

皖草 2 号和墨西哥玉米氮肥利用效率分析

张晓艳^{1,2}, 董树亭^{1*}, 刘锋², 吴正峰³, 叶梅⁴, 王永军¹, 刘延忠²

(1 山东省作物生物学重点实验室/山东农业大学农学院, 山东泰安 271018; 2 山东省农业科学院信息中心, 山东济南 250100; 3 山东省农业科学院花生所, 山东青岛 266100; 4 重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067)

摘要: 采用¹⁵N 同位素示踪技术, 进行了皖草 2 号和墨西哥玉米两种饲料作物对氮素的吸收、积累、分配规律以及氮素利用特性的研究。结果表明, 生育期内两者的氮积累量逐渐增加; 氮在叶片中的分配比例最高, 且随刈割次数的增加逐渐减少, 茎鞘中氮分配比例逐渐增加; 氮素吸收强度皖草 2 号逐渐增加, 墨西哥玉米呈单峰曲线变化。墨西哥玉米再生草吸收氮素来自肥料的比率为 97.6%~100.0%, 在整个生育期呈斜“Z”字型变化; 皖草 2 号逐渐减少。氮肥处理间比较, 头茬草一次性施肥处理吸收肥料氮比分次施肥处理分别高 18.2% 和 19.3%; 再生草的氮素吸收强度以分次施肥效果较好; 氮收获指数两处理间差异不显著。皖草 2 号各次收获草干重、全氮含量、氮素积累量和氮回收率均高于墨西哥玉米, 且分次施肥处理高于一次性施肥处理, 而墨西哥玉米则相反。生产上皖草 2 号品种应采用分次施用氮肥, 而墨西哥玉米则采用一次性施肥的方式, 这样既可提高氮肥利用效率, 还可获得优质的牧草。

关键词: 氮素吸收; 氮回收率; 氮素收获指数; 皖草 2 号; 墨西哥玉米

中图分类号: S816.5⁺1, S544⁺.9

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X (2007)02-0272-07

Nitrogen utilization efficiency of Wancao 2 and *Zea mexicana*

ZHANG Xiao-yan^{1,2}, DONG Shu-ting^{1*}, LIU Feng², WU Zheng-feng³, YE Mei⁴, WANG Yong-Jun¹, LIU Yan-Zhong²

(1 Key Laboratory of Crop Biology of Shangdong Province/Agronomy College, Shandong Agricultural University, Taian, 271018, China; 2 Information Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China;

3 Shandong Peanut Research Institute, Qingdao 266100, China;

4 College of Environment & Biological Engineering, Chongqing Technology & Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the nitrogen uptake, accumulation, distribution and utilization efficiency characteristics on Wancao 2 (*Sorghum Sudangrass* hybrid) and *Zea mexicana* using ¹⁵N labeled technique. The results showed that nitrogen accumulation of these two cultivars increased gradually during the growth season. The nitrogen distribution ratio of leaves was the highest and reduced with harvest times increasing, while that of stalks increased gradually. Nitrogen uptake intensity of Wancao 2 enhanced gradually, and that of *Zea mexicana* presented an odd peak curve. The ratio of nitrogen derived from fertilizer for *Zea mexicana* was about 97.6% to 100%, and it took on “Z” curve trend, but it decreased gradually for Wancao 2. Comparison between the two modes of nitrogen application showed that nitrogen of two grasses in the first harvest derived from basal nitrogen fertilizer was 18.2% and 19.3% higher than that from nitrogen fertilizer applied at three times, and the nitrogen uptake intensity of regrowth grass was higher when nitrogen split applied at three times, however, there were no statistical difference of nitrogen harvest index between these two treatments ($P = 0.05$). Wancao 2 could gain higher dry weight of each harvested grasses, nitrogen accumulation, content and use efficiency than *Zea mexicana*. In conclusion, in order to increase grass nitrogen use efficiency (NUE) and reap high quality forage grasses in practice, nitrogen should be applied at three times for Wancao 2 and as base fertilizer for *Zea mexicana*.

Key words: nitrogen uptake; nitrogen recovery rate; nitrogen harvest index; Wancao 2; *Zea mexicana*

收稿日期: 2005-12-26

修改稿收到日期: 2006-06-08

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2002BA518A13); 国家自然科学基金项目(30100108)资助。

作者简介: 张晓艳(1974—), 女, 博士研究生, 内蒙古通辽人, 主要从事农业信息技术和作物生理生态研究。

Tel: 0531-83179076, E-mail: zhangxy@saas.ac.cn.

* 通讯作者 Tel: 0538-8241591, E-mail: stdong@sdau.edu.cn

氮在植物的生命活动中具有重要作用^[1-2]。但是,现代农业生产中,作物当季吸收利用的氮素一般为 30%~50%,损失率可达 20%~60%^[3]。铵和硝酸盐是植物通过根吸收无机氮的主要来源,植物的氮代谢包括无机氮、硝态氮(也是无机态氮)的还原、同化及有机含氮化合物的转化、合成等过程,氮代谢较强时,大量的氮被同化为氨基酸,进一步合成蛋白质和转化为含氮碱等含氮化合物^[3,4]。

随着畜牧业的发展,对刈割型禾本科牧草的需求量大量增加,杂交高粱-苏丹草(*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*)和墨西哥玉米(*Zea mexicana*)是当前生产上利用较多的禾本科牧草。杂交高粱-苏丹草产量高、品质好、抗逆性强、具有较好的适应性,在畜牧、水产养殖业及资源利用与环境保护上有着广阔的开发利用前景^[5];一年生墨西哥玉米,是遗传稳定的青饲料类玉米新品种,它具有抗病虫、耐肥水、喜高温、分蘖和再生能力强、产量大、饲用价值高等优点^[6]。当前,有关大田作物氮肥利用率研究报道很多,但关于饲用作物对氮素的吸收、积累、分配规律以及氮肥利用效率等研究相对较少。为此,采用稳定性同位素¹⁵N 进行盆栽试验,探讨皖草 2 号和墨西哥玉米两种牧草的氮素吸收与利用特性,以期对牧草高产、优质、高效生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验处理

试验于 2004 年在山东农业大学玉米科技园进行。采用¹⁵N 同位素示踪技术,选取生育期相同的皖草 2 号(为高粱-苏丹草杂交种的一种)和墨西哥玉米两种饲料作物进行盆栽试验。皖草 2 号(简称 WC2)所用塑料盆的规格为 20 cm(直径) × 30 cm(高度);墨西哥玉米(简称 ZM)为 50 cm(直径) × 30 cm(高度)。盆的大小是根据大田生产条件下适宜的密度 WC2 27 万株/hm², ZM 为 4 万株/hm² 确定的,盆底打孔。供试土壤有机质 0.82%,全氮 0.038%,碱解氮 51.72 mg/kg,速效磷 17.80 mg/kg,速效钾 61.09 mg/kg。试验设一次性基施(播种前施入)和分次施入(分 3 次施入,即底:追 = 1:2,追肥部分是在刈割后马上进行)2 种方式,以¹⁵N 占肥料氮的 50%进行施用,其它以普通尿素代替。

WC2 施氮量为 N 1.93 g/pot, ZM 为 N 13.03 g/pot(每盆施氮量以两种饲用作物在大田生产上相同施氮量 520.5 kg/hm² 为标准,计算分配到每株的

施肥量),重复 4 次。6 月 1 日播种,生育期调查取样从 7 月 19 日开始,每隔 20 d 取一次样,直到收获;刈割试验生育期内共刈割 3 次(分别用 H1、H2、H3 表示 3 次取样时期),留茬高度为 20 cm;收获部分分为根、茎、叶、留茬 4 部分。样品称鲜重后于 105℃ 烘箱中杀青 30 min,75℃ 烘干至恒重,粉碎后过 40 mm 筛,供室内分析。¹⁵N 尿素由化工部上海化工研究所生产,丰度 5%。样品的测定采用质谱法,仪器型号为 ZHT-03,由北京分析仪器厂生产。

1.2 分析方法及计算

氮回收率(NRR, Nitrogen recovery rate)是指作物吸收肥料氮所占肥料总氮的百分比,它反映作物对氮肥的利用效率,其计算方法:

作物由肥料中得来的 N%(Ndff) = 作物¹⁵N 原子百分超/肥料氮的¹⁵N 原子百分超 × 100%。

氮回收率(N recovery rate) = 作物总氮 × Ndff / (氮肥施用量 × 含 N 率) × 100%;

氮素吸收强度用单位时间内每株氮积累量的增加量来表示,即:

氮素吸收强度 = 植株积累的总氮量(g)/生长天数(d)^[9]。

氮利用效率(NUE, Nitrogen utilization efficiency)是用氮素收获指数(NHI, Nitrogen harvest index)表示的,指子粒中氮与全株总氮之比,表示氮素形成子粒的效率^[9]。为了明确牧草中氮素利用效率,用牧草中茎叶等收获器官氮积累量占全株总氮之比来表示氮收获指数,即:

氮素收获指数 = 收获器官氮积累量/全株总氮量 × 100。

采用 Microsoft Excel 2000 进行数据处理;用 DPS 统计软件进行方差分析及多重比较($P = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 牧草生育期内氮素积累与施肥效应

图 1 看出,两种饲草作物生育期内各器官氮素积累量逐渐增加,前期增加速率较慢后期较快,且叶片氮积累量显著高于其他器官。皖草 2 号各器官氮积累量顺序是叶片 > 茎鞘 > 根和留茬;墨西哥玉米在生长 70~90 d,根和留茬的氮积累量差异不显著,此后根高于茎鞘和留茬,叶片和根氮累积速率大于茎鞘和留茬。皖草 2 号和墨西哥玉米吸收肥料氮的趋势明显不同,但同一时期各器官吸收肥料氮的比例差异不显著。皖草 2 号生育期内吸收肥料氮的比例逐渐减少;墨西哥玉米则呈斜“Z”字型曲线变化。

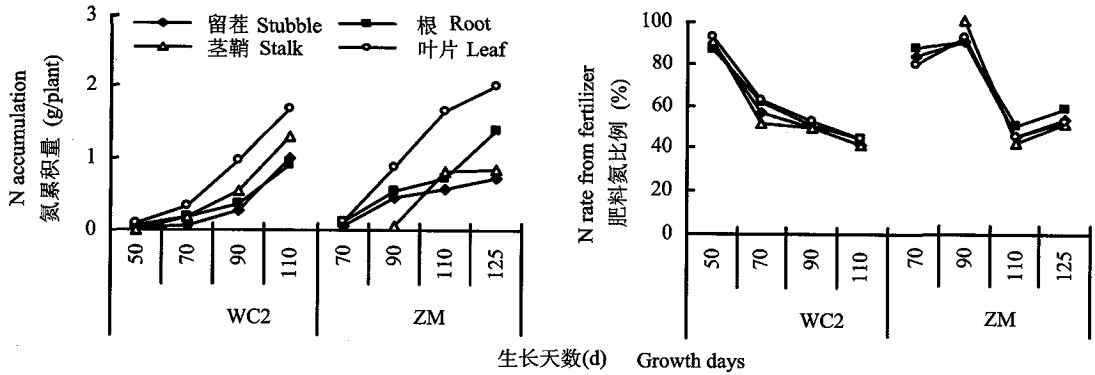


图 1 生育期内氮累积量和吸收肥料氮的比例

Fig.1 Nitrogen accumulation amount and ratio of from fertilizer in the growth season

2.2 不同收获期植株各器官氮素含量及施肥效应(表 1)

表 1 不同收获期植株各器官氮素含量及施肥效应

Table 1 Nitrogen content of different organs and effect of fertilizer application at different harvest stages

| 品种 Variety | 收获时期 Harvest time | 器官 Organs | 一次施入 Applied as base fertilizer | | | 分 3 次施入 Split applied at three times | | |
|---------------|----------------------|--------------|---------------------------------|----------|----------|--------------------------------------|----------|----------|
| | | | N (%) | Ndff (%) | Ndfs (%) | N (%) | Ndff (%) | Ndfs (%) |
| WC2 | H1 | 留茬 Stubble | 0.67 | 69.4 | 30.6 | 0.77 | 52.6 | 47.4 |
| | | 根 Root | 0.87 | 75.8 | 24.2 | 0.89 | 62.9 | 37.1 |
| | | 茎鞘 Stalks | 1.00 | 71.0 | 29.0 | 1.00 | 52.5 | 47.5 |
| | | 叶片 Leaves | 2.18 | 81.1 | 18.9 | 2.22 | 54.8 | 45.2 |
| | | 全株 Plant | 1.25 ab | 73.3 a | 26.7 | 1.31 a | 55.1 b | 44.9 |
| | H2 | 留茬 Stubble | 0.80 | 52.5 | 47.5 | 1.37 | 35.6 | 64.4 |
| | | 根 Root | 0.96 | 61.6 | 38.4 | 0.90 | 60.0 | 40.0 |
| | | 茎鞘 Stalks | 1.61 | 46.9 | 53.1 | 1.48 | 54.3 | 45.7 |
| | | 叶片 Leaves | 1.28 | 49.2 | 50.8 | 1.08 | 58.7 | 41.3 |
| | | 全株 Plant | 0.83 b | 52.5 a | 47.5 | 1.61 a | 48.8 ab | 51.2 |
| | H3 | 留茬 Stubble | 0.82 | 40.7 | 59.3 | 0.87 | 56.0 | 44.1 |
| | | 根 Root | 1.19 | 45.1 | 54.9 | 1.07 | 52.1 | 47.9 |
| | | 茎鞘 Stalks | 2.26 | 39.3 | 60.7 | 2.32 | 45.2 | 54.8 |
| | | 叶片 Leaves | 1.34 | 40.3 | 59.7 | 1.52 | 51.0 | 49.0 |
| | | 全株 Plant | 1.20 b | 41.2 b | 58.8 | 2.20 a | 52.0 a | 48.0 |
| ZM | H1 | 留茬 Stubble | 0.92 | 78.3 | 21.7 | 0.83 | 59.4 | 40.6 |
| | | 根 Root | 0.96 | 84.4 | 15.6 | 0.90 | 63.8 | 36.2 |
| | | 叶片 Leaves | 1.61 | 82.6 | 17.4 | 1.48 | 63.6 | 36.4 |
| | | 全株 Plant | 1.28 a | 80.9 a | 19.1 | 1.08 ab | 61.6 b | 38.4 |
| | H2 | 留茬 Stubble | 1.18 | 49.6 | 50.4 | 2.44 | 100.0 | 0.0 |
| | | 根 Root | 0.82 | 64.1 | 35.9 | — | — | — |
| | | 茎鞘 Stalks | 1.32 | 48.8 | 51.2 | 2.40 | 100.0 | 0.0 |
| | | 叶片 Leaves | 2.35 | 48.6 | 51.4 | 3.20 | 100.0 | 0.0 |
| | | 全株 Plant | 1.38 | 52.2 b | 47.8 | — | 100.0 a | 0.0 |
| | H3 | 留茬 Stubble | 1.57 | 46.8 | 53.2 | 1.73 | 100.0 | 0.0 |
| | | 根 Root | 1.25 | 53.6 | 46.4 | 1.63 | 97.6 | 2.4 |
| | | 茎鞘 Stalks | 1.91 | 46.8 | 53.2 | 1.75 | 100.6 | 0.0 |
| | | 叶片 Leaves | 2.16 | 45.9 | 54.1 | 2.19 | 100.0 | 0.0 |
| | | 全株 Plant | 1.68 b | 48.0 b | 52.0 | 1.85 a | 99.4 a | 0.6 |

注 (Note): Ndff = Nitrogen derived from fertilizer. Ndfs = Nitrogen derived from soil. H1、H2、H3 表示第一次收获期、第二次收获期、第三次收获期。不同字母表示 5% 显著差异, 下同。H1、H2、H3 Means the first, second and third harvest. Different letters indicate significant at 0.05 level. Same as follows.

皖草2号分次施肥处理头茬草各器官氮含量高于一次性基施处理,墨西哥玉米则相反。两作物吸收肥料氮的比例,一次性施肥处理分别高出分次施肥处理18.2%和19.3%,吸收土壤氮的比例与吸收肥料氮相反;再生草全氮含量也是分次施肥处理高于一次基施处理。皖草2号的二次刈割草一次基施处理吸收肥料氮的比例高于分次施肥处理,但第三次刈割草则与之相反;墨西哥玉米再生草分次施肥处理吸收的氮素97.6%~100%来自肥料。

2.3 不同收获期植株各器官干重和总吸氮量

表2看出,皖草2号各器官干重和总吸氮量均

是分次施肥处理高于一次性施肥处理,头茬草叶片和根中氮分配比例高于茎鞘和留茬,2次再生草氮分配比例顺序分别是叶片>留茬>茎鞘>根和叶片>根>茎鞘>留茬,随刈割植株叶片氮分配比例逐渐减少,茎鞘逐渐增大。墨西哥玉米头茬草叶片干重和总吸氮量均是一次施肥处理大于分次施肥处理,再生草与之相反;其一次性施肥处理叶片和茎鞘氮分配变化趋势与皖草2号头茬草一致。两者均是叶片氮分配比例最高,茎鞘最低。

表2 各收获时期植株干重、氮累积量和分配

Table 2 Plant dry weight, accumulation amount and partition of nitrogen at different harvest stage

| 品种 Variety | 处理 Treat. | 器官 Organs | 干重 Dry wt (g/plant) | | | 氮素累积量 N accum. (g/plant) | | | 氮分配比例 Distribution rate(%) | | |
|---------------|--|--------------|------------------------|---------|----------|-----------------------------|---------|----------|-------------------------------|-------|-------|
| | | | H1 | H2 | H3 | H1 | H2 | H3 | H1 | H2 | H3 |
| WC2 | 1次施入 Applied as base fertilizer | 留茬 Subble | 4.60 | 12.19 | 13.56 | 0.031 | 0.097 | 0.111 | 9.87 | 23.07 | 13.12 |
| | | 根 Root | 9.37 | 5.00 | 26.56 | 0.081 | 0.044 | 0.262 | 26.03 | 10.58 | 30.94 |
| | | 茎鞘 Stalks | 3.33 | 4.02 | 10.54 | 0.033 | 0.048 | 0.123 | 10.73 | 11.47 | 14.48 |
| | | 叶片 Leaves | 7.63 | 10.15 | 17.44 | 0.166 | 0.230 | 0.351 | 53.37 | 54.88 | 41.46 |
| | | 全株 Plant | 24.93 b | 31.37 a | 68.10 b | 0.312 b | 0.419 b | 0.846 b | | | |
| | 分3次施入 Split appl. at 3 times | 留茬 Subble | 5.10 | 22.11 | 27.55 | 0.038 | 0.285 | 0.238 | 10.79 | 28.86 | 14.32 |
| | | 根 Root | 10.33 | 7.42 | 40.25 | 0.092 | 0.056 | 0.423 | 26.01 | 5.70 | 25.43 |
| | | 茎鞘 Stalks | 2.87 | 14.58 | 30.10 | 0.029 | 0.156 | 0.349 | 8.13 | 15.82 | 21.01 |
| | | 叶片 Leaves | 8.80 | 21.14 | 28.60 | 0.195 | 0.491 | 0.653 | 55.07 | 49.61 | 39.25 |
| | | 全株 Plant | 27.10 a | 65.25 a | 126.50 a | 0.354 a | 0.989 a | 1.664 a | | | |
| ZM | 1次施入 Applied as base fertilizer | 留茬 Subble | 10.35 | 13.82 | 23.90 | 0.097 | 0.162 | 0.376 | 11.68 | 21.69 | 30.86 |
| | | 根 Root | 22.50 | 22.96 | 21.00 | 0.215 | 0.189 | 0.262 | 25.92 | 25.28 | 21.55 |
| | | 茎鞘 Stalks | — | 1.02 | 4.40 | — | 0.013 | 0.084 | — | 1.80 | 6.92 |
| | | 叶片 Leaves | 32.20 | 16.28 | 22.95 | 0.518 | 0.382 | 0.495 | 62.40 | 51.22 | 40.67 |
| | | 全株 Plant | 65.05 a | 54.08 b | 72.25 a | 0.831 a | 0.747 b | 1.217 ab | | | |
| | 分3次施入 Split appl. at 3 times | 留茬 Subble | 8.80 | 19.73 | 22.45 | 0.074 | 0.493 | 0.389 | 18.68 | 32.32 | 28.05 |
| | | 根 Root | 15.28 | 34.80 | 24.80 | 0.137 | 0.084 | 0.404 | 34.54 | 5.51 | 29.10 |
| | | 茎鞘 Stalks | — | 2.20 | 2.75 | — | 0.053 | 0.048 | — | 3.46 | 3.46 |
| | | 叶片 Leaves | 12.55 | 28.00 | 24.95 | 0.186 | 0.896 | 0.547 | 46.78 | 58.72 | 39.39 |
| | | 全株 Plant | 36.63 b | 84.73 a | 74.95 a | 0.397 b | 1.442 a | 1.388 a | | | |

2.4 两种牧草氮吸收强度

皖草2号生育期内氮素吸收强度逐渐增加,墨西哥玉米氮素吸收强度呈先增加后降低的单峰曲线变化,在110d左右达到最大。从刈割试验氮吸收强度看出,墨西哥玉米高于皖草2号,两者再生草均是分次施肥处理显著大于一次基施处理,皖草2号头茬草氮素吸收强度差异不显著,而墨西哥玉米一次基施处理高于分次施肥处理(图2)。

2.5 两种饲用作物氮素利用效率

氮回收率是指作物吸收肥料氮所占肥料总氮的百分比,它反映作物对氮肥的利用效率。两种施肥方式均是皖草2号高于墨西哥玉米,且均是分次施肥处理极显著高于一次性施肥处理;同时,不同刈割次数的氮回收率表现为H3>H2>H1。因此,生产中采用两种牧草氮肥分次施用(即底施和每次刈割后追施),既可提高氮肥利用率,减少氮肥损失,还

可以减轻氮素对环境的污染。

氮肥利用效率是用氮素收获指数表示。皖草 2 号第 1、2 期收获草在两种施肥方式下氮收获指数差异不显著,第 3 次收获草的收获指数分次施肥处理显著高于一次性施肥处理;生育期内分次施肥处理

氮收获指数 62.3%。墨西哥玉米 H1 和 H3 一次施肥处理氮收获指数显著高于分次施肥处理,H2 分次施肥处理显著高于一次性施肥处理,生育期内一次性施肥处理氮收获指数 53.4%。总体上看,皖草 2 号平均氮素收获指数高出墨西哥玉米 9% 左右(图 3)。

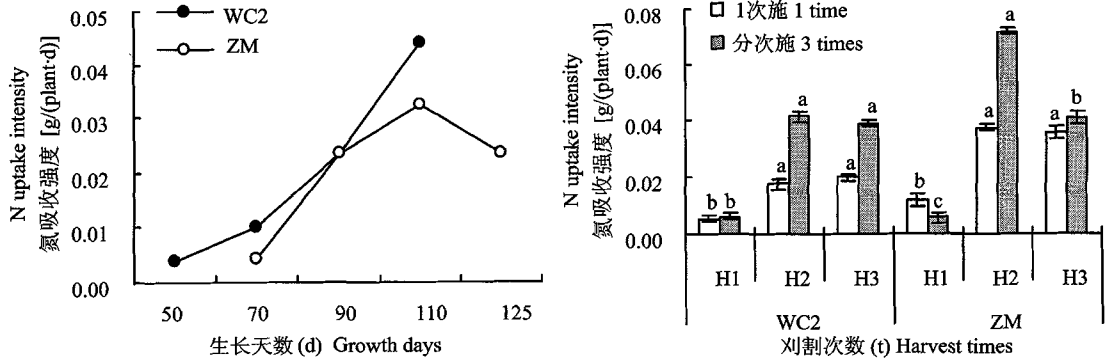


图 2 皖草 2 号和墨西哥玉米氮素吸收强度比较

Fig.2 Comparison of nitrogen uptake intensity on Wancao 2 and Zea mexicana

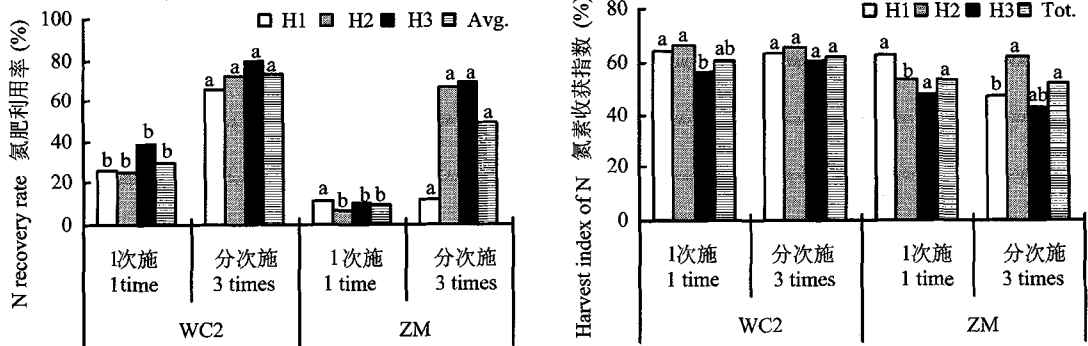


图 3 皖草 2 号和墨西哥玉米氮回收率和氮素收获指数

Fig.3 Comparison of recovery rate and harvest index of nitrogen on Wancao 2 and Zea mexicana

(Avg.—3 次收获的平均值 Average of 3 harvests; Tot.—生育期内氮收获指数 N harvest index during growth period.)

3 讨论

氮肥利用率的研究已有大量报道,且主要集中在小麦、玉米等大田粮食作物上^[10-13],而有关饲用作物氮肥利用率的研究报道较少。本试验通过应用¹⁵N 同位素示踪技术,进行了皖草 2 号和墨西哥玉米氮素的吸收、积累、分配以及氮素利用率和氮素收获指数的研究。结果表明,生育期内两种作物各器官氮素积累量逐渐增加,且叶片氮积累量显著高于其他器官。皖草 2 号各器官氮积累量顺序为叶片 > 茎鞘 > 根和留茬,生长后期根系氮积累量占整株的比例减小,各器官氮积累量是其氮素含量和干重共同

决定的;墨西哥玉米叶片和根系氮累积速率大于茎鞘和留茬。皖草 2 号生育期内吸收肥料氮的比例逐渐减少,墨西哥玉米则呈斜“Z”型变化,两者各器官氮积累量随生育进程不断增加,而吸收肥料氮的趋势不同,说明两者在各时期吸收氮素的速率存在差异。不同收获时期,皖草 2 号和墨西哥玉米各器官全氮含量及吸收肥料氮比例存在差异。第一次刈割,皖草 2 号分次施肥处理各器官全氮含量高于一次性施肥处理,墨西哥玉米与之相反;两者吸收肥料氮的比例一次性施肥处理高于分次施肥处理,分别高出 18.2% 和 19.3%,因为此时土壤中的氮素浓度存在差异,一次性施肥处理的氮浓度是分次处理

的 3 倍,土壤中氮浓度高,相应植物吸收的也多。两者再生草全氮含量则是分次施肥处理高于一次基施处理。皖草 2 号第二次收获草是一次基施处理吸收肥料氮的比例高于分次施肥处理,第三次收获与之相反;而墨西哥玉米再生草分次施肥处理吸收氮素的 97.6%~100% 来自肥料。皖草 2 号各器官干重和总吸氮量均是分次施肥处理高于一次性施肥处理,第一次收获叶片和根中氮分配比例高于茎鞘和留茬,随刈割叶片中氮分配比例逐渐减少,茎鞘逐渐增大。墨西哥玉米头茬草叶片干重和总吸氮量一次施肥处理大于分次施肥处理,再生草分次施肥处理较高,一次性施肥处理叶片和茎鞘氮分配变化趋势与皖草 2 号头茬草一致,两者叶片氮分配比例最高,茎鞘最低。皖草 2 号生育期内氮素吸收强度逐渐增加,墨西哥玉米呈单峰曲线变化,生长 110 d 左右达到最大,出现此种状况可能是由于两种饲用作物的生物学特性造成的。从各收获时期氮吸收强度看出(图 2),墨西哥玉米高于皖草 2 号,两者再生草分次施肥处理氮素吸收强度显著高于一次性施肥处理,皖草 2 号头茬草两种施肥方式氮素吸收强度差异不显著,墨西哥玉米一次性施肥处理高于分次施肥处理。

氮回收率是指作物吸收肥料氮所占肥料总氮的百分比,它反映作物对氮肥的利用效率^[5,14]。随着氮肥的大量施用,在我国有些地方氮肥淋洗造成地下水硝酸盐污染,饮用水 NO_3^- 超标^[15],因此,提高氮回收率,减少养分损失和环境污染已刻不容缓。本试验得出,两种饲用作物均是分次施肥处理氮回收率显著高于一次性施肥处理,其中,皖草 2 号分次施肥处理氮回收率平均为 72.7%,墨西哥玉米为 49.4%。氮肥利用效率常用氮素指数表示^[5,16-19]。黄德明等^[20]研究认为,随着施氮量的增加,氮收获指数从 75%~78% 下降到 62%; Papakosta and Gagianas^[21]认为,氮肥对氮收获指数的影响与年份有关。本试验中皖草 2 号分次施肥处理氮收获指数为 62.3%,墨西哥玉米为 53.4%,皖草 2 号氮收获指数显著高出墨西哥玉米 9% 左右。其中,皖草 2 号 H1 和 H2 两种施肥方式下,氮收获指数差异不显著,H3 处理分次施肥处理显著高于一次性施肥处理,高出 4.31%,可能是分次施肥处理获得的生物量较高的原因;墨西哥玉米 H1 和 H3 一次施肥处理氮收获指数显著高于分次施肥处理,分别高出 15.62% 和 4.74%,H2 分次施肥处理高出一次性施肥处理 9.14%,不同处理存在差异的原因是由于各时期收

获量的差异造成的。

根据两种牧草对氮素的吸收、分配特性以及氮素利用率和氮肥收获指数等分析,在生产中应根据所选饲草的种类或品种来确定施肥措施。皖草 2 号宜采用氮肥分次施用的方式,而墨西哥玉米则可采用一次性施肥处理的方法,这样在提高氮素利用率的同时,更有利于获得优质的牧草。

参 考 文 献:

- [1] 黄高宝,张恩和,胡恒觉. 不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(3): 293-297.
Huang G B, Zhang E H, Hu H J. Ecophysiological mechanism on nitrogen use efficiency difference of corn varieties [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2001, 7 (3): 293-297.
- [2] 曹翠玲,李生秀,苗芳. 氮素对植物某些生理生化过程影响的研究进展[J]. 西北农业大学学报,1999,27(4): 96-101.
Cao C L, Li S X, Miao F. The research situation about effects of nitrogen on certain physiological and biochemical process in plants[J]. Acta Bot. Boreali-Occident. Sin., 1999, 27 (4): 96-101.
- [3] 朱兆良,文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京:江苏科技出版社,1992. 288-303.
Zhu Z L, Wen Q X. Soil nitrogen in China [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1992. 288-303.
- [4] 侯爱新,陈冠雄,吴杰,等. 稻田 CH_4 和 N_2O 排放关系及其微生物学机理和一些影响因子[J]. 应用生态学报,1997,8(3): 270-274.
Hou A X, Chen G X, Wu J et al. Relationship between CH_4 and N_2O emissions from rice field and its microbiological mechanism and impacting factors[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 1997, 8 (3): 270-274.
- [5] 丁成龙,沈益新. 10 个苏丹草品种在南方的生长表现[J]. 中国草地,2001,2(23): 34-37.
Ding C L, Shen Y X. Growth expression of ten sudan grass cultivars in southern region of China [J]. Grassland China, 2001, 2 (23): 34-37.
- [6] 姜海忠. 高产优质饲料作物—墨西哥玉米[J]. 农业科技与信息,2001(3): 32.
Jiang H Z. The fodder grass of high yield and top quality—*Zea diploperennis* L. [J]. Sci. Inform. Agric., 2001(3): 32.
- [7] 张晓艳,董树亭,王空军,等. 不同类型饲用作物营养成分的比较研究[J]. 作物学报,2005,31(10): 1344-1348.
Zhang X Y, Dong S T, Wang K J et al. Comparison of nutritive composition in different types of forage crops [J]. Acta Agron. Sin., 2005, 31(10): 1344-1348.
- [8] 王永军,王空军,董树亭,等. 氮肥用量、时期对墨西哥玉米产量及饲用营养品质的影响[J]. 中国农业科学,2005,38: 492-497.
Wang Y J, Wang K J, Dong S T et al. Effects of different nitrogen application strategies on yield and forage nutritive quality of *Zea mexicana* [J]. Sci. Agric. Sin., 2005, 38: 492-497.

- [9] 戴建军,程岩. 黑龙江省南部黑土施氮对大豆氮肥利用率的影响[J]. 东北农业大学学报,2000,31(2):125-128.
Dai J J, Cheng Y. The effect of nitrogen fertilizer rates on NFUE and NUE of soybean cultivars [J]. J. Northeast Agric. Univ., 2000, 31 (2): 125-128.
- [10] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等. 基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 生态学报,2002,22(7):1122-1128.
Liu X J, Zhao Z J, Ju X *et al.* Effect of N application as basal fertilizer on grain yield of winter wheat, Fertilizer N recovery and N balance [J]. Acta Ecol. Sin., 2002, 22 (7): 1122-1128.
- [11] 杨雯玉,贺明荣,王远军,等. 控释尿素与普通尿素配施对冬小麦氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):627-633.
Yan W Y, He M R, Wang Y J *et al.* Effect of controlled-release urea combined application with urea on nitrogen utilization efficiency of winter wheat [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11 (5): 627-633.
- [12] 春亮,陈范俊,张福锁,等. 不同氮效率玉米杂交种的根系生长、氮素吸收和产量形成[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):615-619.
Chun L, Chen F J, Zhang F S *et al.* Root growth, nitrogen and yield formation of hybrid maize with different N efficiency [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11 (5): 615-619.
- [13] 赵广才,张保明,王崇义. 应用¹⁵N研究小麦各部位氮素分配利用及施肥效应[J]. 作物学报,1998,24(6):854-857.
Zhao G C, Zhang B M, Wang C Y. Studies on the effect of fertilization and distribution utilization of nitrogen in different parts of wheat by using ¹⁵N tracer technique [J]. Acta Agron. Sin., 1998, 24(6): 854-857.
- [14] 张国平,张光恒. 小麦氮素利用效率的基因型差异研究[J]. 植物营养与肥料学报,1996,2(4):331-336.
Zhang G P, Zhang G H. Study on the difference of nitrogen use efficiency among different genotype [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 1996, 2 (4): 331-336.
- [15] 张维理,田哲旭,张宁,等. 我国北方农田氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(2):80-87.
Zhang W L, Tian Z X, Zhang N *et al.* Investigation on NO₃⁻ polluting ground water of nitrogen fertilizer in farmland of north China [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 1995, 1 (2): 80-87.
- [16] Caladerrini D F, Torres-Leon S, Stafer G. Onsequences of wheat breeding on nitrogen and phosphorus yield, grain nitrogen and phosphorus concentration and associated traits [J]. Ann. Bot., 1995, 76: 315-322.
- [17] Loffer C M, Busch R H. Selection for grain protein, groin yield and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat [J]. Crop Sci., 1982, 22: 591-595.
- [18] 杜金哲,李文雄,胡尚连,等. 冬小麦不同品质类型的吸收、转化利用及与子粒产量和蛋白质含量的关系[J]. 作物学报,2001,27(2):253-260.
Du J Z, li W X, Hu S L *et al.* Nitrogen assimilation, transfer and utilization in relation to grain protein content and yield of spring wheat genotypes differing in quality [J]. Acta Agron. Sin., 2001, 27 (2): 253-260.
- [19] 吉春容,李世清,伍维模,等. 半湿润农田生态条件下施氮对不同小麦品种氮素转移的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):569-577.
Chun L, Li S Q, Wu W M *et al.* Effect of N fertilization on N translocation of different winter wheat cultivars during grain filling period in sub-humid farmland ecologic system [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(5): 569-577.
- [20] 黄德明,俞仲林,朱德锋. 淮北地区高产冬小麦植株吸收及土壤供氮特性[J]. 中国农业科学,1988,21(5):59-67.
Huang D M, Yu Z L, Zhu D F. High yield wheat absorption and the characteristics of soil nitrogen supply in Huaibei region [J]. Sci. Agric. Sin., 1988, 21 (5): 59-67.
- [21] Papakosta D K, Gagianas A A. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filing [J]. Agron. J., 1991, 83: 864-870.