

蔡东升,杨文洁,段伊佩,等. 不同氮素形态及配比对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(16):113-118.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.16.016

不同氮素形态及配比对番茄幼苗生长和生理特性的影响

蔡东升¹, 杨文洁², 段伊佩³, 严露露¹, 闵筱筱¹, 李 蒙¹

(1. 信阳农林学院园艺学院,河南信阳 464000; 2. 华南农业大学林学与风景园林学院,广东广州 510642;

3. 北京农学院植物科学技术学院,北京 100096)

摘要:以“土豪”番茄为试验材料,以砻糠灰:草炭:蛭石=6:3:1为栽培基质,共设置6个不同的硝铵比处理,分别为10:0(T1)、8:2(T2)、6:4(T3)、4:6(T4)、2:8(T5)、0:10(T6),以不施肥作为对照组(CK),通过测量番茄幼苗的生长与生理指标,以期筛选出促进番茄幼苗生长的氮素形态及配比。结果表明,T2处理时番茄幼苗株高为15.05 cm、茎粗为6.08 mm、根长为25.93 cm、壮苗指数为0.121,均为最大值,与对照组相比差异显著。番茄幼苗叶片净光合速率在T1处理时达到最大值,而后逐渐减小,蒸腾速率、气孔导度、胞间CO₂浓度与叶绿素含量变化规律基本一致,随硝铵比的降低呈先升后降的趋势。番茄叶片中可溶性糖、可溶性蛋白含量随硝铵比的降低呈现出先升高后下降的趋势,在T2处理时最大,可溶性糖含量为1.148%,可溶性蛋白含量为9.542 mg/g。硝态氮比例高易使番茄叶片的硝酸盐含量积累增多,其中,T1处理时番茄叶片中的硝酸盐含量最高,为0.189 mg/g,减少硝态氮肥的施用能有效降低硝酸盐含量的积累。通过隶属函数对番茄幼苗生长指标和生理指标综合分析可知,T2处理时,总隶属函数值最大。综上所述,硝铵比为8:2(T2)时,番茄幼苗的生长效果最佳。

关键词:番茄幼苗;氮素形态;生长特性;生理特性

中图分类号:S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)16-0113-06

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)作为主要的栽培蔬菜品种,因其营养价值高、食用方便而受到广

大人民的喜爱。但近年来,由于菜农盲目追求高产而造成施肥不科学,严重影响番茄的产量和品质,造成土壤养分不均衡,给生产者和消费者带来巨大的损失^[1]。追求番茄的优质高产,选择合适的栽培基质对于番茄生产的可持续发展具有十分重要的意义。基质栽培作为现代化设施栽培技术具有其独特的优势,可有效解决传统栽培技术带来的一系列弊端,如养分、空气供应、土传病害、土壤连作障碍等问题^[2]。因此,因地制宜选择合适的基质进行栽培,既可以解决农业废弃物资源化问题,又可以

收稿日期:2022-09-11

基金项目:信阳农林学院青年教师科研基金(编号:QN2021047);信阳农林学院蔬菜标准化生产科技服务团队项目(编号:2022-13);信阳农林学院青年教师科研基金(编号:2019LG006)。

作者简介:蔡东升(1991—),男,河南信阳人,硕士,助教,主要从事设施园艺作物生理生态的研究。E-mail:caidongsheng123@163.com。

通信作者:李 蒙,硕士,讲师。主要从事设施园艺与无土栽培的研究。E-mail:limengnld@163.com。

enzyme activities of wheat (*Triticum aestivum* cv. *Hasaawi*) at early growing stage[J]. Australian Journal of Crop Science,2012,6(4):688-694.

[32] Hamed S M, Selim S, Kloeck G, et al. Sensitivity of two green microalgae to copper stress: growth, oxidative and antioxidants analyses[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety,2017,144:19-25.

[33] Vijendra P D, Huchappa K M, Lingappa R, et al. Physiological and biochemical changes in moth bean (*Vigna aconitifolia* L.) under cadmium stress[J]. Journal of Botany,2016(2):1-13.

[34] 蒋 英,郭红伟. 铜胁迫对丝瓜幼苗色素含量、光合特性及渗透调节系统的影响[J]. 天津农业科学,2021,27(7):9-12.

[35] Foyer H C, Noctor G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub[J]. Plant Physiology,2011,155(1):2-18.

[36] 阚世红,刘春香,杨 超,等. 硫酸钠对铜胁迫下生菜幼苗谷胱甘肽及代谢相关酶的影响[J]. 北方园艺,2020(8):44-49.

[37] Sgherri C, Quartacci M F, Navari-Izzo F. Early production of activated oxygen species in root apoplast of wheat following copper excess[J]. Journal of Plant Physiology,2007,164(9):1152-1160.

[38] 李晓梅. 铜胁迫对花生种子萌发、幼苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2010,38(4):80-82.

[39] 周娜娜,武耀廷,高华援,等. 铜胁迫对花生幼苗生长及生理代谢的影响[J]. 东北农业科学,2019,44(6):6-9.

解决栽培基质来源等问题^[3]。河南信阳地区水稻种植面积广,会产生大量的稻壳废弃物,稻壳碳化后形成砻糠灰,可以作为栽培基质使用,具有无菌疏松、透水透气、不易积水等特点^[4]。所以,选择砻糠灰作为栽培基质进行栽培,既可以降低成本,又可以加速废弃物的利用、改善生态环境。李蒙等以砻糠灰作为基质进行栽培取得了一定的效果^[5]。但是研究表明,用砻糠灰作为栽培基质仍需要施肥以满足植物生长所需的养分。氮素是植物体内有机化合物的组成成分,对植物生命活动有着极其重要的影响^[6]。在植物幼苗期增施氮肥,能够促进植株生长旺盛,叶色浓绿,促进植物更好地进行光合作用^[7]。植物所利用的氮主要为硝态氮和铵态氮,且对这 2 种氮素形态的吸收、运输、同化等存在较大差异,进而影响到植物的生长发育、生物量积累等^[8]。因此,合理施用氮肥是实现栽培作物优质高产的重要保证,研究氮素形态及其配比对作物的影响对于优质高产栽培中氮肥的合理施用具有重要的指导意义。目前,国内外在氮素形态对植物生长

发育影响方面的研究已有许多^[9]。但是,在以砻糠灰、草炭、蛭石作为栽培基质的基础上研究不同氮素形态及配比对番茄幼苗生长和生理特性的影响方面研究较少。本试验以番茄为材料,以砻糠灰、草炭、蛭石作为栽培基质,在供氮水平一致(378 mg/L)的前提下^[10],研究不同氮素形态及配比对番茄幼苗生长和生理特性的影响,以期番茄幼苗生长确定适宜的氮素形态及配比提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2021 年 10 月 23 日至 12 月 2 日在信阳农林学院园艺学院校内实训基地玻璃温室中进行,供试材料为“土豪”番茄种子(购于沈阳圣地亚农业有限公司);供试肥料为硝酸钾(含 N 13%、含 K 46%)和氯化铵(含 N 26%、含 Cl 66%);供试基质为砻糠灰、草炭、蛭石(购于信阳市上天梯恒源矿业有限公司),供试基质的理化性质见表 1。

表 1 栽培基质的理化性质

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	持水孔隙 (%)	通气孔隙 (%)	水气比	pH 值	电导率 (mS/cm)
砻糠灰:草炭:蛭石=6:3:1	0.17	69.5	44.25	25.25	1.75	7.29	2.04

1.2 试验设计

以砻糠灰:草炭:蛭石=6:3:1 为栽培基质,待番茄幼苗长至 2 叶 1 心时,选取长势一致的番茄幼苗移至塑料盆中,共设置 6 个处理,每个处理重复 3 次,在供氮水平一致(378 mg/L)的前提下,共设置 6 个不同水平的硝铵比,依次为 10:0、8:2、6:4、4:6、2:8、0:10。具体配施方式见表 2。其中 NO₃⁻-N 由硝酸钾提供,NH₄⁺-N 由氯化铵提供,以不施肥作为对照组(CK)。于 2021 年 11 月 8 日将番茄幼苗移栽至塑料盆中,缓苗 3 d 后第 1 次浇灌营养液,苗期每隔 5 d 浇灌 1 次营养液,每盆每次用量 100 mL,共处理 15 d,于 2021 年 11 月 26 日最后一次浇灌营养液 2 d 后采样,并进行相关生长指标和生理指标的测定。

1.3 测量内容与方法

1.3.1 生长指标的测定 用直尺测定番茄幼苗的株高和根长;用游标卡尺测定番茄幼苗的茎粗;用电子天平测定番茄幼苗的干鲜质量;壮苗指数=(茎粗/株高+地下部干物质量/地上部干物质量)×

表 2 不同氮素形态及配比

处理	肥料配比 (NO ₃ ⁻ -N:NH ₄ ⁺ -N)	具体用量
CK	不施肥	不施肥
T1	10:0	2 700 mg/L KNO ₃
T2	8:2	2 160 mg/L KNO ₃ +290.8 mg/L NH ₄ Cl
T3	6:4	1 620 mg/L KNO ₃ +581.5 mg/L NH ₄ Cl
T4	4:6	1 080 mg/L KNO ₃ +872.3 mg/L NH ₄ Cl
T5	2:8	540 mg/L KNO ₃ +1 163.1 mg/L NH ₄ Cl
T6	0:10	1 453.8 mg/L NH ₄ Cl

注:除了空白对照 CK 外,其余 6 个处理的钾含量相同,用氯化钾平衡各处理间的差异。

全株干质量^[11]。

1.3.2 生理指标的测定 采用分光光度法测定叶绿素含量;蒽酮法测定可溶性糖含量;考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白含量;硝基水杨酸法测定硝酸盐含量;Li-6400 光合仪测定光合参数^[12]。

1.4 数据处理

采用 SPSS 26.0 进行各处理间的差异性显著分析(α=0.05),采用 Excel 2010 记录数据并制图。

采用隶属函数分析氮素形态及配比对番茄幼苗生长和生理特性的影响,隶属函数计算公式为:

$$R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_i)。$$
 (1)

反隶属函数计算公式为:

$$R'(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_i)。$$
 (2)

式中: X_i 为测定指标值; X_{\min} 为所有测试材料某一指标的最小值; X_{\max} 为所有测试材料某一指标的最大值^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态及配比对番茄幼苗生长的影响

2.1.1 不同氮素形态及配比对番茄幼苗形态指标的影响 由表 3 可以看出,施用不同的氮肥处理后,植株株高、茎粗、根长都有明显的增加。对于株高的促进作用,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 的增幅分别为 84.1%、142.7%、129.0%、129%、97.6%、83.1%,与 CK 相比,均差异显著;对于茎粗的促进作用,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 的增幅分别为 61.0%、85.3%、77.8%、63.9%、60.4%、52.4%,与 CK 相比,均差异显著;对于根长的促进作用,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 的增幅分别为 11.6%、53.3%、33.0%、27.0%、20.2%、1.3%,其中,T1、T2、T3、T4、T5 与 CK 相比,差异显著。试验表明,不同氮素形态及配比对番茄幼苗的生长具有促进作用,且促进作用随着硝铵比的减小呈现先升后降的

趋势,在硝铵比为 8:2(T2 处理)时株高、茎粗、根长达到最大,促进效果最明显,与 CK 相比增幅分别为 142.7%、85.3%、53.3%。

表 3 不同氮素形态及配比对番茄幼苗形态指标的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	根长 (cm)
CK	6.20 ± 0.75c	3.28 ± 0.34d	16.92 ± 1.08e
T1	11.42 ± 0.65b	5.28 ± 0.23bc	18.88 ± 1.03de
T2	15.05 ± 0.74a	6.08 ± 0.36a	25.93 ± 0.97a
T3	14.20 ± 0.46a	5.83 ± 0.20a	22.50 ± 2.77b
T4	12.25 ± 1.22b	5.38 ± 0.36b	21.48 ± 1.89bc
T5	11.77 ± 0.78b	5.26 ± 0.22bc	20.33 ± 1.77cd
T6	11.35 ± 0.41b	5.00 ± 0.21c	17.13 ± 1.69e

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下表同。

2.1.2 不同氮素形态及配比对番茄幼苗干鲜质量的影响 由表 4 可知,不同氮素形态及配比对番茄幼苗生物量的积累具有明显影响,且硝态氮与铵态氮混合施用的效果大于单独施用硝态氮和铵态氮。对于地上部分鲜质量的促进作用,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 的增幅分别为 524.9%、1 004.5%、873.1%、647.9%、604.1%、567.6%,与 CK 比较,T1、T2、T3、T4、T5、T6 均有显著性差异。对于地下部分鲜质量的促进作用,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 的增幅分别为 195.2%、399.2%、295.6%、225.2%、209.6%、202.4%,与 CK 比较,均有显著性差异。

表 4 不同氮素形态及配比对番茄幼苗生物量的影响

处理	地上部鲜质量 (g)	地下部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	地下部干质量 (g)
CK	1.07 ± 0.33d	0.25 ± 0.06d	0.08 ± 0.02d	0.02 ± 0.01e
T1	6.67 ± 1.45c	0.74 ± 0.07c	0.43 ± 0.10c	0.06 ± 0.01d
T2	11.83 ± 1.57a	1.25 ± 0.20a	0.74 ± 0.14a	0.09 ± 0.02a
T3	10.40 ± 0.96b	0.99 ± 0.22b	0.62 ± 0.10b	0.08 ± 0.01ab
T4	8.00 ± 0.60c	0.81 ± 0.14c	0.54 ± 0.06bc	0.07 ± 0.01bc
T5	7.53 ± 1.13c	0.77 ± 0.10c	0.52 ± 0.06bc	0.06 ± 0.02cd
T6	7.14 ± 0.74c	0.76 ± 0.08c	0.51 ± 0.09c	0.06 ± 0.01d

不同氮素形态及配比对番茄幼苗的生物积累量具有促进作用,且促进作用随着硝铵比的减小呈现先升后降的趋势,其中,硝铵比为 8:2(T2 处理)时,生物积累量最高,地上部分鲜质量与地下部分鲜质量与 CK 相比增幅分别为 1 004.5%、399.2%。

2.1.3 不同氮素形态及配比对番茄幼苗壮苗指数的影响 由图 1 可以看出,壮苗指数均在 0.024 至 0.121 之间。对照组的壮苗指数最小,处理 T1、T2、

T3、T4、T5、T6 与 CK 相比,其壮苗指数的增幅分别为 222.1%、409.5%、276.8%、256.8%、235.8%、221.1%,与 CK 之间的差异均达到显著水平。不同氮素形态及配比能够提高番茄幼苗的壮苗指数,且随硝铵比的减小呈先升后降的趋势,其中,硝铵比为 8:2(T2 处理)时效果最好,壮苗指数最大值为 0.127。可见,增施硝态氮肥和铵态氮肥能提高壮苗指数。

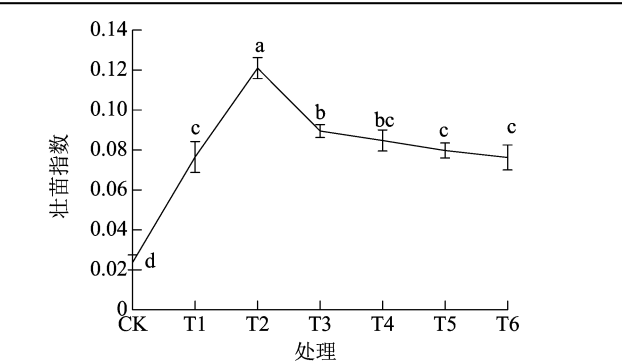


图1 不同氮素形态及配比对番茄幼苗壮苗指数的影响

表 5 不同氮素形态及配比对番茄幼苗叶绿素含量的影响			
处理	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素总量 (mg/g)
CK	8.94 ± 0.43b	2.71 ± 0.40b	11.65 ± 0.13b
T1	10.28 ± 3.89ab	3.16 ± 1.30ab	13.44 ± 5.19ab
T2	13.24 ± 2.16a	4.21 ± 0.82a	17.45 ± 2.98a
T3	12.60 ± 0.96a	4.05 ± 0.49ab	16.66 ± 1.44a
T4	11.91 ± 0.86ab	3.72 ± 0.41ab	15.64 ± 1.26ab
T5	12.12 ± 1.09ab	3.78 ± 0.36ab	15.90 ± 1.44ab
T6	11.96 ± 0.73ab	3.90 ± 0.24ab	15.86 ± 0.80ab

2.2 不同氮素形态及配比对番茄幼苗生理特性的影响

2.2.1 不同氮素形态及配比对番茄叶片叶绿素含量的影响 由表 5 可以看出,随着硝态氮含量的减少,叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量以及叶绿素总含量呈先升后降的趋势。在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时,叶绿素 a 的含量为 13.24 mg/g,叶绿素 b 的含量为 4.21 mg/g,以及叶绿素总量为 17.45 mg/g,继续增加铵态氮的比例,叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总量呈现递减的趋势。

2.2.2 不同氮素形态及配比对番茄幼苗叶片光合

指标的影响 由表 6 可知,番茄幼苗叶片净光合速率随着硝态氮比例的减少逐渐减小,在硝铵比为 10 : 0 (T1 处理) 时最大,全铵态氮 (T6) 处理时最小,其中,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 与 CK 相比,增幅分别为 26.8%、22.3%、17.4%、15.3%、11.8%、5.6%,与 CK 相比差异均达显著水平。番茄幼苗叶片蒸腾速率随着硝态氮比例的减少呈现先增后减的趋势,硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 与硝铵比为 6 : 4 (T3 处理) 之间差异不显著。番茄幼苗叶片气孔导度与胞间 CO₂ 浓度变化规律基本一致,呈现先增后减的趋势,均在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时最大。

表 6 不同氮素形态及配比对番茄幼苗叶片光合指标的影响

处理	净光合速率 [μmol/(m ² ·s)]	蒸腾速率 [mmol/(m ² ·s)]	气孔导度 [mol/(m ² ·s)]	胞间 CO ₂ 浓度 (μmol/mol)
CK	3.91 ± 0.26f	0.53 ± 0.01b	0.37 ± 0.01cd	279.60 ± 4.34c
T1	4.96 ± 0.52a	0.49 ± 0.01c	0.40 ± 0.01b	303.23 ± 3.98b
T2	4.78 ± 0.19b	0.56 ± 0.01a	0.44 ± 0.01a	341.43 ± 9.11a
T3	4.59 ± 0.46c	0.55 ± 0.01a	0.43 ± 0.01a	304.91 ± 2.28b
T4	4.51 ± 0.40c	0.53 ± 0.01b	0.39 ± 0.01bc	299.37 ± 5.64b
T5	4.37 ± 0.26d	0.50 ± 0.01c	0.36 ± 0.01d	263.30 ± 5.40c
T6	4.10 ± 0.12e	0.52 ± 0.01c	0.34 ± 0.01e	263.96 ± 2.74c

2.2.3 不同氮素形态及配比对番茄叶片可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响 由图 2 可以看出,随着硝态氮含量的减少,番茄叶片中可溶性糖含量先增后减,在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时含量最高,达 1.148%,继续增加铵态氮比例,可溶性糖含量呈现递减的趋势。其中,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 与 CK 相比,增幅分别为 13.0%、42.6%、38.3%、28.2%、23.7%、8.2%,差异均显著。施加硝态氮和铵态氮增加了番茄叶片中的可溶性蛋白含量,且随着处理中铵态氮含量的增加,番茄叶片中可溶性蛋白含量先增加,随后又减少,在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 下可溶性蛋白含量最高,达 9.542 mg/g,显著

高于对照组。其中,处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 与 CK 相比,增幅分别为 60.0%、148.9%、101.4%、80.0%、56.8%、31.1%。与施加单一形态氮肥相比,配施处理中番茄叶片可溶性蛋白含量较高。

2.2.4 不同氮素形态及配比对番茄叶片硝酸盐含量的影响 植物积累硝酸盐的根本原因是硝态氮肥比其他氮源更容易引起硝酸盐累积。由图 3 可知,硝铵比为 10 : 0 (T1 处理) 时,硝酸盐含量最高。除对照组外,其余各处理中的硝酸盐含量与处理 T1 相比均有所降低。随着硝态氮含量的降低,番茄叶片中硝酸盐含量呈现逐渐下降的趋势,且幅度达 24.3% ~ 54.0%,以 T6 处理番茄叶片的硝酸盐含量最低。

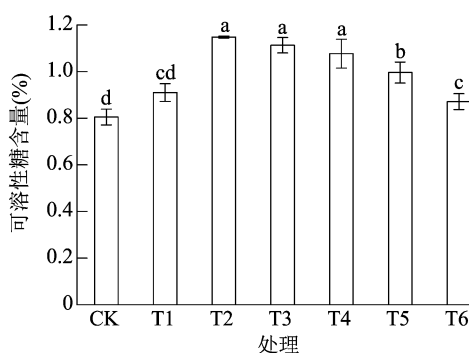


图2 不同氮素形态及对比对番茄幼苗可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响

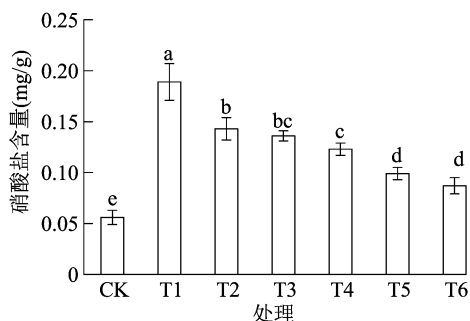
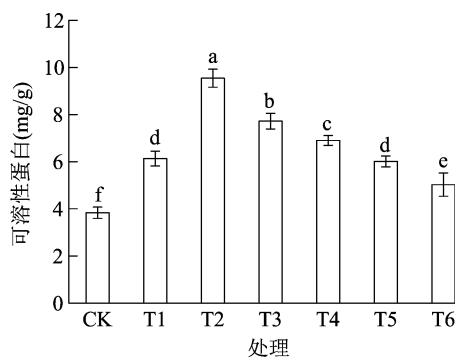


图3 不同氮素形态及对比对番茄幼苗叶片硝酸盐含量的影响

2.3 番茄幼苗多项指标的隶属函数分析

计算各处理番茄幼苗的壮苗指数、净光合速率、可溶性糖、可溶性蛋白、硝酸盐含量的隶属函数值,并求出总隶属函数值。总隶属函数值越大,表明番茄幼苗生长得越好。由表 7 可以看出,T2 的总隶属函数值最大,表明在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时番茄各项指标的综合性评价优于其他处理。

表 7 番茄幼苗多项指标的隶属函数分析

处理	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)	R(5)	R'(5)	S
CK	0.37	0.20	0.35	0.43	0.55	0.45	1.80
T1	0.45	0.29	0.40	0.58	0.31	0.69	2.41
T2	0.51	0.27	0.50	0.75	0.34	0.66	2.69
T3	0.48	0.25	0.47	0.69	0.37	0.63	2.52
T4	0.46	0.24	0.44	0.64	0.40	0.60	2.38
T5	0.46	0.22	0.41	0.61	0.42	0.58	2.28
T6	0.44	0.21	0.39	0.52	0.48	0.53	2.09

注:R(1)、R(2)、R(3)、R(4)、R(5)分别代表番茄的壮苗指数、净光合速率、可溶性糖、可溶性蛋白、硝酸盐含量隶属函数值;R'(5)代表硝酸盐含量的反隶属函数值;S则表示各处理的总隶属函数值。

3 讨论与结论

植物体对氮素的吸收利用通常是以硝态氮和铵态氮的形式进行^[14]。因植物种类不同,吸收利用的氮素含量也会有所不同^[15]。试验表明,在供氮水平一致的前提下,硝态氮与铵态氮配施对促进番茄

幼苗生长的效果显著提升,其中以硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时番茄幼苗株高、茎粗、根长效果最好,植株地上部、地下部生物量积累更多。这与尹艳莉等研究得出的适量增加硝态氮比例有利于促进番茄生长以及干物质积累的结论相一致。

壮苗指数是衡量幼苗壮硕程度的综合性指标,可以较为全面地评判秧苗质量。优质壮苗具有较强的抗逆能力,定植后缓苗快,根系活力旺盛,营养生长和生殖生长协调,能够使植物获得较高的经济效益^[16]。宫彬彬等研究表明,通过壮苗指数可以反映幼苗的质量,壮苗指数小于 0.03 时,幼苗为弱苗,壮苗指数在 0.030 ~ 0.065 时,幼苗为合格苗,壮苗指数大于 0.065 时,幼苗为优质苗^[17]。本试验除对照组外,其余各处理均为优质苗。增施硝态氮肥和铵态氮肥能够提高壮苗指数,且在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时,壮苗指数达最大,而后随着硝铵比的减小而减小。

叶绿素是高等植物和其他所有能进行光合作用的生物体含有的一类绿色色素^[18]。它直接参与光能的吸收、传递和转化,是反映生物体光合能力的重要指标之一^[19]。本试验表明,植物叶绿素含量越高,积累干物质的量越多。由此可见,番茄幼苗的光合能力和干物质的积累量呈正相关。适当配施硝态氮肥和铵态氮肥可显著提高番茄幼苗的生物量,促进其生长^[20]。赵永平等研究发现,合理配施硝铵态氮肥能促进植株叶片光合能力提升,从而提高作物的光合特性,促进植株的生长发育^[21]。本试验表明,所有处理的叶绿素含量相对于 CK 均有不同程度的增加,其中硝铵比为 8 : 2 (T2 处理) 时叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均达到最大值,生物量积累也达最大值,而后随着硝铵比的减小而减小。光合作用的高低能够直接影响作物的生长发育^[22]。不同氮素形态及配比能够影响光合酶活性

以及光合产物运输分配等光合生理过程,从而影响植物的光合作用^[23]。试验结果表明,增施氮肥对植物的净光合速率有促进作用,这与刘迁杰等的研究结果^[24]一致。蒸腾速率、气孔导度与胞间 CO₂ 浓度在硝铵比为 8 : 2 (T2 处理)时均达到最大值^[25]。

可溶性糖是植物主要的营养物质之一。试验表明,增施硝态氮肥和铵态氮肥均有利于可溶性糖含量的积累,且混合施用时效果优于单一施用铵态氮肥或单一施用硝态氮肥,这与李广信的研究结果^[26]一致。研究表明,混合施用硝态氮和铵态氮的处理中番茄叶片可溶性蛋白含量比单一形态氮肥处理要高,且随着施用的铵态氮肥增多,番茄叶片的可溶性蛋白含量呈先增后减的趋势,T2 处理(硝铵比为 8 : 2)的番茄叶片可溶性蛋白含量最高。硝酸盐含量过高会危害人的身体健康,其含量和蔬菜的品质呈负相关,即硝酸盐含量越高,蔬菜的品质越差。蔬菜中硝酸盐含量的积累除了受品种、光照、温度、水分的影响外,还受氮肥供应的影响^[27]。本试验中,氮肥的施用能够增加番茄叶片硝酸盐含量的积累,T1 处理(硝铵比为 10 : 0)的番茄叶片积累硝酸盐最多,T6 处理(硝铵比为 0 : 10)的番茄叶片积累硝酸盐最少,随着配施中硝态氮含量减少,番茄叶片积累的硝酸盐含量呈现逐渐降低的趋势。

为避免单一指标的片面性,使试验结果更可靠,通过隶属函数对番茄幼苗的生长与生理指标进行综合分析可知,总隶属函数值在 T2 时为最大值,表明 T2 处理条件下番茄幼苗的生长与生理指标均达到最佳状态。

综上所述,以砻糠灰 : 草炭 : 蛭石为 6 : 3 : 1 为栽培基质,施加不同氮素均有利于番茄幼苗的生长,且增效随着硝铵比的减小呈现先升后降的趋势,其中,硝铵比为 8 : 2 (T2)处理时番茄幼苗的生长效果最佳。

参考文献:

- [1]尹艳莉,杨彦,赵兴杰,等. 干旱条件下不同氮素形态对比对番茄产量和品质的影响[J]. 山西农业科学,2017,45(11):1791-1793.
- [2]郭世荣. 无土栽培学[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,2011.
- [3]刘忠华,赵帅翔,刘会芳,等. 蚯蚓粪复合基质对番茄穴盘育苗影响的试验研究[J]. 中国土壤与肥料,2019(4):208-212.
- [4]李蒙,张燕,杨铭菲,等. 番茄育苗砻糠灰基质配方研究[J]. 黑龙江农业科学,2020(2):53-57.
- [5]李蒙,王平,刘松虎,等. 砻糠灰复合基质在番茄穴盘育苗中的应用[J]. 北方园艺,2021(24):57-63.
- [6]李成阳,柴沙沙,刘意,等. 不同氮素形态对比对甘薯前期氮代谢的影响及其生理机制[J]. 植物科学学报,2021,39(4):433-445.
- [7]赵永平,赵盟,朱亚,等. 不同氮素形态对比对鲜食甜糯玉米光合特性和农艺指标的影响[J]. 江西农业学报,2019,31(12):38-42.
- [8]梁娟,叶漪,杨伟. 不同氮素形态及对比对天门冬生长和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2018(1):28-31.
- [9]周善涵,郁继华,杨兵丽,等. 不同氮素形态及对比对娃娃菜产量、品质及其养分吸收的影响[J]. 华北农学报,2015,30(3):216-222.
- [10]王军伟,黄科,毛舒香,等. 基质栽培番茄营养液中氮、钾最佳浓度研究[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(11):2019-2028.
- [11]陈潇,钟昆恒,曹健,等. 纸钵育苗对番茄、辣椒幼苗生长和壮苗指数的影响[J]. 长江蔬菜,2021(10):14-17.
- [12]邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [13]曾建亮,邓全恩,李建安,等. 6 个油茶品种叶片解剖结构与耐寒性的关系[J]. 经济林研究,2020,38(1):117-124.
- [14]孙敏红. 不同氮素形态对枳橙幼苗氮素吸收、转运及分子机理研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2017:36-37.
- [15]崔纪鑫,赵静,孟建,等. 铵态氮和硝态氮对谷子形态和生物量的影响研究[J]. 中国农业科技导报,2017,19(10):66-72.
- [16]高志鹏,韩西红,宋修超,等. 不同浓度海藻肥对番茄幼苗生长的影响[J]. 农家参谋,2020(19):96-97.
- [17]宫彬彬,王宁,章铁军,等. 综合形态与叶片叶绿素含量的番茄壮苗指数筛选[J]. 农业工程学报,2019,35(8):237-244.
- [18]Vysotskaya L B, Veselov S Y, Kudoyarova G R. Effect of competition and treatment with inhibitor of ethylene perception on growth and hormone content of lettuce plants[J]. Journal of Plant Growth Regulation,2017,36(2):450-459.
- [19]任立军,田雪,陈春羽,等. 不同施肥方式对设施番茄生理指标和品质的影响[J]. 北方园艺,2021(23):63-69.
- [20]郝江伟,张喜春,张成军,等. 不同氮肥施用方式对设施番茄氮素利用的影响[J]. 北京农学院学报,2017,32(3):62-68.
- [21]赵永平,杨攀,朱亚. 施氮量对不同基因型甜叶菊幼苗光合特性的影响[J]. 陕西农业科学,2018,64(9):20-24.
- [22]Chaves M M, Flexas J, Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell[J]. Annals of Botany,2009(103):551-560.
- [23]刘国英. 亚低温胁迫下氮素形态对番茄幼苗生理特性和根系形态的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014:39-40.
- [24]刘迁杰,贾凯,陈健,等. 不同施氮量对复合沙培番茄叶绿素含量及光合特性日变化的影响[J]. 北方园艺,2020(5):8-14.
- [25]杨海波,杨荣华,李承男,等. 不同土壤改良措施对土壤特性和番茄生长发育及品质、产量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(15):94-100.
- [26]李广信. 基于光谱遥感的冬小麦氮素和可溶性糖监测研究[D]. 太谷:山西农业大学,2017:67-68.
- [27]郑金元. 氮素形态对比对罗汉果产量与品质的影响[D]. 南宁:广西大学,2018:40-42.