裸燕麦根系体积与表面积的变化特征

宋晋辉[1,2],郭 江[1],李龙江[3],张立峰[2],王宏伟[3]

(1.河北北方学院 农科系,河北 张家口 075000;2.河北农业大学农学院,河北 保定.071001;
3.张家口农业局,河北 张家口 075000)

摘 要:以品五(晚熟品种)和坝莜一号(早熟品种)两个裸燕麦(莜麦)品种为试验材料,对其不同时期的根系体积和根系表面积的变化动态进行了研究。结果表明:裸燕麦两个品种中后期根系总体积的变化趋势基本一致,大致可分为:拔节期到抽穗开花期的快速增长阶段、抽穗开花期至开花后10~26 d的显著下降阶段、开花后10~26 d至成熟期的缓慢上升阶段。通过对裸燕麦不同时期分层根系体积和表面积的分析,30~90 cm土层中根系的继续增长导致其生育后期根系表现回升性增长特性。裸燕麦晚熟品种生育中后期根系体积、根表面积、根系干重等性状间呈极显著正相关;早熟品种除根系干重与根系表面积之间相关不显著外,其他各性状之间均呈极显著正相关关系。

关键词:裸燕麦;根系体积;根系表面积;相关性

中图分类号:S512.6 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2012)04-0133-06

随着对于作物生产潜力的开发和作物抗逆栽培生理研究的不断深入,作物根系的探索已成为近年来作物学中较为活跃的领域[1-4]。国内外有关小麦、玉米、水稻、大豆等作物根系的研究已经很多,对其在土体中的分布、生物量、根系活力、根系功能、地下部与地上部的关系以及根系对外界环境条件的反应等方面都做了比较深入系统的研究[5-18],但对喜凉作物裸燕麦根系的研究却很少。作者之前已对裸燕麦(莜麦)根系干重和全氮含量的变化[19]及根冠关系[20]作过报道。本研究针对裸燕麦根系体积和根系表面积等根部性状及它们之间的相关关系进行了研究,以期为区域裸燕麦的高效生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验条件

试验在河北省张北县河北农业大学张北实验站进行,选择两类裸燕麦品种为供试材料:晚熟品种品五和早熟品种坝莜一号;供试土壤为砂质栗钙土。

1.2 试验方法与测定项目

本试验采用根袋种植,袋直径20 cm,高100 cm,袋装过筛的试验地0~25 cm土层的土壤。于2003年5月25日将裸燕麦种植于根袋内,整个生育期不施肥料,但保证水分供给。于三叶期前后间苗,每袋留苗15株。播后46 d开始取样,每隔5 d取样一次,每次取3袋作为3个重复。在近地表处将植株剪断,分为根、冠两部分。根系部分每10 cm分为一层,经过浸泡、筛洗与清检等步骤,将净根在80℃烘箱中烘至恒重,采用排水法[21]测定分层根系的体积,采用重差计法测定根系表面积[22]。

1.3 数据分析与处理

试验数据采用Excel2007进行处理。

2 结果与分析

2.1 裸燕麦根系总体积与根表面积的变化

裸燕麦两个品种中后期15株根系总体积和总根表面积的变化见图1、图2。由图1可以看出:早熟品种坝莜一号的根系体积于开花期(7月24日)达最大值40.0 mL/15株;之后根系体积迅速下降,于开花后26 d(8月19日)降至最低32.0 mL/15株;之后至成熟,根系体积呈上升趋势,从32.0 mL/15株上升至34.5 mL/15株,平均每天增加0.3 mL/15株。晚熟品种品五在抽穗开花期(7月30日)完成快速增长,为46.0 mL/15株;之后至开花后10 d(8月9日)根系体积快速下降,从46.0 mL/15株下降到36.5 mL/15株,为最低值;开花后10 d直至成熟,根系体积呈波动性微增长,变幅不大,从36.5 mL/15株上升到38.5 mL/15株。

以上分析表明,裸燕麦两个品种中后期根系总体积的变化趋势基本一致,大致可分为:拔节期到抽穗开花期的快速增长阶段、抽穗开花期至开花后10~26 d的显著下降阶段、开花后10~26 d至成熟期的缓慢上升阶段。其中早熟品种成熟期的根系体积

收稿日期:2011-10-23
基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费资助(编号:201003053)
作者简介:宋晋辉(1978—),女,河北安国人,硕士,讲师,主要从事作物与微生物生态研究。
通讯作者:张立峰,E-mail:zlf@mail.hebau.edu.cn。

万方数据

为开花期的86.3%，为开花后26 d最低值的107.8%；晚熟品种成熟期的根系体积为抽穗期的83.7%，为开花后10 d最低值的105.5%。裸燕麦生育后期根系体积呈上升趋势，这与作者之前所报道的裸燕麦根系干重的变化相一致，也进一步证明了裸燕麦生育后期根系的回升性增长特性。

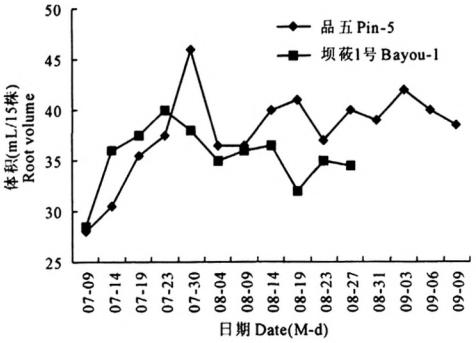

图1 不同裸燕麦品种中后期根系总体积的变化

Fig.1 Changes of the root volume during mid-late period in two naked oat varieties

裸燕麦根表面积变化如图2。晚熟品种品五中后期根系表面积的变化与根系体积的变化趋势基本一致：抽穗期(7月30日)之前快速增长，抽穗期至开花后10 d(8月9日)根系表面积急剧下降，之后至成熟根系表面积波动性上升。成熟期根系表面积为抽穗期的91.5%，为开花后10 d(8月9日)的121.59%。早熟品种坝莜一号的根系表面积于抽穗期(7月20日)达到最大值，之后有所下降；至成熟，根系表面积呈波动性增长趋势。分析表明，裸燕麦灌浆至成熟期根系体积与表面积均呈回升性增长趋势，这有利于提高籽粒的充实度，从而提高产量。

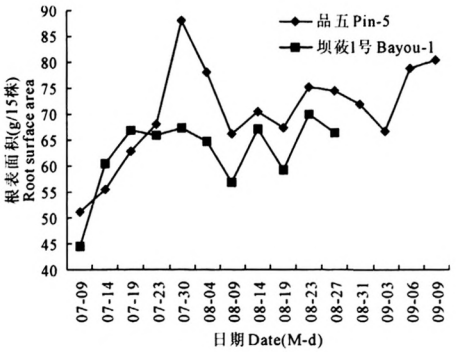

图2 不同裸燕麦品种中后期根系总表面积的变化

Fig.2 Changes of the root surface area during mid-late period in two naked oat varieties

2.2 裸燕麦不同时期根系体积与表面积的空间变化

两品种不同时期根系体积的空间变化如图3、图4。

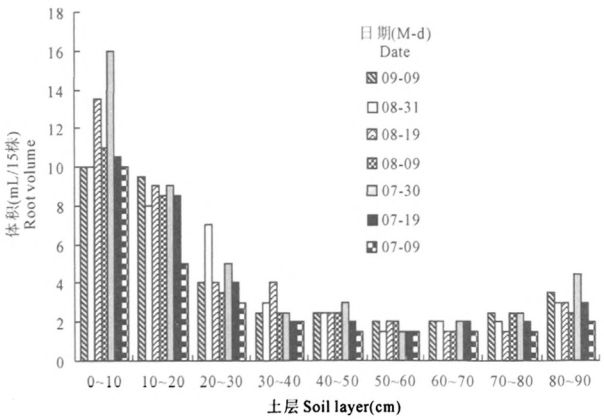

图3 品五不同时期不同土层根系体积的变化

Fig.3 Changes of the root volume in different soil layer during mid-late period of Pin-5

由图3、4看出，尽管不同裸燕麦品种中后期的根系体积在总量上存在差别，但各时期不同土层的根系体积分布特征基本一致，0~10 cm最大，0~70 cm土层内根系体积均随土层深度的增加而逐渐减少，70 cm以下根系体积有所上升。此结果与大田自然状态下的根系分布会有差异，上下质地一致的土体与封底的根袋影响根系分布。但造成后期70 cm以下根系体积增加的原因并不是根袋造成的，而是莜麦后期发根所致。

由表1可以看出，晚熟品种品五0~30 cm与30~90 cm土层的根系体积均于抽穗期(7月30日)达到最大，分别为30.0、16.0 mL/15株。之后直至成

万方数据

熟,0 ~ 30 cm 土层的根系体积不断下降,由 30.0 mL/15 株降至 23.5 mL/15 株,所占比例由 65.2%降至 61.0%。30 ~ 90 cm 土层的根系体积从抽穗期至灌浆初期(8 月 9 日)略有下降,由 16.0 mL/15 株降至 13.5 mL/15 株,但所占比例却由 34.8% 升至 37.0%;之后根系体积由 13.5 mL/15 株升至15.0 mL/15 株,所占比例由 37.0%升至 39.0%。早熟品种坝莜一号 0 ~ 30 cm 土层内的根系体积于 7 月 30 日达到最大 23.5 mL/15 株,之后持续下降,由 23.5 mL/15 株下降至 19.0 mL/15 株;30 ~ 90 cm 土层的根系体积变化较为平稳。

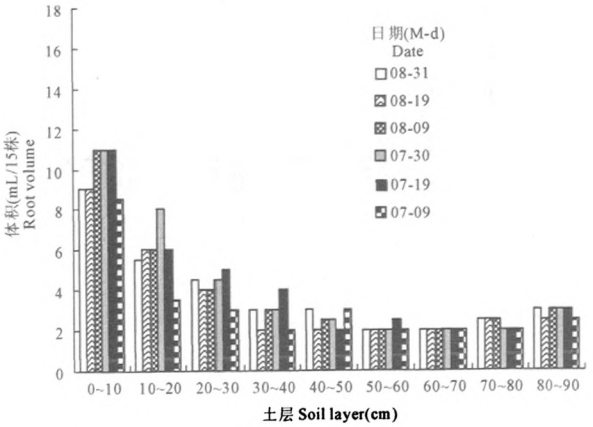

图 4　坝莜一号不同时期不同土层根系体积的变化

Fig.4　Changes of the root volume in different soil layer during mid-late period of Bayou - 1

表 1　裸燕麦不同时期不同土层的根系体积(mL/15 株)

Table 1　Root volume in different soil layer during growth period of naked oat

品种 Variety	土层 (cm) Soil layer	07 - 09		07 - 19		07 - 30		08 - 09		08 - 19		08 - 31		09 - 09	
		体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage	体积 Volume	比例(%) Percentage
品五 Pin - 5	0 ~ 30	18.0	64.3	23.0	64.8	30.0	65.2	23.0	63.0	26.5	64.6	25.0	64.1	23.5	61.0
	30 ~ 90	10.0	35.7	12.5	35.2	16.0	34.8	13.5	37.0	14.5	35.4	14.0	35.9	15.0	39.0
坝莜一号 Bayou - 1	0 ~ 30	15.0	52.6	22.0	58.7	23.5	61.8	21.0	58.3	19.0	59.4	19.0	55.1		
	30 ~ 90	13.5	47.4	15.5	41.3	14.5	38.2	15.0	41.7	13.0	40.6	15.5	44.9		

综合图 3、4 与表 1 可以看出,晚熟品种 0 ~ 30 cm 土层内的根系体积明显高于早熟品种,晚熟品种该层的根系体积平均为 24.14 mL/15 株,所占比例平均为 63.86%;早熟品种根系体积平均为 19.92 mL/15 株,所占比例平均为 57.65%。30 cm 以下的根系体积差异不大,晚熟品种平均为 13.64 mL/15 株,早熟品种为 14.50 mL/15 株。分析表明,晚熟品种的根量多于早熟品种主要是因为 0 ~ 30 cm 土层内根量的差异。

由图 5、6 可以看出:裸燕麦两个品种生育中后期根系表面积的时空变化与根系体积基本一致,均为 0 ~ 10 cm 最大,0 ~ 80 cm 土层内随层次加深,根系表面积递减;80 ~ 90 cm 土层内根系表面积略有上升。从图还可以看出,0 ~ 30 cm 根系表面积下降较快,30 ~ 90 cm 根系表面积变化很小。

由表 2 可以看出,晚熟品种中后期 0 ~ 30 cm 土层的根系表面积平均为 44.47 g/15 株,明显大于早熟品种 36.54 g/15 株;30 cm 以下则差异不大,晚熟品种平均为 25.28 g/15 株,早熟品种平均为 23.74 g/15 株。这与根系体积的分布趋势一致,进一步说明晚熟品种的根量多于早熟品种,主要是由于 0 ~ 30 cm 土层内根量的差异所造成的。

以上分析表明,无论是早熟品种还是晚熟品种,裸燕麦 0 ~ 30 cm 土层内的根系表面积变化幅度都较 30 ~ 90 cm 大,且随生育进程,根系逐渐向下扩展,下层比例逐渐增加,上层比例逐渐减少。此外,灌浆初期至成熟期,30 ~ 90 cm 土层的根系表面积比 0 ~ 30 cm 土层上升幅度大,说明生育后期深层根系

万方数据

对裸燕麦的产量提高起着更为重要的作用。

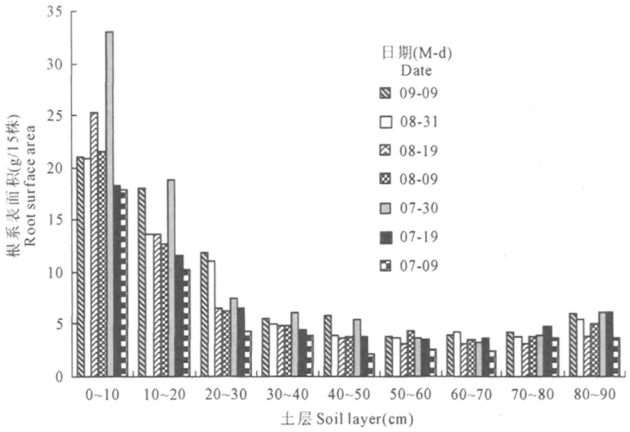

图5 品五中后期不同土层根系表面积的变化

Fig.5 Changes of the root surface area in different soil layer during mid-late period of Pin-5

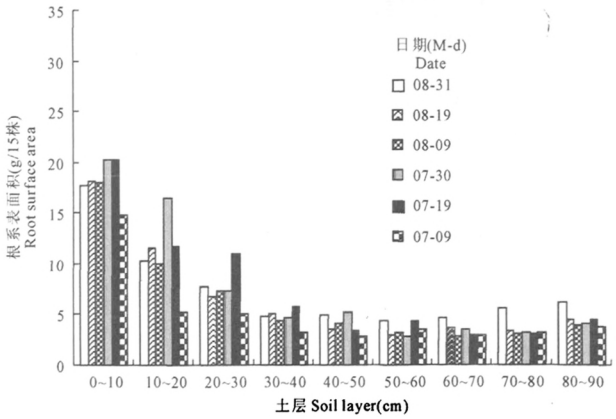

图6 坝莜一号中后期不同土层根系表面积的变化

Fig.6 Changes of the root surface area in different soil layer during mid-late period of Bayou-1

表2 裸燕麦不同时期不同土层的根系表面积

Table 2 Root surface area in different soil layer during growing period of naked oat

品种 Variety	土层(cm) Layer	根系表面积 Root surface area(g/15株)						
		07-09	07-19	07-30	08-09	08-19	08-31	09-09
品五 Pin-5	0~30	32.58	36.49	59.43	40.58	45.49	45.63	51.07
	30~90	18.58	26.41	28.62	25.69	21.93	26.23	29.51
坝莜一号 Bayou-1	0~30	24.99	42.79	43.98	35.25	36.44	35.81	
	30~90	19.54	24.11	23.46	21.72	22.96	30.65	

2.3 根系干重、根系体积与根系表面积的相关性

由表3可以看出,裸燕麦晚熟品种品五生育中后期根部各性状之间均呈极显著正相关关系,相关系数变化在0.7862~0.8858之间;裸燕麦早熟品种坝莜一号中后期根部各性状之间除根系干重与根系表面积之间相关不显著外,其他各性状之间均呈极显著正相关关系,相关系数为0.8174和0.7475。比较表3不同生育时期根系干重、根系体积与根系表面积的相关性可以看出,不同裸燕麦品种生育中期的相关性大于后期的相关性。

万方数据

表 3　裸燕麦中后期根部性状的相关性

Table 3　Correlation between root characters during mid-late growth period of naked oat

生育时期 Growth period	性状 Characters	品五 Pin-5			坝莜一号 Bayou-1		
		根系干重 Root dry weight	根系体积 Root volume	根系表面积 Root surface area	根系干重 Root dry weight	根系体积 Root volume	根系表面积 Root surface area
中后期 Mid-late period (07-09~09-09)	根系干重 Root dry weight	1.0000			1.0000		
	根系体积 Root volume	0.8858**	1.0000		0.8174**	1.0000	
	根系表面积 Root surface area	0.8329**	0.7862**	1.0000	0.4534	0.7475**	1.0000
中期 Middle period (07-09~08-04)	根系干重 Root dry weight	1.0000			1.0000		
	根系体积 Root volume	0.9424**	1.0000		0.8174**	1.0000	
	根系表面积 Root surface area	0.9526**	0.9418**	1.0000	0.4534	0.7475**	1.0000
后期 Late period (08-05~09-09)	根系干重 Root dry weight	1.0000			1.0000		
	根系体积 Root volume	0.2506	1.0000		0.6484	1.0000	
	根系表面积 Root surface area	0.3013	-0.2035	1.0000	0.0615	0.2638	1.0000

注:* 表示在 0.05 水平上显著相关,** 表示在 0.01 水平上显著相关。

Note: * and ** mean significant correlation at 0.05 and 0.01 levels respectively.

3　讨　论

作物生育后期根量的减少标志着生长势的降低和干物质向繁殖器官转移[2]。本研究表明,裸燕麦两个品种灌浆以后根系体积和表面积表现为 0~30 cm 土层的根量减少,30~90 cm 土层的根量增加,根系总体积与表面积呈现不同程度的回升性增长,与根系干重的变化趋势一致[19]。牛瑞明等[23]发现裸燕麦生育后期具有持续发根特性,灌浆以后 0~40 cm 土层内的根量显著增加,60 cm 以下根量缓慢减少,即裸燕麦生育后期是由于发新根而引起根量的持续增加。可以判定,裸燕麦生育后期根系具有增重特征。究竟何种原因或条件决定了不同根层的生育习性尚有待深入研究。

作物根系的时空分布影响着对环境资源的利用状况。本研究表明裸燕麦根系的空间分布,具有上层根系比例大、下层根系比例小的特征,0~30 cm 土层内根系体积所占比例早熟品种平均为57.65%,晚熟品种为 63.86%。华北高寒区的土壤土层较薄,40~60 cm 以下土层以砂砾为主,养分含量很低,而且地下水位很深,作物生育期间所需水分均为自然降水。鉴于这种特殊的生态条件,表层根系所占比例越大,越有利于对湿季大气降水和表层土壤养分的利用。由此,相比较而言,晚熟品种(品五)的根系在不同土层中的分布更有利于高产。

从根系的时间分布上来看,本研究发现莜麦裸燕麦生育后期 0~30 cm 土层中的根量减少,根系表面积与根系体积也有所下降,而 30~90 cm 土层中的根量、根系表面积及根系体积却有所增加。可见生育后期深层根系的继续增长,对于裸燕麦提高华北高寒半干旱区湿季的降水利用、促进籽粒与后期茎叶的干物质积累起着决定作用,这与前人的研究结果一致[23]。戴俊英等[24-26]的研究也表明,耕层以下土层中的根系,其量虽少,但对于吸收和利用下层土壤中养分、水分起着重要的作用。耕层以下土层中的根系,不但在苗期起着主导作用,而且在生育后期亦能配合上层根系发挥作用。但在坝上地区华北高寒区土层薄、地下水位低的条件下,发展下层根系是有一定难度的。在生产中,通过增加耕层厚度与采取深层施肥补水等措施,充分发挥后期深层根系的生理功能,对莜麦裸燕麦增产有重要的意义。

4　结　论

裸燕麦生育后期根系的体积、根表面积均具有回升性增长特性。裸燕麦根系主要集中分布在 0~30 cm 土层,早熟品种根系体积所占比例较低,为 57.65%,晚熟品种为 63.86%。裸燕麦生育后期 0~30 cm 土层内的根系体积与根表面积有下降趋势,而 30~90 cm 土层内的根系体积与根表面积表现增加,30~90 cm 土层中根系的继续增长导致了裸

万方数据

燕麦生育后期根系的回升性增长。裸燕麦晚熟品种生育中后期根系体积、根表面积、根系干重等性状间呈极显著正相关;早熟品种根系体积与根表面积、根系体积与根系干重性状间呈极显著正相关。

由于根袋内土体上下质地一致及根袋封底原因,故本试验中根系的整体分布会与大田自然状态下的根系分布有差异,但裸燕麦后期根系回升性增长的特性不受试验条件的影响,究竟何种原因或条件决定了不同根层的生育习性尚有待深入研究。

参考文献:

[1] 马元喜.冬小麦分蘖和根系的研究[J].农业学报,1959,10(6):486-493.

[2] 凌启鸿,凌 励.水稻不同层次根系的功能及对产量形成作用的研究[J].中国农业科学,1984,(5):3-11.

[3] 杨方人.旱作大豆高产综合技术对根系发育及生理功能影响的研究[J].大豆科学,1987,6(3):225-230.

[4] 郑丕尧,王法宏,王瑞舫,等.大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究Ⅱ生理功能[J].中国油料,1989,(2):6-9.

[5] 杨青华,高尔明,马新明,等.不同土壤类型玉米根系生长发育动态研究[J].华北农学报,2000,15(3):88-93.

[6] 李少昆,涂华玉,张旺峰,等.玉米根系在土壤中的分布及与地上部分的关系[J].新疆农业科学,1992,(3):99-103.

[7] 朱献玳,陈学留,刘益同.玉米根系的生长及其在土壤中的分布[J].莱阳农学院学报,1991,8(1):15-19.

[8] 王化岑,刘万代,王晨阳.超高产小麦根系生长规律与垂直分布状态研究[J].中国农学通报,2002,18(2):6-7,29.

[9] 杨青华,高尔明,马新明.砂姜黑土玉米根系生长发育动态研究[J].作物学报,2000,26(5):587-593.

[10] 赵秉强,张福锁,李增嘉,等.套作夏玉米根系数量与活性的空间分布及变化[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):81-86.

[11] 蔡昆争,骆世明,段舜山.水稻根系的空间分布及其与产量的关系[J].华南农业大学学报,2003,24(3):1-4.

[12] 吴伟明,宋祥甫,孙宗修,等.不同类型水稻的根系分布特征比较[J].中国水稻科学,2001,15(4):276-280.

[13] 孙广玉,张荣华,黄忠文.大豆根系在土层中分布特点的研究[J].中国油料作物学报,2002,24(1):45-47.

[14] 王志芬,陈学留,余美炎,等.冬小麦生长发育与根系关系的32P示踪研究[J].核农学报,1997,11(3):173-178.

[15] Barrelough P B. The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and type on root growth of high - yielding crops[J]. The Journal of Agricultural Science, 1984, 103(1):59-71.

[16] 崔振会.冬小麦根系发育与地上部分性状的相关性[J].北京农业科学,1985,(3),10-13.

[17] 管秀娟,赵世伟,王俊振,等.不同生育期干旱对冬小麦根冠生长发育的影响[J].华北农学报,2001,16(4):71-76.

[18] 王彦荣,华泽田,代贵金,等.北方粳型杂交稻根系生长特性研究[J].沈阳农业大学学报,2001,32(6):407-410.

[19] 宋晋辉,张立峰,樊新华,等.裸燕麦根系生长特性的研究[J].河北农大学报,2004,27(3):10-13.

[20] 宋晋辉,张立峰,王志辉,等.裸燕麦根冠关系的研究[J].河北农大学报,2006,29(6):1-3.

[21] 杨经略,卢永兴,裴兰英.春小麦初生根与生长发育关系的研究[J].华北农学报,1998,3(3):13-18.

[22] W·伯姆.薛德榕,谭协麟,译.根系研究法[M].北京:科学出版社,1985:173-175.

[23] 王殿武,王立秋,牛瑞明.高寒半干旱区农牧增产技术[M].北京:地震出版社,1998:122.

[24] 戴俊英,鄂玉江,顾慰连.玉米根系的生长规律及其与产量关系的研究Ⅱ.玉米根系与叶的相互作用及其与产量的关系[J].作物学报,1988,14(4):310-314.

[25] 潘幸来,孙来虎,王永杰,等.黄土高原冬小麦及苜蓿的根系构形特征[J].麦类作物,1997,17(1):32-35.

[26] 郝晓玲,苗果园,张云亭,等.小麦不同根群对产量形成的作用[C]//卢良恕.中国小麦栽培研究新进展.北京:农业出版社,1993:473-479.

Characteristics of the variation of root volume and root surface area of naked oat

SONG Jin-hui[1,2], GUO Jiang[1], LI Long-jiang[3], ZHANG Li-feng[2], WANG Hong-wei[3]

(1. *Department of Agronomic Science, Hebei North University, Zhangjiakou* 071000, *China*;
2. *College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding* 071001;
3. *Zhangjiakou Agricultural Bureau, Zhangjiakou* 071000, *China*)

Abstract: The variation of the root volume and root surface area at different growth stages was studied with two naked oat varieties, Pin - 5 (late maturity) and Bayou - 1 (early maturity). The results showed that the changes of root volume of early and late maturity varieties were similar. It could be divided into three stages, including rapidly increasing stage (from jointing period to heading and flowering period), slowly declining stage (from heading and flowering period to grain filling period), and slowly rising stage (from grain filling period to mature period). Research on the root volume and root surface area of different soil layers showed that continued growth of root in 30 ~ 90 cm soil layer caused root surface area and root volume to increase slowly after grain filling. In the mid-late period of the late maturity of naked oats, there were extremely significant positive correlations between root volume, root surface area and root dry weight, etc. The traits of early maturity of naked oats displayed significant positive correlations except root dry and root surface area in the mid-late period.

Keywords: naked oat; root volume; root surface area

万方数据