

林下种植 3 种药材对土壤理化性质和养分的影响

杨开太¹, 韩小美², 梁燕芳³, 刘 军³, 陈宝玲¹, 陈 尔¹, 杜 铃¹, 毛 纯^{1*}

(1. 广西林业科学研究院, 广西南宁 530002; 2. 广西大学, 广西南宁 530005; 3. 广西壮族自治区国有七坡林场, 广西南宁 530219)

摘要 [目的]探究林下生态高效栽培 3 种药材对土壤理化性质和养分的影响。[方法]在加勒比松林下种植百部、砂仁和天冬,在种植时、种植后 180 d 和种植后 360 d 取样进行土壤 pH 和营养元素检测。[结果]3 种药材种植后对土壤 pH 的影响小;有机质、全氮和速效钾的含量先增大后减小,但百部种植下的土壤全氮含量呈缓慢升高;硝态氮和有效磷含量逐渐增加;全磷和全钾逐渐减少,但天冬在种植后 360 d 土壤全钾含量有所升高;铵态氮含量先减少后升高。[结论]在林下种植百部、砂仁和天冬,应根据不同作物实行不同的施肥方案,在松树-百部的种植模式下,种植前期宜多施氮、磷、钾肥料,随着种植时间的增加,可以减少氮肥的施用量;在松树-砂仁的种植模式下,种植前期可以适量少施氮肥和磷肥,适当施用钾肥,在种植后期应多施氮肥、磷肥和钾肥;在松林-天冬的种植模式下,在种植前后应多施磷、钾等肥料,施用少量氮肥,种植后期增加氮、磷肥的施用,适当施用钾肥。

关键词 林下种植;生态高效栽培;土壤性质;营养元素

中图分类号 S714

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)09-0083-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.09.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Planting Three Kinds of Medicinal Materials under the Forest on Soil Physicochemical Properties and Nutrients

YANG Kai-tai¹, HAN Xiao-mei², LIANG Yan-fang³ et al (1. Guangxi Forestry Research Institute, Nanning, Guangxi 530002; 2. Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005; 3. Guangxi State-owned Qipo Forest Farm, Nanning, Guangxi 530219)

Abstract [Objective] To explore the effects of ecological and efficient cultivation of three medicinal materials under the forest on soil physicochemical properties and nutrients. [Method] *Stemona japonica*, *Amomum villosum* and *Asparagus cochinchinensis* were planted under the *Pinus caribaea* Morelet forest. Soil samples were taken during planting, 6 months and 12 months after planting to detect soil pH and nutrient elements. [Result] The results showed that the three herbs had little effect on soil pH after planting; The contents of organic matter, total nitrogen and available potassium increased first and then decreased after planting, but the content of soil total nitrogen increased slowly under *Stemona japonica* planting; The content of NO₃-N and available phosphorus increased gradually; Total phosphorus and total potassium decreased gradually, but the content of total potassium in soil increased from 6 months after planting *Asparagus cochinchinensis*; The content of ammonium nitrogen decreased first and then increased. [Conclusion] When planting *Stemona japonica*, *Amomum villosum* and *Asparagus cochinchinensis* under the forest, different fertilization schemes should be implemented according to different crops. Under the planting mode of pine *Stemona japonica*, it is appropriate to apply more nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer in the early stage of planting. With the increase of planting time, the application amount of nitrogen fertilizer can be reduced; Under the planting mode of pine and *Amomum villosum*, an appropriate amount of nitrogen and phosphorus fertilizer can be applied less and potassium fertilizer can be applied appropriately in the early stage of planting, and more nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer should be applied in the late stage of planting; Under the planting mode of pine and *Asparagus cochinchinensis*, more phosphorus, potassium and other fertilizers should be applied before and after planting, and a small amount of nitrogen fertilizer should be applied. In the later stage of planting, the application of nitrogen and phosphorus fertilizer should be increased, and potassium fertilizer should be applied appropriately.

Key words Planting under the forest; Ecological and efficient cultivation; Soil properties; Nutrient elements

近年来,大力发展林下经济已越来越被重视,其中林下生态高效种植已成为发展的主要方式,结合林区实际情况,合理利用林地资源,根据其土壤结构、植被分布、土壤肥力等选择适合林下种植的作物,在保护生态环境的前提下将有限的林地资源实现最大化的经济效益、生态效益和社会效益^[1-2]。在林下种植作物中,以中药材尤为兴盛,林下药材生态高效的种植模式能使中药材达到一种仿野生生态生长的过程^[3],因此也能提高药材的品质和产量。

百部(*Stemona japonica* (Bl.) Miq.),为百合目百部科多年生草本药用植物,在两广及云贵地区分布广泛,并且产量较高,入药可用于治疗咳嗽、肺癆、头虱、体虱等^[4]。砂仁(*Amomum villosum* Lour),为姜科豆蔻属多年生草本植物,果实供药用,是我国四大传统南药之一,主治脾胃气滞,宿食不

消,腹痛痞胀,噎膈呕吐,寒泻冷痢,药用价值极高,在我国两广地区和云南等亚热带地区均有分布,属于热带亚热带作物^[5-6]。天冬(*Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr.),又称天门冬,为百合科天冬属植物,原产非洲热带荒漠,人工栽培易成功,食用部分为地下块状茎,多数呈纺锤形,是冬季储藏养分的重要器官,具有较高的药用价值,可镇咳去痰、滋肾润燥,可用于治疗肺热咳嗽、肺痿肿痛、骨痠等^[7]。不同的营养物质对作物的品质与产量具有一定影响,作物的生长对营养物质的吸收也具有偏好性与选择性,有着特定的需求种类和吸收比例^[8]。影响淫羊藿总黄酮含量的主导因子为全钾、全氮,影响淫羊藿苷含量的主导因子为有效磷^[9];在花生的长期栽培生长中,从土壤中吸收的氮素会逐渐减少,而对磷、钾、硼、铁、钙等元素的吸收量较多^[10],致使土壤中营养元素失衡,同时还能影响土壤的理化性质^[11],进而影响作物的生长发育,导致产量减少,品质变差。为了解林下生态高效种植百部、砂仁和天冬的生态高效栽培对土壤理化性质和营养元素含量变化的影响,采用林下生态高效种植试验样地,定期取土样检测,比较不同林药林下生态高效种植土壤理化

基金项目 广西重点研发计划项目“广西林下经济特色种质资源收集保存与生态高效栽培及利用研究”(桂科 AB21238014)。

作者简介 杨开太(1973—),男,云南镇雄人,高级工程师,从事林下经济、园林花卉栽培研究。*通信作者,工程师,从事森林培育研究。

收稿日期 2022-06-07

性质及营养元素含量的差异,以期为百部、砂仁和天冬林下生态高效种植过程中肥料的施用提供指导,对林药林下生态高效种植栽培方案的制订及林地土壤的保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于 $108^{\circ}12'E, 22^{\circ}41'N$ 的广西国有七坡林场立新站 12 林班林下经济产业示范区。试验林下土壤以赤红壤为主,土壤 pH 为 $4.31 \sim 4.59$,质地较轻,土层厚。发育母岩主要以砂岩、砂页岩、硅质岩或四纪红土母质为主,土层厚度在 $70 \sim 120$ cm,土壤含水量 27.34% ,土壤总孔隙度 50.04% 。

1.2 试验材料 2020 年 5 月在加勒比松林下采用开梯带式种植,林下试验总面积 0.1 hm^2 ,采用完全随机区组设计,选择 3 种林下药材砂仁、百部和天冬。每种药材种植 3 个重复,小区面积为 $2 \text{ m} \times 15 \text{ m} \sim 2 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 。3 种林药均为林下生态高效栽培,苗的培育在林场育苗基地完成,移栽时挑选长势一致且无明显异常的幼苗。

1.3 试验方法

1.3.1 取样方法与样品保存。于药材种植前进行采样,测定土壤 pH 和养分含量作为对照(CK),对比林药种植 180 d 和林药种植 360 d 的土壤 pH 和养分含量。分别在不同药材种植林下,每个随机区组距离中草药 20 cm 处采集 $0 \sim 20$ cm 深度的土壤,每取 3 个点混合成一个土样,每个林药设置 3 个重复。采集样本后,进行分批阴干,去除土样中的叶片、石块等,然后研磨过 2 mm 筛,最后密封存放于 -20°C 冰箱中待测。测定土壤 pH、有机质、全氮、铵态氮、硝态氮、全磷、有效磷、全钾和速效钾含量。

1.3.2 测定指标及方法。各测试指标采用如下方法进行测定:pH,水土比为 $1:5$,采用便携式多参数数字化分析仪测定;土壤有机质采用灼烧法测定;土壤全氮含量采用凯氏定氮法测定;硝态氮、铵态氮采用流动分析仪法测定;土壤全磷含量采用氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法测定;有效磷含量采用浸提法测定;土壤全钾含量用氢氧化钠碱熔-火焰光度计法测定;速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度计法测定。

1.4 数据处理 所有试验数据均采用 SPSS 16.0 软件进行整理和分析,使用单因素方差分析(one-way ANOVA)分析数据的显著性,采用 Duncan 检验对数据进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 林下种植药材对土壤 pH 变化的影响 由图 1 可知,在松林下种植百部、砂仁和天冬,林地土壤 pH 的变化趋势基本一致。种植开始时,3 种药材的土壤 pH 存在一定的差异,但差异不大;种植后 180 d,土壤 pH 均下降,其中种植砂仁的变化率小于百部和天冬;种植后 360 d 时,pH 均上升,以砂仁的上升变化率为最大,pH 为 4.65 ± 0.07 ,高于种植时土壤的平均 pH 4.59 ± 0.16 。种植 3 种药材对林下土壤 pH 的影响较小,百部、砂仁和天冬种植后土壤 pH 的变异系数分别为 1.18% 、 1.16% 和 1.42% 。

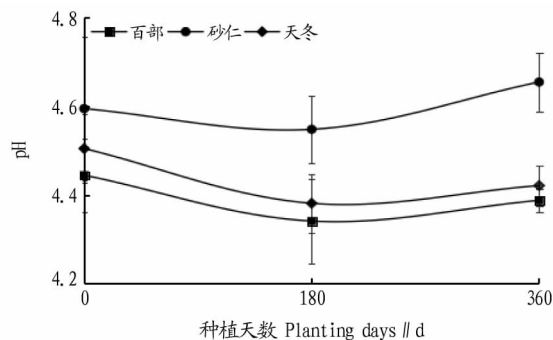


图 1 林下种植 3 种药材对土壤 pH 变化的影响

Fig. 1 Effect of planting three medicinal materials under the forest on soil pH changes

2.2 林下种植药材对土壤有机质和全量养分含量变化的影响 林下生态高效栽培种植 3 种药材对土壤有机质和全量养分(全氮、全磷和全钾)含量的影响见表 1。3 种药材种植后土壤有机质的含量均先升高后降低,其含量排序为种植 180 d>360 d>种植 0 d,且不同时间段的含量间均差异显著($P<0.05$),其中种植天冬对土壤有机质的影响变化率最大,种植后 180 d 时较初始增加了 94.86% ,到种植后 360 d 时有有机质含量下降了 33.10% 。

种植百部后,土壤中全氮含量逐渐上升,且不同时间段的含量间差异显著($P<0.05$),种植砂仁和天冬后土壤全氮含量均先上升后下降,且表现为种植后 180 d>种植后 360 d>种植 0 d。

全磷在土壤含量较其他全量养分低,种植百部和砂仁 180 d 时土壤全磷含量较初始时含量几乎稳定,且无显著差异($P<0.05$),但在种植后 360 d 含量急速下降,分别下降了 38.89% 和 28.95% ,种植天冬后土壤全磷含量持续下降,种植 180 d 时下降 47.50% ,种植 360 d 较初始含量下降 57.50% 。

种植百部和砂仁后土壤全钾含量逐渐降低,3 个时间段的含量间差异显著($P<0.05$),在种植 360 d 时,土壤全钾含量分别下降了 46.86% 和 32.12% ,但种植天冬后,土壤中全钾含量先降低后升高,含量变化表现为种植 0 d>种植 360 d>种植 180 d。

2.3 林下种植药材对土壤速效养分含量变化的影响 土壤中速效养分包括硝态氮、铵态氮、有效磷和速效钾,林下种植 3 种药材对土壤中速效养分含量的影响见表 2。种植 3 种药材后,土壤中硝态氮均呈升高趋势,种植 180 d 时较种植时含量升高最多,种植 360 d 的升高速率变缓,种植 0~180 d 以天冬硝态氮增长最快,种植 180~360 d 时以砂仁土壤硝态氮增长速率最快。

土壤中铵态氮的变化规律均先下降再升高,在种植百部和天冬的土壤中铵态氮含量表现为种植 0 d>种植 360 d>种植 180 d,种植砂仁处理中表现为种植 360 d>种植 0 d>种植 180 d,在 3 种药材中,不同时间段的含量之间均差异显著($P<0.05$)。

有效磷含量在 3 种植药材的土壤中均表现为逐渐升高,种植百部后有效磷的含量呈逐步上升。种植砂仁的土壤

有效磷含量在前 180 d 基本稳定,但在种植 360 d 时显著增加($P<0.05$),较种植 0 d 含量增加了 106.84%;种植天冬的土壤有效磷含量在种植 180 d 时较初始增长率较大,增加了 81.79%,种植后 360 d 时较初始增加了 131.36%。

土壤速效钾含量先升高后降低,3 种药材种植后土壤速

效钾含量表现为种植 180 d>种植后 360 d>种植 0 d,种植 0~180 d 时砂仁对土壤速效钾含量的影响最大,增长率最高,种植 180~360 d 时百部和天冬对其影响大于砂仁,含量显著降低,分别降低了 37.27%和 28.44%。

表 1 林下种植 3 种药材对土壤有机质和全量养分含量变化的影响

Table 1 Effects of planting three kinds of medicinal materials under forests on the content changes of soil organic matter and total nutrients

单位:g/kg

品种 Variety	种植天数 Planting days//d	有机质 Organic matter	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	全钾 Total potassium
百部 <i>Stemona japonica</i>	0	30.26±1.96 c	2.60±0.09 c	0.36±0.05 a	10.03±0.17 a
	180	48.76±1.18 a	3.05±0.09 b	0.36±0.03 a	6.88±0.57 b
	360	40.20±1.32 b	3.22±0.14 a	0.22±0.02 b	5.33±0.49 c
砂仁 <i>Amomum villosum</i>	0	31.23±1.00 c	2.61±0.15 c	0.36±0.02 a	10.18±0.32 a
	180	49.82±1.35 a	3.73±0.10 a	0.38±0.02 a	8.04±0.42 b
	360	36.93±1.29 b	3.39±0.16 b	0.27±0.01 c	6.91±0.60 c
天冬 <i>Asparagus cochinchinensis</i>	0	30.73±1.58 c	2.66±0.12 c	0.40±0.02 a	10.37±0.94 a
	180	59.88±1.86 a	4.37±0.05 a	0.21±0.02 b	6.30±0.43 c
	360	40.06±1.20 b	3.59±0.06 b	0.17±0.01 c	7.27±0.41 b

注:表中数值为“平均值±标准误”;同列不同小写字母表示同种药用植物不同种植天数处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:The values in the table are “average value ± standard error”; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different planting days treatment at the same medicinal plant($P<0.05$).

表 2 林下种植 3 种药材对土壤速效养分含量变化的影响

Table 2 Effect of planting three kinds of medicinal materials under the forest on the content changes of available nutrients in soil

单位:mg/kg

品种 Variety	种植后天数 Planting days//d	硝态氮 NO-N	铵态氮 Ammonium nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium
百部 <i>Stemona japonica</i>	0	8.31±0.45 c	12.24±0.37 a	17.59±0.59 c	39.63±1.40 c
	180	14.61±0.79 b	6.12±0.65 c	23.51±1.00 b	78.97±1.25 a
	360	15.77±0.45 a	10.82±0.67 b	31.24±2.02 a	49.54±0.89 b
砂仁 <i>Amomum villosum</i>	0	8.47±0.34 c	13.70±0.42 b	17.25±0.29 c	41.17±1.24 c
	180	14.45±1.08 b	8.81±0.92 c	18.81±0.98 b	91.08±1.27 a
	360	17.71±0.83 a	16.57±1.06 a	35.68±0.83 a	74.80±1.11 b
天冬 <i>Asparagus cochinchinensis</i>	0	8.00±0.40 b	12.39±0.48 a	17.41±0.41 c	40.32±1.18 c
	180	17.94±0.82 a	7.73±0.45 c	31.65±1.61 b	77.96±2.27 a
	360	18.98±0.67 a	11.22±0.78 b	40.28±1.49 a	55.79±2.16 b

注:表中数值为“平均值±标准误”;同列不同小写字母表示同种药用植物不同种植天数处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:The values in the table are “average value ± standard error”; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different planting days treatment at the same medicinal plant($P<0.05$).

3 结论与讨论

土壤 pH 对土壤结构和养分含量具有一定影响。酸度增大可致使土壤微龟裂密度增大、数量增多,加速水分运行,导致土壤耐旱性变差,肥力下降;土壤碱性增大导致土壤有机质含量低,质地黏重,土壤板结,肥力降低^[12-13]。有研究表明,土壤 pH 与土壤全氮含量呈显著负相关($P<0.05$),与土壤全钾、速效钾含量呈极显著正相关($P<0.01$)^[14],在不同 pH 区间的土壤中,速效钾、有效锌、有效锰、有效铁、有效硼、交换性钙、交换性镁的含量组间均存在显著差异^[15]。在该研究中,加勒比松林下种植百部、砂仁和天冬,分别在种植 0 d、种植 180 d 和种植 360 d 取样进行土壤 pH 测定,平均 pH 分别为 4.39±0.05、4.60±0.05 和 4.43±0.06,百部、砂仁和天冬在整个试验周期中对土壤 pH 的影响较小,因此,林下种植百部、砂仁和天冬因影响土壤 pH 而导致土壤结构和养分含

量变化的可能性较小。

松林下种植百部,土壤有机质、速效钾含量随时间的变化先增加再减少,土壤全氮、硝态氮和有效磷含量随种植时间增加而增加,土壤铵态氮含量随种植时间的延长先减少再增加,土壤全磷和全钾随时间的变化而减少。因此,在松树-百部的种植模式下,种植前期宜多施氮、磷、钾肥,随着种植时间的增加,可以减少氮肥的施用量。松树下种植砂仁,土壤有机质、全氮、全磷、速效钾含量随时间的变化先增加再减少,土壤硝态氮和有效磷含量随时间增加而增加,土壤铵态氮含量随时间变化先减少再增加,全钾含量随时间增加而减少。因此,在松树-砂仁的种植模式下,种植前期可以适量少施氮肥和磷肥,适当施用钾肥,在种植后期应多施氮、磷、钾肥。松林下种植天冬,土壤有机质、全氮、速效钾含量随时间的变化先增加再减少,土壤铵态氮、全钾含量随种植时间变

化先减少再增加,土壤有效磷和硝态氮含量随种植时间增加而增加,全磷含量随着时间变化而减少。因此,在松树-天冬的种植模式下,在种植前后应多施磷、钾等肥料,施用少量氮肥,种植后期增加氮、磷肥的施用,适当施用钾肥。

在松林下进行林下种植,其林地主要植被为松树,针叶凋落后周转缓慢,易在土壤表面形成较厚的凋落物层,而较厚的凋落物层能有效减弱降雨对土壤的击溅、侵蚀以及地表径流的冲刷,减少土壤中水分蒸发,促进土壤团粒结构形成,改善土壤理化特性^[16-17],有助于林下药材的生长,但是林地植被较为单一,稳定性弱,易发生林地系统退化或植被受损。长期大量施用化肥容易对土壤造成污染,且导致利用率减退,在实际种植过程中,化学肥料与外源有机肥料配施,可以有效提高土壤肥力及改善作物产量,实现林下中草药种植产业与林业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李娅,陈波.我国林下经济发展主要模式探析[J].中国林业经济,2013(3):36-38.
- [2] 吴志斌.川中丘陵区防护林林下栽培试验[J].四川林业科技,2012,33(5):85-88.
- [3] 刘大会,黄璐琦,郭兰萍,等.中药材仿生栽培的理论与实践[J].中国中药杂志,2009,34(5):524-529.
- [4] 杨振德,苏钰琴,周传明,等.对叶百部组织培养快繁技术研究[J].现

代农业科技,2016(2):105-107,115.

- [5] 李小婷,庞玉新,杨全,等.四大南药资源开发利用现状分析[J].中国现代中药,2015,17(2):99-104.
- [6] 赵美婷,魏澄,安东升,等.砂仁‘湛砂 11’苗期光合与叶绿素荧光特征[J].热带作物学报,2022,43(3):565-571.
- [7] 杨桂萍,刘忠颖.天冬的经济价值及栽培技术[J].种子科技,2020,38(19):31-32.
- [8] 陈明娜,迟晓元,潘丽娟,等.土壤微生态与花生连作障碍机制的研究进展[J].安徽农业科学,2016,44(33):33-35,53.
- [9] 白洋,王英哲,姜大成,等.不同产地朝鲜淫羊藿的土壤因子与药材质量相关性分析[J].时珍国医国药,2022,33(1):215-218.
- [10] 黄玉茜.花生连作障碍的效应及其作用机理研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2011.
- [11] 石程仁,禹山林,杜秉海,等.连作花生土壤理化性质的变化特征及其与土壤微生物相关性分析[J].花生学报,2018,47(4):1-6,18.
- [12] 陈海亮.日光温室土壤酸化的原因 危害及综合防治技术[J].天津农林科技,2009(4):37.
- [13] 许中坚,刘广深,喻佳栋,等.模拟酸雨对红壤结构体及其胶结物影响的实验研究[J].水土保持学报,2002,16(3):9-11.
- [14] 王翊婷,臧淑英.不同生境土壤 pH 分布及其土壤养分特征:以莫莫格湿地为例[J].安徽农业科学,2022,50(5):135-139.
- [15] 段淑辉,刘天波,李建勇,等.湖南浏阳烟区土壤 pH 与土壤养分的相关性[J].贵州农业科学,2017,45(1):153-157.
- [16] TOOHEY R C, BOLL J, BROOKS E S, et al. Effects of land use on soil properties and hydrological processes at the point, plot, and catchment scale in volcanic soils near Turrialba, Costa Rica[J]. Geoderma, 2018, 315:138-148.
- [17] 方伟东,亢新刚,赵浩彦,等.长白山地区不同林型土壤特性及水源涵养功能[J].北京林业大学学报,2011,33(4):40-47.

(上接第 23 页)

筋麦标准区间内,品质性状间不够协调,使强筋麦和弱筋麦品种少,这也是导致山西省小麦总体高筋不强、低筋不弱现象的主要原因,这与王冬梅等^[8]对山东省近年审定小麦品质现状的分析结论相一致。

3.1.3 优质源较少且单一。通过聚类分析可知,优质品种与其他品种的差距较大^[9-10],且山西省农业科学院小麦研究所育成的优质品种占总数的 50%,亲本大多为临汾 5064、临优 145、周麦 9114 等骨干亲本,优质源利用单调,优质品种间亲缘关系近、品质差异小,这也在一定程度上导致山西省难以育成丰富的优质品种。

3.2 今后育种目标的改善立足山西优越地理环境,打造优质亲本平台,加强优质小麦的培育。随着小麦产量的提高,小麦供给总量已基本充足,小麦品种逐步向高产优质发展^[11],培育优质小麦品种依然是提高山西省农产品质量、增强市场竞争力、推动小麦加工产业发展的迫切需要^[12]。结合山西省审定品种粗蛋白质和湿面筋含量高、面团稳定时间较短的现状,在杂交中将面团稳定时间作为亲本选择的重要参考因素,多选用面团稳定时间长的亲本,提高育成品种的面团稳定时间,从而提高山西省中强筋小麦品种的占比。通过近红外光谱和试验手段收集、筛选优质种源,打造优质亲

本平台,加强异质优质源的结合,打破主要小麦产区所用亲本单一的局面^[13]。

参考文献

- [1] 马国江,马靖福,张沛沛,等.128 份抗旱冬小麦新品系农艺性状遗传多样性分析[J].甘肃农业大学学报,2021,56(3):37-44.
- [2] 李丽丽,侯庆迎,肖磊.2013—2015 年黄淮北片小麦区试品种主成分变化趋势与分析[J].山西农业科学,2020,48(7):1048-1050,1086.
- [3] 胡学旭,周桂英,吴丽娜,等.中国主产区小麦在品质区域间的差异[J].作物学报,2009,35(6):1167-1172.
- [4] 田志刚,高涛,杨光.山西省小麦生产现状及存在问题[J].科技情报开发与经济,2013,23(17):139-141.
- [5] 宋长水,刘晓军.山西省优质小麦生产技术要点简述[J].农业技术与装备,2009(14):4-5.
- [6] 王新华,刘汉良,郝海燕,等.山东省近十年来小麦审定品种的品质分析[J].山东农业科学,2012,44(6):20-23.
- [7] 程天灵,温辉芹,裴自友,等.2015—2016 年度山西省冬小麦区域试验品种品质分析[J].种子,2018,37(7):130-133.
- [8] 王冬梅,于经川,冯焱宏,等.1999—2018 年山东省审定小麦品种的品质分析[J].山东农业科学,2020,52(8):7-11.
- [9] 夏利娟,蔡鲲鹏,马莉娟,等.小麦品质相关分析和聚类分析[J].农学学报,2021,11(8):1-7.
- [10] 张志鹏,李菁,王兴龙,等.170 份小麦高代品系品质性状的相关性分析和聚类分析[J].安徽农业科学,2023,51(3):28-33.
- [11] 洪宇,孙辉,常柳,等.2020 年我国小麦品质分析[J].粮油食品科技,2022,30(1):87-92.
- [12] 汪桢,马森,王晓曦.小麦加工过程中营养组分变化及其对面条品质影响研究[J].粮食与油脂,2021,34(10):23-26.
- [13] 赵敏林.河南省小麦育种的发展方向探讨[J].河南农业科学,2012,41(2):33-36.