

切断深层根对黍子根系及地上部营养生长的影响^[20]

张永清^{1,2}, 苗果园²

(1. 山西师范大学生物技术与工程学院, 山西 临汾 041000;

2. 山西农业大学农学院, 山西 太谷 030801)

摘 要: 采用根管土柱栽培的方法, 研究了拔节期和抽穗期切断不同深度(20 cm 和 40 cm) 根系对黍子根系整体及地上部营养生长的影响。结果表明, 与不断根相比, 在抽穗期和拔节期断掉20 cm 或40 cm 以下根系, 均能导致黍子株高、旗叶叶绿素含量、旗叶SOD 与POD 活性、单株绿叶面积、总根活力、总根长、总根重及产量明显降低, 旗叶MDA 含量明显增高。抽穗期断深层根对黍子的影响大于拔节期。但同一生育时期不同深度断根处理间黍子产量差异未达显著水平, 表明深层根系(40 cm 以下根系) 对产量的贡献更大。

关键词: 黍子; 深层断根; 营养生长; 产量

中图分类号: S516.01

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2006) 01-0134-04

根系是作物吸收水分和养分的重要器官。作物正常的生长发育是地上部光合生产与地下部根系吸收水分、养分相统一的系统过程。长期以来, 围绕产量的形成, 对作物地上部分的结构、功能、及其“叶光系统”的调节控制, 已做了较详尽的研究。而对于地下部分的“根土系统”, 虽然早已为人所重视, 但限于工作量与研究方法上的原因, 研究深度远不及地上部。尽管研究根系存在许多困难, 然而利用改变根系环境来促进作物生长的机会却比利用茎叶的机会多的多^[1~4]。对根系生长发育规律及其调控技术研究的滞后, 已成为进一步提高作物产量的限制因子。因此, 加强关于根系的形态特征、生理功能、生长发育规律、根系生态、根系调控技术等方面的研究, 具有重要的理论和生产实践意义。

近年来, 随着根系研究手段的改进(如根系自动观察仪的应用) 和一些现代科技(如扫描技术) 的应用, 对作物根系的研究有了长足的进展。关于不同根群的作用和对作物产量的贡献是作物根系研究的一个重要方面。前人对小麦^[5]、水稻^[6]、玉米^[7]等作物做过一定的研究, 但关于黍子根系的研究尚未见报道。黍子(*Panicum miliaceum* L) 是北方冷凉地区的主要抗逆度荒作物, 它生育期短, 抗逆性强, 营养价值较高, 在山西省, 尤其是晋中和晋北的干旱地区, 具有明显的地区优势和生态生产优势, 是当地主要栽培的小杂粮作物之一^[8]。因此, 研究黍子根系的生长特性, 探讨不同根群的功能以及对产量形成的影响, 寻求增强黍子抗旱能力、提高黍子产量的根系调

控措施, 具有重要的实用价值。本试验采用切断黍子下层根系的方法, 研究了黍子下层根系对黍子根系整体及地上部生长发育的影响, 旨在间接探讨土壤过度干旱、土层浅薄等不利于下层根系生长的土壤条件对黍子生长发育的影响, 为黍子根系的调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验在山西农业大学农学院黄土作物生态研究所内进行。试验采用根管土柱栽培的方法。土柱由直径为10 cm, 高100 cm 的聚乙烯塑料管内装土、砂与蛭石的混合物构成, 三者的体积比为3:1:1。根管装土前先按各处理断根深度将根管断开, 再用胶带粘好并套好接头固定。试验所用土壤为黄土母质上发育而成的碳酸盐褐土, 其养分含量为: 有机质15.7 g/kg, 全氮0.98 g/kg, 速效磷9.6 mg/kg, 速效钾137 mg/kg。供试黍子品种为品8106-9-1, 由山西省农业科学院品质所提供。2004年4月30日播种, 每管留苗1株。试验采用人工切断下层根系的方法, 断根分别在拔节期(6月3日) 和抽穗期(6月26日) 进行, 分别在离地面20 cm 和40 cm 处断根, 以不断根为对照, 共5个处理, 分别用CK(对照)、B20(拔节期20 cm 处断)、B40(拔节期40 cm 处断)、C20(抽穗期20 cm 处断)、C40(抽穗期40 cm 处断) 表示。各处理重复10次(黍子开花后20 d 和收获时各取5次重复调查有关项目)。土柱随机排列在根室之中。断根

[20] 收稿日期: 2005-03-24

基金项目: 山西省自然科学基金项目(991102)

作者简介: 张永清(1964-), 男, 山西襄汾人, 副教授, 博士研究生, 主要从事作物生态及土壤与植物营养方面的教学与研究工作。E-mail: yqzhang208@163.com

时先将接头取下,去掉胶带,用细钢丝从管子缝隙中将根切断,然后再用胶带粘好根管接口并套好接头固定。

各处理施肥标准为每 kg 土壤分别施 N 0.3 g、P₂O₅ 0.2 g、K₂O 0.3 g,所用肥料分别为尿素、过磷酸钙和氯化钾,肥料全部基施。取样时用切割机从根管中间剖开,分不同土层取根样。

1.2 测定项目与方法

黍子旗叶光合速率测定采用美国产 CI-301 光合测定仪于晴天上午 10:00~12:00 时每处理随机取 20 片旗叶进行测定;旗叶及根系丙二醛(MDA)含量、POD、SOD 活性的测定分别采用硫代巴比妥酸法^[9]、愈创木酚比色法^[9]和核黄素法^[10];根系活力的测定采用 TTC 法^[9];根长的测定采用数码相机照相,CIAS 图像分析软件分析法;根系总吸收面积和活跃吸收面积的测定采用甲烯蓝吸附法^[9]。黍子株高、根长、各层次根重在成熟期测定,其它项目均在黍子开花后 20 d(7 月 20 日)测定。试验所得数据用 DPS 数据分析软件进行统计分析并进行新复极差多重比较,结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 断根对黍子株高和叶面积的影响

由表 1 结果可以看出,断根对黍子株高有较大

的影响,抽穗期在距地表 20 cm 和 40 cm 深处断根,分别使黍子株高降低了 21.2 cm 和 17 cm,拔节期距地表 20 cm 处断根使株高的下降值也达到了 13.2 cm,三者与对照相比均达显著差异水平。但拔节期距地表 40 cm 处断根对株高的影响未达显著水平。表明拔节期 0~20 cm 根系吸收的营养对株高的影响更大,20~40 cm 的黍子根系亦对株高有重要的影响。不同根层不同时期的吸收差异也直接影响到地上部叶面积的大小。表 1 结果表明,切断不同深度的根系都可使黍子单株绿叶面积缩小。拔节期 20 cm 和 40 cm 处断根,分别使黍子叶面积降低了 9.1% 和 6.4%,抽穗期断根影响更大,二者分别为 16.5% 和 11.8%。与对照相比均达显著差异水平。值得指出的是无论拔节期还是抽穗期,20 cm 断根处理和 40 cm 处断根处理之间均未达到显著差异水平,说明 40 cm 以下根系对黍子根系吸收水肥营养的作用更大。

2.2 断根对黍子叶绿素含量及光合效率的影响

断深层根除影响黍子的绿叶面积外,对黍子花后旗叶叶绿素含量也有一定的影响,尤其是抽穗期断根影响更大,距地表 20 cm 和 40 cm 处断根分别使旗叶叶绿素下降了 14.1% 和 9.5%。

表 1 断根对黍子地上部生长的影响

Table 1 Effect of cutting deep root system on growth of aerial parts of proso millet

处理 Treatments	株高 Plant height (cm)	绿叶面积 Green leaf area (cm ² /plant)	光合速率 Net photosynthetic rate [μmol/(m ² ·s)]	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g)	旗叶 SOD SOD activity of flag leaf [U/(g·h)]	旗叶 POD POD activity of flag leaf [U/(g·min)]	旗叶 MDA MDA content of flag leaf (nmol/g)
CK	144.4±8.56A	2021.4±82.6A	29.08±2.19A	1.99±0.11A	1237.8±54.33A	152.76±9.24A	96.88±3.67C
B20	131.2±6.9BC	1836.6±72.2B	26.44±2.30AB	1.87±0.1AB	1168.6±32A	144.16±5.20A	106.80±3.47B
B40	138.4±5.4AB	1891.8±37.1B	27.22±2.55AB	1.94±0.12A	1173.8±41.9A	149.22±4.60A	102.36±5.27BC
C20	123.2±7.29C	1688.4±76.8C	22.02±3.01C	1.71±0.09B	875.8±62.9C	121.48±8.76B	128.14±4.49A
C40	127.4±5.5BC	1781.4±68.2BC	24.48±2.36BC	1.80±0.1AB	987.6±62.9B	126.86±6.15B	124.40±3.85A

注:表内数据为平均值±标准差;每列数据右侧字母相同者表示差异未达极显著水平(P>0.01)。下表同。

Note: The values are mean±SD. Different letters in the same column show significant level (P<0.01). The same for the following tables.

黍子净光合速率测定结果表明(表 1),拔节期断根虽然使黍子旗叶光合速率有所降低,但与对照相比未达显著差异水平,而抽穗期不同深度断根皆显著降低了黍子的光合速率,20 cm 和 40 cm 处断根分别使黍子开花后 20 d 旗叶光合速率下降了 24.3% 和 15.8%。比较不同深度断根处理可以发现,不同断根深度之间差异未达显著水平,说明了 40 cm 以下根系对黍子开花后旗叶的净光合速率更为重要。

2.3 断根对黍子开花后旗叶 SOD、POD 活性及 MDA 含量的影响

大量研究表明,叶片中 SOD、POD 活性及 MDA 含量的高低可以在一定程度上反映叶片的衰老进程^[11]。表 1 结果表明,断去黍子不同深度层的根系均能使黍子开花后 20 d 旗叶中 SOD、POD 活性降低,而 MDA 含量增加,尤其是抽穗期断根的影响更为明显,说明断根加速了黍子后期的衰老进程。

2.4 断根对黍子根系活力及根系活跃吸收面积的影响

根系活力的高低是作物吸收功能及对外界刺激胁迫反应的重要标志。表 2 结果表明,断根一方面使

根系总量减少,吸收面积和活跃吸收面积降低,造成根系总活力显著低于对照,但值得指出的是,断根却使单位重量根系的活力有所增加。这反映了作物根系对逆境的主动适应性调节:断根使黍子根系减少,吸收面积降低,作为一种反馈机制,黍子尽可能提高根系的吸收强度,以维持本身的生存和发展。然而,由于断根对根系总量的影响较大,使得断根处理后

根系的总活力仍不及对照。

根系吸收面积可以反映根系吸收水分和养分能力的大小,而根系活跃吸收面积也在一定程度上可以反映根系活力情况。表2 结果中根系吸收面积、活跃吸收面积及活跃吸收面积占总面积的百分数也反映出了根系对断根逆境的主动适应。

表 2 断根对黍子根系活力、总吸收面积及活跃吸收面积的影响
Table 2 Effect of cutting deep root system on root activity, total absorbing area and actively absorbing area in proso millet

处理 Treatments	根活力 Root activity [$\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$]	根总活力 Total root activity [$\mu\text{g}/(\text{plant} \cdot \text{h})$]	吸收面积 Total absorbing area (m^2/plant)	活跃吸收面积 Actively absorbing area (m^2/plant)	活跃吸收面积比例 Actively absorbing area (%)
CK	74.4±1.70B	1999.4±98.8A	40.0±1.32A	21.7±0.40A	54.3±2.5B
B20	75.4±1.53B	1764.8±52.2BC	34.9±2.67BC	19.6±0.75AB	56.7±1.5B
B40	76.2±0.87B	1916.9±90.2AB	37.5±0.96AB	20.6±0.85BC	54.7±1.2B
C20	80.4±0.95A	1561.4±45.8D	27.8±1.28D	17.4±0.59D	62.7±0.6A
C40	79.9±0.65A	1631.8±77.1CD	32.1±1.34C	17.9±0.80CD	55.7±1.5B

2.5 断根对黍子根系构型的影响

黍子收获期各处理不同深度根系重量调查结果(表3)表明,断根使黍子根系在土体中的分布发生了改变。断根对断根部位以上根系重量的影响不大,但在断根部位根系的重量明显增加,这可能是由于黍

子根系在断根部位产生了较多的分枝所致。拔节期断根对黍子根系的总重量影响不大,但抽穗期断根使黍子根系总重明显降低,20 cm 和40 cm 处断根分别使黍子根系总重下降了17.4%和13.1%。

表 3 断深层根对黍子根重、根长及总根数的影响

处理 Treatments	不同层次根重 Root weight in different layers (g)					最大根长 (cm) Max. length of root (cm)	总根长 (cm) Total length of root	总根数 Root number
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~100 cm	合计Total			
CK	3.75±0.12A	1.02±0.04C	0.33±0.04B	0.64±0.07A	5.74±0.13A	104.6±4.4A	3989±109A	81.7±5.5A
B20	3.46±0.23AB	1.45±0.06A	0.32±0.03B	0.26±0.04C	5.49±0.21A	93.2±3.1A	3679±54B	82.3±3.5A
B40	3.47±0.04AB	1.04±0.09C	0.57±0.07A	0.47±0.05B	5.55±0.03A	101.2±3.9A	3781±108AB	83.7±4.5A
C20	3.14±0.12B	1.31±0.09B	0.18±0.03C	0.10±0.03D	4.74±0.22B	74.1±5.6B	3136±110C	80.3±4.0A
C40	3.16±0.14B	1.14±0.10C	0.49±0.03A	0.20±0.04CD	4.99±0.24B	77.6±5.2B	3367±95C	76.0±5.3A

由表3还可以看出,不同时期不同深度断根对黍子根系的总数量影响不大。拔节期断根对黍子最大根长虽有影响,但未达显著水平,抽穗期断根对最大根长影响较大。不同时期断根对黍子总根长的影响均达到了差异显著水平,拔节期距地表20 cm 和40 cm 处断根,分别使黍子总根长降低了7.8%和5.

2%,抽穗期影响更大,二者分别为21.4%和15.6%。

2.6 断根对黍子产量构成因素及产量的影响

不同时期不同深度断根对黍子产量构成因素及产量的影响见表4。研究表明,拔节期断根对黍子单株穗数影响较大,而抽穗期断根对黍子穗粒数和千

表 4 断深层根对黍子产量的影响
Table 4 Effect of cutting deep root system on the yield of proso millet

处理 Treatments	穗数(穗/管) Ears/pot	粒数/穗(粒) Grains/ear	千粒重(g) 1000-grain weight	产量(g/管) Yield (g/pot)
CK	4.6±0.52A	421.4±47.89A	8.29±0.07A	12.49±0.47A
B20	3.8±0.63B	398.4±55.10A	8.21±0.03AB	10.51±0.73BC
B40	4.0±0.47AB	401.4±46.06A	8.25±0.07A	11.12±0.81B
C20	4.2±0.42AB	328.8±45.84B	8.05±0.12B	9.82±0.45C
C40	4.4±0.52AB	357.6±45.68AB	8.08±0.09B	10.07±0.54BC

粒重影响较大。不同时期断根均使黍子产量显著降低,拔节期距地表 20 cm 和 40 cm 处断根,分别使黍子产量降低了 15.9%和 10.9%,抽穗期二者分别降低 21.4%和 19.4%。无论拔节期还是抽穗期,不同深度断根处理之间产量虽有差异,但均未达到显著水平,表明 40 cm 以下根系对黍子产量的影响更为重要。

3 结论与讨论

1) 拔节期和抽穗期切断黍子下层根系均导致了黍子株高、绿叶面积、叶绿素含量、光合速率、总根长、根系总活力及产量的明显降低,表明虽然黍子的根系分布相对较浅^[2],但深层根对黍子的生长发育仍有十分重要的作用。同一生育时期不同断根深度处理对黍子的影响,均未达显著差异水平,说明 40 cm 以下根系对黍子根系及地上部生长发育的影响更加重要。由此可见,在生产实践中改善下层土壤条件对促进黍子的正常生长、提高黍子的产量具有重要的作用。

2) 抽穗期断根对黍子各项生长发育指标及产量的影响大于拔节期,表明在黍子产量形成的生育后期,下层根系对维持其正常的生长发育更为重要。

3) 断根加速了黍子的衰老,断根后旗叶SOD 及 POD 活性明显下降,MDA 含量显著增高。不同时期断根对黍子产量均有显著影响,但黍子减产的原因不同,拔节期断根主要影响了黍子单株穗数,而抽穗期断根主要是影响黍子的结实粒数与粒重。

4) 切断黍子下层根系后,使黍子根系总量、活跃吸收面积和总吸收面积减少,但单位重量根系的活力及活性吸收面积占总吸收面积的百分数均明显提高,表明黍子根系在遇到断根逆境时具有主动适应和调节的功能。

参 考 文 献:

[1] 苗果园,高志强,张云亭,等.水肥对小麦根系整体影响及其与地上部相关的研究[J].作物学报,2002,28(4):445-450.
[2] 苗果园,尹 钧,张云亭,等.中国北方主要作物根系生长的研究[J].作物学报,1998,24(1):10-16.
[3] 刘文兆,李秧秧.断伤作物根系对籽粒产量与水分利用效率的影响研究现状及问题[J].西北植物学报,2003,23(8):1320-1324.
[4] 王法宏,王旭清,刘素英,等.根系分布与作物产量的关系研究进展[J].山东农业科学,1997,(4):48-51.
[5] 郝晓玲,苗果园.小麦不同根群对产量形成的作用[A].卢良恕.中国小麦栽培研究新进展[C].北京:农业出版社,1993:473-479.
[6] 朱德峰,林贤青,曹卫星.水稻深层根系对生长和产量的影响[J].中国农业科学,2001,34(4):429-432.
[7] 宋 日,吴春胜,王成己,等.玉米深层根系对地上部营养生长和产量的影响[J].玉米科学,2002,10(3):63-66.
[8] 林汝法,柴岩,廖 琴.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学出版社,2002.68-85.
[9] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1992.88-93.
[10] 王爱国,罗广华,邵从本,等.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77-84.
[11] 魏道智,宁书菊.叶部激素变化与小麦的整体衰老[J].广西植物,2002,22(4):382-384.

Effect of cutting deep root system on the growth of roots and aerial parts in proso millet

ZHANG Yong-qing^{1,2}, MIAO Guo-yuan²

(¹.Collage of Biological Technology and Engineering, Shanxi Teachers University, Linfen, Shanxi 041000, China;

².College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: The effects of cutting root system in different depth (20 cm and 40 cm) at jointing stage and booting stage on the growth of roots and aerial parts as well as the yield of proso millet were studied with the method of soil column cultivation. The results showed that: (1) As compared with CK (without cutting root), root cutting could lead to the significant decreases of plant height, chlorophyll content of flag leaf, SOD and POD activity of flag leaf, green leaf area, total root activity, total root length, total root weight and yield, while the MDA content of flag leaf was increased significantly; (2) The yield reduction by root cutting at booting stage was higher than that at jointing stage; (3) There was no significant difference of yield between different depth of root cutting (20cm or 40cm) at same growth stage, which indicted that the roots below 40cm were more important for the yield formation of proso millet.

Key words: proso millet; deep root system; yield; aerial part