

密度和氮肥对燕麦根系碳氮磷含量的影响

齐蕊, 程卫燕, 赵力兴, 李天琦, 高阳, 宋美娟, 高凯* (内蒙古民族大学农学院, 内蒙古通辽 028043)

摘要 通过对燕麦进行不同的密度和氮肥处理, 测定燕麦根系的碳、氮、磷, 探讨密度和氮肥对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响规律。结果表明, 随着施氮量的增加, 根系碳、氮、磷含量均呈现出先上升后降低的趋势, 碳、氮含量均在 450 kg/hm² 氮处理下出现最大值, 分别为 35.91、14.26 g/kg。随着种植密度的增加, 根系氮含量逐渐下降; 增加种植密度对根系磷含量无显著影响。

关键词 燕麦; 氮肥; 密度; 根系; 营养物质

中图分类号 S512.6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)17-0041-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.17.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Density and Nitrogen Fertilizer on Root C, N and P Contents of *Avena fatua* L.

QI Rui, CHENG Wei-yan, ZHAO Li-xing et al (College of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028043)

Abstract The effects of density and nitrogen fertilizer on the root C, N and P contents of *Avena fatua* L. were studied by carrying out the nitrogen fertilizer test. Results showed, with the increase of nitrogen application, the root C, N and P contents firstly increased and then decreased. C and N contents were the maximum under 450 kg/hm² N treatment, which were 35.91 and 14.26 g/kg, respectively. With the increase of planting density, root N content gradually decreased. Increasing the planting density showed no significant impacts on P content.

Key words *Avena fatua* L.; Nitrogen fertilizer; Density; Root system; Nutrient substance

燕麦(*Avena fatua* L.)为禾本科植物,是一种低糖、高营养、高能食品。燕麦在世界上有较大的种植面积,具有耐寒、抗旱、耐贫瘠性,可以增加土壤中的肥力并在一定程度上提高固碳能力。根系通常是指植物根系中直径≤2 mm的部分^[1],是绿色植物进行吸收、储存、运输水分和养分的主要器官,对生态系统的物质循环和能量流动规律研究发挥着不可估量的作用。根系对外界生存环境变化最敏感,研究根系的各种性状变化对掌握全球气候变化规律有十分重要的理论和指导意义^[2-3]。

目前对于燕麦的研究有很多,大多都是研究品比试验,以及选育新品种、不同栽培方式等对于燕麦产生不同的经济和生态效益的影响。但是关于氮肥和种植密度对燕麦根系生物量影响的研究相对来说较少。有研究表明,合理的氮肥管理不仅可以提高燕麦生物量和产量而且还有助于改善其品质^[4-5]。种植密度是增加作物的产量主要影响因素之一,增加作物产量的关键技术环节之一就是合理的密植^[6-7]。研究表明,合理的农业措施不仅可以增加燕麦的籽实产量,而且可以大幅度改善燕麦的品质特征^[8]。施肥量对燕麦各器官产量的影响不同,影响的方式与作用大小也有差异,但是研究显示增加施肥量会在整体上促进燕麦的籽实增产和生长发育^[9]。基于前人的研究成果,笔者研究了施氮肥和种植密度对燕麦根系碳氮磷含量的影响,为今后科尔沁沙地燕麦种植、生态和经济效益提供科学的理论基础和指导。

基金项目 国家重点研发计划课题子课题“优质燕麦干草加工调制关键技术及产品研发研究与示范”(2017YFD050213-4);国家重点研发计划课题“典型脆弱生态修复与保护研究”(2016YFC0500603);内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心开放课题(MDK2017005)。

作者简介 齐蕊(1987—),女,蒙古族,内蒙古通辽人,中级工程师,在读硕士,从事草地资源与利用研究。*通信作者,教授,博士,从事草地资源与利用研究。

收稿日期 2019-03-26; **修回日期** 2019-04-02

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在内蒙古民族大学农业科技园区(内蒙古自治区通辽市科尔沁区丰山镇)进行(43°38' N, 122°03' E),海拔 178 m 左右,年平均气温 6.4 °C, ≥10 °C 活动积温平均为 3 184 °C·d,极端低温-30.9 °C。无霜期 145 d 左右,年平均降水量 399.1 mm 左右,降雨主要集中在 8、9 月,土壤为风砂土,有机质含量 4.86 g/kg,速效钾 94.65 mg/kg,速效磷 10.46 mg/kg,碱解氮 11.15 mg/kg, pH 8.2。试验地在种植燕麦之前撂荒,种植燕麦时将地上部分植物旋在地里作为底肥,具有喷灌条件,试验地播种前灌水 1 次,生长干旱时浇水。苗期人工除草 3 次,生长季随时拔除杂草。

1.2 试验设计 2017 年 4 月 20 日进行燕麦种植,品种为北京正道科技股份有限公司提供的“燕王”,播种深度 3 cm。设置 5 个氮肥梯度,为 N1(225 kg/hm²)、N2(300 kg/hm²)、N3(375 kg/hm²)、N4(450 kg/hm²)、N5(525 kg/hm²),4 个种植密度:M1(300 万株/hm²)、M2(350 万株/hm²)、M3(400 万株/hm²)、M4(450 万株/hm²)。共计 20 个处理,5 个重复,共计 100 个小区,小区面积 10 m²,小区间隔 50 cm,小区随机排列。肥料分别在燕麦 3 叶期(总量 1/3)和拔节期(总量 2/3)以追肥形式施入。

1.3 指标测定

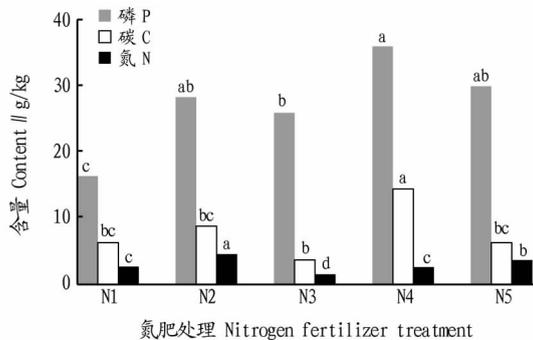
1.3.1 根系样品采集。根系样品在燕麦收获期(2017 年 7 月 15 日)进行,采集过程将燕麦完整根系挖出,清洗,烘干,粉碎。

1.3.2 测定方法。采用 K₂Cr₂O₇-H₂SO₄ 氧化法测定全碳;采用凯氏定氮法进行测定全氮;采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消解-钼锑抗分光光度法测定全磷;采用自动粗脂肪测定仪测定粗脂肪;采用分光光度计法测定可溶性糖和淀粉。

1.4 数据分析 采用 DPS 14.0 进行单因素分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥施入量对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响 由图1可知,施入氮肥量的不同对燕麦根系的碳、氮、磷含量影响不同。其中随着施氮量的增加,燕麦根系的碳含量呈逐渐上升的趋势,并且在氮肥施入量为450 kg/hm²时碳含量达到最高。就氮含量而言,施氮量在225、300、525 kg/hm²水平下几乎对燕麦根系的含氮量没有显著影响($P>0.05$),只有在450 kg/hm²时才会出现显著影响($P<0.05$),达到最高水平。就磷含量而言,不同的施氮量对于燕麦根系磷含量的影响有显著性差异($P<0.05$)。在施氮量为300 kg/hm²时,磷含量最高。



注:不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著

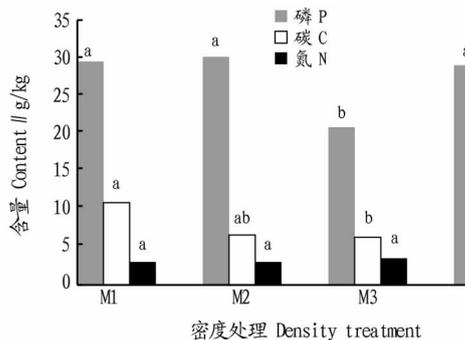
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level between treatments

图1 不同氮肥处理对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响

Fig.1 Effects of different nitrogen fertilizer treatments on the C, N and P contents in *A. fatua* roots

2.2 不同密度对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响 由图2可知,随着种植密度的增加,在M1、M2、M4密度水平下碳含量几乎一致,没有显著性差异($P>0.05$),只有在M3水平下,碳含量显著低于其他密度水平。在M2和M4水平下,氮含量没有差异。在M1水平下,氮含量达到最高,说明随着密度的增加,氮含量有逐渐减少的趋势。对于燕麦根系中磷含量而言,随着种植密度的增加,M1、M2、M3、M4水平下磷含量没有差异($P>0.05$),说明磷的含量保持不变。

2.3 密度与氮肥施入量对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响 由表1可知,当氮肥施入量为N1(225 kg/hm²)时,随着密度的增加,碳含量呈现出先降低后增加的趋势,其中N1M3处理碳含量最低。当氮肥施入量为N2(300 kg/hm²)时,随着密度的增加,碳含量呈现出先增加后降低再剧增的趋势,其中N2M3处理碳含量出现最低值。当氮肥施入量为N3(375 kg/hm²)时,随着种植密度的逐渐增加,碳含量呈现出缓慢下降再急剧下降最后激增的趋势,其中N3M3处理碳含量出现最小值。当氮肥施入量为N4(450 kg/hm²)时,随着种植密度的增加,碳含量呈先急剧增加,在N4M2处理时碳含量达到最大值,随后急剧下降,当密度为M3时,碳含量缓慢下降。在氮肥施入量为N5(525 kg/hm²)时,随着密度的逐渐增加,碳含量呈缓慢下降的趋势,其中N5M3处理的碳含量最小,然后逐渐增加。综上所述,无论何种施氮水平,M3密



注:不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level between treatments

图2 不同密度处理对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响

Fig.2 Effects of different density treatments on the C, N and P contents in *A. fatua* roots

度处理的燕麦根系中碳含量都较低。

由表1可知,当施入氮肥量为N1(225 kg/hm²)时,随着密度的增加,氮含量呈急剧下降、缓慢下降,最后急剧上升的趋势,N1M1处理的氮含量达最大值,N1M3处理的氮含量达最小值。在施入氮肥量为N2(300 kg/hm²)时,随着种植密度的增加,氮含量呈先急剧上升到达最高点,然后迅速下降达

表1 氮肥和密度对燕麦根系碳、氮、磷含量的影响

Table 1 Effects of nitrogen fertilizer and density on C, N and P contents in *A. fatua* roots

氮肥处理 N fertilizer treatment	密度处理 Density treatment	碳含量 C content	氮含量 N content	磷含量 P content
N1	M1	20.85±10.75 aA	10.04±0.03 Abc	2.13±0.34 Bb
	M2	14.16±7.76 bA	4.38±1.27 bA	2.11±1.39 bcB
	M3	8.17±0.94 bA	3.44±0.62 aA	3.93±1.70 aA
	M4	21.39±0.69 aA	6.69±1.81 bA	1.96±0.30 aB
N2	M1	26.18±18.27 aA	5.74±0.70 bcB	5.39±0.95 aA
	M2	28.14±7.19 aA	18.27±13.57 aA	4.22±0.27 aA
	M3	22.10±10.91 abA	4.41±1.59 aB	5.45±0.91 aA
	M4	36.71±11.40 aA	6.42±2.56 bB	2.45±0.54 aB
N3	M1	29.81±3.51 aA	3.16±1.60 cA	0.25±0.18 cB
	M2	24.97±3.18 bA	4.52±1.52 bA	1.27±0.52 cAB
	M3	17.55±1.39 abA	4.64±0.95 aA	1.22±0.12 bAB
	M4	30.74±4.71 aA	1.97±0.42 bA	2.44±0.29 aA
N4	M1	37.08±4.01 aAB	20.84±7.10 aA	2.18±0.15 AbB
	M2	50.96±8.99 aA	3.90±2.08 bB	3.22±0.08 abA
	M3	28.77±5.76 bA	12.63±7.36 aAB	0.66±0.33 bB
	M4	26.85±7.49 abA	19.68±9.22 aA	3.27±1.67 aA
N5	M1	33.11±6.98 aA	13.42±3.30 abA	3.46±1.18 bAB
	M2	30.71±4.87 bA	1.67±1.58 bB	3.20±0.21 abB
	M3	26.36±1.61 abA	5.02±2.78 aAB	5.06±1.61 aA
	M4	29.00±17.37 aA	4.45±0.79 bAB	2.13±0.16 aB

注:不同大写字母表示相同施氮量不同密度之间在0.05水平下差异显著;不同小写字母表示相同密度不同施氮量之间在0.05水平下差异显著

Note: Different capital letters indicated significant differences between different densities of the same nitrogen application treatment at 0.05 level, and different lowercase letters indicated significant differences between the same density and different nitrogen application treatments at 0.05 level

到最低点,最后又缓慢上升的趋势。其中,最高点出现在 N2M2 处理,最低点出现在 N2M3 处理。在施入氮肥量为 N3 (375 kg/hm²)时,随着密度的逐渐增加,氮含量呈先迅速上升后缓慢上升最后急剧下降的趋势,氮含量最高点出现在 N3M3 处理。当施入氮肥量为 N4 时,随着密度增加,氮含量呈先急剧下降后急剧上升的趋势。N4M2 处理的氮含量最低;当施入氮肥量为 N5 时,随着密度的增加,氮含量呈先急剧下降后缓慢上升的趋势。N5M2 处理的氮含量最低。综上所述,当施氮肥为 N2、N4、N5 时,氮含量随密度的增加有显著差异($P<0.05$);当密度为 M1 时,氮含量随着氮肥量的增加有显著性差异($P<0.05$)。

由表 1 可知,在 N1 水平下,随着密度的增加,M3 密度处理的磷含量最高,与其他处理有显著差异($P<0.05$)。在 N2 水平下,M4 密度处理的磷含量与其他水平有显著差异,该水平下磷含量最低。在 N3 水平下,M1 和 M4 密度处理的磷含量有显著性差异($P<0.05$),该水平下磷含量最低点和最高点分别为 M1 和 M4 密度处理。在 N4、N5 水平下,随着密度的增加,磷含量都有显著性差异($P<0.05$)。当密度为 M1 时,N1 与 N2 水平的磷含量有显著差异,磷含量最低点出现在 N3 水平。当密度为 M2 时,随着施氮量的增加,磷含量有显著差异($P<0.05$)。当密度为 M3 时,N4 水平下磷含量与其他水平有显著差异($P<0.05$)。当密度为 M4 时,N4、N3 水平下磷含量与 N1、N2 和 N5 水平有显著差异($P<0.05$)。

3 结论与讨论

密度是种群主要特征之一,研究表明密度主要影响种群中个体的特征^[10-11]。植物互相争夺阳光、水分以及土壤中的营养成分来满足自身的生长发育需求,随着种植密度的增加,竞争就变得越激烈^[12]。种植密度的大小影响了种群中个体的大小,它们会随着密度的增大而减小。张立生等^[13]研究表明,随着种植密度的增加,植物的产量与其呈正相关,这与该试验结果不一致,主要原因是由于该试验研究的是植物根系中的生态化学计量指标,根系是供应植物生长发育的重要器官,它所吸收的大部分养分都供给了地上部分,再加上种植密度的增大使得它所处的空间不足、养分竞争激烈。所以根系的生物量较小,碳、氮、磷含量较小,密度对其含量的影响较小。碳含量与密度几乎呈负相关,磷含量随着密度的增加没有任何变化。

植物需要从土壤中吸收一定量的氮来满足自身的生长发育需求,然而我国大部分耕地土壤都是缺氮土壤,为了增强经济效益,必须向土壤中增施氮肥,从而使植物高产。一些豆科植物本身含有根瘤菌,可以自己固定土壤中一部分的氮肥,而禾本科植物没有这种特殊的能力,只能靠人工向土壤中施入氮肥。因此在土壤中增施氮肥成为提高植物品质的一种十分有效的方式。翟园等^[14]指出,在影响燕麦生长的环境因子中最具影响力的是肥料,其用量和种类等都会影响燕麦的生长发育和品质等,合理使用氮肥对作物的生长有促进作用。焦瑞枣^[15]研究结果表明,施氮量对不同燕麦品种的影响不同。随着施氮量的增加,燕麦的生物量也逐渐增加,而穗粒重等指标呈先增加后下降的趋势,这与该试验结果一致。该试验结果显示,随着施氮量的增加,根系碳、氮、磷含量均呈先上升后降低的趋势,碳和氮含量均在 450 kg/hm² 氮处理下出现最大值。

参考文献

- [1] 张小全,吴可红,MURACH D. 树木细根生产与周转研究方法评述[J]. 生态学报,2000,20(5):875-883.
- [2] 柴继宽,赵桂琴,胡凯军,等. 不同种植区生态环境对燕麦营养价值及干草产量的影响[J]. 草地学报,2010,18(3):421-425,476.
- [3] 乔有明. 不同播种密度对燕麦几个数量性状的影响[J]. 草业科学,2002,19(3):31-32.
- [4] 周华坤,赵新全,周立,等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J]. 草业学报,2005,14(3):31-40.
- [5] 李本银,汪金舫,赵世杰,等. 施肥对退化草地土壤肥力、牧草群落结构及生物量的影响[J]. 中国草地,2004,26(1):14-17,33.
- [6] 王荣德. 播期和种植密度对玉米产量性能的影响[J]. 农村经济与科技,2017(2):31,40.
- [7] 刘俊梅,曲超,杨学云,等. 播种密度对秸秆覆盖旱地冬小麦产量和土壤水分的影响[J]. 西北农业学报,2014,23(9):36-43.
- [8] 顾洪如,李元姬,沈益新,等. 追施不同量对多花黑麦草干物质产量和可消化干物质产量的影响[J]. 江苏农业学报,2004,20(4):254-258.
- [9] 祁瑜,黄永梅,王艳,等. 施氮对几种草地植物生物量及其分配的影响[J]. 生态学报,2000,31(18):5121-5129.
- [10] 李雪林,张爱峰,吴忠祥,等. 老芒麦种群密度制约特性初探[J]. 青海草业,2001,10(2):9-11,16.
- [11] 赵相健,王孝安. 太白红杉分枝格局的可塑性研究[J]. 西北植物学报,2005,25(1):113-117.
- [12] 黎磊,周道玮,盛连喜. 密度制约决定的植物生物量分配格局[J]. 生态学杂志,2011,30(8):1579-1589.
- [13] 张立生,裴自友,王宏兵,等. 播期和播种密度对晋太 182 植株高度的影响[J]. 山西农业科学,2016,44(7):957-961.
- [14] 翟园,杨恒博,曲静,等. 氮素对燕麦的生理生化指标和品质的影响[J]. 中国农学通报,2016,32(3):29-34.
- [15] 焦瑞枣. 施氮量对裸燕麦不同品种产量和品质影响的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2004.