

## 播种期对当归种苗生理指标及质量的影响

葛慧<sup>1</sup>, 赵鑫<sup>1</sup>, 王盼<sup>1</sup>, 郭增祥<sup>2</sup>, 赵万千<sup>3</sup>, 杨荣洲<sup>4</sup>, 陈红刚<sup>1,5</sup>, 曾翠云<sup>1,5</sup>, 杜骏<sup>1,5\*</sup>

(1. 甘肃中医药大学和政药用植物园, 甘肃 和政 731200; 2. 岷县当归研究院, 甘肃 岷县 748400;

3. 甘肃省临夏州农业科学院, 甘肃 临夏 731100; 4. 定西市农业科学研究所, 甘肃 定西 743000;

5. 甘肃中医药大学西北中藏药协同创新中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**开展当归不同播种期育苗试验,探究播种期所对应气候因子对当归种苗生理指标及质量的影响,寻找当归育苗的最佳气候条件。试验结果显示,各气候因子与种苗单根重、根粗、产量、一级苗比例、成活率和早期抽薹率之间均存在显著或极显著正相关关系,平均地温、平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温及降水量与丙二醛(MDA)含量呈显著负相关关系,与过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性呈显著正相关关系。6月20日(第2播种期)播种的种苗产量分别比6月10日、6月30日播种的种苗产量高11.96%、65.63%,MDA含量分别低2.02%和29.44%,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性较高,药材产量达1691.2 kg/hm<sup>2</sup>。综合种苗生理指标及产量,6月20日(第2播种期)播种的种苗抗逆性强,早期抽薹率低,药材产量高,可作为适宜播种期,其对应的气象因子可作为适宜气候条件。

**关键词:**播种期;气候因子;质量;生理指标

**中图分类号:**S567.23<sup>+9</sup> **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)06-0056-07

**DOI:**10.13817/j.cnki.cyycp.2022.06.008



中药当归为伞形科当归属植物当归(*Angelica sinensis*)的干燥根。其性温,味甘、辛,归肝、心、脾经,具有补血活血、调经止痛、润肠通便的功效,因补血、调经功效显著,有“妇科调经要药”、“血中之圣药”之称,是我国传统大宗中药材之一<sup>[1]</sup>。

长期以来,当归种苗的繁育以生荒地育苗为主,

**收稿日期:**2021-12-18; **修回日期:**2022-10-11

**基金项目:**国家中药材产业技术体系建设专项资金(CAR S-21);甘肃省科技创新基地和人才计划项目资助(18JR2TA017);甘肃中医药大学脱贫攻坚扶贫科技专项(2019PFZX-6);甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室开放课题(zzy-2019-022);甘肃省中医药研究中心开放课题(zyzx-2020-30);甘肃省药品科研项目(2020GSMPA031)

**作者简介:**葛慧(1997-),女,甘肃张掖人,硕士研究生。

E-mail:1125033818@qq.com

\*通信作者。E-mail:gslzdt@163.com

即在海拔2800 m以上的高寒二阴山区开荒育苗。这种育苗方式严重破坏了高山草甸,导致水土流失严重,生态环境日益恶化,不利于当归产业的可持续发展和生态环境的保护<sup>[2]</sup>。为解决产业发展与生态环境保护之间的矛盾,广大科技人员进行了不懈的探索,并取得初步成效。武延安等<sup>[3-4]</sup>通过开展日光温室冬季熟地育苗研究,总结出当归日光温室冬季育苗技术。郭凤霞等<sup>[5-10]</sup>开展了作物茬口特性的研究,筛选出适合当归熟地育苗的豌豆-黄芪双豆科茬口。但关于播种期及对应的气象因子对当归熟地苗的影响,目前还鲜有报道。

因熟地较生荒地海拔低,光热资源丰富,养分充足,如果按照传统的5月下旬至6月初育苗,则当归苗生长充分,往往形成大苗,移栽后早期抽薹率高,从而严重影响药材产量及质量。有研究表明,播期对直播当归药材产量和品质均影响显著<sup>[11-12]</sup>。播种期的早晚决定了当归育苗期间的气候因子,从而影响当归种苗质量。单根重、根粗、一级苗比例、成活率和早期抽

率直接反映了种苗质量的优劣。根系超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶活性则能反映当归种苗根系抗氧化能力,是判定种苗抗逆性的生理指标<sup>[13-14]</sup>。因此,通过不同播种期育苗试验,进而探究气候因子对种苗质量的影响,对当归熟地育苗有着重要的指导意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

试验地位于甘肃中医药大学和政药用植物园。园内海拔 2 430 m,年均温 5.1 °C,年均降水量 660 mm,无霜期 110 d,最高气温 29.0 °C,最低气温 -20.4 °C,属典型高寒阴湿区。土壤类型为黑垆土,前茬为豆科植物蒙古黄芪(*Astragalus membranaceus*)。播种前 0~20 cm 土壤有机质含量 39.9 g/kg,全氮含量 189 mg/kg,有效钾含量 93.2 mg/kg,有效磷含量 11.0 mg/kg。

### 1.2 供试材料

试验用当归种子来源于岷县禾驮镇山沟村,2019年采集于3年生当归植株上,经甘肃中医药大学杜毅教授鉴定为当归(*Angelica sinensis*),种子采收后晾干贮藏备用。

### 1.3 试验设计

试验采用单因素完全随机设计,以不同播种期为

试验处理:第1播种期6月10日(T<sub>1</sub>)、第2播种期6月20日(T<sub>2</sub>)、第3播种期6月30日(T<sub>3</sub>),共3个处理,每个处理重复3次,共计9个小区,小区面积4 m<sup>2</sup>。

2019年10月黄芪采挖后将地翻耕整平。2020年6月按播期育苗,播种量105 kg/hm<sup>2</sup>。播种完成后立即在离地面30 cm处搭盖遮光度为50%的遮阳网,后期管理同大田,当归种苗均生长110 d采挖(即分别于9月30日、10月10日和10月20日采挖)。采挖后拌鲜土扎把,运回后放置在阴凉通风处晾苗,苗子含水量降至60~70%时堆藏,翌年春天移栽。

### 1.4 测定指标与方法

1.4.1 气象数据 气象数据来源于甘肃中医药大学和政药用植物园气象站(Onset公司,批号:20297866)。每30 min自动记录1次数据,记录数据包括:10 cm土壤温度、10 cm土壤湿度、空气温度、空气湿度、降水量等,通过计算可获得平均气温等气象数据。最热月(7月)平均气温16.21 °C,最冷月(1月)平均气温-7.11 °C,早晚温差大。由表1可知,不同播种期对应气候因子均有一定差异。在当归种苗有效生长期中,平均气温、最低气温、平均地温、最低地温、≥10 °C有效积温和降水量均随播种期的推迟而降低,土壤平均湿度和空气平均湿度则随播种期的推迟而升高。

表1 不同播种期对应气候因子

Table 1 Climate factors corresponding to different sowing date

气候因子	第1播期	第2播期	第3播期
平均气温/°C	13.64	12.86	11.42
最低气温/°C	3.14(9月18日)	-0.56(10月7日)	-4.25(10月19日)
平均地温/°C	16.15	15.71	14.83
最低地温/°C	10.66(9月26日)	7.31(10月7日)	4.58(10月19日)
空气平均湿度/%	81.48	82.87	83.67
土壤平均含水量/%	25.36	25.85	26.22
≥10 °C有效积温/°C	1 918.01	1 803.06	1 646.70
降水量/mm	377.1	350.8	278.4

1.4.2 种苗质量标准 采挖时每小区随机取样10株测定当归种苗单根鲜重及根粗,用天平称取单根鲜重,用游标卡尺测量根头部最粗位置直径。取200株按照当归种苗标准<sup>[15]</sup>及相关文献<sup>[16-18]</sup>分级,分级标准见表2。

1.4.3 种苗抗逆指标 田间采挖种苗时对各小区随

机取样20株,每个处理共取样60株,立即清洗干净放入液氮保存,可溶性糖、可溶性蛋白质(TP)、过氧化氢酶(CAT)、丙二醛(MDA)含量及过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性,均使用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。上述指标每个小区重复测定3次。

表2 当归种苗分级标准

Table 21 Grading standard for *Angelica sinensis* seedlings

等级	根粗/mm	单根重/g	损伤程度
一级	3~5	0.45~0.73	无损伤、无病害、无分叉
二级	5~7	0.74~1.38	无损伤、无病害、无分叉
三级	2~3	0.30~0.44	轻微损伤
废弃苗	<2或>7	<0.30或>1.39	损伤分叉严重

1.4.4 种苗成活率和早期抽薹率的测定 2021年4月中旬按不同播种期分别移栽种苗,出苗结束后调查成活株数,计算成活率。6月初开始,每隔15 d调查1次早期抽薹株数,直至地上部分枯萎,计算早期抽薹率。

成活率(%)=(移栽成活株数/移栽总株数)×100%

早期抽薹率(%)=(早期抽薹株数/移栽成活株数)×100%

1.4.5 当归药材产量及质量 2021年10月20日,当归药材采挖后,用电子秤测定小区产量(kg),晾干后测定干重(kg),换算为每公顷产量(kg/hm<sup>2</sup>);根据《中国药典》方法<sup>[1]</sup>测定阿魏酸和藁本内酯含量。

## 1.5 数据分析

采用SPSS 24.0和Excel软件处理数据并绘图。

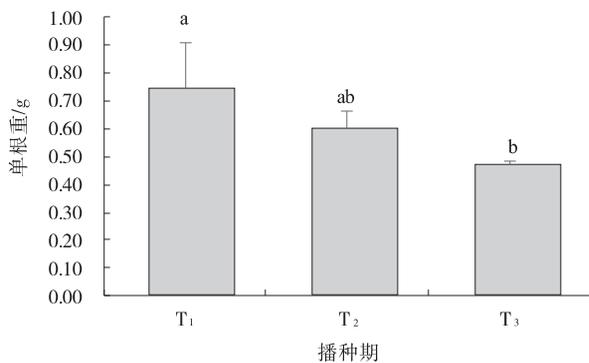


图1 不同播种期当归的种苗质量

Fig. 1 Seedling quality of *A. sinensis* at effects of different sowing dates

注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同

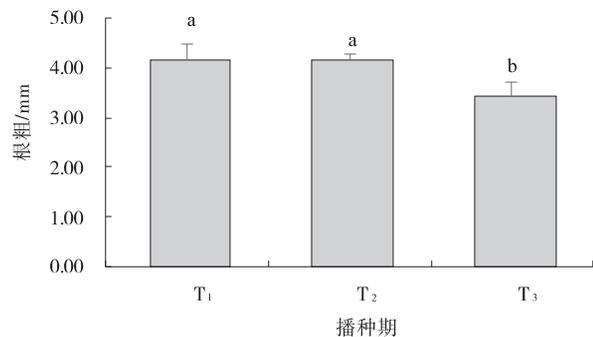
## 2.2 种苗可溶性蛋白质和可溶性糖含量比较

不同播种期当归种苗可溶性蛋白质和可溶性糖含量均有显著性( $P<0.05$ )差异(图2)。可溶性蛋白质含量随播种期的推迟先升高后降低,第2播期可溶性蛋白质含量最高,分别比第1播期和第3播期高出28.25%和124.07%,表明第2播期育成当归种苗蛋白质渗透调节能力更强。而可溶性糖含量随播种期

## 2 结果与分析

### 2.1 种苗质量比较

不同播期育成当归种苗质量差异显著(图1,表3)。种苗单根重随播期的推迟逐渐减小,T<sub>1</sub>种苗单根重最大,分别比T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>高出23.33%和57.44%,且与T<sub>3</sub>间差异显著( $P<0.05$ )。根粗T<sub>1</sub>比T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>分别高出0.24%和21.40%,与T<sub>3</sub>间差异显著( $P<0.05$ )。种苗产量随播期的推迟先增加后降低,T<sub>2</sub>产量最高,达2576.29 kg/hm<sup>2</sup>,分别比T<sub>1</sub>和T<sub>3</sub>高出11.96%和65.63%。一级苗比例随播期的推迟而降低,T<sub>1</sub>一级苗比例最高,其次为T<sub>2</sub>,分别为66.08%和65.25%,二者差异不显著( $P>0.05$ )。二级苗比例亦随播期的推迟逐渐降低,T<sub>1</sub>二级苗比例最高,达6.13%,分别比T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>高出92.16%和638.55%,且差异显著( $P<0.05$ )。



的推迟先降低后升高,第3播期可溶性糖含量最高,分别比第1播期和第2播期高出26.17%和48.03%,表明第3播期育成当归种苗糖类渗透调节能力更强。

### 2.3 种苗根系丙二醛含量及抗氧化酶活性比较

当归种苗根系丙二醛含量及抗氧化酶活性有一定差异(图3)。其中T<sub>2</sub>当归种苗MDA含量最低,但与T<sub>1</sub>间含量差异很小。T<sub>3</sub>处理MDA含量明显升高,

表 3 不同播种期当归种苗产量及各等级比例

Table 3 *A. seedling yield and the proportion of each grade in different sowing periods*

处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	各等级比例/%			
		一级	二级	三级	废弃苗
T <sub>1</sub>	2 301.15±75.04 <sup>a</sup>	66.08±2.59 <sup>a</sup>	6.13±0.64 <sup>a</sup>	16.53±0.25 <sup>b</sup>	11.87±1.57 <sup>b</sup>
T <sub>2</sub>	2 576.29±150.08 <sup>b</sup>	65.25±2.13 <sup>a</sup>	3.19±1.37 <sup>b</sup>	15.58±2.26 <sup>b</sup>	15.99±2.55 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	1 525.76±75.05 <sup>c</sup>	58.39±0.64 <sup>b</sup>	0.83±0.35 <sup>c</sup>	25.06±1.53 <sup>a</sup>	15.72±0.98 <sup>a</sup>

注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同

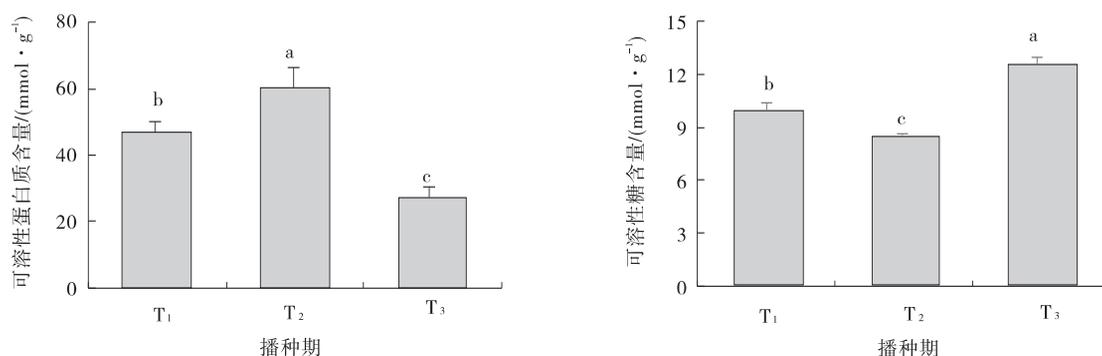


图 2 不同播种期当归种苗可溶性蛋白和可溶性糖含量

Fig. 2 Soluble protein and soluble sugar contents of *A. sinensis* seedlings in at different sowing date

分别比 T<sub>1</sub>和 T<sub>2</sub>高出 26.87%和 29.44%,但因 T<sub>3</sub>组间变异程度大,变异系数为 15.93%,差异未达到显著水平( $P>0.05$ )。T<sub>3</sub>根系 CAT、SOD 和 POD 活性均较弱, CAT 和 POD 与 T<sub>1</sub>间差异显著( $P<0.05$ )。

T<sub>1</sub>CAT 活性分别比 T<sub>2</sub>和 T<sub>3</sub>高 31.52%和 39.13%,且差异显著( $P<0.05$ )。T<sub>2</sub>SOD 活性最高,但与 T<sub>1</sub>和 T<sub>3</sub>间差异不显著。T<sub>3</sub>POD 活性较低,比 T<sub>1</sub>及 T<sub>2</sub>分别降低 24.65%和 22.68%,且差异显著( $P<0.05$ )。

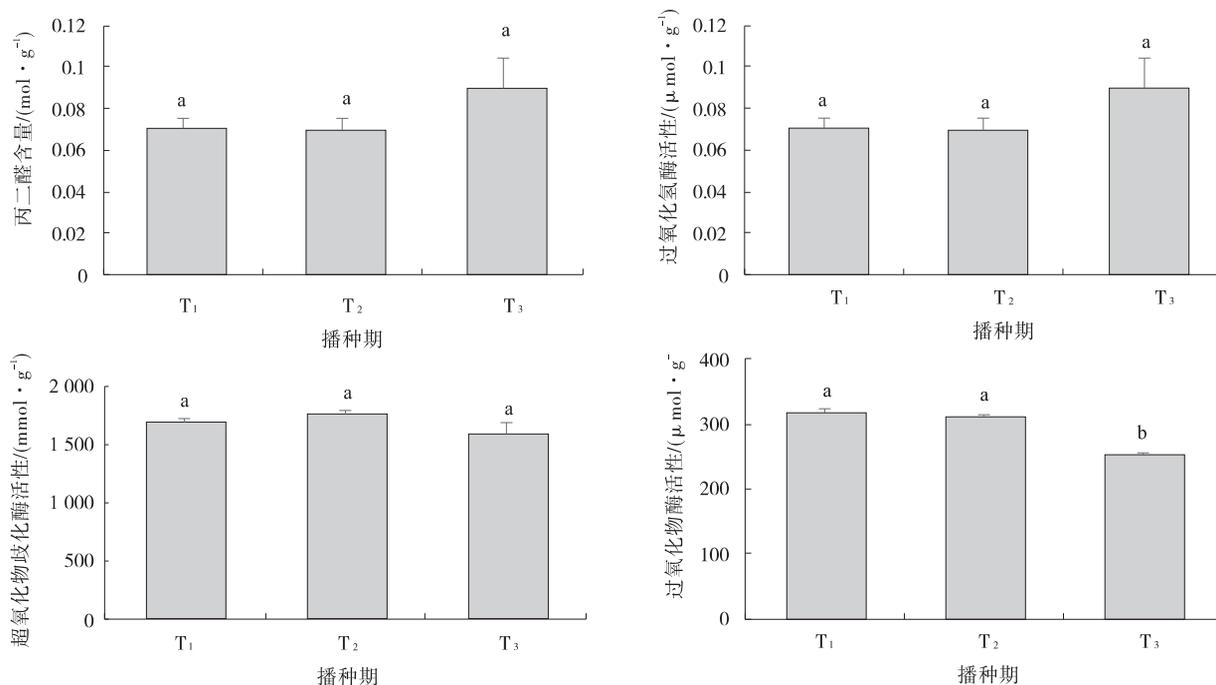


图 3 不同播种期当归种苗根系 MDA 含量 CAT、SOD 和 POD 活性

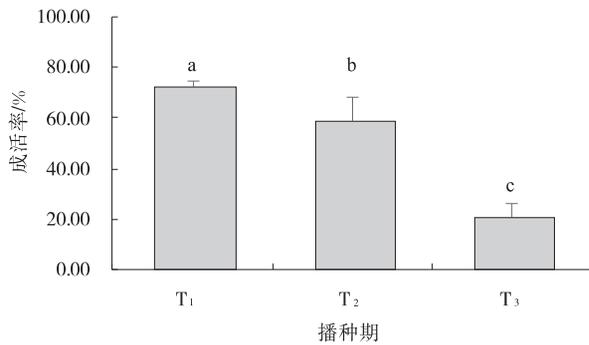
Fig. 3 MDA content and CAT, SOD, POD activities in roots of *A. sinensis* seedlings in different sowing periods

#### 2.4 种苗移栽成活率和早期抽薹率比较

不同处理种苗移栽后成活率和早期抽薹率差异

显著(图 4)。随着播期的推迟,种苗移栽后成活率逐渐降低, T<sub>1</sub>成活率最高,达 71.86%,分别比 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>高出

22.82%和248.95%,且差异显著( $P<0.05$ )。早期抽



显著( $P<0.05$ ), T<sub>1</sub>早期抽薹率分别比 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>高出

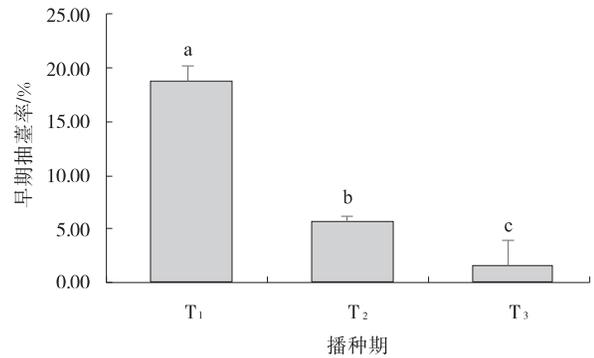


图4 不同播种期育成当归种苗成活率和早期抽薹率比较

Fig. 4 Survival rate and early-bolting rate of *A. sinensis* seedlings in different at sowing date

## 2.5 不同播种期种苗药材产量和质量比较

不同播种期种苗移栽后药材产量和质量间差异显著(图5)。当归药材产量随播种期的推迟先增加后降低,其中 T<sub>2</sub>药材产量最高,达 1 691. 21 kg/hm<sup>2</sup>,分别比 T<sub>1</sub>和 T<sub>3</sub>高 72. 38%和 641. 89%,且三者间差异显著

( $P<0.05$ )。阿魏酸含量随播种期的推迟逐渐升高,其中 T<sub>3</sub>含量最高,为 0. 078%,且与 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>间差异显著( $P<0.05$ ),3个处理的药材质量均符合 2020版《中国药典》标准。藁本内脂含量三者间差异较小, T<sub>1</sub>含量最高,为 0. 82%,仅比 T<sub>2</sub>和 T<sub>3</sub>分别高 2. 76%和 2. 55%。

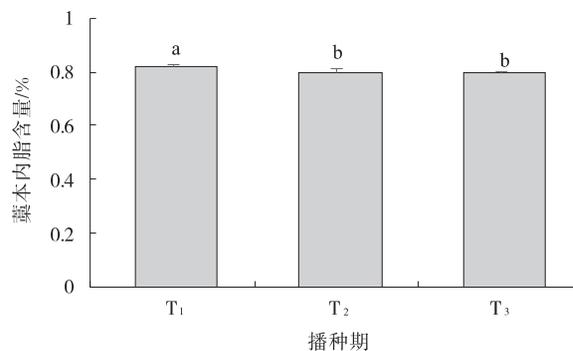
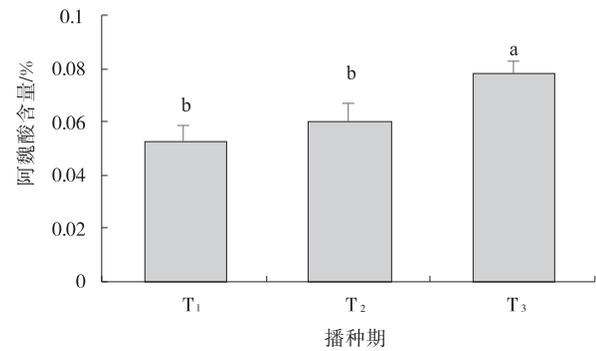
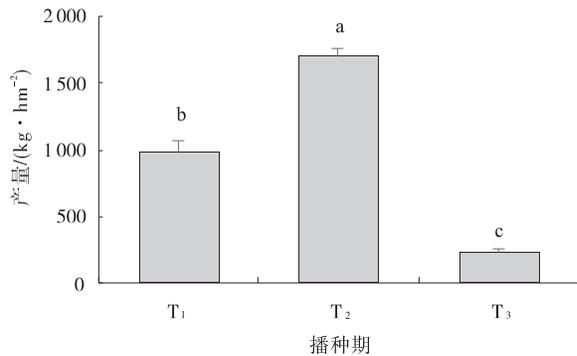


图5 不同播种期当归药材产量和质量

Fig. 5 Yield and quality of *A. sinensis* at different sowing date

## 2.6 气候因子与种苗抗逆指标相关性分析

气候因子与种苗抗逆指标间的相关性分析见表4。结果表明可溶性糖含量与平均地温、平均气温及降水量间呈显著负相关关系( $r=-0.803$ 、 $r=-0.792$ 、 $r=-0.838$ ),表明上述气象因子的降低可以提高当归种苗糖类渗透调节能力。MDA与平均地温、平均气温、

10℃有效积温及降水量间也呈现显著负相关关系( $r=-0.712$ 、 $r=-0.706$ 、 $r=-0.687$ 、 $r=-0.731$ ),表明温度的降低及降水量的减少会使MDA含量增加。CAT、POD活性与各气候因子间均呈显著正相关关系,表明温度、降水量对当归种苗根系抗氧化酶活性影响较大,低温和降水量的减少均会使其活性降低。

表 4 气候因子与当归种苗抗逆指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis between climate factors and resistance indexes of *A. sinensis* seedlings

性状指标	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
X <sub>1</sub> —最低地温	1.000										
X <sub>2</sub> —平均地温	0.969**	1.000									
X <sub>3</sub> —最低气温	0.998**	0.982**	1.000								
X <sub>4</sub> —平均气温	0.974**	1.000**	0.985**	1.000							
X <sub>5</sub> —≥10℃积温	0.989**	0.995**	0.996**	0.997**	1.000						
X <sub>6</sub> —降水量	0.949**	0.997**	0.966**	0.996**	0.985**	1.000					
X <sub>7</sub> —可溶性蛋白	0.439	0.621	0.485	0.608	0.551	0.666	1.000				
X <sub>8</sub> —可溶性糖	-0.651	-0.803*	-0.690	-0.792*	-0.746	-0.838*	-0.878	1.000			
X <sub>9</sub> —MDA	-0.617	-0.712*	-0.643	-0.706*	-0.678*	-0.731*	-0.881*	0.807*	1.000		
X <sub>10</sub> —CAT	0.867**	0.757*	0.847**	0.769*	0.810	0.714*	-0.333	-0.124	-0.314	1.000	
X <sub>11</sub> —SOD	0.376	0.533	0.414	0.521	0.471	0.574	0.613	-0.898*	-0.637	0.029	1.000
X <sub>12</sub> —POD	0.866*	0.959**	0.893*	0.954**	0.928**	0.975**	0.851	-0.932*	-0.753	0.359	0.468

注:\*表示在0.05水平上差异显著;\*\*表示在0.01水平上差异显著

## 2.7 气候因子与当归种苗质量的相关性分析

单根重、根粗、产量、一级苗比例、成活率和早期抽薹率与各气候因子之间均存在显著或极显著正相关关系(表5),表明温度及降水量对当归种苗产量及质量影响较大,进而影响成活率和早期抽薹率。当归

种苗移栽成活率和早期抽薹率与单根重和根粗间也存在显著或极显著正相关关系,表明单根重和根粗越大种苗成活率和早期抽薹率越高;且成活率与种苗产量和一级苗比例间亦存在显著正相关关系,表明质量越好种苗成活率越高。

表 5 落石出 气候因子与当归种苗质量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between climatic factors and *A. sinensis* seedling quality

性状指标	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
X <sub>1</sub> —最低地温	1.000										
X <sub>2</sub> —平均地温	0.969**	1.000									
X <sub>3</sub> —最低气温	0.998**	0.982**	1.000								
X <sub>4</sub> —平均气温	0.974**	1.000**	0.985**	1.000							
X <sub>5</sub> —≥10℃积温	0.989**	0.995**	0.996**	0.997**	1.000						
X <sub>6</sub> —降水量	0.949**	0.997**	0.966**	0.996**	0.985**	1.000					
X <sub>7</sub> —单根重	0.807*	0.798*	0.810*	0.801*	0.809*	0.786*	1.000				
X <sub>8</sub> —根粗	0.820*	0.844**	0.831*	0.844**	0.841**	0.841**	0.933**	1.000			
X <sub>9</sub> —产量	0.648	0.810**	0.690*	0.798**	0.749*	0.847**	0.616	0.682	1.000		
X <sub>10</sub> —一级苗比例	0.801**	0.880**	0.824**	0.876**	0.854**	0.893**	0.439	0.578	0.840**	1.000	
X <sub>11</sub> —成活率	0.921**	0.970**	0.937**	0.968**	0.957**	0.973**	0.814*	0.888**	0.803**	0.821**	1.000
X <sub>12</sub> —抽薹率	0.957**	0.873**	0.943**	0.882**	0.919**	0.839**	0.767*	0.714*	0.461	0.657	0.823**

## 3 讨论

可溶性蛋白和可溶性糖担负着植物细胞的渗透调节功能,一般与植物抗逆性呈正相关<sup>[13-14]</sup>。植物在逆境下产生的大量活性氧自由基会引起膜脂质过氧

化,进而损伤膜系统,MDA是膜脂过氧化的最终产物,浓度过高有毒害作用。而SOD主要将最具有毒性的O<sup>2-</sup>分解为H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>进一步由POD和CAT协同清除<sup>[19-20]</sup>,其中CAT是抗逆性最弱的抗氧化酶类,逆境条件下,一般CAT最易受到影响。研究

表明,可溶性蛋白和MDA含量均与平均地温、平均气温及降水量间呈显著负相关关系,而CAT和POD活性则与平均地温、平均气温及降水量间呈显著正相关关系,表明随着播期的推迟,温度逐渐降低,降水量逐渐减少,使当归种苗产生的自毒作用和蛋白质渗透调节能力增强,而维持根系的生物抗氧化功能酶的活性减弱,播期过迟亦不利于获得优质种苗。

一般当归种苗越大,移栽后早期抽薹率越高,而控制种苗大小是降低早期抽薹率的有效方法之一;播期与种苗生长期间的气候因子息息相关,因而显著影响着种苗的大小。当归种苗单根重及根粗越大,早期抽薹率也越高,而这些指标与各气候因子之间均存在显著或极显著正相关关系,在一定程度上温度升高及降水增多,种苗生长旺盛,易形成大苗,从而降低种苗质量。

#### 4 结论

第2播期当归种苗产量分别比第1、3播期最高出11.96%和65.63%,同时一级苗比例也比第三播期高12.06%;MDA含量分别比第1、3播期低2.02%和29.44%,且SOD活性分别比第1播期和第3播期高出0.45%、1.07%,POD活性比第3播期高22.68%。说明在第2播期,即育苗期平均地温15.71℃、平均气温15.86℃、 $\geq 10$ ℃有效积温1803.06及降水量350.8mm左右的气候条件下所育种苗抗逆性强、早期抽薹率低、药材产量高,质量较好。

#### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:139.
- [2] 孟玉,郭增祥. 岷县当归育苗的调查与思考[J]. 农业科技与信息,2008(15):38-39.
- [3] 武延安,刘效瑞,曹占凤,等. 日光温室冬季育苗抑制当归早期抽薹的效应研究[J]. 中国中药杂志,2010(3):283-287.
- [4] 武延安,郭增祥,曹占凤,等. 当归日光温室冬季育苗技术[J]. 中国现代中药,2014,16(5):359-361.
- [5] 马伟明,郭凤霞,陈垣,等. 在不同茬口土地上的当归育苗研究[J]. 中国中药杂志,2009,34(5):552-553.
- [6] 王小琴,陈垣,郭凤霞,等. 药用作物茬口对当归苗栽生理生化特性的影响[J]. 中药材,2017,40(9):2002-2006.
- [7] 梁伟,郭凤霞,陈垣,等. 高寒区农茬口对当归田杂草群落特征的影响[J]. 草业学报,2017,26(11):35-46.
- [8] 金彦博,郭凤霞,陈垣,等. 岷县不同茬口对当归苗栽生长及抗病性的影响[J]. 草业学报,2018,27(4):69-78.
- [9] 白刚,郭凤霞,陈垣,等. 岷县生荒地和熟地育成当归苗抗逆生理特性的差异[J]. 草业学报,2019,28(11):86-95.
- [10] 白刚,郭凤霞,陈垣,等. 农茬口对土壤特性及熟地当归育苗的调控效应[J]. 中国生态农业学报,2020,28(5):701-712.
- [11] 谢志军,龚成文,米永伟,等. 播期对直播一年生当归药材形态与物质积累的影响[J]. 中兽医医药杂志,2019,38(4):70-72.
- [12] 纪瑛,蔺海明,邓济承,等. 海拔高度和播期对直播当归产量及品质的影响[J]. 中药材,2015,38(9):1792-1797.
- [13] Gou f X, Chen Y, Xu S J, *et al.* Enhancement of low-temperature tolerance in watermelon (*Citryllus lanatus*) seedlings by cool-hardening germination[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2007, 47 (6) : 749-754.
- [14] 刘建新,王鑫,王凤琴. 水分胁迫对苜蓿幼苗渗透调节物质积累和保护酶活性的影响[J]. 草业科学,2005,22(3):18-21.
- [15] 甘肃省市场监督管理局. 中药材种苗—当归:DB 62/T 2549-2014 [S]. 兰州,2014.
- [16] 杜毅,郭增祥,王惠珍,等. 当归种苗等级与植株生物量积累及药材质量的关系[J]. 中国中药杂志,2012,37(19):2870-2874.
- [17] 邱黛玉,蔺海明,方子森,等. 种苗大小对当归成药期早期抽薹和生理变化的影响[J]. 草业学报,2010,19(6):100-105.
- [18] 蔺海明,邱黛玉,陈垣. 当归苗根直径大小对提前抽薹率及产量的影响[J]. 中草药,2007(9):1386-1389.
- [19] 杨淑琴,周瑞莲,梁慧敏,等. 沙漠植物抗氧化酶活性及渗透调节物质含量与光合作用的关系[J]. 中国沙漠,2015,35(6):1557-1564.
- [20] Zhang X H, Zhang E H, Lang D Y. Auto toxic compounds from rhizo-soil of *Humulus lupulus* L. extracts: Identification and biological activity[J]. Agronomy Journal, 2011,103(3):695-701.

(下转70页)

jiangdaye was significantly higher than those of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye under adequate water supply and severe water stress during the whole growth stage. In the mean time, under mild water stress, the root dry weight showed the order of  $T2 > T1 > T3$  at seedling stage and branching stage, and  $T3 > T2 > T1$  at bud stage and flowering stage. Except seedling stage, the leaf dry weight showed  $T2 > T1 > T3$  at branching stage, bud stage and flowering stage. The experimental results provide a theoretical basis for alfalfa water-saving cultivation and crops water-efficient mechanism in arid and semi-arid areas.

**Key words:** *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye; water stress; leaf water potential; biomass; growth stage

(上接 62 页)

## Effects of sowing date on physiological indexes and quality of *Angelica sinensis* seedlings

GE Hui<sup>1</sup>, ZHAO Xin<sup>1</sup>, WANG Pan<sup>1</sup>, GUO Zeng-xiang<sup>2</sup>, ZHAO Wan-qian<sup>3</sup>,  
YANG Rong-zhou<sup>4</sup>, CHEN Hong-gang<sup>1,5</sup>, ZENG Cui-yun<sup>1,5</sup>, DU Tao<sup>1,5\*</sup>

(1. Gansu University of Chinese Medicine Hezheng Botanical Garden of Medicinal Plants, Linxia 731100, China; 2. Min County *Angelica sinensis* Institute of Gansu Province, Mingxin 748400, China; 3. Linxia State Academy of *Angelica sinensis* of Gansu Province, Linxia 731100, China; 4. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi 743000, China; 5. Gansu University of Chinese Medicine Northwest Collaborative Innovation Center or Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Seedling cultivation experiments of *Angelica sinensis* in different planting dates were carried out to explore the influence of climate factors corresponding to planting date on physiological indexes and quality of *Angelica sinensis* seedlings, and to find the best climatic conditions for *Angelica sinensis* seedling cultivation. The experiment results showed that there were significant or extremely significant positive correlations between climate factors and seedling weight per root, root diameter, yield, proportion of primary seedlings, survival rate and early bolting rate. Average ground temperature, average air temperature, effective accumulated temperature  $\geq 10^\circ\text{C}$  and rainfall were significantly negatively correlated with MDA content, and positively correlated with CAT and POD activities. The seedlings sown on June 20 (the second sowing date) had a higher yield of 11.96% and 65.63% than those sown on June 10 and June 30, respectively, while the content of MDA was 2.02% and 29.44% lower, and the activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) were higher. The output of medicinal materials reached 1 691.2 kg/hm<sup>2</sup>. Based on the physiological indicators and yield of seedlings, the seedlings sown on June 20 (the second sowing date) had strong resistance to stress, low early bolting rate and high yield of medicinal materials, which could be used as the appropriate sowing period. And the corresponding climate factors could be used as the appropriate climate conditions.

**Key words:** sowing date; climatic factors; *Angelica sinensis* seedlings; physiological indexes; quality