

不同密度玉米根系在大田土壤中的分布、重量的调节及与地上部分的关系

李少昆 刘景德* 张旺峰 魏邦军 杨刚 赵海**

(石河子农学院农学系, 石河子 832003) (新疆农垦科学院农业所*) (石河子农业中心**)

摘要 在早熟玉米新玉4号和中晚熟玉米Sc704单株根系最大重量出现的吐丝期与乳熟末期, 采用双向切片法对不同种植密度的玉米挖根观察表明, 玉米单株根重随密度增加而显著减少, 呈函数关系, 冠根比却与密度呈显著的正相关关系。77%以上的根系集中分布在距植株0~20cm、深40cm的柱状土体内, 但Sc704根系在土壤中的分布比新玉4号集中。玉米群体在根量上存在着一定的自动调节作用, 且Sc704比新玉4号的调节能力强。吐丝期玉米单株根量达最大值, 其同成熟期籽粒产量呈显著正相关。吐丝后上层根开始衰老, 但深层根仍在不断增加。

关键词 玉米 种植密度 根系 根重 冠根比

许多学者以往对玉米地上部分器官的结构与功能做了大量研究, 但对地下部分研究较少, 即使有些研究, 也多为盆栽试验观察, 在大田条件下观察研究的甚少^[1-3], 且有关不同群体根系自动调节规律报道更少。为此我们从1988年起开始对玉米根系进行探讨。前文报道了玉米不同生育期根系在大田土壤中的分布及其与地上部的关系^[4]和根系所含N、P、K、可溶性糖、游离氨基酸等营养成分的变化规律^[5]。本文着重从不同种植密度的群体入手, 研究上述项目的变化规律及根系自动调节的特点, 以进一步了解玉米生长发育的规律, 为玉米田合理密植、耕作、施肥、灌水等作业提供理论依据。

1 材料和方法

供试玉米新玉4号和Sc704均为单交种, 前者为早熟种, 后者中熟偏晚。研究工作在本院农学系试验站进行。试验地土质为壤土(土壤剖面容重见表1), 耕层(0~20cm)含有机质1.4995%, 全氮0.0917%, 全磷0.0925%, 全钾2.5750%, 水解氮57.29mg/kg, 速效磷21.45mg/kg, 速效钾164.35mg/kg。试验设置四种密度, 种植方式分别为60cm×15cm、60cm×30cm、60cm×45cm、

60cm×60cm。采用裂区设计, 2次重复, 小区面积29m²。生育期间保持田间无杂草, 其它管理同一般大田。根系重量系采用双向切片法挖取, 即在单株所占营养面积内, 从地表向下每10cm为一层切割, 挖至不见根段为止。横向以植株为中心, 分别向两侧行间以10cm为单位向下切割, 每层即被切成立方形土体(体积为株距×10×10cm³)6块。挖出的每一土体土均全部收集, 拣出根段, 分别洗净、烘干、称重。取样时期为玉米根系最大重量可能出现的吐丝期和乳熟末期^[4], 每处理每期各挖2~4株, 且所有被挖取的植株均测其绿叶面积、基部节间茎粗及地上部各器官的重量, 吐丝期还测Sc704各叶位、叶片和叶绿素含量, 成熟期测定各小区的籽粒产量。此外烘干称重后的根样经粉碎用于分析测定, 其中全氮的测定用凯氏定氮法, 磷素用钼锑抗比色法, 钾素用原子吸收分光光度法, 氨基酸用标准蛋白水解法在日立835-50型氨基酸自动分析仪上测定。

表1 试验地土壤剖面不同层次的容重

项 目	土 层 深 (cm)						
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~120	120~140
容重(g/cm ³)	1.36	1.54	1.44	1.46	1.47	1.36	1.44

2 结果与分析

2.1 根系在土壤中的垂直分布

供试品种根系在土层中的垂直分布趋势是自地表向下急骤递减。具体分布有以下特点：(1)各密度处理新玉4号根系重量的64.4%以上分布于近地表20cm土层内，83.4%以上分布在40cm以上土层内，Sc704则分别为70.4%和85.5%以上。(2)不同密度处理，根系下扎土壤深度相差不大。吐丝期Sc704和新玉4号分别为150cm和110cm左右，至乳熟末期，新玉4号可达140cm左右。(3)吐丝期至乳熟末期，新玉4号根量虽减少，但根系分布却继续向下发展，40cm以下土层根量由吐丝期占总根量的10.2%~11.9%增加到乳熟末期的12.1%~16.6%。由此可见，在玉米的生育后期，一方面老根在不断衰亡，另一方面新根在不断的形成，并不断向土壤深层延伸。这些新增加的下层根系

数量虽少，但它们伸入较深和较紧实的土壤中，衰亡速度较上层根系晚，可吸收与利用土壤下层的养分、水分，对玉米产量的形成有重要作用。(4)同一生育期同一土层内，Sc704稀植的根系重量多大于密植的，更大于新玉4号。(5)玉米不同密度根系重的垂直分布规律同不同生育期的一样也呈负指数曲线⁽⁴⁾，方程为 $\hat{y}=ae^{-bx}$ [$\hat{y}$ 为根干重(mg)， x 为土层深(10cm为一个土层单位)， a 为常数， b 为递减率]， $|b|$ 值越小， $\hat{y}$ 值随 x 值增加而减少的值越少，土壤深层根量就越大。从表2和表3中回归指数 b 值的变化也可看出，新玉4号乳熟末期的下层根量随土层深的增加而减少的速度明显小于吐丝期。(6)由表4可见，新玉4号不同土层根系密度表现为高密度处理的多大于低密度处理的。而Sc704不同处理其相应土层的根系密度差异较小(表2、3、4)。

表2 Sc704 吐丝期不同种植方式不同土层中根系垂直分布及根重 (1992)

土 层 深 (cm)	各土层根重(mg)				各土层根重(%)			
	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm
地 上	3116	2308	8742	13530	27.3	8.8	23.3	27.4
0~10	3586	12497	12097	18770	31.4	47.4	32.2	37.9
10~20	1342	4055	5755	4846	11.7	15.4	15.3	9.8
20~30	951	2708	4134	3569	8.3	10.3	11.0	7.2
30~40	782	1710	2005	2001	6.8	6.5	5.3	4.0
40~50	626	980	1681	2229	5.5	3.7	4.5	4.5
50~60	349	778	1326	1757	3.1	3.0	3.5	3.6
60~70	345	523	662	1379	3.0	2.0	1.8	2.8
70~80	135	361	429	613	1.2	1.4	1.1	1.2
80~90	94	207	260	350	0.8	0.8	0.7	0.7
90~100	57	108	160	168	0.5	0.4	0.4	0.3
100~110	36	43	122	110	0.3	0.2	0.3	0.2
110~120	8	34	113	80	0.1	0.1	0.3	0.2
120~130	3	11	69	40	0.03	0.04	0.2	0.1
130~140	4	16	39	27	0.03	0.1	0.1	0.1
140~150	1	3	4	3	0.01	0.01	0.01	0.01
合 计	11435	26342	37598	49472	100	100	100	100
a	7667	17114	17778	25616				
b	0.0546	0.0532	0.0468	0.0519				
r	0.947**	0.958**	0.990**	0.938**				

注：a、b为根系垂直分布模型 $\hat{y}=ae^{-bx}$ 方程中的参数值，r为根系分布与方程拟合程度值。

表 3

新玉 4 号不同种植方式不同土层中根系垂直分布及根重

(1992)

土 层 深 (cm)	吐丝期各土层根重(mg)				吐丝期各土层根重(%)			
	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm
0~10	5889	9181	13499	17090	52.1	53.1	63.2	66.6
10~20	1385	2140	2380	2693	12.3	12.4	11.1	10.5
20~30	1453	1895	1807	1436	12.9	11.0	8.5	5.6
30~40	1216	2275	1498	1532	10.8	13.2	7.0	6.0
40~50	564	1082	1092	1102	5.0	6.3	5.1	4.3
50~60	349	442	594	666	3.1	2.6	2.8	2.6
60~70	202	161	266	596	1.8	0.9	1.3	2.3
70~80	130	73	158	305	1.2	0.4	0.7	1.2
80~90	92	36	52	167	0.8	0.2	0.2	0.7
90~100	21	13	13	48	0.2	0.1	0.1	0.2
100~110	4	3	3	13	0.02	0.02	0.01	0.1
合 计	11305	17301	21362	25648	100	100	100	100
a	7403	23049	25044	16477				
b	0.0522	0.0738	0.0722	0.0566				
r	0.909**	0.942**	0.950**	0.748**				

土 层 深 (cm)	乳熟末期各土层根重(mg)				乳熟末期各土层根重(%)			
	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm
地 上	5172	4005	4964	3769	50.7	27.5	26.3	14.9
0~10	2039	3975	8302	11963	20.0	27.3	43.9	47.4
10~20	737	1815	1352	3229	7.2	12.5	7.2	12.8
20~30	440	1373	862	1689	4.3	9.4	4.6	6.7
30~40	362	978	1115	1317	3.6	6.7	5.9	5.2
40~50	430	912	812	873	4.2	6.3	4.3	3.5
50~60	335	633	567	745	3.3	4.3	3.0	3.0
60~70	197	320	327	560	1.9	2.2	1.7	2.2
70~80	156	185	235	409	1.5	1.3	1.2	1.6
80~90	117	157	130	281	1.2	1.1	0.7	1.1
90~100	103	99	91	153	1.0	0.7	0.5	0.6
100~110	51	55	71	128	0.5	0.4	0.4	0.5
110~120	31	44	39	84	0.3	0.3	0.2	0.3
120~130	22	18	15	45	0.2	0.1	0.1	0.2
130~140	7	13	11	9	0.1	0.1	0.1	0.04
合 计	10199	14582	18893	25254	100	100	100	100
a	2124	5827	6317	10002				
b	0.0353	0.0422	0.0436	0.0430				
r	0.913**	0.981**	0.702**	0.778**				

注:a、b 为根系垂直分布模型 $y=ae^{-bx}$ 方程中参数值,r 为根重分布与方程拟合程度值。

表 4

玉米不同种植密度不同土层中根系密度(mg/100cm³)

(1992)

土层	Sc704,吐丝期					新玉4号,吐丝期					新玉4号,乳熟末期				
	土层深 (cm)	60×15 cm	60×30 cm	60×45 cm	60×60 cm	土层深 (cm)	60×15 cm	60×30 cm	60×45 cm	60×60 cm	土层深 (cm)	60×15 cm	60×30 cm	60×45 cm	60×60 cm
上	0~40	27.16	32.33	30.31	29.66	0~40	27.62	21.52	17.76	15.80	0~40	24.31	16.87	15.37	15.26
中	40~100	2.97	2.74	2.79	3.01	40~80	3.46	2.44	1.95	1.85	40~100	2.48	2.14	1.34	1.40
下	100~150	0.12	0.12	0.26	0.14	80~110	0.43	0.10	0.08	0.21	100~140	0.31	0.18	0.13	0.19
平均	0~150	8.47	9.76	9.28	9.16	0~110	11.42	8.74	7.19	6.48	0~140	8.09	5.79	5.00	5.01

2.2 根系在土壤中的侧向分布

观测表明,玉米根系从植株向外,随侧向距离增加而递减,具体分布特点是:(1)不同杂交种、不同时期、不同种植密度玉米根系密度均表现为随着距植株侧向距离的增加而显著地减少,且吐丝期新玉4号各侧向不同范围内的根系密度又均随种植密度的减少而降低。Sc704吐丝期和新玉4号乳熟末期60cm×30cm、60cm×45cm和60cm×60cm三种密度之间距植株0~10cm范围内的根系密度相差不大,但又分别明显地大于和小于两杂交种各自60cm×15cm处理的。(2)吐丝期在距植株侧向0~10cm范围内,Sc704的根系密度显著地大于新玉4号的(60cm×15cm的处理除外),而其它范围内两杂交种根系密度相差不大。(3)不同密度根系重的90%左

右集中分布在距植株0~20cm范围内。其中新玉4号、Sc704吐丝期分别为85.1%~87.7%和87.2%~91.6%,新玉4号乳熟末期为88.4%~93.0%。新玉4号乳熟末期较吐丝期根系在0~20cm范围内占总根量的比例明显增加可能与气生根大量发生有关。(4)新玉4号吐丝期不同密度根系重量的77.3%~81.3%和60.2%~71.5%分布在距植株20cm和10cm、深40cm土体内,而Sc704在这两个区域的根系分布相应为78.2%~83.3%和67.8%~73.3%。可见,Sc704根系在土壤中的分布较新玉4号紧凑。(5)不同密度间,新玉4号根量吐丝期明显的表现为密度越小,近株间0~10cm范围内占总根量的比例增大,而Sc704及乳熟末期的新玉4号却不明显(表5,表6)。

表5 吐丝期玉米不同种植方式侧向不同范围内根系密度及占总根量的比例 (1992)

种植方式 (行距×株距) (cm)		新玉4号						Sc704					
		mg/100cm ³			%			mg/100cm ³			%		
		0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
60×15	A	22.15	7.02	5.09	64.6	20.5	14.9	18.06	4.10	3.25	71.1	16.1	12.8
	B	56.74	16.11	10.01	60.2	17.1	10.6	64.62	9.89	5.97	67.8	10.4	7.3
60×30	A	17.38	4.93	3.91	66.3	18.8	14.9	22.62	4.18	2.47	77.3	14.3	8.4
	B	45.31	10.52	8.72	62.9	14.6	12.1	80.43	10.94	5.62	73.3	10.0	5.1
60×45	A	16.08	2.68	2.81	74.5	12.4	13.9	20.27	4.24	3.34	72.8	15.2	12.0
	B	42.34	5.35	5.60	71.4	9.0	9.4	71.71	11.40	7.81	68.7	10.9	7.5
60×60	A	14.42	2.63	2.39	74.2	13.5	12.3	21.53	3.56	2.40	78.3	13.0	8.7
	B	38.20	5.23	3.97	71.5	9.8	7.4	75.30	8.94	4.75	73.1	8.7	4.6

注:A、B分别表示全层和40cm以上的土层,表中数据分别为A、B土层根系密度及占总根重的百分比。

表6 乳熟末期玉米不同种植方式侧向不同范围内根系密度及占总根量的比例 (1992)

种植方式 (行距×株距) cm		mg/100cm ³			%		
		0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
60×15	A	18.77	3.12	2.39	77.3	12.9	9.9
	B	62.83	6.22	3.86	73.9	7.3	4.6
60×30	A	12.31	3.05	2.01	70.9	17.5	11.6
	B	39.51	6.75	4.35	65.0	11.1	7.2
60×45	A	12.71	1.25	1.06	84.8	8.2	7.0
	B	41.71	2.24	2.15	79.5	4.3	4.1
60×60	A	12.14	1.71	1.18	80.8	11.4	7.8
	B	39.45	3.87	2.45	75.0	7.4	4.7

注:A、B分别表示全层和40cm以上的土层,表中数据分别为A、B土层根系密度及占总根重的百分比。

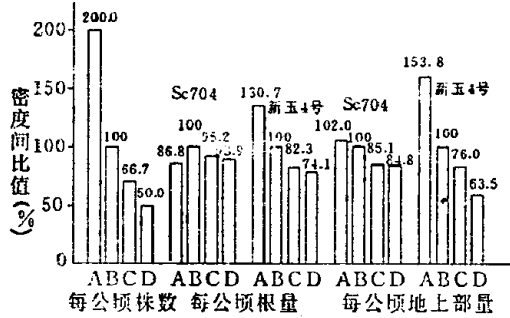
2.3 根系生长及其与地上部分的关系

2.3.1 群体在根重上自动调节的特点

由附图可见,两杂交种的播种密度,高密度比中密度在每公顷株数上高100.0%,两个低密度分别比中密度低33.3%和50.0%,即密度间虽然相差100.0%~50%,但通过单株重量的变化,不同密度间的群体根重和冠重则趋于接近。

Sc704的根重可调节到-13.2%~-6.1%(不同处理群体根重变异系数(C、V)为5.79%),新玉4号可调节30.7%~

-25.90% (C、V%为 25.88%)。由此可见,在根重上,(1)玉米群体存在着一定的自动调节能力,且这种能力是在土壤不同深度的根重上同时表现出来的(见前表 4)。(2)不同杂交种的调节能力是不同的。早熟种新玉 4 号植株较小,生育期间得到的光、CO₂ 和土壤养分等环境资源相对充足,使各密度间的个体生长速度相对接近,因此在本试验所涉及的密度范围(27778~111111 株·ha⁻¹)内,其在群体根重上不如 Sc704 自动调节能力强。(3)群体在根量上的自动调节作用毕竟是有限的,为了充分利用单位空间内的环境资源,使之形成合理的群体结构,还须经过人为的调控。因此从群体根量看,Sc704 以 60cm×30cm 左右的密度较为适合,而新玉 4 号则需更大些。



附图 玉米不同品种不同密度根量与地上部变化的相对值
图注: A. 60cm×15cm; B. 60cm×30cm; C. 60cm×45cm; D. 60cm×60cm.

两杂交种单株根系最大重量均出现在吐丝期,由吐丝期相应地上部的调节结果可见,(1)地上部也具有一定的调节能力(Sc704C、V%为 8.69%,新玉 4 号 C、V%为 35.20%),但在此期其调节能力不如根系强。此外同根系的调节能力一样,Sc704 地上部的调节能力比新玉 4 号强。(2)单位面积上新玉 4 号群体根量同地上部生物学产量一样随密度增加而增加,即在吐丝期个体发育受削弱的负效应小于群体发展的正效应。

2.3.2 冠根比(T/R)的变化

表 7 表明,在吐丝期,Sc704 不同密度处理的 T/R 值均较新玉 4 号大,且两品种的

T/R 值均随密度的增大而显著变小(Sc704 $r=0.989^*$,新玉 4 号 $r=0.991^{**}$)。这说明密度越大,根系生长发育较地上部受到的抑制越大,即单位根重对地上部的载荷量更大,这与不同密度小麦 T/R 值的变化有所不同^[6]。此外,乳熟末期与吐丝期相比,时间虽仅隔 1 个月左右,但新玉 4 号的 T/R 值却增大了一倍多,且在乳熟末期其 T/R 值同种植密度不呈直线相关关系。

表 7 不同品种不同密度玉米的冠根比(T/R) (1992)

品 种	生育时期	处理(行距×株距)cm			
		60×15	60×30	60×45	60×60
Sc704	吐丝期	10.33	8.79	7.86	7.94
新玉 4 号	吐丝期	8.37	7.11	6.57	6.09
新玉 4 号	乳熟末期	17.68	22.37	21.23	17.07

2.3.3 根系与地上部性状之间的相关

试验结果表明,玉米植株地下部分干重与地上部分干重、生殖器官(雄穗+雌穗)干重、茎粗均随栽培密度的增加而降低。说明根系的生长发育和地上部的生长发育对群体竞争的反应是同步的,二者均随群体的增大而削弱(表 8)。

将不同密度玉米根系重量与地上部各性状间进行统计分析可知:(1)单株根重与种植密度呈高度负相关关系,两者以密函数 $\hat{y}=ax^{-b}$ [其中 $\hat{y}$ 为单株根干重(g), x 为种植密度(株·ha⁻¹)] 方程模拟最佳,如吐丝期 Sc704 和新玉 4 号分别为 $\hat{y}=2497231.00x^{-1.0552}$, $r=0.997^{**}$ 和 $\hat{y}=10263.53x^{-0.5858}$, $r=0.999^{**}$; 乳熟末期新玉 4 号为 $\hat{y}=15653.15x^{-0.6343}$, $r=0.983^*$ 。(2)Sc704 吐丝期根系重量与其叶片重、叶鞘重、茎重、绿叶面积、基部倒二节茎粗均呈显著或极显著正相关(表 9),与乳熟末期生殖器官、地上部重亦均呈显著正相关($r=0.969^*$, $r=0.950^*$),又同成熟期籽粒产量呈显著正相关(回归方程为 $\hat{y}=131.906+3.516\times10^{-3}x$, $r=$

0.954^{*};其中与影响产量的性状结穗率的相关系数 $r=0.994^{**}$,与千粒重的相关系数 $r=0.977^{*}$).此外,在60cm×15cm至60cm×45cm密度范围内,Sc704根系重量同全株各叶片叶绿素含量平均值呈极显著正相关($r=0.999^{**}$).(3)在本试验所涉及种植密度范围内,吐丝期新玉4号根系重量同叶面积及其叶片干重间相关程度较小,而与其它性状均呈显著或极显著正相关(表9),同乳熟末期生殖器官、地上部重亦均呈显著正相关(r

$=0.965^{*}$, $r=0.975^{*}$),同成熟期籽粒产量呈极显著正相关($r=0.991^{**}$).但另经分析,乳熟末期新玉4号根系重量与其地上部各性状间均呈正相关关系,却均未达到显著标准。

由上可见,玉米植株各器官的生长发育及其生理过程是相互关联、相互影响的.植株地上部生长旺盛、籽粒产量高,必须在吐丝前建立强大的根系作保证。

表 8 玉米不同密度根系与地上部性状 (干重单位:gdw.株⁻¹,1992)

种 植 密 度		Sc704						
行距×株距 (cm)	株·ha ⁻¹	吐 丝 期				乳熟末期		
		根 重	地上部重	茎 茎 粗 (cm)	叶面积 (cm ² ·株 ⁻¹)	叶绿素含量* (mg·g ⁻¹ FW)	生殖器官重	地上部重
60×15	111111	11.435	118.14	2.59	7198.7	2.374	42.16	198.68
60×30	55556	26.342	231.56	3.05	8180.9	2.801	125.46	370.40
60×45	37037	37.598	295.41	3.17	9421.5	3.179	142.90	470.62
60×60	27778	49.472	392.73	3.73	9564.2	2.265	177.22	478.32

种 植 密 度		新 玉 4 号						
行距×株距 (cm)	株·ha ⁻¹	吐 丝 期			乳熟末期			
		根 重	地上部重	茎 茎 粗(cm)	根 重	生殖器官重	地上部重	
60×15	111111	11.305	94.64	2.21	10.199	112.72	180.28	
60×30	55556	17.301	123.09	2.68	14.582	178.40	326.27	
60×45	37037	21.362	140.41	2.75	18.893	281.62	401.02	
60×60	27778	25.648	156.20	3.08	25.254	292.27	431.10	

* 叶绿素含量为测定全株所有叶片的平均值。

表 9 不同密度玉米吐丝期根重与冠部性状的相关关系 (1992)

性 状	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	
根 重	x_1		0.983 [*]	0.992 ^{**}	0.979 [*]	0.998 ^{**}	0.999 ^{**}	0.968 [*]	0.978 [*]
茎 重	x_2	0.973 [*]		0.957 [*]	0.940	0.992 ^{**}	0.991 ^{**}	0.916	0.994 ^{**}
叶片重	x_3	0.229	0.358		0.996 ^{**}	0.984 [*]	0.985 [*]	0.992 ^{**}	0.950 [*]
叶鞘重	x_4	0.965 [*]	0.993 ^{**}	0.433		0.968 [*]	0.970 [*]	0.997 ^{**}	0.919
地上部重	x_5	0.998 ^{**}	0.982 [*]	0.283	0.978 [*]		1.000 ^{**}	0.953 [*]	0.988 [*]
全株重	x_6	0.999 ^{**}	0.980 [*]	0.273	0.976 [*]	1.000 ^{**}		0.955 [*]	0.987 [*]
绿叶面积	x_7	0.518	0.784	0.509	0.442	0.491	0.496		0.952 [*]
基部倒二节茎粗	x_8	0.981 [*]	0.936	0.322	0.943	0.982 [*]	0.982 [*]	0.350	

注:表内右上角为 Sc704,左下角为新玉4号, $r_{0.05}=0.950$, $r_{0.01}=0.990$ 。

2.3.4 根系重量与其体内营养物质的含量
于吐丝期测定不同密度玉米根系营养成分含量的结果列于表10。将表10中单株根

重与所含营养成分 N、P₂O₅、K₂O、氨基酸百分含量之间经相关统计表明,Sc704 相关系数 r 分别依次为 0.370、0.933、0.617、

0.212; 新玉4号为0.067、0.733、0.878、0.627。即根重与各营养成分间均呈正相关,但未达到显著水平,其中根重与 P_2O_5 和 K_2O

的关系更密切些。此外,单株根系营养的绝对含量则同根重一样,均随密度的降低而增加。

表 10

不同密度玉米吐丝期根系重量与其内营养物质的含量

(1992)

项 目	Sc704				新玉4号			
	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm	60cm×15cm	60cm×30cm	60cm×45cm	60cm×60cm
根重(g·DW/株)	11.435	26.342	37.598	49.472	11.305	17.301	21.362	25.648
N								
%	1.10	1.25	1.35	1.16	1.25	1.32	1.46	1.21
g/株	0.13	0.33	0.51	0.57	0.14	0.23	0.31	0.31
P_2O_5								
%	0.32	0.43	0.46	0.71	0.39	0.52	0.49	0.50
g/株	0.04	0.11	0.17	0.35	0.04	0.09	0.10	0.13
K_2O								
%	1.65	1.98	2.13	1.90	2.01	2.36	2.29	2.43
g/株	0.19	0.52	0.80	0.94	0.23	0.41	0.49	0.62
氨基酸								
%	4.89	4.97	5.77	4.85	4.51	5.60	6.13	5.33
g/株	0.56	1.31	2.17	2.40	0.51	0.97	1.31	1.37

3 讨 论

3.1 从不同密度根系干重的侧向分布看,根量均随距植株距离的增加而递减。在距植株20cm范围内,各密度处理根干重均保持在85%以上,这表明目前生产上采用的60cm等行距的种植方式,即使株距相差很大(15~60cm)其两行中间的20cm区间内也只分布着来自相邻两行不到15%的根量,这与不同生育期所测结果一致^{〔4〕}。因此从肥水利用角度考虑,可否将目前生产上普遍采用的60cm或70cm行距适当缩小,实行缩行增株配置,使群体根系分布更趋合理,尤其采用喷灌、滴灌及少耕、免耕的玉米更应考虑。

3.2 玉米根系重从地表向下呈负指数函数($\hat{y} = ae^{-bx}$)下降,Sc704约有70%和85%以上,新玉4号有64%和83%的根量分布于近地面20cm和40cm的土层内。在水平方向上,Sc704根重的78%、新玉4号根量的77%以上分布在距植株0~20cm、深40cm的土柱内。生产上施用磷肥等移动性差的矿质肥料,须考虑玉米根系的这一分布特点。此外,追肥以距植株10cm左右为宜,且穴施优于条施。据新玉4号根系后期下移、下层根系衰亡较晚等特点,生产上应注意增厚熟土层,采取有机肥料深翻入土及深耕、深松土等措

施,打破犁底层,改善通气、营养等土壤环境,使根系分布深广,这对提高根系后期活力、防止早衰有重要意义。

3.3 玉米根系与其地上部生长及产量的形成有着密切的关系,吐丝期是玉米根量最大的时期,其根量的大小直接影响植株地上部分的生育,进而影响籽粒产量,因此为获高产,须在吐丝期建立起强大的根系。另外玉米的深层根量最大时却在吐丝以后,即吐丝后新根仍然不断产生,并且继续向土壤深层延伸,因此生产上应于开花、灌浆期供给充足的水分和养分,保证生育后期根系不早衰,为增加粒重夺取丰产奠定基础。

参 考 文 献

- 〔1〕朱献岱等,玉米根系吸收活力及其在土壤中分布的研究,《原子能农业应用》,1982,(2),17—22
- 〔2〕戴俊英等,玉米根系的生长规律及其与产量关系的研究,《作物学报》,1988,(4),310—314
- 〔3〕罗守德等,玉米根系在土壤中的伸长和分布,《作物杂志》,1985,(4),18—19
- 〔4〕李少昆等,玉米根系在土壤中的分布及与地上部分的关系,《新疆农业科学》,1992,(3),99—103
- 〔5〕李少昆等,玉米根系生长及其所含营养物质成分的研究,《玉米科学》,1993,1(1),44—47
- 〔6〕刘殿英,种植密度对冬小麦根系的影响,《山东农业大学学报》,1987,18(3),29—35