

氮肥运筹对干旱区滴灌甜菜氮素利用及产量的影响

苏继霞,王开勇,费 聪,李阳阳,樊 华
(石河子大学农学院,新疆 石河子 832003)

摘 要:以甜菜品种 Beta356 为试验材料,研究了氮素运筹[甜菜叶丛快速增长期、块根膨大期、糖分积累期的氮素追施比例分别为 6:3:1,5:3:2,4:4:2(用 N1、N2、N3 表示),以不施氮素的处理为对照(用 CK 表示)]对滴灌甜菜氮素利用及产量的影响。结果表明:随着生育进程的推进,甜菜干物质积累量呈现先升高后降低的趋势,并在块根膨大期达到最大值;不同处理干物质积累量的差异在甜菜苗期、叶丛快速增长期和块根膨大期均未达到显著水平,至糖分积累期和收获期显著高于 CK,且各施肥处理间差异不显著;甜菜氮素阶段积累量与该阶段施氮量相比存在一定的滞后性;不同处理氮素总积累量和氮素运转量均表现为 N1>N2>N3>CK,氮素运转率则表现为 N1>N2>CK>N3;氮农学利用率和氮表观利用率分别表现为 N2>N3>N1 和 N3>N2>N1,其中 N2 处理的氮农学利用率分别比 N1 和 N3 处理提高了 14% 和 4%,且不同处理间差异显著;收获期各处理甜菜产糖量表现为 N3>N2>N1>CK,块根中造蜜性非糖物质(K、Na 和 α- 氮态氮)表现为 CK<N2<N3<N1。综合考虑氮素利用、产糖量以及块根品质,N2 处理可作为北疆露播滴灌甜菜较为合理的氮素运筹模式。

关键词: 甜菜;滴灌;氮素运筹;产量
中图分类号: S143.1;S566.3 **文献标志码:** A

Effects of nitrogen management on nitrogen use efficiency and yield of sugar beet under drip irrigation in arid regions

SU Ji-xia, WANG Kai-yong, FEI Cong, LI Yang-yang, FAN Hua
(College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of nitrogen management on nitrogen use efficiency and yield of sugar beet under drip irrigation in arid regions, with the timing treatments of N1, N2, and N3. The results showed that dry matter accumulation of sugar beet increased from seedling to root enlargement stage, and then fell steadily. Nitrogen management had no significant effect on dry matter accumulation of sugar beet in seeding, leaf rapid growth stage and root enlargement stage, but there was a significant difference at sucrose accumulation stage and harvest stage. There is hysteresis between the N accumulation of sugar beet and the N rate. The total N accumulation and the translocation amount showed an order of N1>N2>N3>CK, and the translocation rate of nitrogen as N1>N2>CK>N3. The N agronomic efficiency and N apparent use efficiency was N2>N3>N1 and N3>N2>N1, respectively. N agronomic efficiency and N apparent use efficiency in the N2 treatment were 14% and 4% higher than that in the N1 and N3 treatment, and there was a significant difference among the treatments. The sugar yields were N3>N2>N1>CK in the harvest, and the amount of K, Na and α-amino in root was CK<N2<N3<N1. From the sugar yield and nitrogen use efficiency, the N3 (4:4:2) treatment can be used for reasonable nitrogen management mode of sugar beet under drip irrigation in North Xinjiang.

Keywords: sugar beet; drip irrigation; nitrogen application; yield

甜菜是主要糖料作物之一,也是我国三北地区重要的经济作物。随着制糖企业收购甜菜“以质论价”步伐的加快,甜菜价格与价值不符的矛盾日益激化^[1]。甜菜蔗糖含量及块根品质受氮糖代谢的调

收稿日期:2016-08-04 修回日期:2016-10-10
基金项目:国家自然科学基金资助项目(31660360);教育部科学技术研究重点项目(212201);新疆生产建设兵团博士基金项目(2014BB012);石河子大学杰出青年科技人才培养计划(2015ZRKXJQ03)
作者简介:苏继霞(1990—),女,甘肃定西人,硕士研究生,研究方向为土壤环境与生态安全。E-mail:1343516285@qq.com。
通信作者:樊 华(1983—),女,新疆石河子人,副教授,博士,主要从事作物生理生态方面研究。E-mail:fanhua@shzu.edu.cn。

控,而氮素是影响整个代谢过程的关键因素。研究表明,不同区域甜菜氮素利用率变异较大,主要取决于当地气候条件、土壤状况以及期望产量水平^[2-4]。相同区域同一甜菜品种的氮素利用率,由于氮素管理、灌溉方式以及氮肥种类的差异变化较大^[5-6]。有关氮素运筹的研究认为,收获前大约六周(< 42 d)缺氮对获得高质量甜菜是必需的,缺氮过早或过迟对产量或质量均不利^[7]。然而也有研究表明,在甜菜块根膨大期少量施氮可以延缓叶片和根系衰老,增加甜菜的块根产量和含糖率^[8]。

目前,新疆滴灌甜菜单产持续跃居我国首位,接近世界发达国家水平,但含糖率却不断下降^[9]。如何立足于当地独特的气候优势和节水滴灌技术,通过不同生育时期氮素调控,获得较高产糖量和氮素利用率是滴灌甜菜氮素管理中面临的问题。为此,本研究通过田间控制试验,探索氮肥运筹对滴灌甜菜氮素利用和产量品质的影响,为干旱区滴灌甜菜氮素管理提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

以新疆近年来主栽甜菜品种 Beta356(美国 Betaseed 公司提供)为试验材料,于 2015 年在石河子大学农学院试验站(45°19'N, 86°03'E)进行田间控制试验,试验区土壤为灌溉灰漠土,质地为重壤,0~20 cm 土壤有机质含量 13.25 g·kg⁻¹,全氮 0.89 g·kg⁻¹,碱解氮 58.67 mg·kg⁻¹,速效磷 22.56 mg·kg⁻¹,速效钾 249.51 mg·kg⁻¹,pH 7.3。

试验共设 4 个处理,以不施氮素的处理为对照(CK),其余 3 个处理氮素追施比例在甜菜叶丛快速增长期:块根膨大期:糖分积累期分别为6:3:1、5:3:2、4:4:2(用 N1、N2、N3 表示)。小区面积 48 m²(4 m×12 m),每处理重复 3 次,田间随机排列,各小区间设 1 m 保护行。4 月 15 日播种,10 月 6 日收获。氮肥、磷肥、钾肥施用量分别为 N 585 kg·hm⁻², P₂O₅ 345 kg·hm⁻², K₂O 210 kg·hm⁻²,磷钾肥混匀于播种前基施,试验用氮肥为尿素,按各时期比例全部追施,施肥日期分别为 6 月 10 日、7 月 15 日和 8 月 20 日。株行距配置方式为 50 cm×14 cm(即行距为 50 cm,株距为 14 cm),播种密度为 1.43×10⁵株·hm⁻²。滴灌带配置模式为“1 管 2”模式,即 1 条毛管控制 2 行甜菜。各处理灌水量均为 7 333.7 m³·hm⁻²,其余管理同大田。

1.2 研究方法

分别在甜菜苗期、叶丛快速增长期、块根膨大

期、糖分积累期和收获期进行取样,各处理选取长势一致的 5 株甜菜,在 105℃下杀青 30 min,80℃下烘干至恒重后记录干物质积累量,之后粉碎(0.15 mm)进行各营养器官氮含量的测定,采用浓 H₂SO₄-H₂O 消煮,凯氏定氮法测定全氮含量。收获期对各处理未取样的小区进行实收,拔出根后削除地上部分及青头,及时称量块根鲜重,并分别选取 10 株测定块根含糖率,用甜菜品质自动分析仪测定块根品质(K、Na、α-氨基氮)。

1.3 数据计算及分析

根据样品质量及全氮含量计算样品氮素积累量、氮素运转量、运转率、对块根氮素的贡献率、氮收获指数、氮糖分生产效率、氮农学利用率以及氮表观利用率^[10-11]。以 SPSS 19.0 进行数据分析,其中多重比较采用 LSD 法,不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

各时期氮素积累量(kg·hm⁻²) = 各时期各器官干物质积累量×氮素含量

各时期氮素积累总量(kg·hm⁻²) = ∑ 各时期各器官氮素积累量

氮素运转量(kg·hm⁻²) = 块根膨大期植株地上部氮素积累量 - 收获期植株地上部氮素积累量

氮素运转率(%) = 氮素运转量/块根膨大植株地上部氮素积累量×100%

贡献率(%) = 氮素运转量/收获期块根氮素积累量×100

氮收获指数(%) = 收获期块根氮积累量/收获期植株氮积累总量×100

氮农学利用率(kg·kg⁻¹) = (施氮区作物产量 - 氮空白区作物产量)/施氮量

氮表观利用率(%) = (施氮区作物吸氮量 - 氮空白区作物吸氮量)/施氮量×100

2 结果与分析

2.1 氮肥运筹对滴灌甜菜干物质积累的影响

与对照相比,氮素运筹对甜菜干物质积累量影响显著(表 1),随着生育进程的推进,甜菜干物质积累量呈现先升高后降低的趋势,并在块根膨大期达到最大值。处理间的干物质积累量在甜菜苗期、叶丛快速生长期和块根膨大期均未达到显著性差异,在糖分积累期和收获期氮素处理干物质积累量显著高于 CK 处理,但各施肥处理间差异不显著,糖分积累期干物质积累量依次表现为 N1>N2>N3>CK,收获期表现为 N2>N1>N3>CK。表明施肥处理有利于促进甜菜生育后期形成较多的光合产物。

表 1 氮素运筹下滴灌甜菜不同生育时期干物质积累量/(× 10³ kg·hm⁻²)

Table 1 Biomass accumulation of sugar beet at different periods under different treatments

处理 Treatment	苗期 Seedling stage	叶丛 生长期 Leaf rapid growth stage	块根 膨大期 Root enlargement stage	糖分 积累期 Sucrose accumulation stage	收获期 Harvest
CK	8.08a	37.90a	91.42a	23.01b	34.20b
N1	8.47a	53.96a	99.66a	44.10a	51.89a
N2	8.58a	52.24a	75.67a	43.14a	57.49a
N3	8.35a	50.11a	94.02a	34.86ab	47.03ab

注:同列中不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著,下同。
Note: data in the same column followed by different letter indicate significant difference at $P < 0.05$ level, the same below.

2.2 氮肥运筹对滴灌甜菜氮素吸收、运转的影响

各处理甜菜氮素阶段积累量、总积累量和积累比例各异(表 2)。处理间的氮素阶段积累量在苗期无显著性差异,叶丛生长期 N1、N2、N3 处理显著高于 CK,块根膨大期和糖分积累期均表现为 N1 > N2 > N3 > CK,收获期表现为 N2 > N1 > N3 > CK,表明甜菜氮素阶段积累量与该阶段施氮量相比存在一定的滞后性,即由叶丛快速生长期施氮形成的处理间氮素积累量至块根膨大期才达到显著性差异。各处理氮素总积累量表现为 N1 > N2 > N3 > CK,表明氮素总积累量与叶丛快速生长期氮肥施用比例变化一致。

表 2 氮素运筹对滴灌甜菜植株氮素阶段积累量及其积累比例的影响

Table 2 N accumulation and percentage of sugar beet under different treatments

处理 Treatment	氮素阶段积累量 N accumulation/(kg·hm ⁻²)					总积累量 Total N accumulation (kg·hm ⁻²)
	苗期 Seedling stage	叶丛 生长期 Leaf rapid growth stage	块根 膨大期 Root enlargement stage	糖分 积累期 Sucrose accumulation stage	收获期 Harvest	
CK	25.91a	55.72b	115.67c	61.95c	44.91c	304.16
N1	28.58a	92.79a	196.28a	153.23a	111.12b	582.00
N2	26.35a	92.85a	170.97b	149.31a	135.47 a	574.94
N3	25.09a	74.63a	158.74b	115.29b	108.82b	482.57

各处理氮素转运特征各异(表 3)。N1、N2 的氮素运转量和运转率显著高于 CK 和 N3 处理,具体表现为 N1 > N2 > N3 > CK 和 N1 > N2 > CK > N3,其中 N1 处理的氮素运转量和运转率分别比 CK、N2 和 N3 处理提高了 78.07%、19.35% 和 71.78%;56.79%、17.03% 和 62.35%。各处理氮素贡献率表现为 N1 > N2 > CK > N3,其中 N1 处理的氮素贡献率分别比

CK、N2 和 N3 处理提高了 57.80%、49.94% 和 65.97%。表明处理间氮素运转特征与氮素总积累量呈现相同的变化趋势。

表 3 不同氮素运筹下滴灌甜菜的氮素转运特征
Table 3 N translocation of sugar beet under different nitrogen managements

处理 Treatment	运转量 Translocated amount/(kg·hm ⁻²)	运转率 Translocated rate/%	贡献率 Contribution /%
CK	6.30b	11.90b	34.16b
N1	28.74a	27.54a	80.94a
N2	23.18a	22.85a	40.52b
N3	8.11b	10.37b	27.54b

氮素运筹对氮收获指数、氮农学利用率和氮表观利用率影响各异(表 4)。各处理氮收获指数表现为 N2 > CK > N1 > N3,其中 N2 处理的氮收获指数分别比 CK、N1 和 N3 处理提高了 34%、54% 和 59%。各处理氮农学利用率表现为 N2 > N3 > N1,其中 N2 处理的氮农学利用率分别比 N1 和 N3 处理提高了 14% 和 4%。各处理氮表观利用率表现为 N3 > N2 > N1,其中 N3 处理的氮表观利用率分别比 N1 和 N2 处理提高了 17% 和 5%。表明与 N1 相比,氮素适量后移有利于甜菜氮素吸收利用,从而提高块根产量。

表 4 不同氮素运筹下滴灌甜菜的氮效率分析
Table 4 N use efficiency of sugar beet under different nitrogen managements

处理 Treatment	氮收获指数 N harvest index /%	氮农学利用率 N agronomic efficiency / (kg·kg ⁻¹)	氮表观利用率 N apparent use efficiency / %
CK	32.56b	—	—
N1	28.13c	80.67c	7.27c
N2	43.72a	91.59a	8.08b
N3	27.64c	88.12b	8.52a

2.3 氮肥运筹对滴灌甜菜产量及品质的影响

不同氮素运筹下,甜菜块根鲜重、含糖率、单产、产糖量以及块根品质指标的分析表明(表 5),收获期各处理甜菜产糖量显著高于 CK,但在施肥处理间差异不显著,具体表现为 N3 > N2 > N1 > CK。甜菜块根中造蜜性非糖物质(K、Na 和 α-氨基氮)会降低蔗糖提取率,是影响块根品质的主要因素。收获期各处理块根中 K、Na 和 α-氨基氮表现为 CK < N2 < N3 < N1。除对照块根中 α-氨基氮含量显著低于其他处理外,不同处理间块根中 K、Na 含量未达到显著差异。综合考虑产糖量和块根品质,N2 处理可作为北疆露播滴灌甜菜较为合理的氮素运筹模式。

表 5 不同氮素处理下甜菜产量及品质特征

Table 5 Yield and quality of sugar beet under different nitrogen managements

处理 Treatment	块根鲜重/(kg·株 ⁻¹) Fresh root yield /(kg·plant ⁻¹)	含糖率 Sugar content /%	单产 Yield /(×10 ³ kg·hm ⁻²)	产糖量 Sugar yield /(×10 ³ kg·hm ⁻²)	K /%	Na /%	α-氨基氮 α-amino nitrogen /(μg·g ⁻¹)
CK	0.28b	16.0a	27.95b	5.36b	1.12a	0.05a	19.88b
N1	0.75a	13.6b	75.14a	12.30a	1.07a	0.14a	39.88a
N2	0.82a	13.0b	81.53a	12.96a	0.73a	0.08a	32.56a
N3	0.80a	13.6b	79.50a	13.06a	0.94a	0.17a	35.06a

3 讨 论

块根是甜菜主要收获器官,其产量和根中蔗糖含量是反映甜菜经济性状的重要指标。关于甜菜块根重量和含糖率关系的研究表明,根重与含糖率之间存在正相关、负相关或不相关关系。当甜菜单株根重超过 500 g 时根重与含糖率呈负相关,而根重在 650 g 以下时根重和含糖率呈正相关,在此之后表现为负相关^[12-13]。本研究结果表明,与不施氮的对照相比,施氮后各处理甜菜块根重量显著增加,而块根含糖率明显降低,两者呈现相反的变化趋势。叶丛生长期大量施氮有利于甜菜形成较多干物质,氮素总积累量增加,氮素运转量、运转率和贡献率显著提高,而氮收获指数、氮农学利用率和氮表观利用率显著降低,这可能与甜菜体内碳氮代谢有关^[14-16]。块根膨大期和糖分积累期适量补施氮素后,植株氮素总积累量提高不明显,块根品质和产糖量略有增加。与 N1 相比,N2 和 N3 处理下甜菜块根产糖量和块根品质均有所提高,表明氮肥适量后移有利于高产滴灌甜菜提质增效。

“氮肥后移”是作物合理施用氮肥的一项重要技术,相关研究主要集中在棉花^[17]、玉米^[18]和小麦^[19]等作物上,目前有关甜菜氮素管理的试验集中在施氮量方面,并且是在沟灌条件下进行的。本研究充分利用滴灌技术可高精度控水控肥的特点,试图从氮素运筹方面探索提高干旱区滴灌甜菜产糖量的途径,尽管取得了一定的结果,但有关土壤中无机氮残留和矿化特征尚不清楚,如何从土壤-植物系统氮素平衡的观点出发,分析氮素运筹对促进甜菜生长和高产,减少氮素损失提高氮肥利用率等方面的作用,是值得进一步研究的问题。

参 考 文 献:

[1] 张翼飞,张晓旭,刘 洋,等.中国甜菜产业发展趋势[J].黑龙江农业科学,2013,8:156-160.

[2] Ramazan T, Sinan S, Bilal A. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian[J]. Turkey Irrigation Science, 2011, 29: 79-89.

[3] Ghamamia H S, Arji I, Sepehri S, et al. Evaluation and comparison of drip and conventional irrigation methods on sugar beets in a semiarid region[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2012, 138: 90-97.

[4] Haene K D, Salomez J, Neve S D, et al. Environmental performance of nitrogen fertiliser limits imposed by the EU Nitrates Directive[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2014, 192: 67-79.

[5] Selim E M, Elsirafy Z M, Taha A A. Effect of irrigation methods and N - applications on the utilization of nitrogen by sugar beet grown under arid condition[J]. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2010, 4(7): 2114-2124.

[6] Qasim A K, Kent A M. Impact of tillage, irrigation method, and nitrogen rate on sugar beet productivity[J]. Agronomy Journal, 2014, 106(5): 1717-1721.

[7] Malnou C S, Jaggard K W, Sparkes D L. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer[J]. European Journal of Agronomy, 2008, 28: 47-56.

[8] Tsialtas J T, Maslaris N. Sugar beet response to N fertilization as assessed by late season chlorophyll II and leaf area index measurements in a environment[J]. International Journal of Plant Production, 2008, 2: 57-70.

[9] 潘 智,杨枝煌.中国甜菜糖业现状及其应对[J].中国糖料, 2014, (1): 68-73.

[10] 杨 腾,段 劼,马履一.不同氮素用量对文冠果生长、养分积累及转运的影响[J].北京林业大学学报,2014,36(3): 57-62.

[11] 赵亚妮,王 科,王佳锐.施氮对单作和套作小麦产量和氮素利用特征的影响[J].中国生态农业学报, 2016, 24(7): 845-852.

[12] 邵金旺.甜菜生育代谢的一般规律与其块根增长和含糖率累积的关系[J].中国农业科学, 1979, 12(1): 35-42.

[13] 王瑞刚.生长条件与甜菜块根增长和含糖率变化的关系[J].中国甜菜糖业, 1998, (5): 26-29.

[14] 曲文章.甜菜生理学[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社, 1990: 260-265.

[15] 邵金旺,蔡 葆,张家骅.甜菜生理学[M].北京:农业出版社, 1991: 162-190.

[16] 史宏志,韩锦峰.烤烟碳氮代谢几个问题的探讨[J].烟草科技, 1998, (2): 34-36.

[17] 胡国智,张 炎,李青军,等.氮肥运筹对棉花干物质积累、氮素吸收利用和产量的影响[J].植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 397-403.

[18] 丁民伟,杜 雄,刘梦星,等.氮素运筹对夏玉米产量形成与氮素利用效果的影响[J].植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1100-1107.

[19] 张 杰,王备战,冯 晓,等.氮肥调控对冬小麦干物质质量、产量和氮素利用效率的影响[J].麦类作物学报, 2014, 34(4): 516-520.