

石晓旭,杨美英,刘海翠,等.播种量对过晚播元麦产量与品质的影响[J/OL].大麦与谷类科学,2022,39(2):21-28.https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2022.02.004.

播种量对过晚播元麦产量与品质的影响

石晓旭,杨美英,刘海翠,李 赢,魏亚凤,韩 笑,石 吕,薛亚光,刘 建*

(江苏沿江地区农业科学研究所,江苏 南通 226541)

摘要:为探索过晚播元麦的适宜播种量,本文研究不同播种量(150.0、187.5、225.0、262.5、300.0 kg/hm²)对过晚播元麦株高、产量及籽粒品质的影响。随着播种量的增加,元麦株高、产量和籽粒中膳食纤维含量均呈增加趋势,千粒质量和籽粒中 β -葡聚糖含量呈下降趋势;株高、有效穗数、穗粒数、产量以及籽粒中膳食纤维含量与播种量呈极显著正相关,籽粒中维生素E含量与播种量呈显著正相关,穗长、千粒质量以及籽粒中 β -葡聚糖、粗蛋白含量与播种量呈极显著负相关。过晚播元麦播种量为262.50 kg/hm²时,产量达4.21 t/hm²,籽粒中膳食纤维、 β -葡聚糖、粗蛋白、维生素E、总淀粉含量(质量分数)分别为26.02%、3.84%、113.69 g/kg、4.30 mg/kg、47.91%,表现出较强的产量及籽粒品质优势。

关键词:过晚播;元麦;播种量;产量;品质

中图分类号:S512.3

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20210107

元麦,是一种裸粒大麦^[1],在西藏被称作青稞^[2],在浙江被称作米麦^[3]。元麦的可溶性膳食纤维高^[4],常食用元麦能够改善人体营养状况,促进胃肠蠕动,助消化。因食用后饱腹感强,可减轻肥胖症状,控制血糖,降低胆固醇和甘油三酯水平,故元麦常被加工为杂粮产品^[5-7]。江苏省耕作方式多为稻麦轮作,元麦可作为水稻后茬作物种植,但生产上种植户为增加水稻效益,水稻收获时间越来越晚,常拖到11月下旬,再加上阴雨天气,导致稻田土壤墒情不适宜播种。因此,受水稻收获时间和播种季天气影响,元麦晚播(迟于适期)和过晚播(较适期推迟30 d以上)面积增大^[8]。向莉等研究发现,晚播会显著缩短青稞昆仑14号的生育期,延长营养生长期,缩短抽穗至成熟期时间,导致产量下降^[9]。适期晚播(较常规播种晚14 d)会导致小麦泰山27籽粒蛋白质含量显著下降^[10],影响籽粒营养品质。增加播种量能增加小麦穗数,豫麦49-198低播种量(75

kg/hm²)与高播种量(300 kg/hm²)相比,籽粒中干物质分配比例平均下降7.70%,穗轴和颖壳中干物质分配比例平均升高9.30%^[11]。前人研究发现,增加晚播小麦播种量能够缓解产量下降的问题,但随着播期的推迟,增加小麦播种量补偿产量损失的效果越来越差^[12-13]。贾志锋等研究发现,播种量对燕麦籽粒 β -葡聚糖含量有显著影响,播种量为120 kg/hm²时,籽粒 β -葡聚糖含量(质量分数,下同)最高为2.16%;籽粒粗蛋白含量随着播种量的增加呈现先升高后降低的趋势^[14]。随着元麦播种期越来越晚,元麦产量与品质越来越无法得到保障,本研究拟开展过晚播元麦播种量试验,分析播种量对过晚播元麦产量和籽粒品质的影响,明确过晚播元麦最佳播种量,以期过晚播元麦稳产稳质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2019年12月5日(较适期推迟30 d)至2020年5月20日在江苏沿江地区农业科学研究所试验基地(120.87°E、32.01°N)进行。试验地土壤理化性状为:有机质含量(质量分数,下同)18.23 g/kg,全氮含量1.18 g/kg,碱解氮含量101.03 mg/kg,速效磷含量11.35 mg/kg,速效钾含量67.59 mg/kg,pH值6.31,容重1.19 g/cm³。供试品种为苏裸麦2号,该品种由江苏沿江地区农业科学研究所选育而成。

收稿日期:2021-11-17

基金项目:江苏省“六大人才高峰”培养项目(NY-200);南通市“226高层次人才培养工程”项目;南通市科技计划项目(MS22 021037、JC20200163);江苏沿江地区农业科学研究所青年基金[YJ(2020)002]。

作者简介:石晓旭(1990—),女,硕士,研究实习生,主要从事元麦耕作栽培研究。E-mail: 416486328@qq.com。

*通信作者:刘 建(1965—),男,硕士,研究员,主要从事耕作栽培研究。E-mail: nliuj@sina.com。

苏裸麦2号从播种至收获的当地气象数据显示:太阳有效辐射1580.67 MJ/m²,降水量708.20 mm,有效积温463.87 ℃。

1.2 试验方法

试验采用单因素随机区组设计,设置5个播种量150.0、187.5、225.0、262.5、300.0 kg/hm²,分别记作T₁、T₂、T₃、T₄、T₅,其中T₁是常规播种量。试验采取撒播的播种方式,重复3次,共15个小区,小区长15.0 m、宽2.2 m。全生育期施用总纯氮量180 kg/hm²,基肥和拔节孕穗肥质量比为7:3,基肥复合肥(N、P₂O₅、K₂O质量分数均为15%)840 kg/hm²,拔节孕穗肥追施尿素(氮质量分数45%)120 kg/hm²。除草、喷药等管理同大田。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 成熟期株高。在元麦成熟期记录株高。

1.3.2 产量。收获元麦时,试验小区及时收获脱粒,晒干后称质量,同处理3个小区平均后计算各处理实际产量。成熟期每小区调查3个1 m²面积的元麦穗数,计算单位面积有效穗数;取样20株,考察穗长、穗粒数和千粒质量。

1.3.3 籽粒品质。籽粒收获后,从各处理的3个重复小区中分别取得样品,每处理测定3次,每个样品测定1次,测定籽粒膳食纤维、β-葡聚糖、粗蛋白、维生素E、总淀粉含量。膳食纤维含量测定采用

酶重量法(GB 5009.88—2014《食品安全国家标准食品中膳食纤维的测定》)^[15],β-葡聚糖含量测定采用Megazyme试剂盒法^[4],蛋白质含量测定采用凯氏定氮法(GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》)^[16],维生素E含量测定采用高效液相色谱法(GB 5009.82—2016《食品安全国家标准食品中维生素A、D、E的测定》)^[17],淀粉含量测定采用酶水解法(GB 5009.9—2016《食品安全国家标准食品中淀粉的测定》)^[18]。

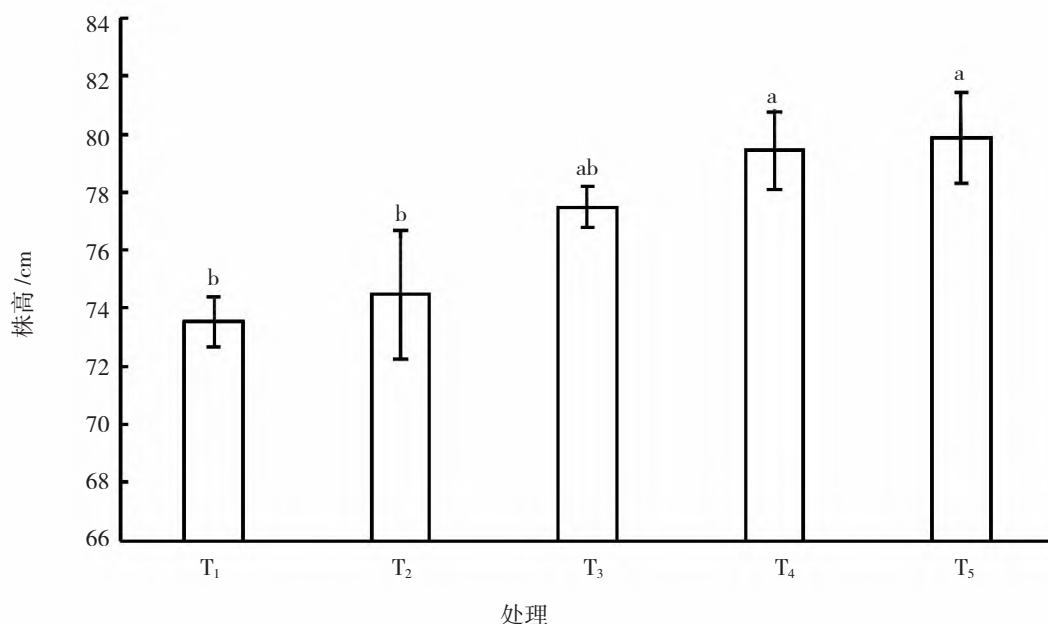
1.4 数据分析

数据采用Excel 2016、SPSS 17.0、DPS 2006等软件进行整理和统计分析,以P<0.05为具统计学意义(差异显著),P<0.01为具高度统计学意义(差异极显著)。

2 结果与分析

2.1 播种量对元麦成熟期株高的影响

由图1可知,播种量对元麦成熟期株高有显著影响。随着播种量的增加,株高呈现增加的趋势。各处理株高分别为73.53、74.48、77.49、79.44、79.88 cm,表现为处理T₅>T₄>T₃>T₂>T₁,处理T₅和T₄下元麦的株高差异不具统计学意义,处理T₃、T₂与T₁的株高差异也不具统计学意义。



不同小写字母表示差异具有统计学意义($P < 0.05$)

图1 不同播种量处理下元麦成熟期株高

2.2 播种量对元麦产量及构成因素的影响

由表1可知,播种量对元麦产量和有效穗数的影响具有高度统计学意义($P < 0.01$),对穗长和千粒质量的影响具有统计学意义($P < 0.05$),对每穗粒数的影响无统计学意义。

由表2可知,随着播种量的增加,元麦产量呈增加趋势。处理T₄、T₅的产量极显著高于处理T₁、T₂,处理T₃的产量极显著高于处理T₁;处理T₅的产量最高,为4.37 t/hm²;处理T₁的产量最低,为3.12 t/hm²,显著低于其他4个处理;处理T₅的产量显著高于处理T₃、T₂、T₁,处理T₅和T₄的产量差异不具统计学意义。随着播种量的增加,元麦有效穗数呈先增加后降低再增加的趋势。处理T₅的有效穗数极显著高于处理T₁、T₂、T₃,处理T₄的有效穗数极显著高

于处理T₁;处理T₅和T₄的有效穗数分别为627.33万、586.67万个/hm²,显著高于常规播种量处理T₁的462.67万个/hm²,处理T₅和T₄间的差异不具统计学意义;处理T₃、T₂的有效穗数分别为486.00万、508.67万个/hm²,高于处理T₁,但差异不具统计学意义。随着播种量的增加,穗长呈先增加后下降趋势。处理T₅的穗长最小,为6.65 cm;处理T₂的穗长最大,为7.58 cm,与处理T₁间的差异不具统计学意义,与处理T₅、T₄、T₃差异均具统计学意义($P < 0.05$),处理T₅、T₄、T₃间的差异无统计学意义。随着播种量的增加,千粒质量逐渐降低。处理T₁的千粒质量最大,为36.07 g;处理T₅最小,为34.03 g;处理T₁的千粒质量与处理T₄、T₅差异具统计学意义($P < 0.05$),处理T₅、T₄、T₃、T₂间差异无统计学意义。

表1 不同播种量处理下元麦产量及构成因素方差分析 F 值

变异来源	F 值				
	有效穗数	穗长	每穗粒数	千粒质量	产量
播种量	9.26**	5.85*	0.71	3.93*	16.13**

注: *、** 分别表示差异有统计学意义($P < 0.05$)、高度统计学意义($P < 0.01$)。表3、表5、表6同。

表2 不同播种量处理下元麦产量及构成因素

处理	有效穗数/(万个/hm ²)	穗长/cm	每穗粒数/粒	千粒质量/g	产量/(t/hm ²)
T ₁	462.67 Cb	7.26 ab	25.65 a	36.07 a	3.12 Cd
T ₂	508.67 BCb	7.58 a	26.93 a	35.41 ab	3.61 BCc
T ₃	486.00 BCb	7.00 bc	27.70 a	35.32 ab	3.94 ABbc
T ₄	586.67 ABa	6.81 bc	27.88 a	34.35 b	4.21 Aab
T ₅	627.33 Aa	6.65 c	28.09 a	34.03 b	4.37 Aa

注: 同列数据后不同小写字母、大写字母分别表示差异有统计学意义($P < 0.05$)、高度统计学意义($P < 0.01$)。表4同。

2.3 播种量对元麦籽粒营养成分的影响

由表3可知,播种量对元麦籽粒膳食纤维和总淀粉含量的影响具统计学意义($P < 0.05$),对β-葡聚糖、粗蛋白和维生素E含量的影响具高度统计学意义($P < 0.01$)。

由表4可知,随着播种量的增加,膳食纤维含量呈缓慢增加的趋势。各处理膳食纤维含量表现为处理T₅ > T₄ > T₃ > T₂ > T₁,处理T₅的膳食纤维含量最高,为26.39%;处理T₁最低,为22.49%;处理T₅与处理T₂、T₁间的差异有统计学意义($P < 0.05$),与处理T₄、T₃差异无统计学意义。随着播种量的增加,维生素E含量总体表现为先降低后增加再降低的趋势。处理T₄维生素E含量极显著高于处理T₁、T₂,处理T₅

极显著高于处理T₂;处理T₄维生素E含量最高,为4.30 mg/kg;处理T₂含量最低,为2.40 mg/kg;处理T₅、T₄与处理T₂、T₁的差异有统计学意义($P < 0.05$),处理T₅和T₄间以及处理T₃、T₂和T₁间差异均无统计学意义。β-葡聚糖、粗蛋白含量(除处理T₄外)随播种量的增加逐渐降低。各处理β-葡聚糖含量表现为处理T₅ < T₄ < T₃ < T₂ < T₁,粗蛋白含量表现为处理T₅ < T₃ < T₄ < T₂ < T₁。处理T₁的β-葡聚糖含量极显著高于处理T₄、T₅,处理T₂的β-葡聚糖含量极显著高于处理T₅;处理T₁的粗蛋白含量极显著高于处理T₃、T₄、T₅。处理T₁的β-葡聚糖和粗蛋白含量均最高,分别为4.11%和126.21 g/kg,与处理T₅、T₄、T₃的差异均有统计学意义($P < 0.05$),与处理T₂的差

异均无统计学意义;处理 T₅ 的 β-葡聚糖和粗蛋白含量均最低,分别为 3.78%和 109.19 g/kg,与 T₄、T₃ 的差异均无统计学意义。随着播种量的增加,总淀粉含量表现为先上升后下降的趋势;处理 T₃ 的总淀粉

含量最高,为 58.05%,与处理 T₅、T₄ 差异有统计学意义 (P < 0.05),与处理 T₂、T₁ 差异无统计学意义,而处理 T₅、T₄、T₂、T₁ 间差异无统计学意义。

表 3 不同播种量处理元麦营养成分方差分析 F 值

变异来源	F 值				
	膳食纤维	β-葡聚糖	粗蛋白	维生素 E	总淀粉
播种量	4.39*	7.25**	7.45**	8.40**	3.90*

表 4 不同播种量处理元麦籽粒营养成分

处理	膳食纤维含量 /%	β-葡聚糖含量 /%	粗蛋白含量 / (g/kg)	维生素 E 含量 / (mg/kg)	总淀粉含量 /%
T ₁	22.49 c	4.11 aA	126.21 aA	2.60 cdBC	53.28 ab
T ₂	23.40 bc	4.08 abAB	119.66 abAB	2.40 dC	53.66 ab
T ₃	25.00 abc	3.92 bcABC	113.50 bcB	3.30 bcABC	58.05 a
T ₄	26.02 ab	3.84 cBC	113.69 bcB	4.30 aA	47.91 b
T ₅	26.39 a	3.78 cC	109.19 cB	3.70 abAB	46.82 b

2.4 播种量与元麦株高、产量及籽粒营养成分的相关性分析

由表 5 可知,株高、有效穗数、每穗粒数及产量与播种量呈极显著正相关,穗长、千粒质量与播种量呈极显著负相关。株高、有效穗数、穗长、每穗粒数、千粒质量、产量与播种量的相关系数分别为 0.97、0.92、-0.85、0.93、-0.98、0.98,且均具有高度统计学意义 (P < 0.01),这表明播种量对株高、有效穗数、穗长、每穗粒数、千粒质量、产量影响较大。随着过晚播元麦播种量的增加,株高、有效穗数、每穗粒数及产量呈现增加的趋势,穗长、千粒质量呈现降低趋势。

由表 6 可知,膳食纤维、维生素 E 含量与播种量呈极显著正相关,β-葡聚糖、粗蛋白、总淀粉含量与播种量均呈负相关。其中膳食纤维、β-葡聚糖和粗蛋白含量与播种量的相关系数分别为 0.98、-0.98 和 -0.96,均具有高度统计学意义 (P < 0.01);维生素 E 与播种量的相关系数为 0.83,具有统计学意义 (P < 0.05);总淀粉与播种量的相关系数 -0.60,无统计学意义。这表明播种量对膳食纤维、β-葡聚糖、粗蛋白、维生素 E 含量影响较大。随着过晚播元麦播种量的增加,膳食纤维和维生素 E 含量呈现增加的趋势,β-葡聚糖和粗蛋白含量呈现降低的趋势。

表 5 播种量与株高、产量的相关性

	株高	有效穗数	穗长	每穗粒数	千粒质量	产量
播种量	0.97**	0.92**	-0.85**	0.93**	-0.98**	0.98**

表 6 播种量与籽粒营养成分的相关性

	膳食纤维	β-葡聚糖	粗蛋白	维生素 E	总淀粉
播种量	0.98**	-0.98**	-0.96**	0.83*	-0.60

3 讨论与结论

3.1 播种量对晚播元麦产量的影响

晚播会导致元麦产量下降。在 DB 3206/380—

2015《晚播裸大麦栽培技术规程》^[9]中,晚播裸大麦是指播种期迟于适期(11月8日)10d以上且12月1日之前播种的裸大麦,每晚播1d增加0.5万~1.0万株/667m²基本苗。本研究元麦播种在12月1

日,属于过晚播元麦。李振东等研究发现,晚播导致苦荞黔苦5号株高降低,产量下降,8月29日种植的苦荞产量高达2591.25 kg/hm²,9月16日种植的苦荞产量为527.20 kg/hm²,降低了2064.05 kg/hm²;产量构成因子单株粒数、单株粒质量及千粒质量都随着苦荞播种期的推迟呈下降趋势^[20]。栗鑫鑫研究发现,晚播会加快花生的衰老,5月15日播种的花生生育期127 d,6月13日播种的生育期106 d,生育期缩短,生育进程加快,主茎高度低,侧枝长度短^[21],营养生长和生殖生长阶段均缩短;后期叶片叶绿素含量下降,衰老加速,光合速率降低,同化物合成减少,导致叶片向籽粒输送的有机物减少,造成减产^[22]。

播种量是协调晚播小麦减产的重要因素之一^[23]。晚播情况下,一般采取增加播种量达到稳产的目标。张世全等研究发现,晚播黑小麦播种量在225~375 kg/hm²,增加播种量,株高差异不显著^[24]。本研究发现,随着过晚播元麦播种量的增加,株高呈现缓慢增加的趋势,从播种量225 kg/hm²增至300 kg/hm²,过晚播元麦株高差异不明显,与张世全等的研究结果一致。潘玉良等研究发现,晚播小麦产量随着基本苗的增加而上升,基本苗为360万株/hm²时,产量达到最高,但始终低于同条件下的适期播种小麦产量^[25]。播种量超过一定范围,会导致产量下降,当燕麦播种量从180 kg/hm²增至300 kg/hm²时,产量下降^[14]。本研究中,随着元麦播种量从150 kg/hm²增加到300 kg/hm²,产量呈现出增加的趋势,与前人研究结果不一致,可能是因为本文设置的5个播种量还未达到使产量下降的临界点。贾志锋等研究认为,播种量增加会导致每穗粒数、每穗粒质量降低,存在显著负相关;播种量增加导致产量增加,存在显著正相关;播种量与穗长无显著相关^[14]。而张金汕等研究认为,种植密度仅对大麦甘啤4号的成穗率有显著影响^[26]。本研究发现,随着元麦播种量增加,有效穗数和产量增加,穗长和千粒质量降低,对每穗粒数无显著影响,与前人结果不完全一致,可能是因为青海省和江苏省种植地区气候差异较大,燕麦与元麦农艺性状不同。增加种植密度,大麦单株生物量及有效叶面积均降低,不利于大麦的生长发育^[27]。

3.2 播种量对晚播元麦品质的影响

膳食纤维分为可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维,具有较高的生理活性和较强的抗氧化性,还可以降低胆固醇和心脏病风险,改善免疫力、预防

糖尿病,被称为“第七大营养素”^[28]。阚建全等的研究中,元麦籽粒总膳食纤维含量均比高粱(6.19%)、糙米(3.60%)、荞麦(12.70%)高,最高达到26.39%^[29]。元麦膳食纤维含量与播种量的关系相关文献较少,未发现前人通过播种量或其他农艺措施展开对元麦籽粒膳食纤维含量的研究。本研究发现,膳食纤维含量与播种量呈极显著正相关,随着元麦播种量的增加,籽粒中膳食纤维含量呈现缓慢上升的趋势。

元麦是 β -葡聚糖含量较高的麦类作物。糯大麦C2-1籽粒中 β -葡聚糖积累较早,积累时间长,积累量呈逐渐升高趋势,成熟期达到最高^[30]。赵慧芬等研究发现,推迟播期,青稞籽粒中 β -葡聚糖含量增加,而过晚播元麦生育期缩短,特别是籽粒灌浆期缩短,导致 β -葡聚糖积累时间短,对成熟期籽粒 β -葡聚糖含量影响较大^[2]。黄业昌研究认为,播种量对青稞籽粒中 β -葡聚糖含量影响较小^[31]。而贾志锋研究发现,随着播量的增加,燕麦籽粒 β -葡聚糖含量呈先增加后减少的趋势,行距15 cm情况下,播量60、90、120、150 kg/hm²下的燕麦籽粒 β -葡聚糖含量分别为1.94%、2.01%、2.14%、1.54%^[32]。本研究发现随着播种量的增加,元麦籽粒 β -葡聚糖含量呈下降的趋势,播种量的增加未能缓解过晚播元麦籽粒 β -葡聚糖含量降低的不利情况,反而使之加重, β -葡聚糖含量与播种量呈极显著负相关。这与前人研究的结果不同,可能是试验设置不同导致结果呈现的趋势不同:贾志锋设置的最大播种量为150 kg/hm²,随着播种的增加,籽粒 β -葡聚糖含量呈现先增后降的趋势^[32];本研究设置的最小播种量为150 kg/hm²,随着播种量的增加, β -葡聚糖含量呈现下降的趋势。

晚播能使花生前期生长进程中叶片可溶性蛋白质的含量提高,中后期大幅下降,晚播生育后期气温下降,植株发生早衰,叶片功能下降,不利于荚果成熟,致使荚果蛋白质含量升高,其中:5月15日播种的花生荚果蛋白质含量为25.33%;6月13日播种的花生荚果蛋白质含量为27.55%^[21]。播种量对粗蛋白含量的影响小于播期,粗蛋白含量随播种量减少而提高,播量超过150 kg/hm²时,降低播量,粗蛋白含量下降^[33],这与本研究结果一致。本研究发现,随着过晚播元麦播种量的增加,籽粒中粗蛋白含量呈下降的趋势(T₄处理除外)。

维生素E,又称生育酚^[33]。大麦中生育酚合成与积累受基因和生长环境的影响^[34],不同基因型大麦

品种生育酚含量存在显著的差异,如青稞彩色籽粒的维生素 E 含量比白色籽粒高 12.47%^[35]。栾运芳等研究发现,在播期推迟、基肥施氮量增加的情况下,青稞维生素 E 含量增加^[36]。刘焕成等研究发现,大豆籽粒中的维生素 E 含量与荚数、单株粒数和单株粒质量均呈显著负相关(2013 年,长春),与百粒质量呈极显著正相关(2013 年,阿城和呼兰)^[37]。维生素 E 的合成与积累容易受到环境因素的影响,致使其与大豆农艺性状的相关性不一致、不稳定。本研究发现,元麦籽粒中维生素 E 含量随着播种量的增加先降低再增加后降低。维生素 E 属于抗氧化活性物质,具有抗氧化、清除自由基的功能^[33],通过农艺措施增加元麦籽粒维生素 E 含量,可以为生产更好的功能性保健产品原材料提供技术支撑。

林志玲等研究发现,种植密度对科尔沁沙地燕麦淀粉积累有显著影响,根、茎、叶中淀粉含量随种植密度的增加呈先增加后下降的趋势^[38],增加裸燕麦的种植密度不利于籽粒淀粉的积累^[39]。垦啤 6 号和甘啤 6 号籽粒淀粉积累均随着种植密度的增加呈先升高后降低的趋势^[40]。即使灌浆期小麦籽粒总淀粉不断增加,增加种植密度也会降低淀粉最终积累量^[41]。适宜的种植密度可促进小麦兰考矮早八籽粒淀粉积累^[42]。种植密度过小或过大均会对大麦籽粒淀粉的积累产生不利的影响:当种植密度过低时,植株之间对空间的竞争力小,无法充分利用光温资源,导致体内营养物质积累过少;当种植密度过大时,植株之间竞争加大,养分不足,叶片相互遮盖,光合作用下降,易发生病虫害,同样不利于大麦籽粒淀粉的积累^[43]。本研究中,随着过晚播元麦播种量的增加,总淀粉含量呈现先缓慢升高(差异无统计学意义)再下降后轻微上升(差异无统计学意义)的趋势,与前人研究结果一致。

3.3 过晚播元麦最佳播种量的确定

元麦成熟期株高、有效穗数、每穗粒数、产量以及膳食纤维、维生素 E 含量与播种量有正相关关系,穗长、千粒质量以及 β -葡聚糖、粗蛋白、总淀粉含量与播种量有负相关关系,其中维生素 E 含量与播种量的相关关系有统计学意义($P < 0.05$),总淀粉含量与播种量的相关关系无统计学意义,其他均有高度统计学意义($P < 0.01$)。魏亚凤等研究发现,苏裸麦 2 号在常规种植下, β -葡聚糖含量为 3.87%,粗蛋白含量为 91.25 g/kg,总淀粉含量为 64.45%^[44]。与之相比,本研究中 β -葡聚糖含量相

差不大,粗蛋白含量高于常规种植,总淀粉含量低于常规种植。前人研究表明,种植密度过大容易导致小麦倒伏,造成小麦减产、籽粒品质下降^[45]。随着播种量的增加,燕麦株高、节间长增加,茎秆机械强度减弱^[46],抗倒伏能力下降,减产风险增加。因此,过晚播元麦最佳播种量为 262.5 kg/hm²,此时表现出较强的产量及籽粒品质优势:产量为 4.21 t/hm²,籽粒中膳食纤维、 β -葡聚糖、粗蛋白、维生素 E、总淀粉含量分别为 26.02%、3.84%、113.69 g/kg、4.30 mg/kg、47.91%。

参考文献:

- [1] 魏亚凤,刘建,潘宝国,等. 裸大麦新品种苏裸麦 2 号的选育及栽培技术[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):139-140.
- [2] 赵慧芬,栾运芳,冯西博. 不同农艺措施对西藏春青稞 β -葡聚糖含量的影响[J]. 麦类作物学报,2008,25(5):888-892.
- [3] 汪军妹,巫小建,岳文浩,等. 裸大麦新品种——米麦 09109 [J]. 大麦与谷类科学,2020,37(4):58-60.
- [4] 魏亚凤,李波,陈惠,等. 优质杂粮‘苏裸麦 2 号’的选育及其产业化应用[J]. 农学学报,2020,10(5):10-14.
- [5] 乔海龙,杨启东,陈健,等. 大麦 β -葡聚糖的研究现状与展望[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):4-7.
- [6] 冯春富. 海归王为箴:“发现”大麦极品——江苏元麦[J]. 华人时刊,2015(4):31-33.
- [7] KUMAR D,NARWAL S,VIRANI S, et al. Barley grain beta glucan enrichment: status and opportunities[M]//GUPTA O P, PANDEY V,NARWAL S,et al. Wheat and Barley Grain Biofortification. Duxford:Elsevier Inc.,2020:295-308.
- [8] 王梦尧. 稻茬过晚播小麦产量形成与稳产栽培调控途径 [D]. 扬州:扬州大学,2021.
- [9] 向莉,苗雨. 播种期对青稞农艺性状及产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(3):34-38.
- [10] 李梅. 播期对强筋小麦品种不同穗(粒)位产量和品质性状的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2020.
- [11] 刘万代,陈现勇,尹钧,等. 播期和密度对冬小麦豫麦 49-198 群体性状和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(3):464-469.
- [12] SHAH F,COULTER J A,YE C, et al. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate[J]. European Journal of Agronomy,2020,119(5):126120.
- [13] 胡文静,程顺和,高致富,等. 晚播条件下小麦籽粒产量、硬度与蛋白质含量对品种、施氮量和密度的响应[J]. 江苏农业学报,2018,34(2):245-250.
- [14] 贾志锋,马祥,琚泽亮,等. 氮肥与播种量互作对燕麦穗

- 部性状及种子产量的影响[J]. 草原与草坪,2021,41(4):120-127.
- [15] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定:GB 5009.88—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [17] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定:GB 5009.82—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定:GB 5009.9—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [19] 南通市质量技术监督局. 晚播裸大麦栽培技术规程:DB 3206/380—2015[S]. 南通:南通市质量技术监督局,2015.
- [20] 李振东,龙梦千,郭溶誉,等. 晚播对低氮处理下苦荞早衰及产量形成的影响[J/OL]. 分子植物育种,2021. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210712.1013.002.html>.
- [21] 栗鑫鑫. 播期对麦油两熟制花生生育特性、产量和品质的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2018.
- [22] 李玲,马骏,远晓,等. 不同播期播量对扬麦 23 生育期及农艺性状的影响[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(2):30-32.
- [23] 杨佳凤. 稻茬晚播小麦高产群体形成特性与密肥调控[D]. 扬州:扬州大学,2014.
- [24] 张世全,张从宇,肖新. 栽培因子对黑小麦产量与品质的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(26):48-50.
- [25] 潘玉良,熊圣国,郭晨成,等. 晚播小麦生育特点及适宜密度研究[J]. 大麦与谷类科学,2011(3):25-30.
- [26] 张金汕,董庆国,方伏荣,等. 种植密度和施氮量对啤酒大麦生长、产量及品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2016,21(9):23-32.
- [27] 朱婷婷,娄运生,黄岩. UV-B 辐射增强及种植密度对大麦生长发育的影响[J]. 江苏农业学报,2013,29(2):254-260.
- [28] 郝邵琳. 第七营养素——膳食纤维[J]. 食品与药品,2005(3):65-67.
- [29] 阚建全,洪晴悦. 青稞生物活性成分及其生理功能研究进展[J]. 食品科学技术学报,2020,38(6):11-20.
- [30] 王蕾,王悦,严宗山,等. 大麦籽粒淀粉和 β -葡聚糖积累特性研究[J]. 作物杂志,2020(2):119-124.
- [31] 黄业昌. 影响啤酒大麦产量和籽粒品质的关键栽培因子研究[D]. 杭州:浙江大学,2013.
- [32] 贾志锋. 栽培措施对裸燕麦产量和种子品质的影响研究[D]. 西宁:青海大学,2007.
- [33] EMERSON G A, EVANS H M. The bioassay of vitamin E[J]. The Journal of Nutrition,1943:469-476.
- [34] 张玉红,巴桑玉珍,寿建昕,等. 不同基因型大麦品种大麦油及其母育酚含量的变异规律[J]. 麦类作物学报,2007,27(4):721-724.
- [35] 张帅,吴昆仑,姚晓华,等. 不同粒色青稞营养品质与抗氧化活性物质差异性分析[J]. 青海大学学报,2017,35(2):19-27.
- [36] 栾运芳,赵慧芬,王建林,等. 施肥和播期对西藏青稞维生素 E 含量的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):685-689.
- [37] 刘焕成,曹广禄,鹿娜,等. 大豆维生素 E 含量与农艺性状及品质性状的相关性分析[J]. 大豆科学,2018,37(2):224-230.
- [38] 林志玲,朱铁霞,李天琦,等. 种植密度对科尔沁沙地饲用燕麦产量和品质的影响[J]. 草地学报,2019,27(3):760-765.
- [39] 王雪莱,郭潇潇,于崧,等. 不同密度水平对裸燕麦 (*Avena nuda*) 光合特性、产量及品质的影响[J]. 分子植物育种,2020,18(23):7943-7952.
- [40] 宋展树,曹东,任盼荣,等. 种植密度对啤酒大麦品质和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2015,35(11):1597-1602.
- [41] 刘迪迪. 密度对小麦开花期糖花比及籽粒灌浆的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [42] 屈会娟,李金才,沈学善,等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J]. 作物学报,2009,35(1):124-131.
- [43] 赵准,李剑,宋瑞娇,等. 不同种植密度对大麦产量和青贮品质的影响[J]. 作物杂志,2020(1):110-116.
- [44] 魏亚凤,刘建,汪波,等. 江苏沿江地区裸大麦品种的产量及其品质性状的差异性分析[J]. 中国农学通报,2017,33(35):6-11.
- [45] 冯学颖,米俊珍,刘景辉,等. 宽幅条播和种植密度对燕麦抗倒伏性及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2021,41(7):914-920.
- [46] 邵庆勤,周琴,王笑,等. 种植密度对不同小麦品种茎秆形态特征、化学成分及抗倒性能的影响[J]. 南京农业大学学报,2018,41(5):808-816.

Effects of Sowing Density on the Yield and Quality of Extremely Late-sown Hulless Barley

SHI Xiao-xu, YANG Mei-ying, LIU Hai-cui, LI Ying, WEI Ya-feng, HAN Xiao, SHI Lyu, XUE Ya-guang, LIU Jian
(Jiangsu Yanjiang Area Institute of Agricultural Sciences, Nantong 226541, China)

Abstract: To determine an appropriate sowing density for extremely late-sown hulless barley, this study assessed the effects of sowing density on plant height, yield, and grain quality of extremely late-sown hulless barley in a field trial. Five sowing densities were set as follows: 150.0, 187.5, 225.0, 262.5, 300.0 kg/hm². With elevating sowing density, hulless barley showed increases in plant height, yield, and dietary fiber content in grain; but reductions in 1 000 grain weight and β -glucan content in grain. Furthermore, sowing density had very significant ($P < 0.01$) positive correlations with plant height, effective panicle number, grain number per panicle, yield, and dietary fiber content in grain; and had a significant ($P < 0.05$) positive correlation with vitamin E content in grain; but had very significant ($P < 0.01$) negative correlations with spike length, 1 000 grain weight, and β -glucan and crude protein contents in grain. In the treatment with the sowing density of 262.50 kg/hm², the yield reached 4.21×10^3 kg/hm²; and the contents of dietary fiber, β -glucan, crude protein, vitamin E, and total starch in grain were 26.02%, 3.84%, 113.69 g/kg, 4.30×10^{-3} g/kg, 47.91%, respectively. Therefore, the optimal sowing density for extremely late-sown hulless barley is 262.50 kg/hm², which is favorable for improving yield and grain quality. This study provides a theoretical basis for attaining stable yield and high quality of extremely late-sown hulless barley.

Key Words: Extremely late sowing; Hulless barley; Sowing rate; Yield; Quality

(上接第 13 页)

Volatile Substances in Flours of Nine New Wheat Varieties of Xumai Series

LIU Li-wei, FENG Guo-hua, LIU Dong-tao, WANG Jing, ZHANG Hui-yun, MA Hong-bo, LIU Jing, YI Yuan,
ZHU Xue-cheng, ZHANG Na
(Xuzhou Institute of Agricultural Sciences in Jiangsu Xuhuai Area, Xuzhou 221131, China)

Abstract: The headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) were used to identify volatile components in flours of nine different wheat varieties. The results showed that these flours contained a total of 69 volatile substances consisting of 10 alcohols, 4 aldehydes, 11 esters, 32 alkanes, 6 alkenes, 2 benzenes, 2 organic acids, and 2 heterocyclic compounds. Among the nine wheat varieties, Xumai 2023 and Xumai 39 were shown to have the largest (42) and the smallest number (20) of volatile substances, respectively. Moreover, seven volatile substances were shared by the flours of the nine wheat varieties, namely ethanol, o-dichlorobenzene, undecane, nonanal, dodecane, tridecane, and β -cedarene; and their content accounts for more than 50% (54.23%~78.71%) of the total content of the volatile substances. In all tested wheat flours, alcohols predominated in the volatile substances, constituting 58.73%~83.58% of their content. The interactions of the volatile substances result in similar and distinct flavors of flours of these different wheat varieties.

Key Words: Wheat; Flour; HS-SPME-GC/MS; Flavor substance