

朱正斌,沈雪林,夏肆锋,等. 播量和肥料运筹对强筋小麦镇麦 12 号产量及抗倒性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):64-69.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.02.014

播量和肥料运筹对强筋小麦镇麦 12 号 产量及抗倒性的影响

朱正斌,沈雪林,夏肆锋,邹鑫,曹敏旭,戴华军,周建明,林一波

(江苏省苏州市种子管理站,江苏苏州 215009)

摘要:为了适应农业供给侧结构性改革,调整小麦品种布局,扩大优质专用小麦品种种植面积,促进强筋小麦新品种镇麦 12 号的推广应用,设置 3 因素裂区试验,以播量为主区,施肥量为副区,施肥比例为裂区,分析镇麦 12 号的苗穗动态、穗部性状、产量性状特征以及产量形成关键因素和抗倒能力,探索镇麦 12 号的最佳栽培技术。结果表明,有效穗数是影响镇麦 12 号产量的关键因素,通过提高播量或增加施肥量可有效提高基本苗,获得较高的高峰苗,从而提高有效穗数。结合不同处理的抗倒伏能力,提出苏州北部沿江沙壤土地区在播量为 228.15 kg/hm² 的条件下施氮 300 kg/hm² 或在播量为 202.80 kg/hm² 的条件下施氮 360 kg/hm²,南部环太湖黏土地区在播量为 202.80 kg/hm² 的条件下施氮 300 kg/hm² 或在播量为 177.45 kg/hm² 的条件下施氮 360 kg/hm²,施氮比例采用基肥:苗肥:拔节肥:孕穗肥=5:1:2:2(基肥:拔节孕穗肥=6:4),按照 N:P₂O₅:K₂O=1:0.5:0.8,配合施用磷酸钾肥。

关键词:强筋小麦;产量构成;裂区试验;播种量;肥料运筹;抗倒性

中图分类号: S352.2;S512.104

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2019)02-0064-05

江苏省苏州市属于经济发达地区,随着市民生活水平的提高,特别是受年轻消费群体带动,早餐食品由传统的馒头、包子+豆浆逐步转变为面包、饼干+牛奶。然而,目前国内市场上与其相应的中筋小麦生产过剩,优质强筋或弱筋专用小麦供应不足,进口需求量较大^[1-2]。2017 年中央一号文件指出“农业的主要矛盾由总量不足转变为结构性矛盾,突出表现为阶段性供过于求和供给不足并存,矛盾的主要方面在供给侧”“粮食作物要稳定水稻、小麦生产,确保口粮绝对安全,重点发展优质稻米和强筋弱筋小麦”。小麦是苏州市仅次于水稻的第二大粮食作物,近年来的年均种植面积均维持在 6 万~7 万 hm² 左右,以种植中筋小麦品种扬麦 16 号为当家品种。扬麦 16 号于 2004 年通过审定,在其生产应用之初,由于其熟期早、熟相好、穗大粒多、稳产性好等优点而深受苏州市广大小麦种植户的喜爱,但是随着应用年限的增长,其种性退化严重,表现为穗层高低不齐、小穗明显增多、抗病性和抗倒性变差,因而在生产上亟需新的小麦替代品种^[3-5]。近年来,江苏省小麦育种整体科研实力进步明显,新育成的小麦品种无论是在产量上还是品质上都有了质的提升^[6],尤其是育成了以镇麦 12 号为代表的优质强筋小麦新品种,为苏州市小麦产业品种结构调优,以及在新一轮品种更替中发展优质强筋专用小麦提供了品种基础。镇麦 12 号,原名镇 10216,由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所于 2010 年育成,2015 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定(审定号:苏审麦

201501),属春性中熟小麦品种。笔者发现,在区域试验和生产试验中,不同试点镇麦 12 号的产量结果差异较大,有效穗数多的试点产量水平普遍高于穗数不足的试点,这可能与其粒质量高、分蘖性中等偏弱导致部分试点播量不足、苗数偏少有关,因此,播量或是影响其产量的关键因子。另外,镇麦 12 号具有茎秆粗壮、耐肥抗倒的特性,施肥抑或会对其产量形成有重要影响。为探明上述观点,本研究通过设置 3 因素裂区试验,以播量为主区、施肥量为副区、施肥比例为裂区,分析镇麦 12 号的产量构成和抗倒性,以期探索适合镇麦 12 号的最佳栽培技术,从而促进镇麦 12 号在苏州市的大面积生产应用。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

本试验于 2016—2017 年在苏州市种子管理站农作物品种试验示范园试验田进行,土壤为黏土,肥力中上等。供试品种为镇麦 12 号。试验采用 3 因素裂区试验,小区面积为 13.33 m²,采用人工拉线条播,行距为 25 cm,四周设保护行,重复 3 次。主区 A 因素为播量,设 A₁、A₂、A₃ 等 3 个处理,A₁ 处理预期基本苗数为 210 万株/hm²,A₂ 处理预期基本苗数为 240 万株/hm²,A₃ 处理预期基本苗数为 270 万株/hm²,根据麦种千粒质量(52.4 g)、发芽率(88.6%)和预估出苗率(70%)测算得出 A₁ 处理播种量为 177.45 kg/hm²,A₂ 处理播种量为 202.80 kg/hm²,A₃ 处理播种量为 228.15 kg/hm²,播前对各小区每行的播量进行精确计算和称量;副区因素 B 为施肥量,设 B₁、B₂ 和 B₃ 等 3 个处理,配比施用 48% 白俄罗斯氯基氮磷酸钾复合肥、总氮量≥46.4% 的四川美丰尿素和氧化钾含量≥60% 的原产国为加拿大的中化氯化钾(16:16:16),B₁ 处理施氮 240 kg/hm²,B₂ 处理施氮 300 kg/hm²,B₃ 处理施氮 360 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O=1:0.5:0.8;裂区因素 C 为施

收稿日期:2017-09-10

基金项目:江苏省苏州市科技局基础类研究项目(编号:SZP201313)。

作者简介:朱正斌(1983—),男,江苏海安人,硕士研究生,农艺师,主要从事稻麦油新品种试验、示范及推广管理工作。Tel:(0512) 66296673;E-mail:jielinren@126.com。

氮比例,设 2 个处理 C₁ 和 C₂,基肥:苗肥:拔节肥:孕穗肥
分别为 5:1:2:2 和 3:1:4:2(即基肥:拔节孕穗肥分
别为 6:4 和 4:6),将不同处理的磷肥、钾肥施用比例固定,
仅作基肥、拔节肥施用,基肥:拔节肥分别为 6:4 和 3:5。
具体肥料施用情况见表 1。本试验于 2016 年 11 月 10 日播
种,2017 年 5 月 27 日收获。

表 1 副区 B 和裂区 C 各处理的肥料运筹

处理	基肥用量(kg/hm ²)			拔节孕穗肥用量(kg/hm ²)			
	基肥 (2016 年 11 月 9 日施用)		分穗肥 (2016 年 11 月 29 日施用)	拔节肥 (2017 年 2 月 24 日施用)			孕穗肥 (2017 年 3 月 3 日施用)
	复合肥	尿素	尿素	复合肥	尿素	钾肥	尿素
B ₁ × C ₁	450.00	103.50	51.75	300.00	—	120.00	103.50
B ₂ × C ₁	562.50	129.30	64.65	375.00	—	150.00	129.30
B ₃ × C ₁	675.00	155.10	77.55	450.00	—	180.00	155.10
B ₁ × C ₂	450.00	—	51.75	300.00	103.50	120.00	103.50
B ₂ × C ₂	562.50	—	64.65	375.00	129.30	150.00	129.30
B ₃ × C ₂	675.00	—	77.55	450.00	155.10	180.00	155.10

1.2 主要测定项目

1.2.1 苗穗动态的调查 于 2.5 叶期调查基本苗数,定点
1 m²(1 m×4 行)调查计数,折合成单位面积苗数,根据播量
计算出苗率。在拔节前分蘖数达到高峰时调查高峰苗数,调
查和计算方式同基本苗数,并计算分蘖率。

1.2.2 穗部性状及产量性状的调查 成熟后从小区中部割
取 1 m²(1 m×4 行)麦穗,调查穗数、平均穗长、单穗结实小穗
数、单穗不实小穗数(指平均每穗上不结实小穗的数量),计
算单位面积有效穗数、成穗率、单株成穗数和小穗着生密度。
将麦穗风干后脱粒,测定样本质量、千粒质量,计算单结实小
穗粒数(指平均单个结实小穗的籽粒数)、单穗实粒数和理论
产量。收获后小区实收测产。

1.2.3 抗倒性的调查 收获前调查不同处理的最终倒伏比
例和倒伏程度。倒伏比例为不同处理 3 个重复小区倒伏面积
占比的平均值。倒伏程度按照以下标准记录:0 级,无倒伏或
倾斜发生;1 级,植株与地面的角度呈 45°及以上;2 级,植株
与地面的角度呈 45°以下;3 级,植株贴地。

1.3 统计分析

采用 Excel 和 DPS 进行数据整理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理镇麦 12 号的苗穗动态特征分析

由表 2 可知,虽然 A 因素播量 3 个处理 A₁、A₂、A₃ 分别
预设基本苗数为 210 万、240 万、270 万株/hm²,但是由于田间

表 2 不同处理镇麦 12 号的苗穗动态

处理	水平	基本苗数 (万株/hm ²)	出苗率 (%)	高峰苗数 (万株/hm ²)	分蘖率 (%)	成穗率 (%)	单株成穗数 (穗)
播量(A)	A ₁	226.08cC	75.36aA	819.6cC	362.5aA	50.83aA	1.843aA
	A ₂	253.80bB	74.03bB	914.0bB	360.1bAB	49.33bB	1.776bB
	A ₃	280.50aA	72.72cC	1 002.6aA	357.4cB	48.14cC	1.721cC
施肥量(B)	B ₁	249.68cC	72.93cC	892.2cC	357.5bB	47.20cC	1.688cC
	B ₂	253.55bB	74.06bB	913.1bB	360.3aAB	49.96bB	1.800bB
	B ₃	257.15aA	75.11aA	930.7aA	362.1aA	51.14aA	1.852aA
施氮比例(C)	C ₁	252.00bB	73.61bB	907.2bB	360.1aA	48.75bB	1.756bB
	C ₂	254.92aA	74.46aA	916.8aA	359.8aA	50.12aA	1.804aA
播量×施肥量×施氮比例(A×B×C)	T ₁ :A ₁ ×B ₁ ×C ₁	221.10aM	73.70fgFG	796.3lK	360.1abcA	46.82hiI	1.686jklKL
	T ₂ :A ₁ ×B ₁ ×C ₂	224.40nL	74.80deE	807.8klJK	359.9abcA	48.70gFGH	1.753hiHI
	T ₃ :A ₁ ×B ₂ ×C ₁	224.85nL	74.95dDE	816.0jkIJK	362.9aA	50.20efDEF	1.820deEF
	T ₄ :A ₁ ×B ₂ ×C ₂	227.40mK	75.80bBC	824.7ijHIJ	362.6abA	52.02bcBC	1.886cC
	T ₅ :A ₁ ×B ₃ ×C ₁	228.45lK	76.15bB	833.2iHI	364.7aA	52.61bB	1.919bB
	T ₆ :A ₁ ×B ₃ ×C ₂	230.25kJ	76.75aA	839.5iH	364.6aA	54.61aA	1.991aA
	T ₇ :A ₂ ×B ₁ ×C ₁	247.95jI	72.32iH	887.2hG	357.8abcA	46.87hiI	1.677klKL
	T ₈ :A ₂ ×B ₁ ×C ₂	252.00iH	73.50ghFG	900.8ghFG	357.4abcA	47.53hHI	1.698jkKL
	T ₉ :A ₂ ×B ₂ ×C ₁	252.30iH	73.59ghFG	909.8fgEF	360.6abcA	49.18fEFG	1.773ghGH
	T ₁₀ :A ₂ ×B ₂ ×C ₂	255.45hG	74.51eE	920.4efDEF	360.3abcA	50.21efDEF	1.808efEF
	T ₁₁ :A ₂ ×B ₃ ×C ₁	256.65gG	74.86deE	930.0eDE	362.3abA	50.69deCDE	1.837dDE
	T ₁₂ :A ₂ ×B ₃ ×C ₂	258.45fF	75.38cCD	935.9eD	362.1abcA	51.50cdBCD	1.865cCD
	T ₁₃ :A ₃ ×B ₁ ×C ₁	274.05eE	71.05jI	973.6dC	355.3bcA	46.24iI	1.643mM
	T ₁₄ :A ₃ ×B ₁ ×C ₂	278.55dD	72.22iH	987.9cdBC	354.7cA	47.04hiI	1.668iLM
	T ₁₅ :A ₃ ×B ₂ ×C ₁	278.85dD	72.29iH	998.2bcB	358.0abcA	48.58gGH	1.739iIJ
	T ₁₆ :A ₃ ×B ₂ ×C ₂	282.45cC	73.23hG	1 009.8abAB	357.5abcA	49.60efGFG	1.772ghGH
	T ₁₇ :A ₃ ×B ₃ ×C ₁	283.80bB	73.58ghFG	1 021.0aA	359.7abcA	47.53hHI	1.710jJK
	T ₁₈ :A ₃ ×B ₃ ×C ₂	285.30aA	73.97fF	1 024.9aA	359.2abcA	49.87efEFG	1.792fgFG

注:同列、同一类数据后标有不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。表 3、表 4 同。

出苗率高于预期的 70%,因此 A 因素各处理的基本苗数均高于预设值。随着播量增加,各处理的基本苗数表现为 $A_1 < A_2 < A_3$,处理间差异极显著,但是出苗率表现为 $A_1 > A_2 > A_3$,处理间差异极显著;随着施肥量增加,出苗率极显著提高,从而使得基本苗数极显著增加;随着氮肥施用后移,可极显著提高出苗率、基本苗数,可能与 C_1 处理的基肥施用尿素对出苗率有负作用有关。从分蘖性看,随着播量增加,高峰苗数表现为 $A_1 < A_2 < A_3$,处理间差异极显著,但对于分蘖率而言,随着播量增加,分蘖率降低,表现为 $A_1 > A_2 > A_3$,处理间差异显著,且 A_1 与 A_3 处理之间差异极显著;随着施肥量增加,分蘖率有所提高, B_1 处理施加 240 kg/hm² 纯氮的分蘖率极显著低于 B_2 处理(施加 300 kg/hm²)和 B_3 处理(施加 360 kg/hm²), B_2 和 B_3 处理之间差异不显著,高峰苗数表现为 $B_1 < B_2 < B_3$,处理间差异极显著;随着氮肥施用后移,分蘖率略有降低,但差异不显著,高峰苗数表现为 $C_1 < C_2$,处理间差异极显著。从成穗性看,随着播量增加,单株成穗数和成穗率均极显著降低;随着施肥量增加,单株成穗数和成穗率均极显著增加;随着氮肥施用后移,单株成穗数和成穗率亦均极显著增加。从上述结果看出,虽然增加播量,出苗率、分蘖率、成穗率、单株成穗数均极显著或显著降低,但是提高播量仍然可以提高基本苗、高峰苗和全田穗数;随着施肥量增加,出苗率、分蘖率、成穗率、单株成穗数均极显著或显著增加,能够提高

镇麦 12 号的穗数;氮肥施用后移可以提高出苗率、成穗率和单株成穗数,从而提高全田穗数。

2.2 不同处理镇麦 12 号的穗部性状特征分析

由表 3 可以看出,随着播量增加,镇麦 12 号平均穗长、单穗结实小穗数、单结实小穗粒数均极显著或显著减少,小穗着生密度极显著增加,单穗不实小穗数亦逐渐增多,但 A_1 与 A_2 处理间差异不显著, A_3 处理与 A_1 、 A_2 处理间的差异均极显著;就施肥量而言,平均穗长、单穗结实小穗数、单结实小穗粒数以 B_2 处理(施 300 kg/hm²)最高, B_3 处理次之, B_1 处理最低,且处理间差异极显著,单穗不实小穗数随施肥量增加而极显著增加,小穗着生密度以 B_1 处理最高,且与 B_3 处理间差异显著, B_2 处理最低,与 B_3 处理间差异极显著;就施氮比例而言,随着氮肥施用后移,平均穗长、单穗结实小穗数、单穗不实小穗数和单结实小穗粒数均表现为 $C_1 > C_2$,且处理间差异极显著,小穗着生密度表现为 $C_1 < C_2$,处理间差异极显著。从上述结果看出,随着播量增加,穗型变小,单结实小穗粒数变少,不实小穗数增多,施肥量的增加对穗型有一定的促进作用,但是施肥过量或施氮量后移,会导致苗数、穗数极显著增加,反而影响穗型。结合表 2 的结果,选择适中的播量和施肥量,调整前后氮素的施用比例,可以较好地协调全田穗数和单穗粒数的关系。

表 3 不同处理镇麦 12 号的穗部性状

处理	水平	平均穗长 (cm)	单穗结实小穗数 (穗)	单穗不实小穗数 (穗)	小穗着生 密度(个/cm)	单结实小穗粒数 (粒)
播量(A)	A_1	8.733aA	17.64aA	2.018bB	2.252cC	1.923aA
	A_2	8.232bB	17.05bB	2.035bB	2.319bB	1.869bB
	A_3	7.933cC	16.65cC	2.102aA	2.365aA	1.847cB
施肥量(B)	B_1	8.041cC	16.77cC	1.986cC	2.336aA	1.851cC
	B_2	8.536aA	17.39aA	2.070bB	2.282cB	1.908aA
	B_3	8.322bB	17.18bB	2.099aA	2.319bA	1.880bB
施氮比例(C)	C_1	8.371aA	17.22aA	2.059aA	2.307bB	1.893aA
	C_2	8.228bB	17.00bB	2.044bB	2.317aA	1.867bB
播量×施肥量×施氮比例(A×B×C)	$T_1:A_1 \times B_1 \times C_1$	8.833bB	17.86aAB	1.972iI	2.245eFG	1.931bB
	$T_2:A_1 \times B_1 \times C_2$	8.463dDE	17.30eD	1.926jJ	2.271dEFG	1.904bcdeBCD
	$T_3:A_1 \times B_2 \times C_1$	9.127aA	18.01aA	2.075dD	2.201fH	1.993aA
	$T_4:A_1 \times B_2 \times C_2$	8.770bB	17.64bcBC	2.018gH	2.242eFG	1.923bcBC
	$T_5:A_1 \times B_3 \times C_1$	8.823bB	17.69bBC	2.069deDE	2.239eG	1.918bcdBCD
	$T_6:A_1 \times B_3 \times C_2$	8.383efEF	17.35deD	2.047IEFG	2.314cC	1.869efDEFG
	$T_7:A_2 \times B_1 \times C_1$	7.827kJ	16.47hiGH	1.987hiI	2.358bB	1.818ghH
	$T_8:A_2 \times B_1 \times C_2$	7.857jkJ	16.52hiGH	1.994hI	2.356bB	1.832ghFGH
	$T_9:A_2 \times B_2 \times C_1$	8.373fF	17.31eD	2.043IFG	2.311cCD	1.887cdeBCDE
	$T_{10}:A_2 \times B_2 \times C_2$	8.543cCD	17.39deD	2.057efDEF	2.276dDEF	1.903bcdeBCD
	$T_{11}:A_2 \times B_3 \times C_1$	8.237gG	17.08fE	2.025gGH	2.319cC	1.880deCDEF
	$T_{12}:A_2 \times B_3 \times C_2$	8.553cC	17.50cdCD	2.102cC	2.292cdCDE	1.893cdeBCD
	$T_{13}:A_3 \times B_1 \times C_1$	7.657lK	16.37iH	2.054efDEF	2.406aA	1.822ghGH
	$T_{14}:A_3 \times B_1 \times C_2$	7.610lK	16.10jI	1.981hiI	2.376bAB	1.800hH
	$T_{15}:A_3 \times B_2 \times C_1$	8.440deEF	17.33deD	2.128bB	2.306cCDE	1.898bcdeBCD
	$T_{16}:A_3 \times B_2 \times C_2$	7.960iHI	16.64hG	2.100cC	2.354bB	1.843fgEFGH
	$T_{17}:A_3 \times B_3 \times C_1$	8.023hH	16.86gF	2.183aA	2.374bAB	1.888cdeBCDE
	$T_{18}:A_3 \times B_3 \times C_2$	7.910ijIJ	16.60hGH	2.170aA	2.373bAB	1.835fghFGH

2.3 不同处理镇麦 12 号的产量性状特征分析

从表 4 可以看出,随着播量增加,小区实产极显著增加,其构成因素穗数、单穗实粒数、千粒质量在各处理间的差异均

达到极显著水平,穗数是播量提高从而使得产量提高的关键因素,单穗实粒数和千粒质量与产量呈负相关,理论产量与小区实产的相关性一致。随着施肥量增加,小区实产亦极显著

增加,穗数仍为施肥量增加从而使产量提高的关键因素,但 B₂ 处理的理论产量最高,与 B₃ 处理间差异达显著水平,这源于 B₂ 处理的单穗实粒数极显著高于 B₃ 处理,从绝对数值看,无论是小区实产还是理论产量,B₁ 与 B₂、B₃ 处理的差值较大,说明 B₁ 处理施氮 240 kg/hm² 对产量形成极为不利,不能充分满足镇麦 12 号的需肥量。随着氮肥后移,小区实产和理论产量表现为 C₁ > C₂,且处理间差异极显著,虽然 C₂ 处理的

穗数极显著高于 C₁ 处理,但单穗实粒数和千粒质量对产量形成发挥了决定性的正效应。从播量、施肥量、施氮比例三者的互作效应看,T₁₅ 处理小区实产和理论产量最高,说明播量为 228.15 kg/hm²、施氮量为 300 kg/hm²、基肥:苗肥:拔节肥:孕穗肥=5:1:2:2 的条件能够较好地协调穗数、单穗实粒数和千粒质量的关系,获得高产。

表 4 不同处理镇麦 12 号的产量及其构成因素

处理	水平	小区实产 (kg)	有效穗数 (万穗/hm ²)	单穗实粒数 (粒)	千粒质量 (g)	理论产量 (t/hm ²)
播量(A)	A ₁	8.911cC	416.9cC	33.93aA	57.02aA	8.051cB
	A ₂	8.991bB	451.1bB	31.86bB	56.47bB	8.117bB
	A ₃	9.237aA	482.8aA	30.77cC	55.80cC	8.284aA
施肥量(B)	B ₁	8.395cC	420.8cC	31.07cC	57.65aA	7.501cB
	B ₂	9.339bB	455.5bB	33.19aA	56.38bB	8.497aA
	B ₃	9.406aA	474.4aA	32.31bB	55.26cC	8.454bA
施氮比例(C)	C ₁	9.085aA	441.7bB	32.62aA	56.95aA	8.179aA
	C ₂	9.008bB	458.8aA	31.76bB	55.91bB	8.123bB
播量×施肥量×施氮比例(A×B×C)	T ₁ :A ₁ ×B ₁ ×C ₁	8.242kJ	372.8mK	34.49bB	58.40aA	7.509jHI
	T ₂ :A ₁ ×B ₁ ×C ₂	8.213kJ	393.3lJ	32.92deCD	57.42bB	7.435jkl
	T ₃ :A ₁ ×B ₂ ×C ₁	9.200ghGH	409.3kI	35.91aA	57.23bB	8.410deDE
	T ₄ :A ₁ ×B ₂ ×C ₂	9.155hH	429.0iH	33.93cB	56.49deCD	8.222gF
	T ₅ :A ₁ ×B ₃ ×C ₁	9.358cdCDE	438.3hG	33.91cB	56.53cdeCD	8.402deDE
	T ₆ :A ₁ ×B ₃ ×C ₂	9.300defDEFG	458.4fE	32.42fgDE	56.03fDEF	8.327efDEF
	T ₇ :A ₂ ×B ₁ ×C ₁	8.207kJ	415.8jI	29.94jHI	58.27aA	7.253lJ
	T ₈ :A ₂ ×B ₁ ×C ₂	8.237kJ	428.0iH	30.25ijGHI	57.22bB	7.406kI
	T ₉ :A ₂ ×B ₂ ×C ₁	9.258efgEFGH	447.3gF	32.67efCDE	56.97bcBC	8.324efDEF
	T ₁₀ :A ₂ ×B ₂ ×C ₂	9.323deCDEF	462.0eFE	33.09deC	56.11efDE	8.576cBC
	T ₁₁ :A ₂ ×B ₃ ×C ₁	9.417cBC	471.4dD	32.10ghEF	55.86fgEF	8.451dCD
	T ₁₂ :A ₂ ×B ₃ ×C ₂	9.505bB	482.0cC	33.14dC	54.43hG	8.693bB
	T ₁₃ :A ₃ ×B ₁ ×C ₁	8.780iI	450.2gF	29.82jI	58.02aA	7.787hG
	T ₁₄ :A ₃ ×B ₁ ×C ₂	8.693jI	464.7eDE	28.97kJ	56.58cdCD	7.618iH
	T ₁₅ :A ₃ ×B ₂ ×C ₁	9.688aA	484.9cC	32.90deCD	55.81fgEF	8.905aA
	T ₁₆ :A ₃ ×B ₂ ×C ₂	9.407cBCD	500.7bB	30.66iG	55.66fgEF	8.543cC
	T ₁₇ :A ₃ ×B ₃ ×C ₁	9.615aA	485.3cC	31.83hF	55.48gF	8.569cBC
	T ₁₈ :A ₃ ×B ₃ ×C ₂	9.238fgFGH	511.1aA	30.45iGH	53.23iH	8.284fgEF

2.4 镇麦 12 号产量形成的关键因素分析

通过相关性分析和通径分析研究镇麦 12 号产量形成的关键因素。表 5 的相关分析结果表明,有效穗数与小区实产呈极显著正相关,千粒质量与小区实产呈极显著负相关,每穗粒数与小区实产有一定的正相关性,但未达到显著水平,说明有效穗数是决定镇麦 12 号产量的关键因素。有效穗数与每穗粒数、千粒质量均呈负相关,相关性分别为不显著、极显著,每穗粒数与千粒质量呈正相关,相关性不显著,说明镇麦 12 号产量构成因素之间以相互制约为主。从表 6 的通径分析结果看出,各产量构成因素对小区实产的直接通径系数均为正值,说明在其他因素固定不变的条件下,提高有效穗数、每穗粒数或千粒质量中的任何因素,均能增加小区实产,3 个因素共同决定了小区实产变异的 97%,其中有效穗数对小区实产的直接作用最大,其次为每穗粒数,千粒质量的直接作用最小。表 6 亦表明,有效穗数通过每穗粒数、千粒质量,每穗粒数、千粒质量通过有效穗数对镇麦 12 号产量的间接作用皆有不同程度的负效应,每穗粒数通过千粒质量,千粒质量通过每穗粒数皆有轻度的正效应。通过以上分析可知,在大面积生产中,提高镇麦 12 号产量应主攻有效穗数,可适当降低对每

表 5 镇麦 12 号产量构成因素与小区实产及相互间的相关系数

类别	x ₁ :有效穗数 (万穗/hm ²)	x ₂ :每穗粒数 (粒)	x ₃ :千粒质量 (g)	y:小区实产 (kg)
平均值	450.25	32.19	56.43	9.05
标准差	36.32	1.80	1.27	0.50
相关系数				
变量	x ₁ :有效穗数	x ₂ :每穗粒数	x ₃ :千粒质量	y:小区实产
x ₁ :有效穗数	1.00			
x ₂ :每穗粒数	-0.41	1.00		
x ₃ :千粒质量	-0.84**	0.08	1.00	
y:小区实产	0.73**	0.26	-0.70**	1.00

注:α=0.05 时,r_{临界}=0.47,用*表示达到显著相关;α=0.01 时,r_{临界}=0.59,用**表示达到极显著相关。表 7 同。

表 6 镇麦 12 号产量构成因素对小区实产的通径分析结果

自变量	直接通径系数	间接通径系数			
		合计	→x ₁	→x ₂	→x ₃
x ₁ :有效穗数	1.46	-0.72		-0.34	-0.38
x ₂ :每穗粒数	0.83	-0.56	-0.60		0.04
x ₃ :千粒质量	0.46	-1.15	-1.22	0.07	

注:R²=0.97,剩余通径系数(P_e)=0.18。

穗粒数和千粒质量的要求。

进一步分析对镇麦 12 号有效穗数形成的关键因素,从表 7 的相关分析看出,高峰苗、基本苗与有效穗数呈极显著正相关,成穗率、单株成穗数与有效穗数有一定的正相关性,但未达显著水平,出苗率、分蘖率与有效穗数有一定的负相关性,

但未达显著水平,由此说明,基本苗和高峰苗是影响镇麦 12 号有效穗数的最主要因素。从表 8 可以看出,高峰苗对有效穗数的直接作用最大,基本苗对有效穗数的间接作用最大,且主要是通过高峰苗产生的。由此可见,提高镇麦 12 号的基本苗可有效提高高峰苗,从而获得较高的有效穗数。

表 7 镇麦 12 号苗穗动态特征性状与有效穗数及相互间的相关系数

变量	平均值	标准差	x_1 :基本苗	x_2 :出苗率	x_3 :高峰苗	x_4 :分蘖率	x_5 :成穗率	x_6 :单株成穗数	y :有效穗数
x_1 :基本苗	253.46	22.48	1.00	-0.62**	1.00**	-0.64**	-0.37	-0.42	0.83**
x_2 :出苗率	74.04	1.47		1.00	-0.57*	0.93**	0.89**	0.91**	-0.11
x_3 :高峰苗	912.06	76.53			1.00	-0.59*	-0.32	-0.37	0.86**
x_4 :分蘖率	359.98	2.80				1.00	0.84**	0.88**	-0.15
x_5 :成穗率	49.43	2.22					1.00	1.00**	0.21
x_6 :单株成穗数	1.78	0.09						1.00	0.16
y :有效穗数	450.25	36.32							1.00

表 8 镇麦 12 号苗穗动态特征性状对有效穗数的通径分析

自变量	直接通径系数	间接通径系数					
		合计	$\rightarrow x_1$	$\rightarrow x_2$	$\rightarrow x_3$	$\rightarrow x_4$	$\rightarrow x_5$
x_1 :基本苗	-4.06	4.89		0.01	4.86	0.15	-0.50
x_2 :出苗率	-0.01	-0.11	2.52		-2.78	-0.22	1.18
x_3 :高峰苗	4.87	-4.00	-4.05	0.01		0.14	-0.42
x_4 :分蘖率	-0.23	0.08	2.61	-0.01	-2.86		1.12
x_5 :成穗率	1.32	-1.12	1.52	-0.01	-1.55	-0.20	
x_6 :单株成穗数	-0.88	1.03	1.71	-0.01	-1.78	-0.21	1.32

注: $R^2=0.999\ 4,P_e=0.024\ 4$ 。

2.5 不同处理镇麦 12 号的抗倒伏能力

种植密度和施氮水平增加对小麦的抗倒伏能力有显著的负作用^[7],由表 9 可知,A₁ 各处理的抗倒性最好,其中 T₅、T₆ 处理有轻度倒伏;A₂ 各处理中 T₇ 处理未发生倒伏,T₈、T₉、T₁₀ 处理的倒伏程度较轻,T₁₁ 处理的倒伏程度中等,T₁₂ 处理的倒伏面积较大,倒伏程度较重;A₃ 各处理中 T₁₃ 处理未发生倒伏,T₁₄、T₁₅、T₁₆ 处理的倒伏程度中等,T₁₇、T₁₈ 处理的倒伏程度较重。可见随着播量和施肥量加大,镇麦 12 号的倒伏风险加重,且氮肥后移处理的抗倒性相对变差。

表 9 不同处理镇麦 12 号的抗倒伏能力

处理	倒伏比例(%)	倒伏级别
T ₁ :A ₁ ×B ₁ ×C ₁	0	0
T ₂ :A ₁ ×B ₁ ×C ₂	0	0
T ₃ :A ₁ ×B ₂ ×C ₁	0	0
T ₄ :A ₁ ×B ₂ ×C ₂	0	0
T ₅ :A ₁ ×B ₃ ×C ₁	1.00	2
T ₆ :A ₁ ×B ₃ ×C ₂	2.67	2
T ₇ :A ₂ ×B ₁ ×C ₁	0	0
T ₈ :A ₂ ×B ₁ ×C ₂	0.33	1
T ₉ :A ₂ ×B ₂ ×C ₁	0.67	1
T ₁₀ :A ₂ ×B ₂ ×C ₂	0.67	1
T ₁₁ :A ₂ ×B ₃ ×C ₁	3.67	2
T ₁₂ :A ₂ ×B ₃ ×C ₂	12.00	3
T ₁₃ :A ₃ ×B ₁ ×C ₁	0	0
T ₁₄ :A ₃ ×B ₁ ×C ₂	1.33	2
T ₁₅ :A ₃ ×B ₂ ×C ₁	2.33	2
T ₁₆ :A ₃ ×B ₂ ×C ₂	3.00	2
T ₁₇ :A ₃ ×B ₃ ×C ₁	8.33	3
T ₁₈ :A ₃ ×B ₃ ×C ₂	24.00	3

3 讨论与结论

镇麦 12 号于 2012—2014 年度参加江苏省淮南组小麦区域试验,品质经农业部谷物品质量监督检验测试中心测定,2 年区试测定平均结果如下:容重为 784 g/L,粗蛋白含量为 15.24%,湿面筋含量为 32.9%,稳定时间为 14.1 min,硬度指数为 69.3,是近年来育成的优质强筋小麦新品种。有研究表明,在小麦大田栽培中,多穗型品种对一般肥力的土壤具有较强的适应性,易获得相对稳定的产量,但产量潜力有限^[8-10],大穗型品种的穗粒质量高,产量潜力大,因而无论在育种或栽培上都得到重视,但因其分蘖成穗率低,群体调控难度大,限制了其产量潜力的进一步发挥^[11-12]。由于镇麦 12 号属于典型的大穗型品种,其粒质量高,分蘖性中等偏弱,耐肥性强,在生产应用中按照常规播量和常规施肥易导致穗数不足,从而影响其产量。本研究通过设置播量、施肥量和施氮比例的 3 因素裂区试验,结果显示,播量、施肥量和施氮比例对镇麦 12 号的产量及其构成因素均有极显著影响,最大播量和最高施肥量处理镇麦 12 号的产量水平最高,其中有效穗数是影响镇麦 12 号产量的关键因素,增加播量虽对镇麦 12 号的出苗率、分蘖率和成穗率有负作用,但可有效提高基本苗,从而获得更多的高峰苗和有效穗数,提高施肥量可提高镇麦 12 号的出苗率、分蘖率和成穗率,从而极显著提高有效穗数,从各处理的抗倒伏能力看,播量和施肥量同时增加时,镇麦 12 号的倒伏比例和程度明显增加;基肥:苗肥:拔节肥:孕穗肥为 5:1:2:2 和 3:1:4:2 相比,虽然后者的有效穗数极显著增加,但对单穗实粒数和千粒质量有极显著的负效应,产量水平不及前者,且在高施氮量条件下,后者的倒伏比例明

崔桂彩,付童童,孙川惠,等. 谷胱甘肽调节水稻幼苗根系生长的分子机制[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):69-72.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.02.015

谷胱甘肽调节水稻幼苗根系生长的分子机制

崔桂彩,付童童,孙川惠,宋新华,蔡瑞涛,赵风云

(山东理工大学生命科学院,山东淄博 255049)

摘要:拟用中花 11 水稻 (*Oryza sativa* L.) 分析谷胱甘肽 (glutathione, 简称 GSH) 及其合成抑制剂丁硫氨酸-亚砷亚胺 (buthionine sulfoximine, 简称 BSO) 处理对水稻幼苗根系生长及生长素和细胞周期基因表达的影响。结果表明,在处理 5~9 d 时, GSH 促进了水稻根系, 特别是侧根的形成和生长, 而 BSO 则显著抑制了根系的生长。对用 GSH、BSO 处理 6 d 时的 *DR5-GUS* [*GUS*(β -glucuronidase) 是 β -葡萄糖苷酸酶] 转基因水稻 (以中花 11 号为背景) 分析发现, GSH 加快了生长素在根系的梯度分布, 而 BSO 则延缓了生长素的梯度分布, 引起生长素在初生根根尖的过度积累。从分子水平分析显示, GSH、BSO 处理后 6 d 时, 水稻幼苗根系中分别有 23 个生长素基因 (如 *OsYUCCA7*、*OsPIN1c*、*OsARF1* 和 *OsIAA7* 等) 和 19 个细胞周期基因 (如 *Oryza; CycA3; 1*、*Oryza; CycD4; 2*、*Oryza; CDKC; 2* 和 *Oryza; KRP; 1* 等) 的表达有明显差异。以上试验结果表明, GSH 是调节水稻幼苗根系生长的重要信号分子, 它可能通过影响这些生长素和细胞周期基因的表达及生长素的分布而参与水稻根系生长的调节。

关键词:谷胱甘肽; 生长素基因; 水稻根系; 细胞周期基因

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)02-0069-04

谷胱甘肽 (glutathione, 简称 GSH) 是植物细胞内的主要抗氧化剂和信号分子之一, 在植物的生长发育和抗逆过程中

收稿日期: 2017-09-13

基金项目: 山东省自然科学基金 (编号: ZR2015CL009、ZR2014DM010);

山东省淄博市科技发展计划 (编号: 111089、113106)。

作者简介: 崔桂彩 (1997—), 女, 山东临沂人, 研究方向为植物分子生物学。E-mail: 1795320202@qq.com。

通信作者: 赵风云, 博士, 教授, 主要从事分子生物学研究。E-mail: zfy1226@126.com。

显著提高。本试验由于田间沟系密布, 排水畅通, 管理精细, 因此各试验小区倒伏相对较轻, 镇麦 12 号在大面积应用时, 在追求高产的同时应充分考虑倒伏的风险, 选择适合的播量和施肥量。建议苏州北部沿长江沙土地地区在播量为 228.15 kg/hm² 的条件下施氮 300 kg/hm² 或在播量为 202.80 kg/hm² 的条件下施氮 360 kg/hm², 南部环太湖黏土地区在播量为 202.80 kg/hm² 的条件下施氮 300 kg/hm² 或在播量为 177.45 kg/hm² 的条件下施氮 360 kg/hm²。由于 2017 年小麦生长中后期的特殊气候条件, 小麦千粒质量较常年偏高, 需要对气候正常年份镇麦 12 号千粒质量位于正常范围内不同处理因素之间的差异情况进行进一步验证, 计划下一正季在张家港、常熟、太仓沿长江沙土和昆山、吴中、吴江环太湖黏土地区选择播量和施肥量的优良组合对镇麦 12 号进行扩大示范种植和技术优化, 以促进镇麦 12 号在全市的推广应用。

致谢: 感谢林一波推广研究员对本文的指导!

参考文献:

[1] 陆成彬, 程顺和, 张伯桥, 等. 高产抗倒弱筋小麦扬麦 15 选育与高产栽培技术研究[J]. 农业科技通讯, 2006(12): 23-24.

有重要的调节作用^[1]。研究表明, GSH 可以促进番茄再生根的形成, 但是会抑制其伸长生长, 此外, GSH 合成抑制剂丁硫氨酸-亚砷亚胺 (buthionine sulfoximine, 简称 BSO) 也会抑制再生根的伸长生长, 而对再生根的数量没有明显影响^[2]。进一步的研究发现, 在培养基中添加生长素会明显提高再生根中的 GSH 水平, 从而抑制根的生长, 说明在器官形成过程中生长素和 GSH 之间存在一定的联系。BSO 阻滞拟南芥初生根的生长, 抑制其生长素运输基因 *PIN1*、*PIN2*、*PIN7* 的表达和生长素在根尖的积累^[1], 但是对不定根的 *PIN1* 表达无影

[2] 乐冬. 强筋小麦的崛起之路[J]. 新农业, 2016(20): 49.

[3] 陆成彬, 程顺和, 张伯桥, 等. 优质中筋小麦新品种扬麦 16 特征特性与高产栽培技术[J]. 江苏农业科学, 2006(3): 112.

[4] 缪金国. 扬麦 16 号在张家港市的表现及高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2007(5): 26.

[5] 徐才丰, 吴福观, 林忠成, 等. “扬麦 16 号”在吴江地区的种植表现及高产栽培技术[J]. 上海农业科技, 2014(2): 57.

[6] 冷苏凤, 李燕, 许明, 等. 江苏省小麦育种现状及建议[J]. 农业科技通讯, 2011(5): 5-8.

[7] 王成雨, 代兴龙, 石玉华, 等. 氮肥水平和种植密度对冬小麦茎秆抗倒性能的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(1): 121-128.

[8] 朱云集, 郭天财, 王晨阳, 等. 两种穗型冬小麦品种产量形成特点及超高产关键栽培技术研究[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(1): 82-86.

[9] 王志芬, 吴科, 宋良增, 等. 山东省不同穗型超高产小麦产量构成因素分析与选择思路[J]. 山东农业科学, 2001(4): 6-8.

[10] 崔金梅, 朱旭彤, 高瑞玲. 不同栽培条件下小麦小花分化动态及提高结实率的研究[J]. 河南农业大学学报, 1979(2): 69-73.

[11] 朱云集, 郭汝礼, 郭天财, 等. 两种穗型冬小麦品种分蘖成穗与内源激素之间关系的研究[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 783-788.

[12] 朱云集, 郭汝礼, 郭天财, 等. 行距配置与密度对兰考 906 群体质量及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 62-66.