0.0~0.5、0.5~1.0、1.0~1.5、1.5~2.0 mm 和 >2.0 mm 5 个分区。决定总根长的根系是直径在 0.0~1.0 mm 之间的细根,占总根长的 84%~97%,其中 0.0~0.5 mm 根区间细根占总根长的 40%~72%。由图 1 可知,各分区总根长均随着根直径的增加依次降低,粗根(直径 >2.0 mm)总根长最短,各处理间差异不显著,表明土壤水分对粗根影响不大。细根(直径 0.0~0.5 mm)最长,受土壤水分影响变化最大。



A, C, E: 早季; B, D, F: 晚季, 下同。A, C, E: 2013 Early; B, D, F: 2013 Late, the same as below.

图 1 不同直径下免耕水稻不同时期根长变化

Fig.1 The root length changes of different diameter partition in different stages of no-tillage rice

3) 土壤水分对免耕水稻不同时期根表面积的影响

① 土壤水分对免耕水稻不同时期总表面积的影响。由表 3 可知,免耕水稻各时期总根表面积均随着土壤含水量的下降而下降。在拔节期和成熟期, W70 处理总根表面积显著低于 W100 处理, W100 处理和 W85 处理间差异不显著;在抽穗期,两季水稻总根表面积表现不同,早稻 W70 处理显著低于 W100 处理,晚稻各处理间差异不显著。结果表明,土壤水分对免耕水稻拔节期和成熟期总根表面积影响较大,对抽穗期总根表面积影响较小。

表 3 土壤水分对免耕水稻不同时期总表面积的影响

Table 3 Influence of soil moisture on root surf-area of different stages in no-tillage rice

生长季节 Season	土壤水分 Soil moisture	每苑根表面积/cm ² Surf area		
		拔节期 Elongation stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
早季 Early	W100	737.8a	1 415a	1 505a
	W85	662.5a	1 213ab	1 220a
	W70	454.9b	1 043b	907b
晚季 Late	W100	1 934a	1 113a	956.8a
	W85	1 679ab	953a	803.0a
	W70	1 099b	908a	487.5b

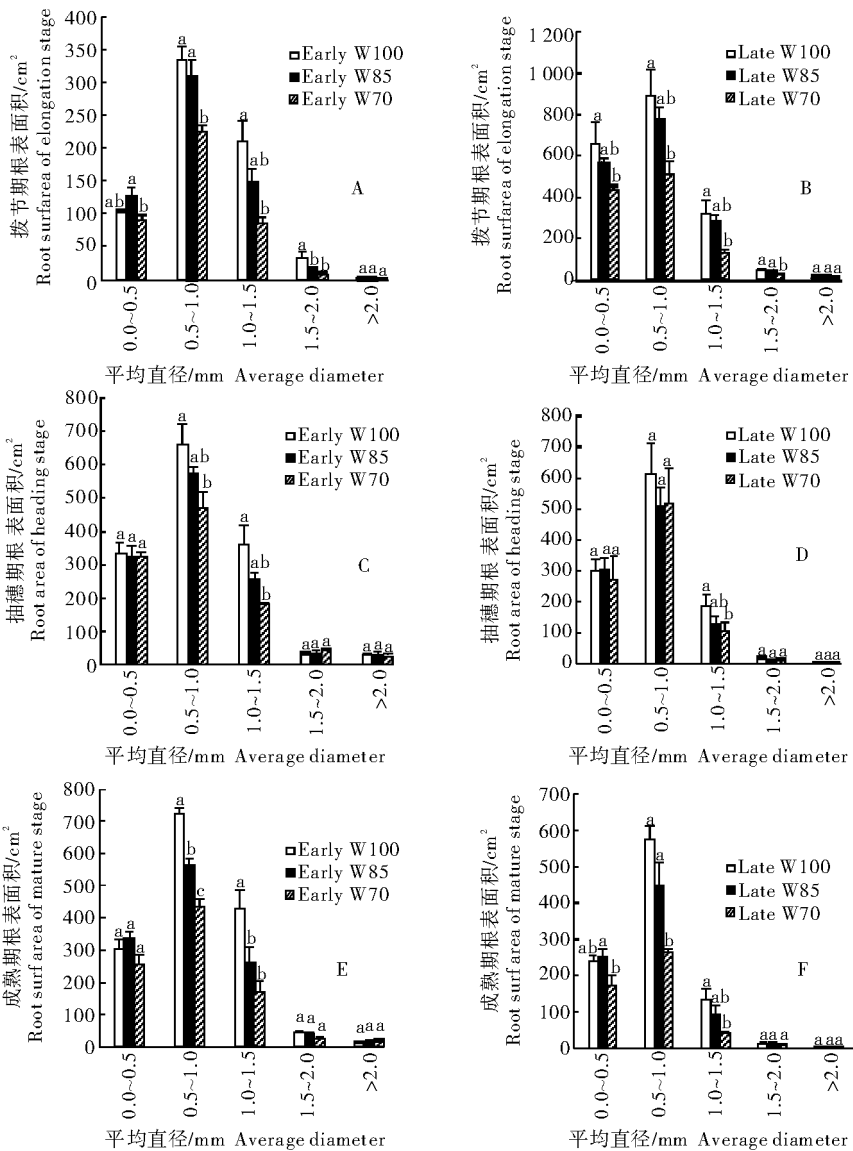


图 2 不同直径分区下免耕水稻不同时期根表面积变化

Fig.2 The root surf area changes of different diameter partition in different stages of no-tillage rice

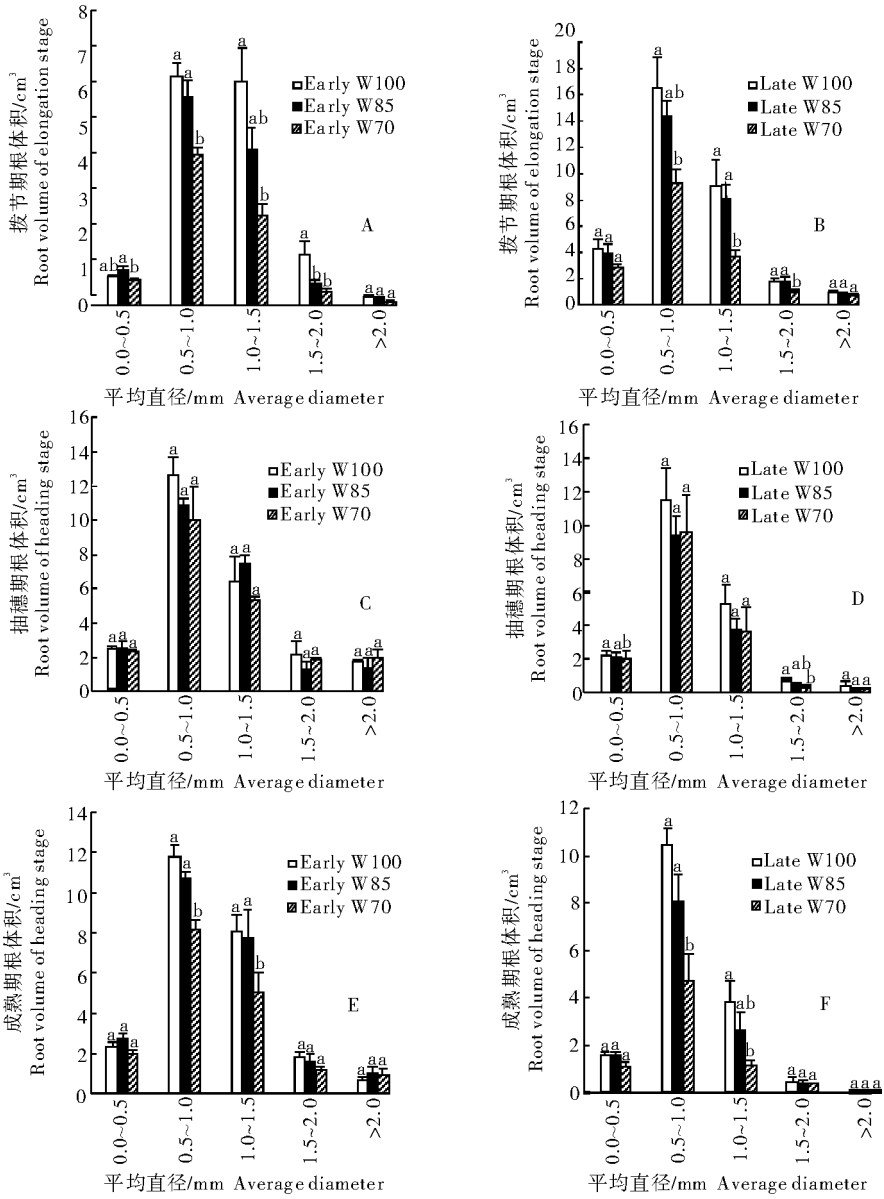


图 3 不同直径分区下免耕水稻不同时期根体积变化

Fig.3 The root volume changes of different diameter partition in different stages of no-tillage rice

②土壤水分对免耕水稻不同直径根表面积的影响。由图 2 可知,根表面积较多分布在直径为 0.0~1.5 mm 根分区,占总根表面积的 93%~99%;其中主要集中在直径 0.5~1.0 mm 根分区,占总根表面积的 45%~60%。直径为 >2.0 mm 根分区内,各处理间根表面积差异不显著,表明土壤水分对 >2.0 mm 粗根影响不大。

处理和 W85 处理间差异不显著;在抽穗期,各处理间总根体积差异不显著。综上,土壤水分对免耕水稻拔节期和成熟期总根体积影响较大,对抽穗期总根体积影响较小。

4)土壤水分对免耕水稻不同时期根体积的影响

②土壤水分对免耕水稻不同直径根体积的影响。由图 3 可知,根体积较多分布在直径为 0.5~1.5 mm 根分区,占总根体积的 72%~87%;其中主要集中在直径 0.5~1.0 mm 根分区,占总根表面积的 42%~64%。直径为 >2.0 mm 根分区内,各处理间根表面积差异不显著,表明土壤水分对 >2.0 mm 粗根影响不大。

①不同土壤水分对免耕水稻不同时期根总体积的影响。由表 4 可知,免耕水稻各时期总根体积均随着土壤含水量的下降而下降。在拔节期和成熟期,W70 处理总根体积显著低于 W100 处理,W100

综上,土壤水分主要影响直径为 0.0~1.5 mm

根的生长,土壤水分对直径为 0.0~1.0 mm 根的生长影响最大。

表 4 土壤水分对免耕水稻不同时期根总体积的影响

Table 4 Influence of soil moisture on root volume of different stages in no-tillage rice

生长季节 Season	土壤水分 Soil moisture	每蔸根体积/cm ³ Root volume		
		拔节期 Elongation stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage
早季 Early	W100	12.45a	25.30a	24.62a
	W85	9.79ab	23.51a	23.54a
	W70	6.64b	21.45a	17.31b
晚季 Late	W100	33.14a	20.03a	16.33a
	W85	28.84a	15.79a	12.72a
	W70	17.29b	15.71a	7.10b

表 5 土壤水分对免耕水稻根干质量和根冠比的影响

Table 5 Influence of soil moisture on dry matter accumulation of root and root shoot ratio in no-tillage rice

生长季节 Season	土壤水分 Soil moisture	拔节期 Elongation stage		抽穗期 Heading stage		成熟期 Mature stage	
		根干质量/(g/pot) Root dry weight	根冠比 Root shoot ratio($\times 10^{-2}$)	根干质量/(g/pot) Root dry weight	根冠比 Root shoot ratio($\times 10^{-2}$)	根干质量/(g/pot) Root dry weight	根冠比 Root shoot ratio($\times 10^{-2}$)
		早季 Early	W100	2.32a	6.88a	4.72a	6.73a
W85	2.39a		8.09a	4.59a	7.39a	4.38a	5.39a
W70	1.33b		6.26a	4.21a	7.48a	3.48b	5.01a
晚季 Late	W100	4.67a	16.7a	2.94a	6.60a	2.73a	5.03a
	W85	3.82a	16.3a	2.58a	5.90a	2.40a	4.86a
	W70	2.20b	14.3a	2.38a	6.50a	1.66b	4.51a

2.3 免耕水稻根干质量与地上部干物质积累量和产量的关系

由图 4 可知,不同生育时期免耕水稻根干质量与地上部生物量均呈显著正相关关系($P < 0.05$),除早稻抽穗期外均呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。由图 5 可知,免耕水稻根干质量与产量呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。

3 讨论

研究表明,土壤含水量下降对根生长影响较大。在拔节期和成熟期,当土壤含水量下降至饱和含水量的 65%~70%时,土壤水分对免耕水稻根系的影响较大,对地上部植株的影响较小;免耕水稻总根长、总根表面积和总根体积均显著下降,导致根干质量显著下降。在抽穗期,土壤水分对根粗影响较大,对总根长、总根表面积和总根体积影响不大。各时期根干质量与其对应的地上部生物量积累及产量呈极显著正相关。

在拔节期和成熟期,免耕水稻根平均直径、总根

2.2 土壤水分对免耕水稻根干质量和根冠比的影响

由表 5 可知,不同时期根干质量随土壤水分的下降而下降,但下降幅度不同。在拔节期和成熟期,W70 处理根干质量显著低于 W100 和 W85 处理,W100 和 W85 处理间差异不显著。抽穗期根干质量各处理差异不显著。与 W100 处理相比,W70 处理根干质量在拔节期、抽穗期和成熟期分别下降了 43%~53%、11%~19%和 27%~39%。不同时期各处理间根冠比差异不显著,W70 处理拔节期和成熟期根冠比均低于 W100 和 W85,W70 处理抽穗期根冠比高于 W85 处理,表明在抽穗期 W70 处理土壤水分对根的影响减小,而对地上部生长影响增大了。

长、总根表面积和根体积均随着土壤含水量的下降而下降,与郝树荣等^[9]结论一致。当土壤含水量下降至饱和含水量的 80%~85%时(轻度水分胁迫),部分根平均直径下降达显著水平,总根长、总根表面积和总根体积的下降未达显著水平;当土壤含水量下降至饱和含水量的 70%时(重度水分胁迫),根平均直径、总根长、总根表面积和根体积的下降均达到显著水平。重度水分胁迫下,拔节期和成熟期根冠比均较低,表明重度水分胁迫对根系生长的影响较大。高志红等^[7]研究认为持续的水分胁迫可以使水稻根直径变粗,根长变短,与本研究结果不完全一致。而张玉屏等^[10]则认为水分胁迫显著影响了水稻单株次生根数、根系干质量、根系吸收总面积,与本研究结论基本相符。本研究认为,水分胁迫使根粗变细,根长变短,且根粗对水分胁迫响应更为敏感,原因可能是免耕水稻根系向表面富集^[14],根的伸长有限,进而对根粗调控作用加大。本研究在拔节期和成熟期,重度水分胁迫首先影响了根系增粗,其次抑制根系伸长,最终使根系与土壤接触面积

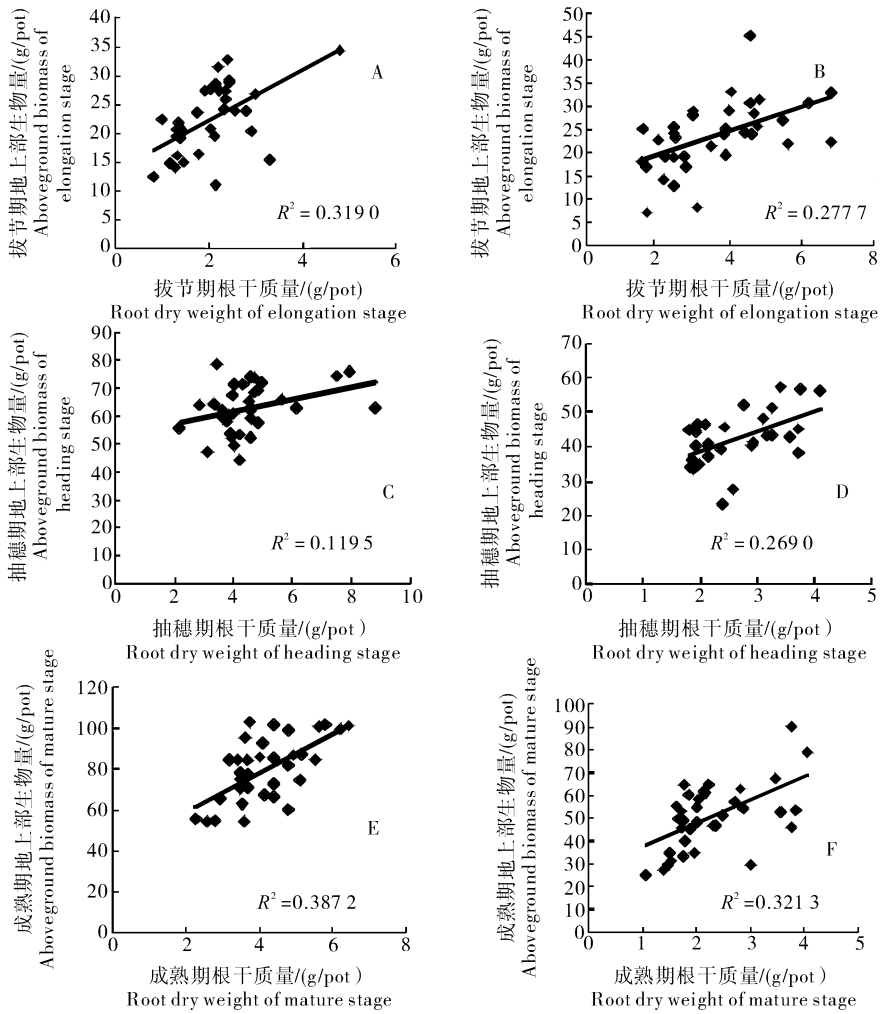


图 4 免耕水稻根干质量与地上部生物量的关系

Fig.4 The relationship between root dry weight and aboveground biomass in no-tillage rice

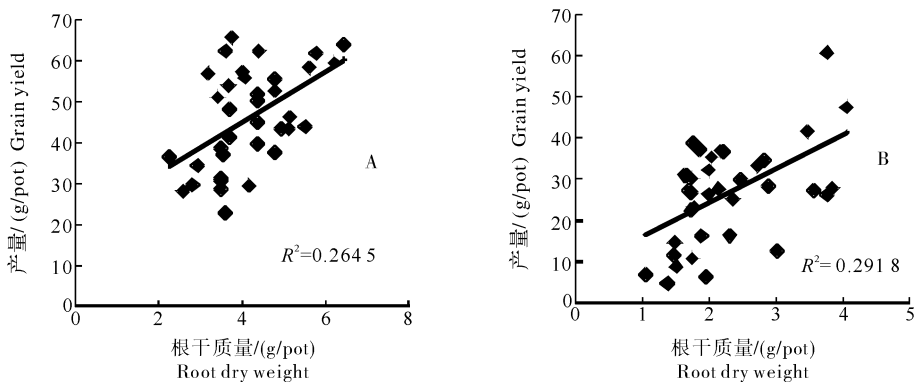


图 5 免耕水稻成熟期根干质量与产量的关系 (A:早稻;B:晚稻)

Fig.5 The relationship between root dry weight of mature stage and grain yeild in no-tillage rice(A:Early rice; B:Late rice)

和空间体积明显下降;免耕水稻总根长、总根表面积和总根体积的下降必然使植株对土壤中水分和养分的吸收减少,从而影响到植株地上部生长,最终导致产量显著下降。

在抽穗期,土壤水分对免耕水稻根粗的影响较大,轻度水分胁迫和重度水分胁迫根平均直径均显著下降;而土壤水分对总根长、总根表面积和总根体积的影响小,各处理间差异不显著。根长变化最灵

敏的是直径 0.0~0.5 mm 根分区内根长,抽穗期直径为 0.0~0.5 mm 根分区内根长各处理间差异不显著,与拔节期相比,水分胁迫使 0.0~0.5 mm 根分区内细根比例增加,这可能是平均直径下降的原因之一。在抽穗期重度水分胁迫下根冠比有所增加,表明此时土壤水分对植株地上部的抑制作用大于对根系的抑制,这可能是根干质量未显著下降的重要原因。张玉屏等^[10]认为抽穗开花期根系对水分胁迫反应最敏感,汪妮娜等^[12]研究表明抽穗扬花期水分胁迫对水稻根系生长的抑制作用不显著。本研究中免耕水稻抽穗期土壤水分对根平均直径影响较大,而各处理间总根长、根表面积和根总体积差异不显著,与汪妮娜等^[12]结果一致。原因可能是穗分化开始后,植株生长较为旺盛,植株对养分与水分的需求增加,植株可能通过加大干物质向根系的分配比例来提高根系的生长速率或使根系伸长^[7],以此来补偿因含水量降低而造成的对根系生长的不利影响,进而满足植株对养分和水分的要求。本研究中,重度水分胁迫根冠比有所增加也间接证明了以上观点。因此,抽穗前可能存在一个对根系有补偿效应的生长时期。

另外,重度水分胁迫下,成熟期根干质量、根长、根直径、表面积和总体积均较抽穗期明显下降,表明根系在成熟期出现早衰现象。与张玉屏等^[10]认为的后期土壤干旱,易导致根系早衰的结论一致。有研究认为,土壤水分为田间最大持水量的 70%~75%时,最有利于水稻根系生长发育^[10];轻度水分胁迫(土壤含水量为田间最大持水量的 80%)有利于延缓水稻生长后期根系的衰老,而中重度水分胁迫无此功能^[11],与本研究结论不一致。本研究认为,不同时期根系干质量均随着土壤水分的下降而下降,轻度水分胁迫根干质量下降未达显著水平;而根干质量与其对应的地上部生物量积累及最终产量均呈极显著正相关。这表明轻度水分胁迫没有延缓根系衰老的功能;就根系生长而言,最适水分仍是较高土壤水分(饱和含水量的 80%以上)。

本研究还发现,不同土壤水分条件下,决定根总长的根系是直径在 0.0~1.0 mm 之间的细根,占总根长的 84%~97%,其中 0.0~0.5 mm 细根占总根长的 40%~72%。总表面积和根体积大小起决定性作用的根系是直径在 0.0~1.5 mm 和 0.5~1.5 mm 之间的根系的数量和长度,分别占根表面积和根体积的 93%~99%和 72%~87%,其中均以

0.5~1.0 mm 根区间所占比例最大,分别占根表面积和根体积的 45%~60%和 42%~64%。综合根长、根表面积和根总体积可得出,土壤水分对根系调控最核心的区域是 0.5~1.0 mm 根直径区间。

综上,重度水分胁迫显著抑制了免耕水稻拔节期根系的增粗和伸长,引发成熟期根系早衰,导致植株对土壤中水分和养分的吸收下降,地上部物质积累减少,最终使产量显著下降。轻度水分胁迫对免耕水稻没有延缓根系衰老的功能。土壤水分对免耕水稻根系的调控主要在直径为 0.0~1.5 mm 根区,其中最核心区是直径为 0.5~1.0 mm 根区。

免耕和抛秧技术相结合在免耕水稻栽培实践中起到了重要作用,而本研究中免耕水稻移栽采用了手插秧,且大多数关于水分的研究均采用盆栽试验下的插秧技术。因此,免耕水稻插秧和抛秧技术下,根系受土壤水分的影响是否存在差异,需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 杨建昌.水稻根系形成生理和产量、品质形成及养分吸收利用的关系[J].中国农业科学,2011,44(1):1-3.
- [2] 张荣萍,马均,王贺正,等.不同灌水方式对水稻生育特性及水分利用率的影响[J].中国农学通报,2005,21(9):144-150.
- [3] 梁永超,胡锋,杨茂成,等.水稻覆膜旱种高产节水机理研究[J].中国农业科学,1999,32(1):26-32.
- [4] 杨建昌,王国忠,王志琴,等.旱种水稻灌浆特性与灌浆期籽粒中激素含量的变化[J].作物学报,2002,28(5):615-621.
- [5] 汪强,樊小林,KLAUS D,等.不同水分条件下水稻根系生长与产量变化关系研究[J].农艺科学,2006,22(11):106-111.
- [6] 蔡昆争,吴学祝,骆世明,等.不同生育期水分胁迫对水稻根系活力、叶片水势和保护酶活性的影响[J].华南农业大学学报,2008,29(2):7-10.
- [7] 高志红,陈晓远.聚乙二醇造成的水分胁迫对水稻根系生长的影响[J].华北农学报,2009,24(2):128-133.
- [8] 王秋菊,李明贤,赵宏亮,等.控水灌溉对水稻根系生长影响的试验研究[J].农艺科学,2008,24(8):206-208.
- [9] 郝树荣,郭相平,张展羽,等.水稻根冠功能对水分胁迫及复水的补偿响应[J].农业机械学报,2010,41(5):52-55.
- [10] 张玉屏,李金才,黄义德,等.水分胁迫对水稻根系生长和部分生理特性的影响[J].安徽农业科学,2001,29(1):58-59.
- [11] 黎国喜,唐湘如,程艳波,等.水稻产量和构件对持续干旱胁迫的补偿效应初探[J].中山大学学报,2008,47(3):94-99.
- [12] 汪妮娜,黄敏,陈德威,等.不同生育期水分胁迫对水稻根系生长及产量的影响[J].热带作物学报,2013,34(9):1-7.
- [13] 江立庚,李如平,韦善清,等.金优 253 免耕抛秧秧苗的根系生长与立苗特性[J].广西农业生物科学,2005(24):31-34.
- [14] 高明,车福才,魏朝富,等.垄作免耕稻田水稻根系生长状况的

研究[J].土壤通报,1998,29(5):236-238.

[15] 冯跃华,邹应斌,BURESH R J,等.不同耕作方式对杂交水稻根系特性及产量的影响[J].中国农业科学,2006,39(4):693-701.

[16] 唐茂艳,何礼健,秦华东,等.免耕和稻草还田对金优 253 立苗速度与立苗期根系生长及产量的影响[J].中国农学通报,2005,21(9):154-157.

[17] 秦华东,谭素宁,曾华忠,等.稻田耕作方式和施氮水平对抛栽水稻群体质量及产量的影响[J].广西农业生物科学,2006

(12):315-320.

[18] 黄锦法,俞慧明,陆建贤,等.稻田免耕直播对土壤肥力性状与水稻生长的影响[J].浙江农业科学,1997(5):226-228.

[19] 徐世宏,梁天锋,曾华忠,等.不同耕作方式下水分管理对水稻氮素吸收利用的影响[J].核农学报,2009,23(6):1065-1069.

[20] 农梦玲,李伏生,刘水.根区局部灌溉和氮、钾水平对玉米干物质积累和水肥利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(6):1539-1545.

Effects of soil moisture on root growth of no-tillage rice

YANG Cailing^{1,2} LIU Lilong¹ CHUNG Nghiem Tien¹ QIN Huadong¹ ZHAO Quan¹
CHEN Dewei³ XU Shihong³ HUANG Min¹ JIANG Ligeng¹

1.State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources,
College of Agronomy, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2.Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China;

3.Guangxi General Station of Agricultural Technology Extension, Nanning 530022, China

Abstract Pot experiments were conducted in the early seasons and the later season of 2013. In each season, the hybrid rice cultivar Jiyou716 was planted under saturated soil moisture of 95%-100% (W100), 80%-85% (W85) and 65%-70% (W70). The results showed that the root growth was seriously limited by soil moisture of W70 at the stage of elongation. The root dry weight significantly decreased. The effect of soil moisture on root diameter was the biggest at the stage of heading, but that on root surface area, volume and dry weight was small. The root of W70 appeared early aging at the stage of mature. The length, diameter, surface area, volume and dry weight of root was significantly reduced. The root with diameter between 0.0-1.5 mm was crucial to the root growth regulation under different soil moistures. The root with diameter between 0.0-1.0 mm played decisive roles. There was no significant difference on root shoot ratio under different soil moistures and at the different stages. The ratio of shoot and root of W70 was lower than those of W100 and W85 at the stages of elongation and mature. The ratio of shoot and root of W70 was higher than that of W85 at the stage of heading. The dry weight of root and aboveground biomass, grain yield was significantly positively correlated in no-tillage rice. The root growth was inhibited by severe water stress at the stage of elongation. The root of W70 showed earlier senescence than that of W100 at the stage of mature. The aboveground biomass reduced, leading to the decrease of grain yield. Mild water stress did not make the root senescence slow down. The root with diameter between 0.5-1.0 mm was crucial to soil moisture on regulating the root growth under different soil moistures.

Keywords rice; no-tillage; soil moisture; root; wetting irrigation; water-saving irrigation

(责任编辑:张志钰)