

# 供氮水平对甜菜生长发育及产质量的影响

朱向明<sup>1</sup>, 韩秉进<sup>1</sup>, 宋柏权<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 黑土区农业生态重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150081;

2. 中国农业科学院 甜菜研究所, 黑龙江 哈尔滨 150501)

**摘要:** 文章研究了大田试验条件下施氮水平对甜菜生长发育及产质量的影响。结果表明: 同一时期, 地上部干重和根干重均随供氮水平的提高呈现先增大后减小的趋势, 施氮量为  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时根冠比最高; 施氮对甜菜块根的氮素积累影响较小, 但对叶片影响较大; 同一施氮水平下, 甜菜叶片淀粉含量随生育期的推进表现为先缓慢增长, 然后快速增加, 最后缓慢下降的趋势; 供氮水平在  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时块根产量较高, 在  $60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  以下。综合氮素对甜菜生长发育、氮素代谢及产质量可见, 适量施用氮肥, 不仅可以提高甜菜产量, 还能够促进甜菜生长发育, 此试验条件下较为适宜的氮素用量为  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。图 4, 表 1, 参 9。

**关键词:** 甜菜; 生物量; 氮素分配; 产量

中图分类号: S154

文献标识码: A

## Growth, Yield and Quality of Sugar Beet in Responses to Different Nitrogen Levels Supply

ZHU Xiangming<sup>1</sup>, HAN Bingjin<sup>1</sup>, SONG Baiquan<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Mollisol Agroecology, Northeast Institute of Geography and Agroecology,

CAS, Harbin 150081, China; 2. Sugar Beet Institute of CAAS, Harbin 150501, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to investigate the effect of different levels of nitrogen supply on growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Results showed that shoot and dry weight initially increased and then decreased with increased nitrogen levels at same stage. The root/shoot ratio was highest when N rate was  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ . N application had no significant influence on root nitrogen accumulation, while this index in leaves was significant, N application slowly increased the content of leaf starch firstly at early growth stages and subsequently increased at later growth stages, and then decreased slowly. Higher yield over  $60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  was achieved when N rates were  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ . Comprehensive considering the growth and development, nitrogen metabolism, yield and quality of sugar beet, N application rate of  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  is a reasonable choice in our test.

**Key words:** sugar beet; dry matter accumulation; nitrogen distribution; yield

## 0 引言

甜菜是我国东北地区重要的经济作物, 黑龙江省以其丰沃的土地资源、适宜的气候条件等优势自上世纪 80 年代以来, 一直是全国产糖大省<sup>[1]</sup>。近年来由于受国际糖价走低、含糖率较低等因素的影响, 黑龙江省甜菜产业出现萎缩趋势。其中菜农盲目施肥(特别是氮肥)是导致甜菜产量不稳, 含糖率及产糖量呈现下降趋势的重要原因。在现有种质资源条件下, 开展氮肥运筹为主的栽培措施研究是扭转这一局面的重要措施之一。

氮素在植物体内的含量一般占干物质含量的 1%~3%, 对甜菜形态建成、生长发育、产量和品质形成等都有十分重要的影响<sup>[2-3]</sup>。氮素在植物体内的循环代谢除受自身条件的影响外, 更多与氮素的供应直接相关<sup>[4]</sup>。前人对氮素运筹与甜菜产量、含糖率及生理指标的关系进行了研究。例如, 曲文章<sup>[5]</sup>等和蔡

收稿日期: 2015-12-15; 修回日期: 2016-01-18.

基金项目: 黑龙江省普通高等学校甜菜遗传育种重点实验室开放课题基金项目、国家甜菜现代农业产业技术体系项目资助。

第一作者简介: 朱向明(1981-), 男, 山东潍坊人, 博士, 助理研究员, 主要从事植物营养与吸收方面研究。

通讯作者: 宋柏权(1979-), 男, 黑龙江绥化人, 博士, 助理研究员, 主要从事作物栽培学与耕作学研究。

柏岩<sup>[6]</sup>研究了施氮量对甜菜产质量和生理指标的影响,结果表明:随着施氮水平的提高,甜菜块根产量、产糖量增加,当施氮量达到一定值时,块根产量和产糖量逐渐下降,并且均与施氮水平呈二次型曲线相关。但有关不同施氮水平对甜菜氮素代谢及其调控效应的研究较少。

为此,文章拟研究在大田条件下,不同供氮水平对甜菜整个生育期生长发育、氮素代谢及产质量的影响,旨在为黑龙江省地区甜菜高产高糖栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验选在黑龙江省拜泉县富强镇新农村进行,该地区地处黑龙江省中西部,为黑土丘陵漫岗区,属温带大陆性季风气候特征,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,雨热同季,年均气温为 1.2℃。年均降水量为 490 mm 左右,主要集中在 7 月、8 月、9 月份。>10℃ 的有效积温约 2 450℃,年均日照时数约为 2 700 h,无霜期为 122 d。地带性土壤为黑土、黑钙土,垦前植被为草原和森林。

### 1.2 试验设计及田间管理

试验于 2014 年 5 月至 10 月进行。前作为大豆,供试品种为 H003。试验共设置 0 (N0)、80 kg·hm<sup>-2</sup> (N80)、160 kg·hm<sup>-2</sup> (N160)、240 kg·hm<sup>-2</sup> (N240) 4 个施氮处理。试验采用 65 cm 垄,4 行区,区长 10 m,试验小区面积 26 m<sup>2</sup>。每个处理 3 次重复,各小区随机排列。其它肥料施用量为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 110 kg·hm<sup>-2</sup>,供试肥料品种分别为尿素、过磷酸钙、硫酸钾,肥料均作为基肥施用。生育期进行常规栽培管理。

### 1.3 测定指标及数据分析

从 6 月 15 日开始每隔 30 d 左右在甜菜生长的 4 个典型时期即苗期、叶丛形成期、块根增长期和糖分积累期进行取样。取样选择在天气晴朗的上午进行,分别按块根、叶片分部位进行取样,于 70℃ 烘干至恒重、粉碎,过 40 目筛备用。全氮的测定采用凯氏定氮法<sup>[7]</sup>,淀粉含量采用蒽酮-硫酸比色法<sup>[8]</sup>,块根含糖率采用 pal-1 糖度仪进行测定<sup>[9]</sup>。收获前对每个小区取 10 m<sup>2</sup> 进行块根产量测定。

对所获得的试验数据用 Excel 2003 进行录入、计算,用 SPSS16.0 软件进行数理统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 供氮水平对甜菜生物量及根冠比的影响

在整个生育期内,同一供氮水平下,甜菜地上部茎、叶干物质积累均随甜菜的生长而呈现出先增大后减小的趋势,在 8 月 17 日左右(块根增长期)达最大值;而块根干物质积累量则呈现出持续增大的趋势,见表 1。

同一时期,除个别处理外,茎、叶及块根干物质重均随供氮水平的提高而表现为先增加后降低的趋势,当施氮量为 80 kg·hm<sup>-2</sup>~160 kg·hm<sup>-2</sup> 时干物质积累量最大。由此可见,适量氮肥可以促进甜菜干物质的积累,过高或过低氮肥用量都会抑制甜菜干物质的积累。

从图 1 根冠比也可以清楚地看出甜菜干物质在地上部、地下部的分配状况。在甜菜各生长阶段,施氮量为 80 kg·hm<sup>-2</sup> 的处理根冠比最高。说明合理施用氮肥不仅可以促进甜菜的生长发育,而且对于生育后期光合产物向地下部转移,形成块根产量起到了重要作用;当甜菜受到氮肥胁迫(过高或过低)时,地上部、地下部的协调生长就会被破坏,不利于甜菜的生长发育。

表1 供氮水平对甜菜不同生长阶段各部位生物量的影响 (g)

Tab. 1 Dry matter accumulation of sugar beet under different nitrogen levels at various growth stages

日期 Date	部位 Part	处理 Treatment			
		N0	N80	N160	N240
6月15日	茎 Stem	0.44	0.97	0.91	0.93
	叶 Leaf	1.54	2.71	2.56	1.79
	根 Root	0.33	0.61	0.56	0.56
7月15日	茎 Stem	18.8	28.3	28.9	17.8
	叶 Leaf	23.9	33.7	43.0	31.1
	根 Root	25.1	59.8	47.0	15.8
8月17日	茎 Stem	27.7	26.8	24.8	25.4
	叶 Leaf	40.4	25.3	26.2	28.8
	根 Root	52.6	103.6	53.7	30.7
9月20日	茎 Stem	24.5	27.6	26.2	21.2
	叶 Leaf	17.3	18.4	17.0	13.5
	根 Root	61.9	127.2	101.0	36.9

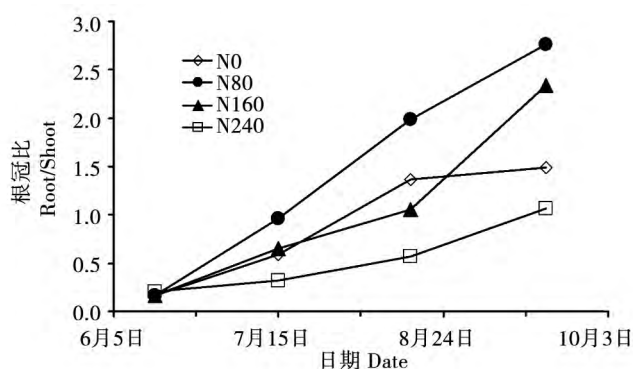


图1 供氮水平对甜菜不同生长阶段根冠比的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen levels on root/shoot ratio at various growth stage of sugar beet

## 2.2 供氮水平对甜菜体内氮素分配的影响

氮素是植物体内蛋白质、核酸、酶类及叶绿素等重要物质的必要组成部分。并且这些含氮化合物主要集中在叶片、根系及分生组织等生命活动旺盛的区域,是植物实现其生理功能(如光合作用、呼吸作用等)的物质基础。不同供氮水平下叶片、块根含氮量情况如图2所示。总体而言,不同生长阶段各处理甜菜叶片含氮量均明显高于块根含氮量,说明甜菜这种糖料作物的氮素积累主要用于地上部生长进行光合作用等,从而实现糖分的累积。

同一施氮水平下,叶片含氮量基本表现为先降低后升高的趋势,在7月15日至8月24日之间降为最低;而块根含氮量则表现为持续降低的趋势,这与甜菜块根主要作为糖分积累器官有很大关系。不同施氮水平下,施氮量为 $80\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\sim 160\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 处理叶片含氮量略高于其它处理,无氮处理叶片、块根含氮量均为最低。

## 2.3 供氮水平对甜菜叶片淀粉含量的影响

淀粉是植物叶片的光合最终产物之一,同时也是块根碳水化合物的重要来源,其含量的高低在一定程度上反映了植物源器官的供应能力。不同供氮水平下,各生长阶段甜菜叶片淀粉含量如图3所示。总体而言,随着生育期的推进,不同供氮水平下甜菜叶片淀粉含量表现为先缓慢增长,然后快速增加,最后缓慢

下降的趋势。这在一定程度上反映了随着甜菜库器官的不断增大,从叶片流出的碳水化合物就不断增加,从而导致叶片内积累的碳水化合物量随之不断降低。不同处理之间并无显著差异。

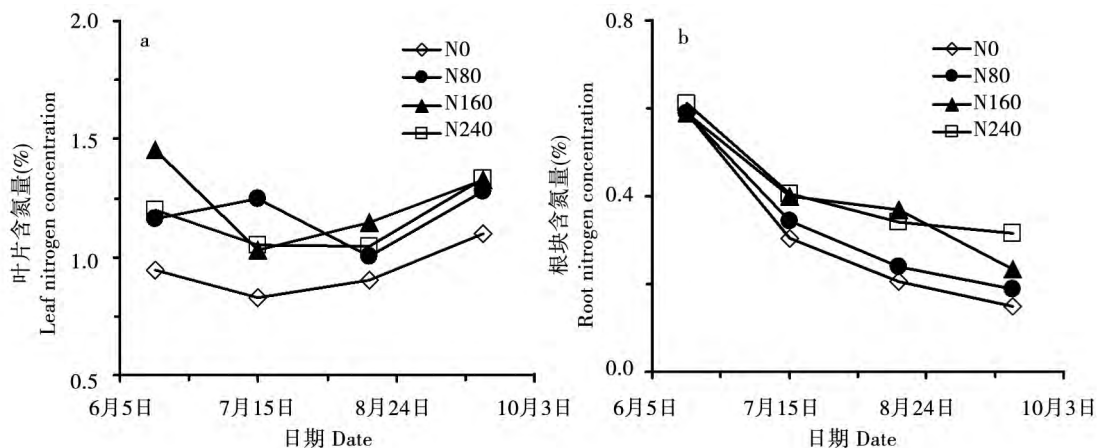


图2 供氮水平对甜菜不同生长阶段 (a) 叶片含氮量; (b) 块根含氮量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen levels on (a) leaf nitrogen concentration, and (b) root nitrogen concentration at various growth stages of sugar beet

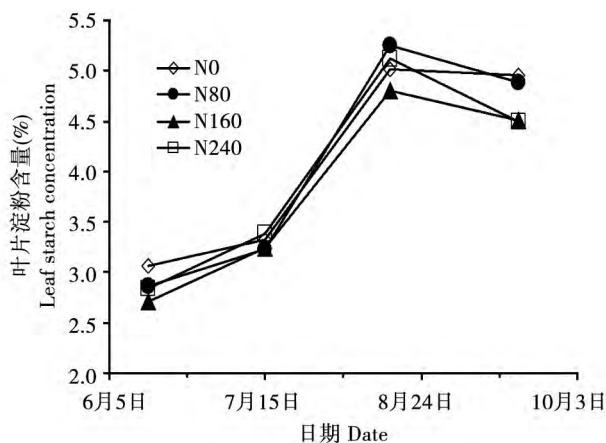


图3 供氮水平对甜菜不同生长阶段叶片淀粉含量的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen levels on leaf starch at various growth stages of sugar beet

## 2.4 供氮水平对甜菜产质量的影响

无氮处理 (N0) 和高氮处理 (N240) 均受到了严重的氮素胁迫,甜菜块根产量较低,都在  $50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  以下,见图4。块根产量较高的为 N80 和 N160 两个处理,均在  $60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上。甜菜块根含糖率随施氮水平的提高而降低,含糖率最高的为无氮处理,含糖率为 16.2%。这说明供氮水平与含糖率具有一定的负相关性。产糖量为块根产量与含糖率之积,其随供氮水平提高的变化趋势与块根产量类似,产糖量最高的为 N80 处理,为  $9.4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。综合考虑含糖率、产糖量、施氮量等因素,建议施氮量以  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜,具体施氮量应在此基础上设计更细致的试验来确定。

## 3 初步结论

(1) 同一供氮水平下,甜菜地上部干物重随生育期的推进先增大后减小,而块根干物重持续增大;同一时期,除个别处理,甜菜地上、地下部干物重均随供氮水平提高呈现先增大后减小的趋势。说明氮肥对甜菜干物质积累起着重要作用,适量施用氮肥可以促进干物质积累,但过高或过低施用氮肥又会抑制干物质积累。

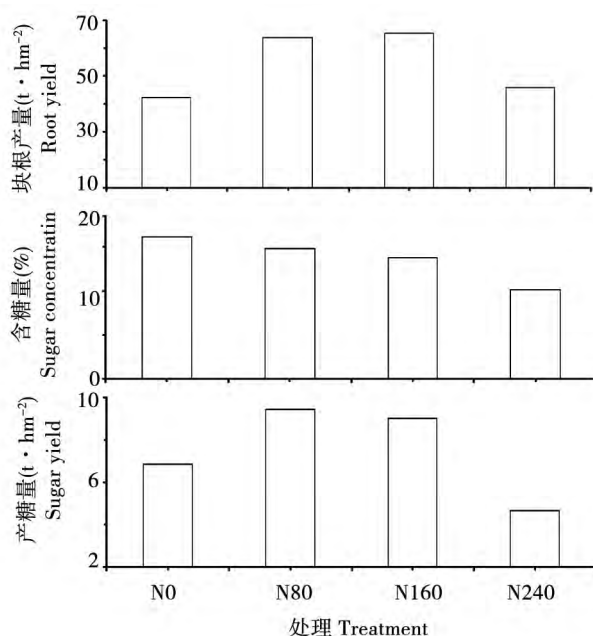


图4 供氮水平对甜菜产质量的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen levels on yield and quality of sugar beet

(2) 甜菜叶片含氮量总体明显高于块根含氮量, 说明甜菜氮素主要用于地上部进行光合作用; 施氮量为  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  处理叶片含氮量略高于其它处理, 表明合理施氮极大地促进了甜菜生育后期光合产物向地下部的转移, 有利于块根的形成。供氮水平对叶片淀粉含量影响不大, 均表现出先增大后降低的趋势, 这与甜菜作为糖料作物实现糖分累积是一致的。

(3) 供氮水平与含糖率具有一定负相关性, 块根产量则随供氮量的增加呈现出先升高后降低的趋势, 产糖量为含糖率与产量之积, 其变化趋势与产量类似, 施氮量为  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时最高, 因此得出在本试验条件下甜菜较为适宜的施氮量为  $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 韩秉进, 陈 渊. 黑龙江产区甜菜糖业面临的问题与对策 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17 (3): 227-229.
- [2] 倪洪涛, 孙 元, 黄雅曦. 甜菜氮代谢的研究进展 [J]. 中国甜菜糖业, 2008 (4): 35-38.
- [3] 王树堂, 黄立功, 张成建, 等. 氮素对甜菜代谢、品质和产量的影响 [J]. 农业科技通讯, 2012 (5): 184-185, 190.
- [4] 吴光磊, 郭立月, 崔正勇, 等. 氮肥运筹对晚播冬小麦氮素和干物质积累与转运的影响 [J]. 生态学报, 2012, 32 (16): 5128-5137.
- [5] 曲文章, 高妙真, 白祥和. 施肥量对甜菜产量和生理指标的影响 [J]. 中国甜菜, 1993 (2): 25-29.
- [6] 蔡柏岩, 葛菁萍, 曲文章. 氮素水平对甜菜干物质积累与分配的影响 [J]. 中国糖料, 2004, 26 (2): 6-9.
- [7] 雍太文, 杨文钰, 向达兵, 等. 小麦/玉米/大豆套作的产量、氮营养表现及其种间竞争力的评定 [J]. 草业学报, 2012, 21 (1): 50-58.
- [8] 李合生, 孙 群, 赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [9] 杜永成, 王玉波, 范文婷, 等. 不同氮素水平对甜菜硝酸还原酶和亚硝酸还原酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (3): 717-723.