

陈震,王丽雪,高俊杰,等. 氮素形态配比对基质栽培韭菜产量、品质及矿质元素含量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(2):97-102.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.02.016

# 氮素形态配比对基质栽培韭菜产量、品质及矿质元素含量的影响

陈震<sup>1</sup>,王丽雪<sup>2</sup>,高俊杰<sup>1</sup>,刘中良<sup>1</sup>,闫伟强<sup>1</sup>,谷端银<sup>1</sup>,秦华伟<sup>1</sup>

(1. 泰安市农业科学研究院,山东泰安 271000;2. 山东农业大学园艺科学与工程学院,山东泰安 271000)

**摘要:**为研究酰胺态氮、铵态氮及硝态氮 3 种氮素形态配比对基质栽培韭菜产量、品质和矿质元素含量的影响,在等量氮素的前提下设置 11 个处理,即酰胺态氮、铵态氮、硝态氮配施比例分别为 0-0-0(CK1)、100%-0-0(CK2)、0-100%-0(T1)、0-0-100%(T2)、50%-10%-40%(T3)、50%-20%-30%(T4)、50%-30%-20%(T5)、50%-40%-10%(T6)、50%-50%-0(T7)、50%-0-50%(T8)、0-50%-50%(T9)。结果表明,T3 处理的韭菜春季产量最高(9 578.26 kg/667 m<sup>2</sup>),较 CK2 增产 5.67%;T4 处理的韭菜秋季产量最高(4 370.47 kg/667 m<sup>2</sup>),相较于 CK2 增产 14.84%。韭菜叶片中维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、大蒜素的含量均随着铵态氮配施比例的增加呈现先升高后降低的趋势,硝酸盐含量则随铵态氮配施比例的增加呈现逐渐降低的趋势,T4 处理下韭菜的综合品质较好。T1 处理(100% 铵态氮)下韭菜植株中全磷含量最高,T4 处理的全氮、全钾等矿质元素含量最高;T4 处理的氮肥偏生产力和农学效率最高。综上,适宜的氮素形态配施比例能够改善基质栽培韭菜的品质,提高产量和氮肥农学效率,促进矿质元素的吸收,且以 T4 处理效果最优。

**关键词:**氮素形态;韭菜;产量;品质;矿质元素

**中图分类号:**S633.306

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2022)02-0097-05

氮素在植物生长发育过程中起着重要的调节作用,是参与合成植物蛋白质、核酸、氨基酸和叶绿素等代谢产物的重要矿质元素之一<sup>[1]</sup>。土壤中可被植物直接吸收的无机氮素形态主要为硝态氮( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )和铵态氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ),而生产实践中人们常用酰胺态氮[( $\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>CO-N、尿素等]作为外援氮素施用来降低成本。由于植物对不同形态氮素的吸收利用形式不同,外界氮素形态的含量和组成会密切影响植物的生长发育及产量、品质等的形成<sup>[2]</sup>。贺晓辉等的研究表明,在施氮总量相同的情况下,不同的氮素施用比例对烟叶内在化学品质产生影响<sup>[3]</sup>;裴文梅等研究发现,不同硝铵比处理能够显著影响甘草的药用成分含量<sup>[4]</sup>;卢颖琳等的研

究表明,不同形态氮素显著影响番茄幼苗对微量营养元素的吸收<sup>[5]</sup>。董海荣等研究发现,混合态氮素营养对于棉花根系和叶片中可溶性蛋白的合成具有十分重要的作用<sup>[6]</sup>。郭传友等的研究表明,在彩椒的苗期和发棵期混施铵态氮和硝态氮能够促进植株对氮素的吸收和利用<sup>[7]</sup>。

韭菜原产于中国,作为蔬菜被栽培已有 3 000 多年的历史<sup>[8]</sup>。传统的土壤栽培韭菜容易受到韭蛆、蓟马、灰霉病、疫病等病虫害的危害,生产者为保障种植收益往往过量施用化肥、农药<sup>[9]</sup>,而采用无土栽培方式种植韭菜则具有病虫害少、产量高、净菜率高、种植场地灵活等优点<sup>[10]</sup>。臧金波的研究表明,水培和沙培韭菜的根系活力、分蘖数及挥发性芳香物质含量明显高于土壤栽培,且硝酸盐含量明显降低<sup>[11]</sup>;王利英等研究发现,使用蛭石草炭栽培韭菜与土壤栽培相比产量提高,硝酸盐含量降低<sup>[12]</sup>。有机生态型无土栽培可以有效降低投资成本,缓解环境污染压力<sup>[13]</sup>,符合农业绿色发展理念。

本研究在前期研究筛选出的韭菜优质高产有机基质配方下<sup>[14]</sup>,以实际生产中常用的酰胺态氮为基础,按不同比例配施硝态氮和铵态氮,以探究不同氮素形态配比对韭菜生长发育和产量品质的

收稿日期:2021-04-15

基金项目:山东省现代农业产业体系蔬菜创新团队土壤与肥料岗位专家项目(编号:SDAIT-05-09)。

作者简介:陈震(1990—),男,山东曲阜人,硕士,助理农艺师,主要从事设施蔬菜无土栽培生理研究,E-mail:chenzhen990@163.com;共同第一作者:王丽雪(1997—),女,山东聊城人,硕士,主要从事蔬菜栽培生理研究,E-mail:2024069664@qq.com。

通信作者:高俊杰,博士,研究员,主要从事蔬菜栽培生理研究。E-mail:sdau0525@foxmail.com。

影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试韭菜品种为平韭四号,稻壳、菌渣、牛粪在使用前均进行渥堆腐熟处理,处理期为 3 个月。腐熟完成后按菌渣、稻壳、牛粪、河沙体积比为 3∶3∶1∶1 混合均匀,制成栽培基质,基质理化性状为:容重 0.61 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度 68.75%,pH 值 8.51,持水能力 197.92%。

1.2 试验设计

试验于泰安市农业科学研究院蔬菜试验基地开展。2019 年 4 月 8 日直播育苗,9 月 2 日移栽至塑料大棚,定植于栽培槽中,栽培槽宽 1.2 m,长 3.1 m,深 20 cm,槽距 40 cm,槽内填充已制作完成的栽培基质。韭菜定植行距为 25 cm,每穴 10 株,穴距为 15 cm,韭菜苗移栽前统一剪根去梢,留根长 3 cm,留梢长 8 cm,不同处理以叶片与叶鞘交接处为准,按相同深度栽平栽实。移栽当年不收获,于次年 2 月底收割清理残株,3 月初施入肥料。每茬韭菜长至 35~40 cm 时进行收割,全年共收割 5 次,春季 2 次,秋季 3 次,每收割 1 次追 1 次肥,4 月 8 日收割第 1 次。

韭菜目标产量按 10 t/667 m<sup>2</sup> 计算,总施肥量为:氮肥 36.9 kg/667 m<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8.5 kg/667 m<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 31.3 kg/667 m<sup>2</sup><sup>[15]</sup>,磷肥、钾肥分别由过磷酸钙和硫酸钾提供,氮肥以实际生产中常用的酰胺态氮(尿素)为基础,按不同比例配施硝态氮(硝酸钙)和铵态氮(碳酸氢铵),试验设计如表 1 所示,共设置 3 次重复,各重复内处理采用随机排列。

1.3 测定项目及方法

春季分别于 2020 年 4 月 8 日、5 月 11 日和 6 月 8 日收割测产,秋季分别于 9 月 30 日和 12 月 9 日收割测产。产量由各小区产量换算得到。按以下公式计算氮肥偏生产力、氮肥农学效率:氮肥偏生产力=施氮区产量/氮肥施用量;氮肥农学效率=(施氮区产量-不施氮产量)/氮肥施用量。

于各处理间随机取样,截取植株相同部位测定品质,采用蒽酮比色法<sup>[16]</sup>测定可溶性糖含量,采用 2,6-二氯酚靛酚比色法<sup>[17]</sup>测定维生素 C 含量,游离氨基酸含量采用茚三酮显色法<sup>[16]</sup>测定,硝酸盐含量采用水杨酸比色法<sup>[18]</sup>测定。随机选取各处理间完整植株,分离地上部和地下部,分别进行烘干、研

表 1 不同处理的氮素形态配施比例

| 处理  | 配施比例(%)  |  |  |
|-----|--|--|--|
|     | 酰胺态氮<br>[(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO-N] | 铵态氮<br>(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) | 硝态氮<br>(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) |
| CK1 | 0  | 0  | 0  |
| CK2 | 100  | 0  | 0  |
| T1  | 0  | 100                                      | 0  |
| T2  | 0  | 0  | 100                                      |
| T3  | 50   | 10                                       | 40                                       |
| T4  | 50   | 20                                       | 30                                       |
| T5  | 50   | 30                                       | 20                                       |
| T6  | 50   | 40                                       | 10                                       |
| T7  | 50   | 50                                       | 0  |
| T8  | 50   | 0  | 50                                       |
| T9  | 0  | 50                                       | 50                                       |

磨、过筛,采用凯氏定氮法测定植株全氮含量,采用钼锑抗比色法测定植株全磷含量,采用火焰光度法测定植株全钾含量。

1.4 数据处理

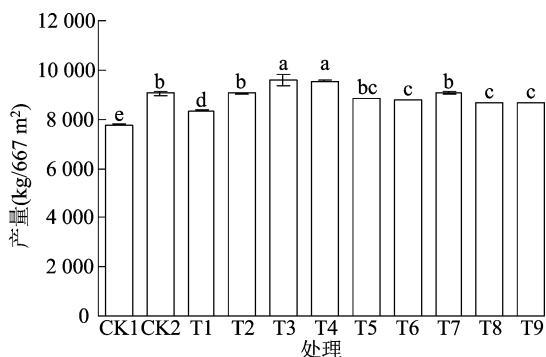
试验数据采用 Microsoft Excel 2012、SPSS 24.0 软件进行整理分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态配比对韭菜产量的影响

由图 1 可知,将酰胺态氮半量(T7)或全量(T2)替换为硝态氮不能起到增产的作用。适宜配比的酰胺态氮、铵态氮和硝态氮混施(T3、T4)则有助于韭菜增产;而增加铵态氮肥施用比例(T1、T5、T6、T7、T9 处理)会导致产量会降低,当只施用铵态氮肥时(T1)产量下降最多(P<0.05)。T3、T4 处理的韭菜春季产量较高,其中最高的是 T3 处理(9 578.26 kg/667 m<sup>2</sup>),较 CK1 处理增产 23.33%,较 CK2 处理增产 5.67%;其次是 T4 处理(9 558.09 kg/667 m<sup>2</sup>),较 CK1 处理增产 23.07%,较 CK2 处理增产 5.45%;T1 处理产量较 CK2 下降 7.86%。

由图 2 可知,不同处理下秋季基质韭菜的产量与春季呈现相同趋势。T3 和 T4 处理韭菜的秋季产量较高,产量最高的是 T4 处理(4 370.47 kg/667 m<sup>2</sup>),相较于 CK1 增产 65.44%,相较于 CK2 增产 14.84%,其次是 T3 处理(4 343.57 kg/667 m<sup>2</sup>),相较于 CK1 增产 64.42%,相较于 CK2 增产 14.13%。T1 处理产量较 CK2 减产 17.31%。



不同小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。下同  
图1 不同形态氮素配比对春季韭菜产量的影响

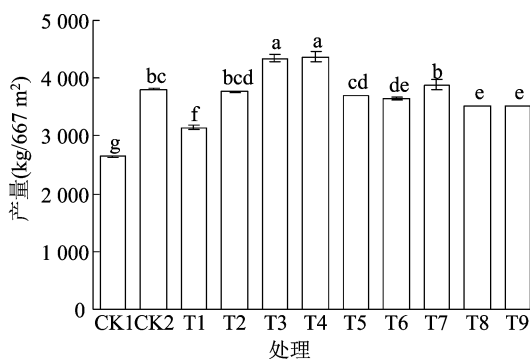


图2 不同形态氮素配比对秋季韭菜产量的影响

## 2.2 不同氮素形态配比对韭菜品质的影响

由图3可知,不同氮素形态适宜配比能够提高韭菜品质。韭菜叶片中维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、大蒜素的含量随着铵态氮配施比例的增加均呈现先升高后降低的趋势(T2~T7处理),硝酸盐含量则随铵态氮配施比例的增加呈现先降低后升高的趋势。

由图3-A可知,T5处理的韭菜叶片中维生素C含量最高(1.34 mg/g),比CK1增加28.85%,比CK2增加5.51%,与T4、T3处理差异不显著。由图3-B可知,韭菜叶片中可溶性糖含量由高到低依次为3种氮素形态配比处理(T4、T3、T5、T6处理)、2种氮素形态配比处理(T8、T9、T7处理)和单一氮素形态处理(CK2、T1、T2处理),其中T4处理韭菜叶片中可溶性糖含量最高(19.47 mg/g),比CK1增加149.30%,比CK2增加108.46%。

由图3-C可知,铵态氮肥的加入有助于提高韭菜叶片中可溶性蛋白含量。当铵态氮肥配施比例在10%~40%时提升效果显著,其中T4处理的韭菜叶片中可溶性蛋白含量最高(1.47 mg/g),相较于CK1增加48.48%,相较于CK2提高40%。

由图3-D可知,T4处理的韭菜叶片游离氨基

酸含量最高(1.24 mg/g),其次是T3和T5处理,2种氮素形态配比的处理之间未达到显著差异。

由图3-E可知,叶片中硝酸盐含量随硝态氮配施比例的减小而先降低后升高(T2~T7处理),韭菜叶片中硝酸盐含量最高的为T2处理(0.63 mg/g),含量最低的为T1处理(0.50 mg/g)。

由图3-F可知,T4处理的韭菜叶片大蒜素含量最高(0.33%),显著高于其他处理,相较于CK1处理增加了65%,比CK2处理提高了50%。

## 2.3 不同氮素形态对比对韭菜矿质元素含量的影响

由表2可知,适宜配比的不同氮素形态处理有利于提高韭菜叶片中的氮、钾含量。其中,T4处理下韭菜叶片中全氮和全钾的含量最高,分别较CK2增加11.35%和11.60%。韭菜叶片中磷含量随着铵态氮施用比例的增加而提高(T7处理除外),在T1(100%铵态氮)处理下,叶片磷含量最高(0.47%),相较于CK2增加8.29%。

由表3可知,不同处理下韭菜根系中全氮、全磷、全钾的含量与叶片呈现相同趋势,T4处理下根系中全氮、全钾含量最高,T1处理下根系中的全磷含量最高。

## 2.4 不同氮素形态对比对韭菜氮肥偏生产力和农学效率的影响

通过计算(表4)可知,T4处理的氮肥偏生产力最高(377.47 kg/kg),其次是T3处理(377.29 kg/kg),T1处理的氮肥偏生产力最低(311.60 kg/kg)。T4处理的氮肥农学效率最高(95.41 kg/kg),其次是T3处理(95.23 kg/kg),T1处理的氮肥偏生产力最低(29.55 kg/kg)。

## 3 结论与讨论

本研究表明,多种氮素形态配施处理能够显著提高基质栽培韭菜的产量,与前人在其他作物上取得的研究结论<sup>[19-21]</sup>一致。本研究单一施用酰胺态氮处理下的韭菜产量与单一施用硝态氮处理没有显著差异,表明单纯将尿素替换为价格相对昂贵的硝态氮肥料并不能起到增产效果,将酰胺态氮与硝态氮配比施用后则起到了增产效果,且用铵态氮部分替代硝态氮时增产效果更加明显,这一结论与卢凤刚等在韭菜上的研究结论<sup>[22]</sup>相一致。从植物代谢的角度看,虽然吸收和同化硝酸盐所需的能量多于铵,但除了少数喜铵植物外,单独供给铵态氮反而

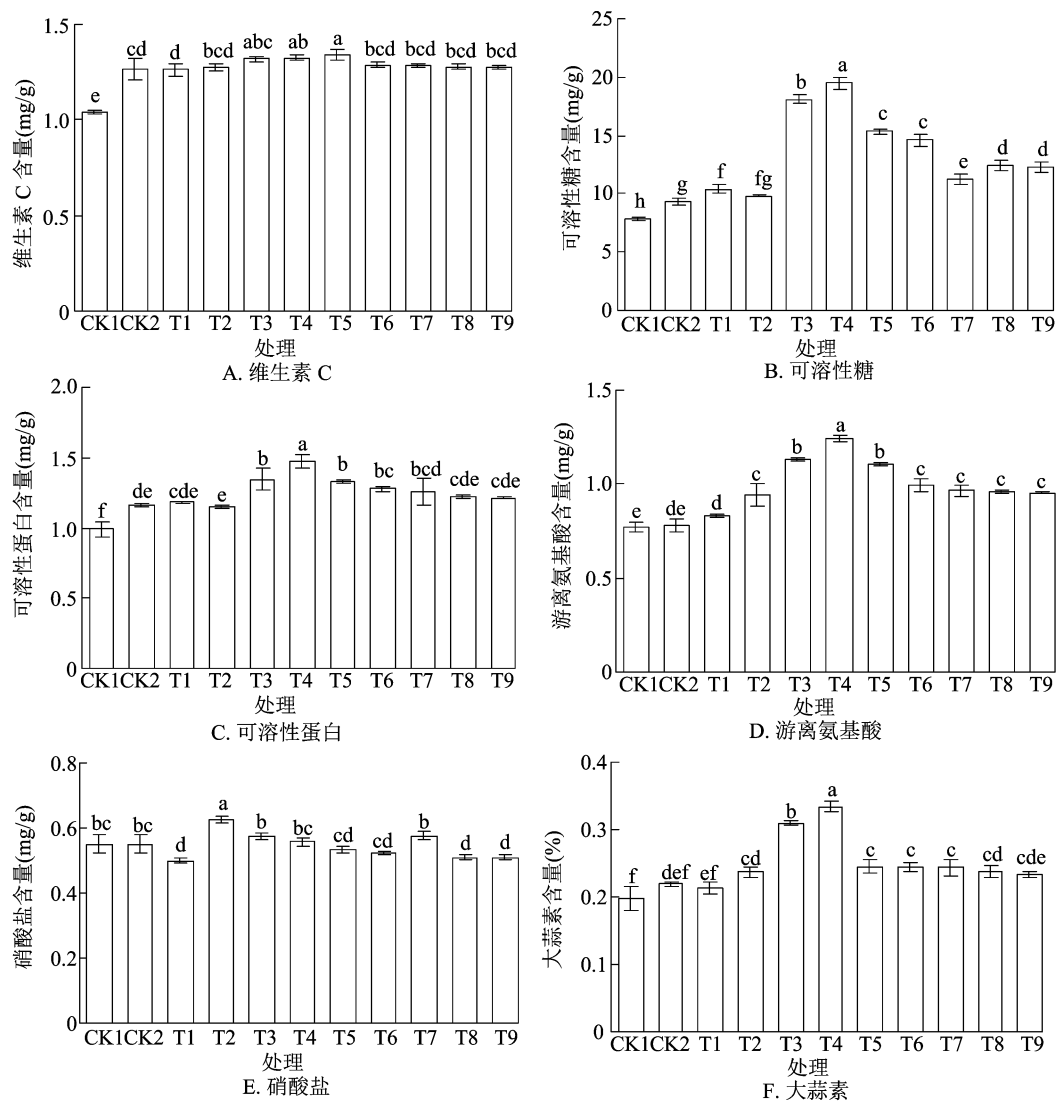


图3 不同形态氮素对比对韭菜品质指标的影响

表 2 不同形态氮素对比对韭菜叶片矿质元素含量的影响

| 处理  | 叶片矿质元素含量(%) |         |          |
|-----|-------------|---------|----------|
|     | 全氮          | 全磷      | 全钾       |
| CK1 | 3.758f      | 0.415ef | 5.253d   |
| CK2 | 4.098cde    | 0.434cd | 5.862bcd |
| T1  | 4.228cde    | 0.470a  | 5.664cd  |
| T2  | 3.932ef     | 0.421d  | 5.889bc  |
| T3  | 4.324b      | 0.436cd | 5.915ab  |
| T4  | 4.563a      | 0.446bc | 6.542a   |
| T5  | 4.347c      | 0.455b  | 6.024bc  |
| T6  | 4.248cde    | 0.460ab | 5.733bcd |
| T7  | 4.185def    | 0.435de | 5.816bc  |
| T8  | 4.263cd     | 0.463ab | 5.432cd  |
| T9  | 4.246cde    | 0.464ab | 5.396cd  |

表 3 不同形态氮素对比对韭菜叶片矿质元素含量的影响

| 处理  | 根系矿质元素含量(%) |         |          |
|-----|-------------|---------|----------|
|     | 全氮          | 全磷      | 全钾       |
| CK1 | 2.088f      | 0.354ef | 1.176d   |
| CK2 | 2.281cde    | 0.419cd | 1.320bcd |
| T1  | 2.314cde    | 0.448a  | 1.254cd  |
| T2  | 2.177ef     | 0.416d  | 1.390bc  |
| T3  | 2.468b      | 0.422cd | 1.467ab  |
| T4  | 2.648a      | 0.430bc | 1.554a   |
| T5  | 2.335c      | 0.435b  | 1.356bc  |
| T6  | 2.302cde    | 0.437ab | 1.323bcd |
| T7  | 2.190def    | 0.420de | 1.386bc  |
| T8  | 2.324cd     | 0.440ab | 1.314cd  |
| T9  | 2.282cde    | 0.440ab | 1.304cd  |

会抑制植物生长<sup>[23]</sup>。有研究表明,过量施用铵态氮会导致植物根系发育不良,根系活力下降<sup>[24]</sup>。本研

究铵态氮施用比例在 30% ~ 50% 时,韭菜产量呈现出降低趋势,当完全使用铵态氮进行氮营养供应

表 4 不同形态氮素配比对韭菜氮肥偏生产力和农学效率的影响

| 处理  | 氮肥偏生产力<br>(kg/kg) | 氮肥农学效率<br>(kg/kg) |
|-----|-------------------|-------------------|
| CK2 | 348.76 ± 2.65bc   | 66.71 ± 2.41bc    |
| T1  | 311.60 ± 0.13e    | 29.55 ± 0.37e     |
| T2  | 347.20 ± 1.20bc   | 65.14 ± 0.97bc    |
| T3  | 377.29 ± 8.28a    | 95.23 ± 8.05a     |
| T4  | 377.47 ± 2.39a    | 95.41 ± 2.16a     |
| T5  | 339.95 ± 0.39cd   | 57.89 ± 0.16cd    |
| T6  | 336.71 ± 0.34d    | 54.66 ± 0.10d     |
| T7  | 351.48 ± 3.47b    | 69.43 ± 3.71b     |
| T8  | 330.74 ± 0.22d    | 48.68 ± 0.45d     |
| T9  | 330.44 ± 0.06d    | 48.38 ± 0.17d     |

时,韭菜减产显著,研究结论与前人<sup>[22]</sup>相同。

在本试验酰胺态氮:铵态氮:硝态氮=5:2:3处理下,韭菜的可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、大蒜素的含量均最高,酰胺态氮:铵态氮:硝态氮=5:3:2时,韭菜维生素C含量最高,表明不同氮素形态的适宜配比处理能够改善韭菜品质,与前人研究结论<sup>[25-27]</sup>趋势一致。但取得最佳品质的具体氮素形态比例不同,可能是由供试品种、气候条件和栽培方式等不同引起的。除作物种类、品种和施氮量外,氮素形态同样是影响植株体内硝酸盐含量的重要因素。有研究表明,肥料中硝态氮施用过多会导致蔬菜中硝酸盐含量增加<sup>[28]</sup>。在本试验中,使用适量的酰胺态氮和铵态氮替代硝态氮可以显著降低韭菜叶片中硝酸盐的含量,且随着铵态氮施用比例的增加,韭菜叶片中硝酸盐含量逐渐降低,这与前人在番茄<sup>[29]</sup>和菠菜<sup>[30]</sup>上的研究结论一致。

有研究表明,氮素形态对植株吸收矿质元素有明显影响<sup>[31]</sup>,铵态氮、硝态氮与酰胺态氮的组合施用能促进苤蓝对矿质元素的吸收<sup>[32]</sup>。笔者发现,适宜比例的3种形态氮素混施能够提高韭菜地上部和地下部全氮、全钾等矿质元素的含量,当酰胺态氮、铵态氮、硝态氮三者比例为5:2:3时,全氮、全钾含量最高。韭菜体内全磷含量随着铵态氮施用比例的增加而增加,单一铵态氮处理下,韭菜体内全磷含量最高,与前人在烟草中取得的研究结论<sup>[33]</sup>一致。

综上所述,酰胺态氮、铵态氮和硝态氮肥混合施用,有利于提高基质栽培韭菜的产量、品质和矿质元素含量,其中在酰胺态氮、铵态氮、硝态氮配施

比例分别为50%、20%、30%处理下,氮肥偏生产力和农学效率最高,韭菜增产效果明显,品质较好(设施基质栽培韭菜适宜的氮素形态配比)。

参考文献:

[1]时 怡,梁博文,胡俊峰,等. 不同形态及浓度氮素对矮砧红富士苹果幼树生长和氮素吸收、运转的影响[J]. 河南农业科学, 2020,49(9):112-119.

[2]刘秀杰,宫占元. 植物氮素吸收利用研究进展[J]. 现代化农业, 2012(8):20-21.

[3]贺晓辉,贺凌霄,徐世晓. 不同氮素形态对比对香料烟的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(32):43-48.

[4]裴文梅,张参俊,王景安. 不同氮形态及对比对甘草生长及品质的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(28):184-187.

[5]卢颖林,李庆余,徐新娟,等. 不同形态氮素对番茄幼苗体内营养元素含量的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(21):122-130.

[6]董海荣,李金才,李存东. 不同形态外源氮素营养对棉花苗期氮素代谢的影响[J]. 河北农业大学学报,2009,32(3):17-20.

[7]郭传友,余庆波. 不同形态氮素营养对彩椒生理特性的影响[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),2003,26(1):55-58.

[8]尹守恒,刘宏敏. 韭菜[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2007.

[9]高希武,马 军. 害虫的化学防治与作物抗虫性[J]. 中国农业大学学报,1998,3(1):75-82.

[10]蒋伟杰. 韭菜无土栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,1998.

[11]臧金波. 无土栽培对韭菜生理特性、产量品质及韭蛆发生的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2004.

[12]王利英,郭雪梅. 两种无土栽培基质在韭菜生产上的应用[J]. 天津农业科学,2001,7(1):43-45.

[13]郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

[14]张艳艳,刘中良,焦 娟,等. 不同配方基质对韭菜根系活力、氮素利用及产量和品质的影响[J]. 山东农业科学,2019,51(2):87-90.

[15]徐俊恒. 主要葱蒜类蔬菜的需肥特点[J]. 河南农业,2008(21):25.

[16]赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.

[17]赵世杰,苍 晶. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2016

[18]谢红伟. 水杨酸比色法测定水中硝酸盐氮的含量[J]. 贵州农业科学,1999,27(3):40-41.

[19]牛振明,张国斌,刘赵帆,等. 氮素形态及对比对甘蓝养分吸收、产量以及品质的影响[J]. 草业学报,2013,22(6):68-76.

[20]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,2017:79-80.

[21]胡喜巧,杨文平,黄 玲,等. 氮素形态及对比对红花苗菜产量和品质的影响[J]. 西北农业学报,2016,25(7):1041-1049.

[22]卢凤刚,郭丽娟,陈贵林,等. 不同氮素形态及对比对韭菜产量和品质的影响[J]. 河北农业大学学报,2006,29(1):27-30.

[23]陈晓亚,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2007.

程琳琳, 安 锋, 谢贵水, 等. 复配涂封剂对低温胁迫下橡胶苗光合荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(2): 102–107.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.02.017

# 复配涂封剂对低温胁迫下橡胶苗光合荧光特性的影响

程琳琳<sup>1,2</sup>, 安 锋<sup>1,2</sup>, 谢贵水<sup>2</sup>, 王纪坤<sup>1,2</sup>, 王立丰<sup>1,2</sup>, 张希财<sup>1,2</sup>

(1. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南海口 571101; 2. 农业农村部儋州热带作物科学观测实验站, 海南儋州 571737)

**摘要:**以橡胶树热研 7-33-97 芽接苗为材料, 比较低温胁迫下市售、复配割面涂封剂处理对叶片叶绿素含量、光合作用及光化学效率的影响, 以期为橡胶树新型割面涂封剂研发及抗寒机制研究提供理论依据。结果表明, 低温胁迫导致叶片叶绿素含量、净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间二氧化碳浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$ )下降, 实际光化学效率( $\Phi_{PSII}$ )水平先升高后下降; 低温胁迫 1 d, 以 25 mg/L 脱落酸、0.05 g/L 壳聚糖、8.0 g/L  $CaCl_2$  为主成分的复配割面涂封剂处理比市售割面涂封剂处理及对照的橡胶树叶片的  $\Phi_{PSII}$  分别高出 37.90%、80.29%, 差异达到极显著水平( $P < 0.01$ ); 低温胁迫 4 d, 复配涂封剂处理比市售割面涂封剂处理及对照的橡胶树叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总量分别高出 23.49%、21.78%、23.07% 和 29.91%、26.04%、28.96%, 差异均达到极显著水平( $P < 0.01$ ); 低温胁迫 7 d, 复配涂封剂处理比市售割面涂封剂处理及对照的橡胶树叶片的  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$ 、 $T_r$ 、 $F_v/F_m$  高出 74.53%、847.41%、90.94%、1 617.80%、6.57% 和 145.39%、7 700.23%、229.02%、18 009.72%、14.46%, 差异达到显著或极显著水平。综合分析可知, 复配割面涂封剂能够缓解由低温导致的橡胶树芽接苗叶片叶绿素含量、 $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$ 、 $T_r$ 、 $F_v/F_m$  及  $\Phi_{PSII}$  的下降幅度, 可以在一定程度上避免低温胁迫对光合系统的伤害, 维持叶片光合能力及 PS II 反应中心活性, 有效缓解低温对橡胶树芽接苗的胁迫, 提高其抗寒性。

**关键词:**复配割面涂封剂; 橡胶苗; 低温胁迫; 光合作用; 叶绿素荧光参数; 抗寒性

**中图分类号:** S794.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)02-0102-06

巴西橡胶树(下面简称为橡胶树)原产于巴西

收稿日期: 2021-04-22

基金项目: 国家天然橡胶产业技术体系(编号: CARS-33-ZP1); 海南省重点研发计划(编号: ZDYF2020072)。

作者简介: 程琳琳(1981—), 女, 河南太康人, 硕士, 助理研究员, 主要从事橡胶树抗逆栽培生理生化研究。E-mail: chenglinlin2004@163.com。

通信作者: 安 锋, 博士, 研究员, 主要从事橡胶树栽培生理生态研究。E-mail: an-f@163.com。

亚马逊河流域, 热带雨林气候造就了其喜高温、高湿、静风、土壤肥沃环境的生长习性<sup>[1]</sup>。虽然, 我国成功实现了橡胶树北缘栽培, 但位于热带北缘和亚热带是我国植胶区的地域特点, 寒害仍是橡胶树栽培不可避免的主要自然灾害之一。橡胶树对低温虽有一定耐受力, 但是当环境温度降至其所能忍受的温度以下或低温积累超出它能承受的范围, 就会产生寒害。25~30℃是橡胶树光合作用最适温

- [24] Schortemeyer M, Feil B, Stamp P. Root morphology and nitrogen uptake of maize simultaneously supplied with ammonium and nitrate in a split-root system[J]. *Annals of Botany*, 1993, 72(2): 107–115.
- [25] 毕兆东, 王世金, 程青青, 等. 不同氮肥及配比对韭菜产量和品质的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2010, 41(11): 37–41.
- [26] 毕兆东, 张 宁, 金志霞, 等. 不同氮肥对韭菜生长和品质的影响[J]. *长江蔬菜*, 2010(24): 55–57.
- [27] 杜红艳, 于平彬, 季延海, 等. 不同  $NO_3^-$ :  $NH_4^+$  营养液对水培韭菜生长生理指标和品质的影响[J]. *北方园艺*, 2014(19): 49–52.
- [28] 庞明德, 乔丽霞. 蔬菜中硝酸盐含量的控制措施[J]. *长江蔬菜*, 2004(11): 7–8.
- [29] 尹艳莉, 杨 彦, 赵兴杰, 等. 干旱条件下不同氮素形态配比对

- 番茄产量和品质的影响[J]. *山西农业科学*, 2017, 45(11): 1791–1793.
- [30] 张春兰, 高祖明, 张耀栋, 等. 氮素形态和  $NO_3^-$ -N 与  $NH_4^+$ -N 配比对菠菜生长和品质的影响[J]. *南京农业大学学报*, 1990, 13(3): 70–74.
- [31] 陈 磊, 朱月林, 杨立飞, 等. 氮素形态配比对菜用大豆籽粒膨大过程中氮碳同化的影响[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(2): 323–329.
- [32] 唐晓清, 肖国华, 王康才, 等. 氮素营养对苗期菘蓝叶中硝酸还原酶活性与矿质元素吸收的影响[J]. *西北植物学报*, 2013, 33(9): 1851–1858.
- [33] 杨秋云, 王国峰, 黄向东, 等. 氮素形态和氮水平对烟草氮、磷、钾、氯积累分配的影响[J]. *河南农业科学*, 2011, 40(8): 104–109.