

甜菜生育期叶面营养调节对其产量和含糖率作用的研究

邵 科, 马靖靖, 李国龙, 邵世勤, 张少英*

(内蒙古农业大学甜菜生理研究所, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 为提高甜菜的含糖量, 设置了甜菜不同生育阶段叶面喷施营养液提高其含糖量的效果试验。两年田间试验结果表明: 叶丛快速生长期, 以喷施 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$ 或 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$ 营养液作用显著, 增产 8.88% ~ 9.30%, 提高含糖率 0.51 ~ 0.55 个百分点 (糖度), 增加产糖量 12.53% ~ 13.25%; 块根及糖分增长期, 以喷施 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 或 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$ 营养液作用显著, 增产 5.89% ~ 6.90%, 提高含糖率 0.85 ~ 1.04 个百分点 (糖度), 增加产糖量 12.31% ~ 12.39%。其增产、增糖处理之作用与提高其光合性能, 改善氮、磷和核酸营养水平, 促进叶丛中糖分的积累与转化等有关, 从而有利于块根的增长和糖分积累。为此, 甜菜生育前期喷施 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$ 和生育后期喷施 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 是提高甜菜产量和含糖率的有效途径之一。

关键词: 甜菜; 生育期; 叶面营养调节

中图分类号: S145.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2015) 05-0077-06

甜菜是以收获块根并从中榨取糖分经济作物, 也是富含营养物质的饲料作物 (叶丛), 因此, 甜菜生产及其制糖业是内蒙古农业的一项支柱型产业, 对发展农村经济和增加农民收入以及发展农区畜牧业具有重要意义。然而, 当前和今后影响我国甜菜生产持续发展的主要问题是单产和含糖率低, 目前我国甜菜平均单产 31.75 t/hm^2 , 仅为欧美国家的 60% 左右, 块根含糖率平均 15% 左右, 比欧美等国低 2 ~ 3 个百分点 (糖度), 为此, 探索和研究提高我国甜菜产量和含糖率的途径, 是甜菜科技事业亟待解决的问题。甜菜叶面营养调节 (也称根外追肥, 或根外营养), 是指甜菜生育期在叶丛上喷施营养液, 从改善和增加甜菜营养角度调节其代谢, 从而影响块根的增长和糖分积累。营养成分有大量元素、微量元素、其他成分, 而以微量元素应用较多^[1-3]。我国在 20 世纪 50 年代中期开始研究微量元素在甜菜上的应用^[4], 有浸种^[5]、拌种^[6]和叶面喷施^[7]等途径, 都收到一定的增产、增糖效果。也有其他叶面施肥在甜菜上应用^[8-9]。随着甜菜生产及制糖业的发展和需求, 本研究在前人研究的基础上, 根据钾

素和磷素分别有利于块根增长和含糖率提高的研究结果^[10], 采用各种微量元素与大量元素 (磷、钾) 混合在不同生育期进行叶面营养调节, 以期进一步探索并筛选提高甜菜产量和含糖率的新途径。

1 材料与方法

1.1 试验区基本情况

试验分别设在内蒙古凉城县南房子试验区, 品种为 KWS7156; 凉城县多纳苏旱作试验区, 品种为农大研 4 号; 巴彦淖尔市农牧科学院甜菜研究所试验区 (简称巴市试验区), 品种为 KWS5436。其土壤理化性状 (0 ~ 30 cm) 见表 1。

表 1 2011 年试验区土壤理化性状

测试项目	测定地区		
	凉城南房子	巴彦淖尔市	凉城县多纳苏 (旱作)
全氮 (g/kg)	0.843	0.950	0.470
有效磷 (P mg/kg)	17.9	16.9	17.5
速效钾 (K mg/kg)	116	138	98.7
有机质 (g/kg)	10.6	12.8	11.9
pH 值	7.98	8.04	8.06
有效铜 (mg/kg)	1.08	1.70	1.00
有效铁 (mg/kg)	2.54	6.00	3.60
有效锰 (mg/kg)	1.97	2.30	2.62
有效锌 (mg/kg)	1.18	1.96	0.890
有效硼 (mg/kg)	0.506	1.23	0.510
水溶性镁 (mg/kg)	18.63	34.8	19.4
有效铝 (mg/kg)	0.250	—	—

收稿日期: 2014-08-17; 最后修订日期: 2014-11-15

基金项目: 国家自然科学基金 (31260347); 国家现代农业产业技术体系 (CARS-210304)。

作者简介: 邵科 (1986-), 男 (满族), 内蒙古凉城县人, 博士研究生, 研究方向为甜菜生理。E-mail: shaoke141@sina.com。

通讯作者: 张少英, E-mail: syzh36@aliyun.com。

1.2 验证区基本情况

验证设置在内蒙古凉城县南房子验证区, 品种为 KWS7156; 其土壤理化性状 (0 ~ 30 cm) 见表 2。

表 2 2012 年验证区土壤理化性状

测试项目	含量	测试项目	含量
全氮 (g/kg)	0.694	有效铁 (mg/kg)	2.44
有效磷 (P mg/kg)	16.8	有效锰 (mg/kg)	1.50
速效钾 (K mg/kg)	107	有效锌 (mg/kg)	1.21
有机质 (g/kg)	9.10	有效硼 (mg/kg)	0.455
pH 值	7.66	水溶性镁 (mg/kg)	19.3
有效铜 (mg/kg)	1.09	有效铝 (mg/kg)	0.215

1.3 试验设计

2011 年不同试验区设置了甜菜不同生育阶段^[11]进行叶面营养调节处理, 即生育前期 (叶丛快速生长期) 和生育后期 (块根及糖分增长期) 进行叶面喷施营养液处理。

2012 年对增产、增糖作用明显的处理进行验证, 试验设计同试验区。

生育前期叶面喷施营养液处理成分 (编号): (01) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, (02) KH_2PO_4 , (03) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$, (04) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$, (05) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$, (06) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$, (07) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, (08) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$, (09) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{MoO}_4$, (10) CK。

生育后期叶面喷施营养液处理成分 (编号): (A) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$, (B) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$, (C) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, (D) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$, (E) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, (F) KH_2PO_4 , (G) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$, (H) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$, (I) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{MoO}_4$, (J) CK。

营养液浓度: 按试剂用量计, 不论单个元素还是两者混合元素, 其试剂浓度皆为 0.5%; 每公顷用营养液 525 ~ 600 kg (试验用蒸馏水配置), 对照 (CK) 处理仅喷施蒸馏水; 喷施时间: 9:00 前、16:00 后, 均匀地喷施在叶丛上。

2011 年不同试验区和 2012 年验证区均为小区试验, 小区面积皆为 6.0 m × 3.0 m, 每一处理 6 个小区, 分取样区和计产区各 3 个小区, 各处理随机排列, 重复 6 次。播种和移栽前, 各小区施肥量相同, 每公顷施入磷酸二铵 300 kg、尿素 150 kg、硫

酸钾 75 kg。

巴市和凉城县多纳苏试区分别于 4 月 10 日和 4 月 20 日机械覆膜人工点播, 采取大行 60 cm, 小行 40 cm, 膜上两行, 株距 27 cm; 凉城县南房子试区为纸筒育苗移栽, 行株距同巴市试区, 5 月 15 日苗龄 4 片真叶时移栽于田间。生育前期喷施营养液日期为 6 月 20 日 (15 ~ 18 片叶期), 生育后期喷施日期为 8 月 10 日。田间管理一致, 9 月 28 日收获测产检糖。

叶面喷施营养液后, 隔一定时间在每一处理取样区取样, 每一小区取 20 株, 共计 60 株, 求出各处理单株重, 分叶丛和块根两部分, 除用鲜样测定的项目外, 其余样品处理后切碎, 混匀取样, 在 60℃ 烘干至恒重 (避免高温糖化), 粉碎, 备用。

1.4 测定项目与方法

试验区土壤^[12-13]: 全氮—凯氏法 (NY/T88 - 1988)、有效磷—钼兰比色法 (LY/T1233 - 1999)、速效钾—原子吸收法 (LY/T1236 - 1999)、有机质—常规滴定法 (NY/T1121.6 - 2006)、pH 值—酸度计法 (NY/T1377 - 2007)、有效铜、铁、锰、锌—原子吸收法 (NY/T890 - 2004)、有效硼—原子吸收法 (GB/T12298 - 90)、水溶性镁—原子吸收法 (NY/T1121.13 - 2006)、有效铝—原子吸收法 (NY/T1121.9 - 2006)。

甜菜植株中全氮—凯氏法 (GB/T6432), 全磷—磷钼兰法 (GB/T6437)^[14]; 叶绿素含量—80% 丙酮提取比色法, 核酸含量—紫外吸收法^[15]; 还原糖—砷钼酸试剂比色法, 蔗糖—间苯二酚试剂比色法, 叶面积—重量换算法, 光合生产率^[11]; 根重—重量法; 含糖率—旋光仪法。

1.5 数据处理

所有数据均采用 Excel 2007 和 SAS 6.0 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 甜菜生育期叶面营养调节对其产量和含糖率的作用

2.1.1 甜菜生育前期叶面营养调节对其产量和含糖率的作用

从 2011 年试验结果 (表 3) 看出, 生育前期 9 种处理的叶面营养调节, 对其产量和含糖率均有一定的作用, 增产幅度 2.15% ~ 9.30%, 其中较对照增产超过 5% 以上的处理有 4 种 (处理编号 03、

04、07 和 08), 而以 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$ (04) 和 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$ (03) 处理增产显著, 达 8.88% ~ 9.30%; 含糖率方面, 03、04 和 07 处理提高含糖率 0.51 ~ 0.55 个百分点 (糖度), 08 处理提高 0.23 个百分点 (糖度); 4 个处理的产糖量分别较对照增加 12.53%、13.25%、9.89% 和 7.95%。

表 3 甜菜生育前期叶面营养调节对其产量和含糖率的作用 (2011 年)

处理	块根产量 (t/hm ²)	含糖率占鲜重 (%)	产糖量 (t/hm ²)
(01) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	66.58d	15.54e	10.34f
(02) KH_2PO_4	65.41f	15.50f	10.13h
(03) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$	69.72a	15.84b	11.04b
(04) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$	69.99a	15.88a	11.11a
(05) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$	65.52e	15.58d	10.20g
(06) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	67.44c	15.54e	10.48e
(07) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	68.14b	15.83b	10.78c
(08) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	68.08b	15.56de	10.59d
(09) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{MoO}_4$	65.78e	15.66c	10.30f
(10) CK	64.03	15.33	9.81

注: 产糖量 = 块根产量 × 含糖率; 同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平, 下同。

2012 年对上述 4 种处理在同一地区进行了验证试验, 其结果列入表 4。从验证结果看出, 4 种处理较对照增产 5.05% ~ 13.05%, 提高含糖率 0.42 ~ 0.67 个百分点 (糖度), 增加产糖量 7.74% ~ 17.69%。与 2011 年试验结果趋势一致。

表 4 甜菜生育前期叶面营养调节验证试验结果 (2012 年)

处理	块根产量 (t/hm ²)	含糖率占鲜重 (%)	产糖量 (t/hm ²)
(03) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$	63.92b	17.07a	10.91b
(04) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$	65.74a	17.10a	11.24a
(07) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	61.89c	16.96b	10.49c
(08) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	61.09d	16.85c	10.29d
(10) CK	58.15	16.43	9.55

从上述试验和验证结果表明, 生育前期叶面营养调节的 9 种处理, 以 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$ (04) 和 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$ (03) 处理对甜菜有显著的增产、增糖作用, 相较之下以前者更佳。

2.1.2 甜菜生育后期叶面营养调节对其产量和含糖率的作用

从表 5 结果看出, 两个试验区相同的 9 种处理, 都有不同程度的提高甜菜产量和含糖率的作用, 相较之下, 以 A、C 处理增产、增糖作用显著, 凉城县多纳苏旱作试验区, 增产 5.32% ~ 6.63%, 提高含糖率 0.94 个百分点 (糖度), 增加产糖量 11.37% ~ 12.67%; 巴市试区, 增产 5.89% ~ 6.90%, 提高含糖率 0.85 ~ 1.04 个百分点 (糖度), 增加产糖量 12.31% ~ 12.39%。其次, 提高含糖率 0.5 个百分点 (糖度), 产糖量增加 5% 以上的还有 B、D 处理。

表 5 甜菜生育后期叶面营养调节对其产量和含糖率的作用 (2011 年)

处理	凉城县多纳苏旱作试验区			巴彦淖尔市试验区		
	块根产量 (t/hm ²)	含糖率占鲜重 (%)	产糖量 (t/hm ²)	块根产量 (t/hm ²)	含糖率占鲜重 (%)	产糖量 (t/hm ²)
(A) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$	49.03b	17.38a	8.52b	75.06a	17.75b	13.32a
(B) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	47.93d	16.94c	8.12d	73.05c	17.46c	12.75c
(C) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	49.64a	17.38a	8.62a	74.35b	17.94a	13.33a
(D) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	48.59c	17.19b	8.35c	74.89a	17.50c	13.10b
(E) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	48.60c	16.45e	7.99e	73.00c	17.00d	12.41d
(F) KH_2PO_4	47.85d	16.64d	7.96e	71.60e	17.00d	12.17e
(G) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$	48.00d	16.74d	8.03e	72.85c	17.10d	12.45d
(H) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$	47.90d	16.73d	8.01e	72.80c	16.90d	12.30d
(I) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{MoO}_4$	47.90d	16.76d	8.02e	72.25d	17.20d	12.42d
(J) CK	46.55	16.44	7.65	70.21	16.90	11.86

2012 年甜菜生育后期叶面营养调节选择了上述 4 种处理进行了验证, 从结果 (表 6) 看出, 4 种处理均有增产、增糖作用, 增产幅度 5.76% ~ 6.96%, 提高含糖率 0.57 ~ 1.0 个百分点 (糖度), 增加产糖量 9.42% ~ 13.71%, 其中仍以 A、C 处理作用更为显著。为此, 生育后期叶面喷施 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (C) 或

表 6 甜菜生育后期叶面营养调节验证试验结果 (2012 年)

处理	块根产量 (t/hm ²)	含糖率占鲜重 (%)	产糖量 (t/hm ²)
(A) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$	61.96ab	17.44a	10.80a
(B) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	61.50c	17.00c	10.45b
(C) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	62.20a	17.46a	10.86a
(D) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	61.62bc	17.10b	10.53b
(J) CK	58.15	16.43	9.55

$\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$ (A) 营养液调节, 是提高产量与质量特别是含糖率的重要途径之一。

2.2 甜菜生育期叶面营养调节对其生理代谢的影响

2.2.1 甜菜生育前期叶面营养调节对其光合性能指标的影响

从生育前期叶面积营养调节的结果 (表 7) 表明, 9 种处理的光合性能有关指标均有不同程度的提高。其中以 03 和 04 处理作用明显, 较对照比叶重增加 6.69% ~ 11.89%, 叶面积增加 7.59% ~ 7.91%, 叶绿素含量增加 16.57% ~ 21.54%, 反映甜菜群体生产性能的光合生产率提高 7.78% ~ 11.36%。这表明生育前期叶面营养调节可有效提高其光合性能, 有利于块根增长和糖分积累。

表 7 甜菜生育前期叶面营养调节对其光合性能指标的影响 (2011 年)

处理	比叶重 (mg/cm ²)	叶面积 (m ² /株)	叶面积指数 (m ² /hm ²)	叶绿素含量占干重 (%)	光合生产率干物质 [g/(m ² ·d)]
(01) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	7.01c	0.651b	0.305b	2.00c	9.277f
(02) KH_2PO_4	6.78f	0.642cd	0.301cd	1.90f	9.457e
(03) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$	7.01c	0.680a	0.319a	2.11b	9.953b
(04) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$	7.68a	0.682a	0.320a	2.20a	10.283a
(05) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$	6.58g	0.640d	0.300cd	1.92e	9.447e
(06) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	6.87e	0.644c	0.302c	2.00c	9.720c
(07) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	6.77f	0.637e	0.299e	1.98d	9.722c
(08) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	6.96d	0.652b	0.306b	2.01c	9.722c
(09) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{MoO}_4$	7.12b	0.650b	0.305b	1.92e	9.615d
(10) CK	6.57	0.632	0.297	1.81	9.234

注: 测期 8 月 12 日; 光合生产率为 7 月 12 日 ~ 8 月 12 日的结果。比叶重 = 叶面干重/叶面积; 叶面积指数 = 总叶片面积/土地面积。

2.2.2 甜菜生育前期叶面营养调节对其氮素、磷素和核酸含量的影响

对增产、增糖作用较为明显的几个处理进行了植株中氮素、磷素和核酸含量的测定, 从结果 (表 8) 看出, 5 种处理皆对改善甜菜体内氮、磷和核酸营养有良好作用, 其中 03、04 和 07 处理

更为显著, 以 04 处理为例, 以全株中含量比较, 较对照氮素含量增加 11.42%, 磷素增加 12.50%, 核酸增加 9.37%。显然, 生育前期营养水平的改善, 是促进甜菜长势、扩大光合面积、提高光合性能, 从而有利于块根增长和糖分积累的重要生理基础。

表 8 甜菜生育前期叶面营养调节对其氮、磷和核酸含量的影响 (2011 年)

处理	全氮含量 (占干重%)			全磷含量 (占干重%)			核酸含量 (占干重%)		
	叶丛	块根	植株	叶丛	块根	植株	叶丛	块根	植株
(03) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MgSO}_4$	2.82a	0.84a	1.88b	0.33a	0.23b	0.27a	0.39c	0.33b	0.34c
(04) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{ZnSO}_4$	2.84a	0.81b	1.95a	0.32b	0.24a	0.27a	0.40b	0.33b	0.35b
(06) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	2.71c	0.76c	1.81d	0.30c	0.23b	0.26b	0.39c	0.31d	0.34c
(07) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	2.76b	0.81b	1.85c	0.33a	0.24a	0.27a	0.41a	0.34a	0.36a
(08) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	2.75b	0.75c	1.85c	0.30c	0.23b	0.26b	0.39c	0.32c	0.34c
(10) CK	2.55	0.76	1.75	0.28	0.23	0.24	0.37	0.30	0.32

2.2.3 甜菜生育后期叶面营养调节对其糖分和氮素成分比例的影响

生育后期 4 种处理的结果 (表 9) 看出, 处理的甜菜叶丛中总糖量和蔗糖/总糖量比值皆高于对照, 尤以 A、C 处理较为显著, 以 C 处理为例, 叶丛中的总糖量较对照提高 16.14%, 蔗糖/总糖量比值大 13.33%; 其次, 块根中全氮量虽与对照无差别 (0.90%), 但蛋白氮含量高于对照,

而非蛋白氮低于对照 (即非蛋白氮占全氮的比值大于处理)。甜菜叶丛中的糖分既是甜菜生长和代谢的基础, 又是块根糖分累积的基础。而根中氮素水平及其成分比例与块根的生理活动和制糖工艺品质有关 (即非蛋白氮比例大不利于加工时糖分的结晶), 为此, 甜菜生育后期叶面营养调节处理, 对增加块根中的糖分与其工艺品质改善有重要的作用。

表 9 甜菜生育后期叶面营养调节对其糖分和氮素含量的影响 (2012 年)

处理	叶丛中糖分含量 (占干重%)				块根中氮素含量 (占干重%)			
	还原糖	蔗糖	总糖量	蔗糖/ 总糖量	全氮	蛋白氮	非蛋白氮	非蛋白氮 占全氮百分比
(A) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4$	7.24b	6.60b	13.84b	0.47b	0.90b	0.80a	0.10b	11.11b
(B) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CuSO}_4$	7.15c	5.85d	13.00c	0.45d	0.90b	0.79b	0.11a	12.22a
(C) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	7.50a	7.10a	14.60a	0.51a	0.90b	0.80a	0.10b	11.11b
(D) $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{FeSO}_4$	7.00d	6.01c	13.01c	0.46c	0.91a	0.80a	0.11a	12.08a
(J) CK	6.80	5.76	12.56	0.45	0.90	0.78	0.12	13.33

3 结论与讨论

本研究设置在内蒙古甜菜主要产区基地, 根据土壤中全氮、有效磷和速效钾含量, 试验和验证地为中等肥力, 呈中性偏碱性, 微量元素含量基本在临界值之上^[16]。通过两年田间试验和验证结果, 从 9 种叶面营养调节处理筛选出: 叶丛快速生长期, 以喷施磷酸二氢钾 + 硫酸锌或磷酸二氢钾 + 硫酸镁营养液的增产、增糖作用显著, 增产 8.88% ~ 9.30%, 提高含糖率 0.51 ~ 0.55 个百分点 (糖度), 增加产糖量 12.53% ~ 13.25%; 块根及糖分增长期, 以喷施磷酸二氢钾 + 硼砂或磷酸二氢钾 + 硫酸锰营养液增产、增糖作用显著, 增产 5.89% ~ 6.90%, 提高含糖率 0.85 ~ 1.04 个百分点 (糖度), 增加产糖量 12.31% ~ 12.39%。从两个生育阶段增产、增糖处理比较, 生育前期处理提高产量高于生育后期, 而生育后期处理提高含糖率高于生育前期, 其增加产糖量方面基本相近。甜菜生产上, 可根据土壤中养分状况、甜菜产量与质量水平、机械作业情况等选择其处理。其次, 从本研究的结果看出, 在不同地区和不同品种虽有产量与质量的差别, 但叶面营养调节的增产、增糖作用, 试验区和验证区是一致的, 未反映出地区和品种间的差异。

叶面进行混合营养调节, 是甜菜生产中一项重要的增产、增糖辅助性措施, 就本试验结果, 它可改善其营养水平, 提高光合性能, 生育后期有利于糖分的转化、积累以及品质的改善, 从而为块根增长和含糖率提高奠定了一定的物质基础; 其次, 对提高肥效利用率也具有重要意义, 例如锌肥的吸收, 也一直被研究人员所关注, Rico 等^[17]和 Zhao 等^[18]研究表明, 当在碱性土壤中使用硫酸锌作为锌肥时, 吸收率较低, 只有 1% ~ 5%, 因此, 提高锌肥的利用效率成为目前的主要问题之一, 而叶面喷施是发挥锌素作用的重要途径。

参考文献:

- [1] 什科里尼克 M R. 微量元素在农业中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1960.
- [2] 中国农业科学院甜菜研究所. 中国甜菜栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1982.
- [3] 农牧渔业部农业局. 微量元素肥料研究与应用 [M]. 湖北: 湖北科学技术出版社, 1986.
- [4] 中国科学院. 中国科学院微量元素工作会议汇刊 [M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [5] 刘文斌. 甜菜施用微量元素实验 [J]. 中国甜菜糖业, 1999, (6): 38 - 40.
- [6] 刘伯衡, 柯振安, 冯法诚, 等. 硼、锌、镁肥对甜菜的增产效应 [J]. 中国糖料, 1989, (2): 18 - 22.
- [7] 内蒙古农牧学院植物生理教研室. 微量元素对甜菜增产增糖的作用的研究 [J]. 中国甜菜, 1979, (1): 14 - 22.

- [8] 郝奎, 王世喜, 张淑兰, 等. SODM 叶面肥在甜菜上的应用效果 [J]. 中国糖料, 2001, (4): 54–55.
- [9] 张国翠, 赵军, 谢军. 甜菜应用高效施肥试验通报 [J]. 中国糖料, 1999, (1): 26–27.
- [10] 邵科. 甜菜块根和含糖率增长与蔗糖代谢酶的关系及其营养调控的生理基础与实践 [D]. 内蒙古: 内蒙古农业大学, 2014. 64–66.
- [11] 邵金旺, 蔡葆, 张家骅. 甜菜生理学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991. 1–6.
- [12] 南京农业大学. 土壤农化分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1998.
- [13] 张甘露, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [14] 中国标准出版社编辑室. 中国农业标准汇编 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [15] 张志良. 现代植物生理学实验指导 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] 张培凤, 高山旺. 凉城县土壤养分综合评价及施肥地力的对策 [J]. 内蒙古农业科技, 2012, (2): 95–103.
- [17] Rico M I, Alvarez J M, Mingot J I. Efficiency of zinc ethylenediaminetetraacetate and zinc lignosulfonate soluble and coated fertilizers for maize in calcareous soil [J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 3219–3223.
- [18] Zhao A Q, Lu X C, Chen Z H, et al. Zinc fertilization methods on zinc absorption and translocation in wheat [J]. J Agric Sci, 2011, 3: 28–35.

Effects of foliage spray at different growth stages on yield and sugar content of sugarbeet

SHAO Ke, MA Jing-jing, LI Guo-long, SHAO Shi-qin, ZHANG Shao-ying* (Institute of Sugar Beet Physiology, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia 010018)

Abstract: Foliage spray on sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) at different growth stages was studied in a two years field experiment. The results showed that during the period of leaves rapid growth, spraying KH_2PO_4 and ZnSO_4 or KH_2PO_4 and MgSO_4 had a significant effect; the yield, sugar content and sugar yield were respectively increased by 8.88% ~ 9.30%, 0.51% ~ 0.55% and 12.53% ~ 13.25% respectively. In the root and sugar growth period, spraying KH_2PO_4 and $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ or KH_2PO_4 and MnSO_4 also had a significant effect; the yield, sugar content and sugar yield were increased by 5.89% ~ 6.90%, 0.85% ~ 1.04% and 12.31% ~ 12.39%. This indicated that foliage spray was helpful for improving the efficiency of photosynthesis and the nutrient level of nitrogen, phosphorus and nucleic acid, promoting accumulation and transformation of sugar in foliage, so as to increasing yield and sugar content. It was concluded that spraying KH_2PO_4 and ZnSO_4 during the period of leaves rapid growth and spraying KH_2PO_4 and $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ in the root and sugar growth period were proved to be very effective for increasing yield and sugar content.

Key words: sugarbeet; growth stage; foliage spray