

南晓洁,周 伟,郭 尚. 施用菌糠条件下播期对糯玉米籽粒营养品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):108-115.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.016

施用菌糠条件下播期对糯玉米籽粒营养品质的影响

南晓洁,周 伟,郭 尚

(山西农业大学山西功能食品研究院,山西太原 030031)

摘要:特定的气候、品种类型决定了玉米的适宜播期,播期变化会影响玉米的产量和品质。通过设置不同播期,研究施用菌糠条件下糯玉米籽粒营养及品质成分,为菌糠循环利用及高品质糯玉米生产提供理论指导。在施用双孢蘑菇菌糠条件下,以晋糯 18 为试验材料,设 5 个播期,研究其对晋糯 18 籽粒鲜食期和完熟期营养品质的影响。糯玉米籽粒不同生育期的营养及品质成分对播期的响应各有不同。晋糯 18 籽粒鲜食期和完熟期蛋白质和脂肪相对含量随播期的推迟均呈逐渐下降趋势,即 $B1 > B2 > B3 > B4 > B5$ 。在 $B4$ 播期条件下鲜食期和完熟期的粗纤维、苯丙氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和总氨基酸相对含量均高于其他播期处理。而淀粉相对含量则是鲜食期时为 $B4$ 处理高,完熟期为 $B5$ 处理高。此外,鲜食期的蛋白质、脂肪、粗纤维、苯丙氨酸、亮氨酸和总氨基酸平均相对含量高于完熟期 8.89%、11.68%、0.59%、8.36%、20.82% 和 1.90%,而完熟期的淀粉、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸和异亮氨酸分别较鲜食期增加 2.04%、14.80%、12.38%、4.06% 和 4.86%。施用蘑菇菌糠不仅提高了糯玉米的品质,而且还改善了其食用口感。在山西省中晚熟地区,早播有利于晋糯 18 籽粒蛋白质和脂肪相对含量的提高,适当推迟播期有利糯玉米籽粒中淀粉、粗纤维、苯丙氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和总氨基酸相对含量的提高。

关键词:菌糠;糯玉米;播期;生育期;营养品质

中图分类号: S513.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)21-0108-08

糯玉米是玉米属的一个亚种^[1],由于 *wx* 基因突变,其籽粒淀粉中几乎全部为支链淀粉。糯玉米既可以在鲜食期作为食品食用,也可以在完熟期作为淀粉加工的工业原料^[2]。对于糯玉米种植而言,在某特定区域内因生育期环境因子不同都有其最佳的播期,提前或推迟播期均会对其产量及品质造成影响。菌糠是栽培食用菌采收后产生的副产品^[3],随着我国食用菌产业规模的不断发展与壮大,2018 年废弃菌糠产量已达 1.3 亿~2.0 亿 t^[4]。目前,除少数菌糠用于农业生产^[5-7]、饲料^[8-9]、燃料^[10-11]、能源材料^[12-13]、修复生态环境^[14-15] 及生物吸附剂^[4,16] 外,大多数仍被露天堆放或焚烧处理^[17],造成资源浪费和环境污染^[18]。如何使数量众多但利用率偏低的菌糠变废为宝,实现菌糠的高效合理利用,已成为相关领域科研工作者的重要研

究方向。有关玉米产量及品质与播期关系的研究已有较多报道^[19-21],但通过施用菌糠探讨有关播期对糯玉米不同生育期籽粒营养成分含量及其变化规律影响的研究还很少见。菌糠包含多种尚未被完全利用的营养物质^[14]、代谢产物、部分菌丝体^[22] 及多种生物活性物质^[23] 等,具有有机肥和菌肥的双重作用,相关专家将菌糠用作肥料研究发现可有效促进作物生长、增加作物产量、提升作物品质^[24-25]。本研究以山西省农业生产重点推广主导的玉米品种晋糯 18 为材料^[26],在施用双孢蘑菇菌糠条件下,设置 5 个播期处理进行分期播种试验,明确施用菌糠对晋糯 18 鲜食期和完熟期籽粒营养成分及品质在不同播期条件下的变化规律和影响,以为菌糠高效利用提供科学理论依据,同时根据需求和用途选择合适的播期,为栽培糯玉米提质增效提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌糠为山西宇昊蘑菇种植有限公司提供的野生双孢蘑菇驯化品种沐野 1 号培养基废料,主要成分为玉米芯和牛粪,将菌糠加水至其最大持水量的 70%~80%,然后堆成 1 堆,盖上塑料薄膜,3~4 个月后摊开风干,再打碎,过 20 目筛。晋糯 18

收稿日期:2021-06-18

基金项目:山西省科技成果转化引导专项(编号:201804D121026);

山西省农业科学院农业科技创新研究课题(编号:YCX2020SJ04);

山西省农业科学院农业科技创新工程(编号:YGC2019TD03)。

作者简介:南晓洁(1983—),女,山西大同人,硕士,助理研究员,主要从事食用菌栽培及功能产品研发。E-mail:nanxiaojie@163.com。

通信作者:郭 尚,博士,研究员,主要从事食用菌资源及综合利用研究。E-mail:gs0351@sohu.com。

为山西省粮食生产重点推广的主导品种,购自山西大丰种业有限公司。

1.2 试验设计

试验地点在山西农业大学试验示范基地,年均降水量为 475.9 mm,年均温度为 9.7 ℃,全年日照时数为 2 530.8 h,年均无霜期为 151 d,年均蒸发量为 1 718.4 mm,年辐射总量为 545 ~ 581 kJ/cm²。

自 2020 年 4 月 28 日起每隔 14 d 设 1 个播期,共设 5 个播期,即 B1(4 月 28 日)、B2(5 月 12 日)、B3(5 月 26 日)、B4(6 月 9 日)、B5(6 月 23 日)。采用随机区组设计,3 次重复。小区面积 40 m²,小区长 5 m,行距 0.6 m,株距 0.3 m。人工点播,播种后管理与大田生产相同。菌糠于播种前 3 d 一次性施入农田。

1.3 分析测定

用近波通红外成分分析仪对晋糯 18 的 5 个播期的鲜食期(F,授粉后 24 d)、完熟期(P,授粉后 32 d)籽粒营养品质进行测定。

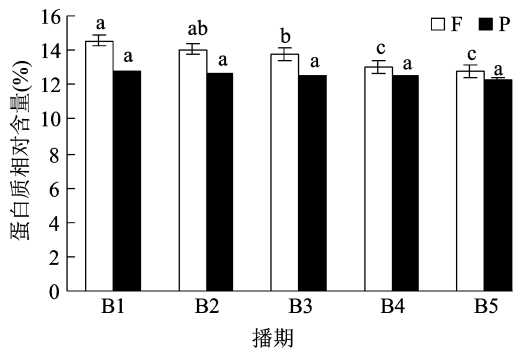
1.4 数据分析

试验数据用 SPSS 16 进行统计分析,用 Microsoft Excel 2010 进行整理。差异显著性用 Duncan's 法,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒蛋白质相对含量的影响

在施用蘑菇菌糠条件下,不同生育期(鲜食期、完熟期)和播期对晋糯 18 籽粒蛋白质相对含量影响极显著($P < 0.01$),且生育期和播期二者之间的交互作用对蛋白质相对含量也有显著影响,其中鲜食期极显著高于完熟期,平均高 8.89%;播期 B1 蛋白质相对含量显著高于 B4、B5 处理,分别高 6.83%、8.81%(图 1、表 1)。



柱上不同小写字母表示相同生育期不同播期比较差异显著($P < 0.05$)。图 2 至图 11 同

图 1 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒蛋白质相对含量

表 1 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒蛋白质相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.396 4	2	0.198 2	1.180 2	0.329 9
生育期	1.396 4	1	9.285 2	55.290 6	6.833 8 × 10 ⁻⁷ **
播期	2.396 4	4	1.170 2	6.968 3	0.001 4 **
生育期 × 播期	3.396 4	4	0.515 5	3.069 9	0.0431 *

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。表 2 至表 11 同。

播期显著影响晋糯 18 鲜食期籽粒蛋白质相对含量($P < 0.05$),对完熟期影响不显著。鲜食期、完熟期籽粒蛋白质相对含量随播期的延后均呈现逐渐下降趋势,即 B1 > B2 > B3 > B4 > B5。在同一播期下,鲜食期晋糯 18 蛋白质相对含量均高于完熟期,且播期 B1、B2、B3 处理的鲜食期蛋白质相对含量极显著高于完熟期,分别高 14.31%、11.56%、11.15%。

2.2 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒淀粉相对含量的影响

作为影响鲜食糯玉米黏糯性的主要因素,适宜的淀粉相对含量是保证糯玉米最佳口感的关键要素之一^[27]。从图 2、表 2 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期、播期对晋糯 18 淀粉相对含量影响极显著,且生育期和播期二者之间的交互作用对淀粉相对含量影响也极显著。其中,完熟期极显著高于鲜食期,平均高 2.04%;播期 B2、B3、B4、B5 处理之间未达显著水平,但均显著较 B1 处理高 1.99%、2.47%、2.54%、2.15%。

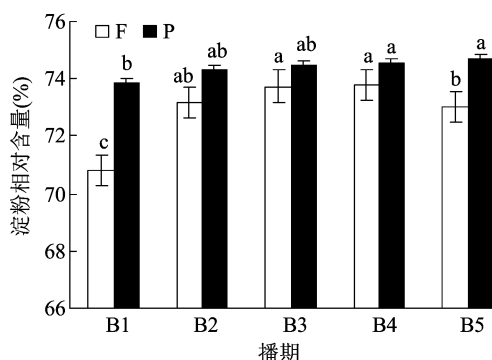


图 2 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒淀粉相对含量

表 2 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒淀粉相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	1.173 4	2	0.586 7	4.562 4	0.025 0
生育期	16.591 2	1	16.591 2	129.020 3	1.00 × 10 ⁻⁷ **
播期	13.775 5	4	3.443 9	26.781 0	2.30 × 10 ⁻⁷ **
生育期 × 播期	5.542 5	4	1.385 6	10.775 2	0.000 1 **

不同播期对晋糯 18 鲜食期和完熟期籽粒淀粉相对含量均有显著影响。鲜食期籽粒淀粉相对含量随播期的延后呈抛物线趋势,即先上升至 B4 达到最高后下降,淀粉相对含量由高到低为 B4 > B3 > B2 > B5 > B1, B3、B4 处理显著高于 B1、B5 处理,且 B1 处理显著低于其他 4 个处理。完熟期籽粒淀粉相对含量随播期的延后缓慢增加,即 B1 < B2 < B3 < B4 < B5,且 B4、B5 处理显著高于 B1 处理。B1 ~ B5 处理的淀粉相对含量在完熟期均显著高于鲜食期,其中 B1、B2、B5 处理分别高 4.31%、1.61%、2.34%。

2.3 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒脂肪相对含量的影响

从图 3、表 3 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期、播期对晋糯 18 脂肪相对含量影响均极显著,其中,鲜食期极显著高于完熟期,平均高 11.68%;播期 B1 处理脂肪相对含量显著高于 B4、B5 处理,分别高 14.21%、17.16%。

不同播期对晋糯 18 鲜食期、完熟期籽粒脂肪相对含量均有显著影响。随着播期的延后,鲜食期、完熟期脂肪相对含量均逐渐下降,即 B1 > B2 > B3 > B4 > B5,且 FB4、FB5 处理较 FB1 处理极显著下降 14.15%、17.27%,PB4、PB5 处理较 PB1 处理显著下降 10.51%、11.68%。在同一播期下,鲜食期脂肪相对含量均高于完熟期,且播期 B1、B2 鲜食期极显著高于完熟期,分别高 13.32%、17.40%。

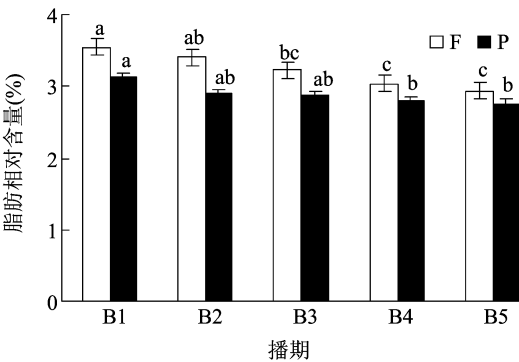


图3 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒脂肪相对含量

表 3 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒脂肪相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.139 1	2	0.069 5	2.356 4	0.123 3
生育期	0.855 5	1	0.855 5	28.990 1	4.072 8 × 10 ⁻⁵ **
播期	0.894 8	4	0.223 7	7.580 3	0.000 9 **
生育期 × 播期	0.106 8	4	0.026 7	0.905 0	0.481 9

2.4 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒粗纤维相对含量的影响

由图 4、表 4 可知,施用蘑菇菌糠条件下,生育期对晋糯 18 粗纤维相对含量无显著影响,鲜食期仅略高于完熟期,而播期对粗纤维相对含量影响极显著,且生育期和播期二者之间的交互作用对粗纤维相对含量影响也极显著。在鲜食期,播期 B2、B3、B5 处理间未达显著水平,但显著高于 B1 处理、显著低于 B4 处理, B4 处理较其他 4 个处理显著高 10.79%、6.27%、5.36%、3.78%。

晋糯 18 鲜食期和完熟期籽粒粗纤维相对含量随播期的延后均呈抛物线趋势,即先上升至 B4 达到最高后下降。其中,播期对鲜食期粗纤维相对含量有显著影响,由高到低为 B4 > B5 > B3 > B2 > B1, B4 处理显著高于其他 4 个处理。对完熟期影响不显著,粗纤维相对含量由高到低为 B4 > B3 > B5 > B2 > B1。播期 B1 ~ B3 处理在完熟期的粗纤维相对含量较鲜食期高,且 B1 处理在完熟期的相对含量显著高于鲜食期 6.59%。B4、B5 处理则是鲜食期较完熟期高,且 B4 处理鲜食期显著高于完熟期 8.71%。

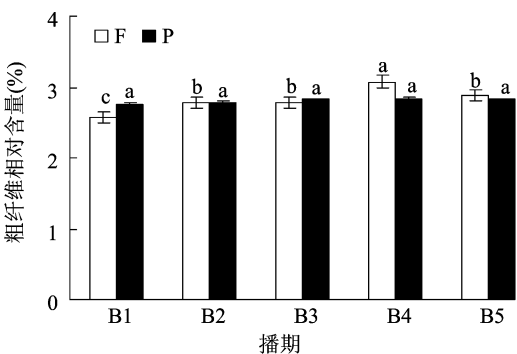


图4 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒粗纤维相对含量

表 4 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒粗纤维相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.005 1	2	0.002 5	0.385 7	0.685 4
生育期	0.002 0	1	0.002 0	0.306 9	0.586 4
播期	0.261 8	4	0.065 4	9.915 4	0.000 2 **
生育期 × 播期	0.139 6	4	0.034 9	5.287 1	0.005 4 **

2.5 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒苯丙氨酸相对含量的影响

从图 5、表 5 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期和播期对晋糯 18 苯丙氨酸相对含量影响均极显著,且二者之间的交互作用对苯丙氨酸相对含量影响也极显著。其中,鲜食期极显著高于完熟期,平均高 8.36%;播期 B4 处理苯丙氨酸相对含量

显著高于其他 4 个处理,分别高 11.42%、19.90%、13.49%、22.0%。

不同播期对晋糯 18 鲜食期籽粒苯丙氨酸相对含量影响显著,由高到低为 B4 > B1 > B3 > B2 > B5 处理,其中 B4 处理显著高于其他 4 个处理。完熟期由高到低为 B4 > B1 > B3 = B5 > B2,差异不显著。B1 ~ B4 处理鲜食期的苯丙氨酸相对含量高于完熟期,且 B4 处理的鲜食期显著高于完熟期 31.85%。而 B5 处理则是完熟期显著高于鲜食期 8.74%。

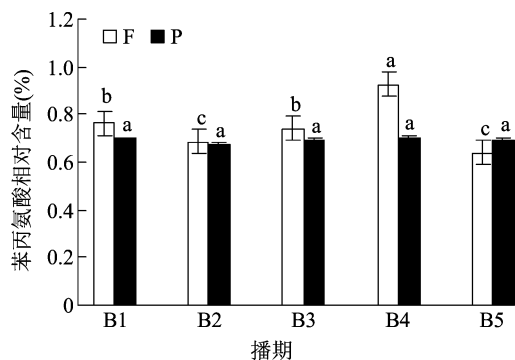


图5 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒苯丙氨酸相对含量

表5 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒苯丙氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.003 4	2	0.001 7	2.061 9	0.156 2
生育期	0.021 9	1	0.021 9	26.682 8	6.497 5 × 10 ⁻⁵ **
播期	0.080 4	4	0.020 1	24.519 2	4.460 0 × 10 ⁻⁷ **
生育期 × 播期	0.064 1	4	0.016 0	19.545 4	2.341 6 × 10 ⁻⁶ **

2.6 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒赖氨酸相对含量的影响

从图 6、表 6 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期和播期对晋糯 18 赖氨酸相对含量影响均极显著,但二者之间的交互作用对赖氨酸相对含量影响显著。其中,完熟期极显著高于鲜食期,平均高 14.80%;B4 处理赖氨酸相对含量显著高于其他 4 个处理,分别高 21.74%、9.80%、3.70%、14.29%。

鲜食期和完熟期的赖氨酸相对含量随播期的延后均呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高值后下降至同一水平,鲜食期赖氨酸相对含量由高到低为 B4 > B5 > B3 > B2 > B1,其中 B4、B5 处理显著高于其他 3 个处理。完熟期赖氨酸相对含量由高到低为 B4 > B3 > B2 > B5 > B1,其中 B4 处理显著高于 B1 处理。不同播期对晋糯 18 鲜食期和完熟期的赖氨酸相对含量均有显著影响。B1 ~ B4 处理在完熟期的赖氨酸相对含量均显著高于鲜食期,分别高 17.95%、27.50%、22.73%、9.80%,其中

B1 ~ B3 处理间差异显著,而播期 B5 处理二者赖氨酸相对含量在 2 个生育期相等,为 0.16%。

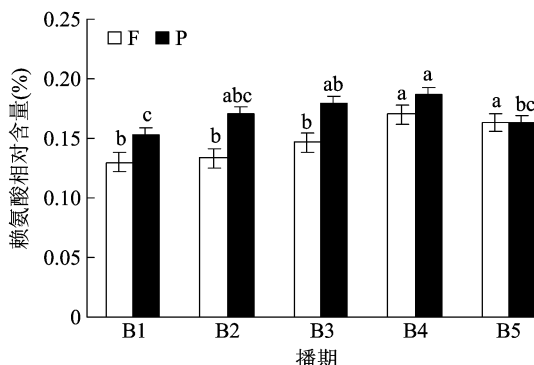


图6 不同播期、不同生育期下晋糯 18 赖氨酸相对含量

表6 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒赖氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	6.666 7 × 10 ⁻⁶	2	3.333 3 × 10 ⁻⁶	0.037 7	0.963 1
生育期	0.003 6	1	0.003 6	41.008 4	4.982 2 × 10 ⁻⁶ **
播期	0.004 6	4	0.001 1	12.935 1	3.901 9 × 10 ⁻⁵ **
生育期 × 播期	0.001 3	4	0.000 3	3.633 9	0.024 4 *

2.7 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒苏氨酸相对含量的影响

从图 7、表 7 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期和播期对晋糯 18 苏氨酸相对含量影响均极显著,且二者之间的交互作用对苏氨酸相对含量影响也极显著。其中,完熟期极显著高于鲜食期,平均高 12.38%;B4 处理苏氨酸相对含量显著高于 B1、B2、B3、B5 处理,分别高 18.18%、12.27%、7.39%、18.18%。

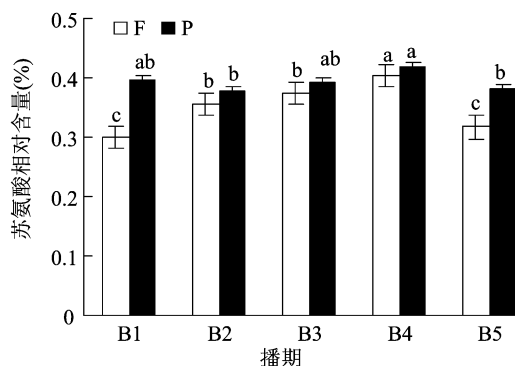


图7 不同播期、不同生育期下晋糯 18 苏氨酸相对含量

表7 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒苏氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.001 0	2	0.000 5	2.074 8	0.154 6
生育期	0.014 1	1	0.014 1	59.229 0	4.235 8 × 10 ⁻⁷ **
播期	0.017 1	4	0.004 3	17.979 0	4.233 0 × 10 ⁻⁶ **
生育期 × 播期	0.007 6	4	0.001 9	7.955 6	0.000 7 **

不同播期对晋糯 18 鲜食期和完熟期的苏氨酸相对含量均影响显著。鲜食期苏氨酸相对含量随播期的延后呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高后下降,由高到低为 B4 > B3 > B2 > B5 > B1,其中 B4 处理显著高于其他 4 个处理。完熟期苏氨酸相对含量由高到低为 B4 > B1 > B3 > B5 > B2,其中 B4 处理较 B2、B5 处理高 11.50%、10.53%,处理间差异显著。B1~B5 处理在完熟期的苏氨酸相对含量均高于鲜食期,其中 B1、B5 处理在完熟期显著高于鲜食期。

2.8 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒缬氨酸相对含量的影响

从图 8、表 8 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期对晋糯 18 缬氨酸相对含量影响显著,播期对其影响极显著,二者之间的交互作用对缬氨酸相对含量影响显著。其中,完熟期缬氨酸平均相对含量显著高于鲜食期 4.06%;B3、B4 处理缬氨酸相对含量显著高于 B1、B5 处理。

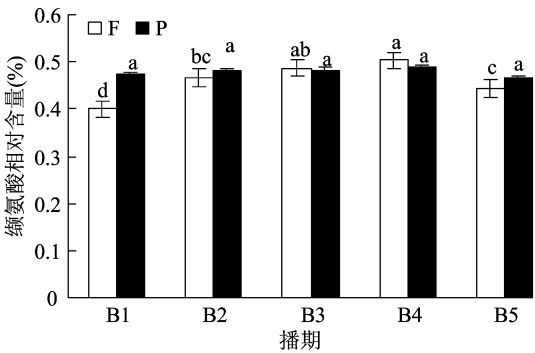


图8 不同播期、不同生育期下晋糯 18 缬氨酸相对含量

表 8 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒缬氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.000 2	2	0.000 1	0.316 2	0.732 9
生育期	0.002 6	1	0.002 6	6.700 9	0.018 5 *
播期	0.013 7	4	0.003 4	8.773 5	0.000 4 **
生育期×播期	0.006 8	4	0.001 7	4.371 8	0.012 1 *

不同生长时期的缬氨酸相对含量随播期的延后均呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高后下降,其中不同播期处理在鲜食期的缬氨酸相对含量由高到低为 B4 > B3 > B2 > B5 > B1,且 B4 处理较 B1、B2、B5 处理分别高 25.83%、7.86%、13.53%,处理间差异显著;不同播期对完熟期影响不显著,由高到低为 B4 > B3 > B2 > B1 > B5。B1、B2、B5 处理在完熟期的赖氨酸相对含量高于鲜食

期,其中 B1 处理在完熟期显著高于鲜食期 18.33%。B3、B4 处理则是鲜食期高于完熟期,但二者差异不显著。

2.9 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒亮氨酸相对含量的影响

从图 9、表 9 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期、播期对晋糯 18 亮氨酸相对含量影响均显著,且二者之间的交互作用对亮氨酸相对含量影响也显著。其中,鲜食期平均相对含量极显著高于完熟期 20.82%;B4 处理平均相对含量较其他 4 个处理高 24.22%、19.79%、12.51%、16.73%,处理间差异显著。

不同播期对鲜食期亮氨酸相对含量影响显著,随播期的延后呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高后下降,即 B4 > B3 > B5 > B2 > B1,且 B4 处理显著高于其他 4 个处理。对完熟期亮氨酸相对含量影响不显著,亮氨酸含量由高到低为 B4 > B3 > B5 > B1 > B2。5 个播期处理在鲜食期的亮氨酸相对含量均高于完熟期,其中 B2~B5 处理的鲜食期分别较完熟期高 18.89%、20.82%、46.53%、13.67%,二者差异显著。

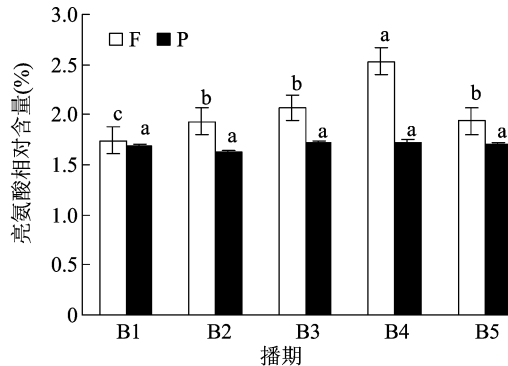


图9 不同播期、不同生育期下晋糯 18 亮氨酸相对含量

表 9 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒亮氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.006 2	2	0.003 1	0.484 0	0.624 1
生育期	0.929 3	1	0.929 3	8.121 5	1.000 × 10 ⁻⁷ **
播期	0.615 5	4	0.153 9	1.344 8	5.490 × 10 ⁻⁷ **
生育期×播期	0.457 7	4	0.114 4	17.731 6	4.665 × 10 ⁻⁶ **

2.10 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒异亮氨酸相对含量的影响

从图 10、表 10 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,生育期和播期对晋糯 18 异亮氨酸相对含量影响极显著,且二者交互作用对异亮氨酸相对含量影响也极显著。其中,完熟期平均相对含量极显著高于

鲜食期 4.86% ;B4 处理平均相对含量较其他 4 个处理分别高 28.46%、21.90%、20.14%、15.97% ,处理间差异显著。

不同生长时期的异亮氨酸相对含量随播期的延后均呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高后下降。其中,不同播期处理在鲜食期的异亮氨酸相对含量由高到低为 B4 > B5 > B3 > B2 > B1,且 B4 处理较 B1、B2、B3、B5 处理分别高 52.00%、40.74%、39.71%、28.38% ,差异显著;完熟期异亮氨酸相对含量由高到低为 B4 > B3 > B5 > B2 > B1 处理,B4 处理与 B2、B3、B5 处理间差异不显著,但显著高于 B1 处理。播期 B1 ~ B3 处理在完熟期的相对含量均高于鲜食期,其中 B1 处理在完熟期较鲜食期高 8.0% ,差异显著。B4、B5 处理则是鲜食期较完熟期分别高 31.94%、5.71% ,差异显著。

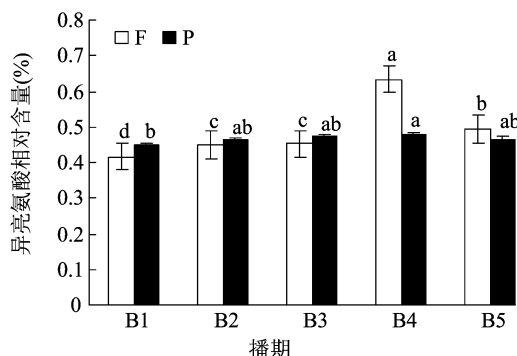


图10 不同播期、不同生育期下晋糯 18 异亮氨酸相对含量

表 10 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒异亮氨酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.002 2	2	0.001 1	5.479 0	0.013 9 *
生育期	0.003 9	1	0.003 9	0.440 2	0.000 4 **
播期	0.053 1	4	0.013 3	1.517 9	1.000 0 $\times 10^{-7}$ **
生育期 \times 播期	0.035 0	4	0.008 8	43.206 6	1.000 0 $\times 10^{-7}$ **

2.11 播期对晋糯 18 不同生育期籽粒总氨基酸相对含量的影响

从图 11、表 11 可以看出,施用蘑菇菌糠条件下,鲜食期总氨基酸平均相对含量高于完熟期,但二者无显著差异,但播期对晋糯 18 总氨基酸相对含量影响极显著;且生育期和播期二者交互作用也极显著影响着总氨基酸相对含量。B4 处理平均相对含量较其他 4 个处理分别高 10.05%、7.09%、3.42%、12.47% ,且与 B1、B3、B5 处理差异显著。

不同播期对晋糯 18 鲜食期和完熟期总氨基酸相对含量的影响趋势基本一致,随播期的延后呈抛物线趋势,即先逐渐上升至 B4 处理达到最高后下降,2 个生育期总氨基酸相对含量由高到低均为 B4 > B3 > B2 > B1 > B5,但对鲜食期影响显著,B4 处理显著高于其他 4 个处理。B1、B5 处理在完熟期的相对含量高于鲜食期,且 B5 处理差异显著。B2 ~ B4 处理则是鲜食期较完熟期分别高 1.62%、6.11%、11.57% ,其中 B4 处理差异显著。

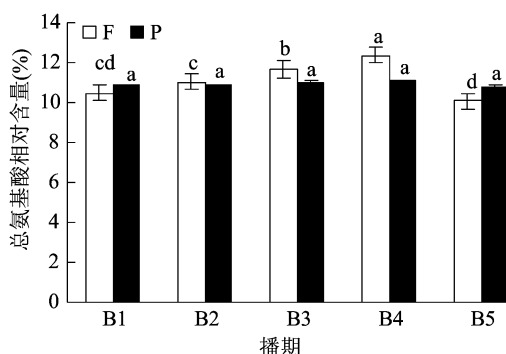


图11 不同播期、不同生育期下晋糯 18 总氨基酸相对含量

表 11 不同播期、不同生育期下晋糯 18 籽粒总氨基酸相对含量的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.090 8	2	0.045 4	0.393 0	0.680 7
生育期	0.324 5	1	0.324 5	0.336 3	0.111 1
播期	6.557 2	4	1.639 3	1.699 0	2.135 0 $\times 10^{-5}$ **
生育期 \times 播期	3.859 5	4	0.964 9	8.349 0	0.000 5 **

3 讨论与结论

3.1 施用菌糠对糯玉米营养及品质成分的影响

菌糠沐野 1 号由五台山分离,经中国科学院微生物研究所分子鉴定,确认属于双孢蘑菇的野生品种,经农业农村部微生物产品质量监督检验测试中心(武汉)检验为双孢蘑菇新品种,在我国是第 1 次发现^[28]。双孢蘑菇菌糠是经过 1 次微生物分解后的剩余物料^[29],其中含有 14.26% 粗蛋白、0.50% 粗脂肪、39.23% 粗纤维、17.90% 木质素、23.75% 无氮浸出物、1.57% 氮、0.58% 磷、2.27% 钾、1.91% 钙、0.37% 镁,同时还含有丰富的锌、铜、铁等微量元素,营养丰富^[30]。现阶段菌糠多以土壤调理剂、栽培基质、有机肥料、饲料等形式进行综合利用^[31]。本研究将双孢蘑菇菌糠进行循环利用种植糯玉米,不仅使废弃菌糠得到充分利用,还可以减少化肥的施用

量,实现土壤改良^[32-33],符合农业循环经济的发展模式,具有重要的实践意义。

宫志远等利用金针菇菌渣种植油菜^[34],赵文瑜利用香菇菌糠生产紫甘蓝和西瓜,研究发现以菌渣作为有机肥,可在提高农作物产量的同时起到改善品质的效果^[35]。本研究在施用蘑菇菌糠条件下,不同播期晋糯 18 在完熟期的籽粒蛋白质含量为 12.28% ~ 12.72%、淀粉含量为 73.85% ~ 74.73%,较常规栽培方式^[19]有所增加;而粗纤维含量为 2.75% ~ 2.83%,较常规栽培方式^[19]有所降低,菌糠不仅提高了糯玉米品质,而且改善了食用口感,与前人研究结果一致。

3.2 糯玉米不同生育期籽粒营养及品质成分变化

随着我国人们物质生活水平的提高和膳食结构的优化,作为评价玉米营养品质和品尝品质重要指标的籽粒组分越来越受到研究人员的关注。淀粉是玉米中碳水化合物的主要贮藏形式,约占整个胚乳的 65% ~ 70%^[36-37],玉米淀粉作为一种环保可降解、价格低廉、生物相容性好的无毒天然多糖材料,被广泛应用于食品、医药、化工、造纸、纺织等众多领域。刘萍等研究认为,淀粉含量在糯玉米生育期中呈现“前期快、后期慢”的增加特点,本研究显示晋糯 18 在完熟期的玉米籽粒淀粉平均相对含量较鲜食期极显著增加 2.04%,表明玉米籽粒淀粉含量随着生育期推进而逐渐增加,与刘萍等的研究结果^[38-39]一致。此外,完熟期玉米籽粒的赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸和异亮氨酸的平均相对含量分别较鲜食期增加 14.80%、12.38%、4.06% 和 4.86%。其中,鲜食期和完熟期的缬氨酸含量差异显著,赖氨酸、苏氨酸和异亮氨酸含量则是差异极显著。

本研究中晋糯 18 在鲜食期的蛋白质、脂肪、苯丙氨酸和亮氨酸的平均相对含量分别极显著高于完熟期 8.89%、11.68%、8.36% 和 20.82%,总氨基酸、粗纤维含量较完熟期略高,分别高 1.90%、0.59%。其中,作为评价糯玉米营养品质和品尝品质的重要参考指标之一的蛋白质含量随着生育期的推进呈下降趋势,这与刘萍等的报道^[38]一致,同时该团队的研究结果还表明籽粒蛋白质含量较高的品种,其含量下降慢。而宋朝玉等研究发现,糯玉米蛋白质含量随着生育期的推进而逐渐增加^[39],与本研究的结论不一致,可能由品种间差异所致。

3.3 播期对糯玉米营养及品质成分的影响

对于多数农作物而言,在某特定区域内因生育

期环境因子不同都有其最适的播期,提前或推迟播期均会对其产量及品质造成影响。特定的气候、品种类型决定了玉米的适宜播期,播期变化会导致玉米生育期温度变化,通过调控生育进程进而影响到玉米的产量和品质,因此,调整播期也是玉米生产的重要管理措施。相关研究表明,蛋白质、脂肪和淀粉作为玉米籽粒 3 种最主要的营养成分均受播期影响明显^[20]。本研究中晋糯 18 籽粒蛋白质和脂肪含量随播期的推迟均呈逐渐下降趋势,即 $B1 > B2 > B3 > B4 > B5$,与王广福的报道^[20]一致。完熟期籽粒淀粉相对含量随着播期的延后而逐渐增加,即 $B1 < B2 < B3 < B4 < B5$,也同王广福的研究结果^[20]相似;但鲜食期淀粉相对含量则随着 5 个播期的推后呈先升高后降低的趋势,即 $B4 > B3 > B2 > B5 > B1$, $B4$ 处理时达到最高, $B5$ 处理比 $B4$ 处理略低 (1.03%),说明到 6 月下旬播种,较有利于糯玉米完熟期淀粉的积累,而对鲜食期含量的促进作用不明显,究其原因,还有待进一步研究。晋糯 18 在鲜食期和完熟期的籽粒粗纤维相对含量随播期的延后均呈抛物线趋势,即先上升至 $B4$ 处理达到最高后下降,与周伟等的糯玉米籽粒中粗纤维素含量与品种遗传背景密切相关,适当推迟播期有利于籽粒粗纤维素含量提高的结果^[19]相近。此外,在 $B4$ 处理下晋糯 18 鲜食期和完熟期籽粒的苯丙氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和总氨基酸相对含量均高于其他处理,说明适当推迟播期有利糯玉米籽粒中营养成分相对含量的提高。

本研究只在山西省太谷地区进行,在施用双孢蘑菇菌糠条件下,虽然设置不同播期,但品种单一,试验结果仅可为山西省中晚熟地区种植相似品种提供一定的指导。

施用双孢蘑菇菌糠有利于提高晋糯 18 籽粒常规营养成分及营养品质,并且改善其食用口感。早播有利于晋糯 18 籽粒蛋白质和脂肪相对含量的提高,随着播期的延后,二者相对含量均逐渐下降;而适当推迟播种,有利于提高籽粒中淀粉、粗纤维、苯丙氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和总氨基酸相对含量。因此,通过适当调整玉米播期,充分利用生育期温、光、湿等环境气候因素,可以提高其经济价值和食用价值。

参考文献:

[1] 王义发,汪黎明,沈雪芳,等. 糯玉米的起源、分类、品种改良及产

- 业发展[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2007,33(增刊1):97-102.
- [2]赵 夺. 糯玉米自交系淀粉形成特性及其与品质的关系[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020:11-12.
- [3]刘晓梅,邹亚杰,胡清秀,等. 菌渣纤维素降解菌的筛选与鉴定[J]. 农业环境科学学报,2015,34(7):1384-1391.
- [4]张海波,苏 龙,程红艳,等. 不同热解温度制备的香菇菌糠生物炭对孔雀石绿的吸附及其机理分析[J]. 核农学报,2021,35(5):1231-1242.
- [5]韩建东,万鲁长,杨 鹏,等. 刺芹侧耳菌渣对肺形侧耳(秀珍菇)生长和营养成分的影响[J]. 菌物学报,2014,33(2):433-439.
- [6]袁 滨. 杏鲍菇菌渣栽培白背毛木耳对产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2015(20):127-130.
- [7]张黎杰,周玲玲,李志强,等. 菌渣复合基质栽培对日光温室黄瓜生长发育和产量品质的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):109-111.
- [8]史陈博,安世钰,赵 洁,等. 日粮中添加杏鲍菇菌糠对湖羊生长性能、瘤胃发酵和瘤胃发育的影响[J]. 南京农业大学学报,2020,43(6):1063-1071.
- [9]张安荣,陈志敏,常文环,等. 菌糠发酵饲料及其在家禽中的应用[J]. 中国饲料,2020(13):101-104.
- [10]张晓园,周明远,李秀丽. 废弃黑木耳菌糠的热压脱水实验研究[J]. 可再生能源,2019,37(3):322-327.
- [11]郭晓娟,徐勇军,尹辉斌,等. 食用菌菌糠热解制油实验研究[J]. 节能技术,2017,35(3):210-213.
- [12]Luo X S, Yuan X F, Wang S Y, et al. Methane production and characteristics of the microbial community in the co-digestion of spent mushroom substrate with dairy manure [J]. Bioresource Technology,2018,250:611-620.
- [13]Asada C, Asakawa A, Sasaki C, et al. Characterization of the steam-exploded spent Shiitake mushroom medium and its efficient conversion to ethanol[J]. Bioresource Technology,2011,102(21):10052-10056.
- [14]栗方亮,王煌平,张 青,等. 菌渣对土壤性状和作物的影响及其再利用研究进展[J]. 中国农业科技导报,2015,17(3):100-106.
- [15]石 堃,崔大练,易 杨,等. 菌糠土壤改良剂对滩涂盐碱土壤主要理化性质的影响[J]. 国土与自然资源研究,2014(5):45-47.
- [16]苏 龙,张海波,程红艳,等. 木耳菌糠生物炭对阳离子染料的吸附性能研究[J]. 中国环境科学,2021,41(2):693-703.
- [17]张庆玉,陈 诚,李小林,等. 金针菇菌渣不同处理方式对环境影响[J]. 西南农业学报,2015,28(2):822-825.
- [18]Singh A D, Vikineswary S, Abdullah N, et al. Enzymes from spent mushroom substrate of *Pleurotus sajor-caju* for the decolourisation and detoxification of textile dyes[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology,2011,27(3):535-545.
- [19]周 伟,崔福柱,段宏凯,等. 播期对糯玉米籽粒产量及品质的影响[J]. 作物杂志,2020(2):156-161.
- [20]王广福. 播期和密度对不同玉米品种生长发育及产量和品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019:36-40.
- [21]钟昌松,张 玉,吕巨智,等. 不同播期对广西春玉米生长特性及产量的影响[J]. 西南农业学报,2016,29(3):511-515.
- [22]Proctor R H, Busman M, Seo J A, et al. A fumonisin biosynthetic gene cluster in *Fusarium oxysporum* strain O-1890 and the genetic basis for B versus C fumonisin production[J]. Fungal Genetics and Biology,2008,45(6):1016-1026.
- [23]马嘉伟,黄其颖,程礼泽,等. 菌渣化肥配施对红壤养分动态变化及水稻生长的影响[J]. 浙江农业学报,2013,25(1):147-151.
- [24]刘明广,龚雪梅,张新红,等. 杏鲍菇菌糠对油麦菜生长的影响[J]. 北方园艺,2015(10):126-128.
- [25]王 涛,雷锦桂,黄语燕,等. 绣球菌渣复合基质对黄瓜幼苗素质及产量的影响[J]. 核农学报,2020,34(1):177-185.
- [26]范 瑞,董立红,陈永欣,等. 优质白糯玉米新品种晋糯18号选育与应用[J]. 山西农业科学,2019,47(11):1900-1902.
- [27]董宗宗,乔勇进,刘晨霞,等. 不同采收期对鲜食糯玉米品质影响的研究[J]. 上海农业学报,2020,36(4):19-24.
- [28]张红刚,郭明慧,郭 尚,等. 山西境内一种野生双孢蘑菇菌株特异性鉴定[J]. 中国食用菌,2019,38(3):21-26.
- [29]刁清清,毛碧增. 蘑菇渣处理现状及在农业生产上的应用[J]. 浙江农业科学,2012,53(12):1710-1712.
- [30]陈政明. 双孢蘑菇下脚料连茬栽培姬松茸技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008:1-4.
- [31]周 祥,严媛媛,陈爱晶. 食用菌菌渣资源化利用研究进展[J]. 食用菌,2018,40(1):9-12.
- [32]王萌萌. 玉米秸秆栽培糙皮侧耳及其菌糠对玉米幼苗生长的影响[D]. 天津:天津农学院,2018:48-49.
- [33]王 峰,陈玉真,尤志明,等. 菌渣施用对茶园土壤有机碳含量及腐殖质组成的影响[J]. 福建农业学报,2015,30(2):198-203.
- [34]官志远,韩建东,魏建林,等. 金针菇菌渣有机肥在油菜上应用技术研究[J]. 中国食用菌,2012,31(5):42-44.
- [35]赵文瑜. 香菇菌糠有机肥在设施果蔬生产上的应用[D]. 南京:南京农业大学,2018:29-30.
- [36]别平平. 不同生长期糯玉米籽粒中淀粉结构与性质演变行为的研究[D]. 广州:华南理工大学,2018:1-2.
- [37]王彧超,李 洪,王瑞军,等. 不同移栽期对不同糯玉米品种生长发育及产量、品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):95-99.
- [38]刘 萍,王从亮,王凤格,等. 鲜食糯玉米不同品种授粉后籽粒品质主要成分的变化[J]. 中国农业科学,2007,40(8):1817-1821.
- [39]宋朝玉,兰进好,刘树堂,等. 不同品种玉米籽粒发育与品质动态差异性[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):100-102.