

不同土壤条件下化学调控对小麦产量和品质的影响

王玉娇^{1,2} 曹祺¹ 常旭虹¹ 王德梅¹ 王艳杰¹ 杨玉双¹ 赵广才¹ 石书兵²

(¹中国农业科学院作物科学研究所/农业农村部作物生理生态重点实验室, 100081, 北京; ²新疆农业大学农学院, 830052, 新疆乌鲁木齐)

摘要 为探究不同土壤条件与不同化控剂结合对小麦产量及品质的调控效应, 通过盆栽方式, 研究农麦 5 号在黑土 (A1) 和潮土 (A2) 条件下, 在拔节初期喷施清水 (B1)、矮壮素 (B2) 和吨田宝 (B3) 对其籽粒产量和品质的影响。结果表明, 小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重、籽粒产量和蛋白质产量在相同化控处理下均表现为 A1>A2, 其中潮土条件下籽粒产量和总蛋白质产量分别较黑土低 56.0% 和 55.1%, 小麦的总蛋白质及其组分含量均为 A2>A1。小麦籽粒产量和穗粒数在黑土条件 B2 处理下达到最大值, 株高和穗长在 B3 处理下达到最大值; 在潮土条件下使用化学调控剂处理中, 小麦籽粒总蛋白质含量显著高于 B1 处理, 其中清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白含量均表现为 B2>B3>B1, 且差异显著。因此, 不同土壤条件配合使用适宜化控剂可以有效促进小麦优质高产, 即在黑土条件下配合使用化学调控剂可以显著提升小麦产量; 在潮土条件下配合使用化学调控剂可以显著提升小麦品质。

关键词 化学调控; 小麦; 土壤类型; 农艺性状; 蛋白质含量

小麦是我国重要粮食作物之一, 生态环境、栽培措施和品种类型等均会影响小麦的产量和品质^[1]。土壤作为一种重要的生态环境因素, 不同类型及肥力对小麦植株的生长和品质可产生不同程度的影响^[2-6]。化学调控技术是利用外源植物生长调节物质影响作物内源激素间的平衡, 对作物的生长发育产生影响, 是小麦优质高产的重要调控措施^[7-8]。矮壮素为低毒植物生长调节剂, 可增强植物抗逆性, 有关矮壮素对小麦处理效应研究多集中在萌发特性^[9-10]、中后期抗倒伏和对产量的影响^[11-13]方面; 喷施吨田宝能改善群体结构, 增产效果显著^[14-16], 在拔节期喷施更能促进秆强秆壮和整齐一致, 增强植株抗倒伏能力, 提高产量, 增加经济效益^[17]。然而, 目前关于在同一生态环境条件下不同土壤类型配合化学调控技术来协调小麦高产优质的研究鲜见报道。本试验通过研究不同土壤类型条件下化学调控对小麦产量和品质的影响, 以期小麦丰产优质提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为农麦 5 号 (由内蒙古农牧业科学院提供), 于 2018 年 10 月 20 日至 2019 年 3 月 1 日采用盆栽方法在中国农业科学院作物科学研究所温

室进行, 供试土壤为黑龙江小麦产区的旱地黑土 (A1) 及北京地区小麦试验基地的壤质潮土 (A2), 土壤基础养分见表 1。

表 1 供试土壤基础养分
Table 1 Basic nutrients of soil tested

土壤类型 Soil type	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	碱解氮 Alkali-hydrolyzable N (mg/kg)	速效磷 Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	速效钾 Available K ₂ O (mg/kg)
A1	58.7	3.3	276.9	38.1	228.0
A2	18.5	0.8	66.0	9.7	102.0

1.2 试验设计

将筛好的干土 3kg 装入高 18cm、直径 22cm 的花盆中。A 因素为土壤类型: 黑土 (A1) 和潮土 (A2); B 因素为在拔节初期进行的化学调控处理: B1 为叶面喷施清水, B2 为矮壮素 (浓度配比为质量分数 80% 的矮壮素粉剂 6.60g/盆, 对水 20mL/盆), B3 为抗逆型吨田宝 (浓度配比为新型植物抗逆型生长调节溶剂 0.06mL/盆, 对水 20mL/盆), 由中国农业科学院作物科学研究所研制。统一留苗 8 株/盆, 于小麦拔节期追施尿素 1g/盆。设 3 次重复, 共计 18 盆。

1.3 测定项目与方法

小麦籽粒成熟后进行植株性状 (包括株高和穗长)、产量及其构成因素 (包括穗粒数、每盆籽粒

作者简介: 王玉娇, 主要从事小麦优质高产栽培理论与技术研究, E-mail: 1120290382@qq.com

赵广才为通信作者, 主要从事小麦优质高产栽培理论与技术研究, E-mail: zhaogc1@163.com; 石书兵为共同通信作者, 主要从事作物栽培研究, E-mail: shubshi@sina.com

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0300407); 小麦产业技术体系专项 (CARS-03)

收稿日期: 2020-12-04; 修回日期: 2021-01-16; 网络出版日期: 2021-03-12

产量和千粒重) 指标等的测定。

小麦籽粒用旋风磨粉碎后, 使用 K9840 全自动凯式定氮仪 (济南海能仪器股份有限公司) 采用凯式定氮法测定籽粒蛋白含量及其组分。(1) 消解管中依次加入籽粒干粉末 (0.100±0.001g)、催化剂 (质量比为 10:1 的硫酸钾:硫酸铜的混合物) 和 6mL 浓硫酸, 放在消煮炉中 420℃消解 85min, 冷却后用凯式定氮仪测定出籽粒氮素含量, 乘以系数 5.7 即为籽粒蛋白质含量。(2) 采用连续提取法^[18]测定籽粒蛋白质组分。取籽粒干粉末 0.500g, 加入提取试剂 (蒸馏水、2% 氯化钠溶液、70% 乙醇溶液和 0.5% 氢氧化钾溶液), 消解管中加入 5mL 提取液、催化剂和浓硫酸, 消解定氮并计算蛋白质含量, 依次提取的蛋白顺序为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白。(3) 蛋白质产量 = 籽粒产量 × 籽粒蛋白质含量。

1.4 数据分析

用 Excel 2017 软件进行数据整理和绘图, 用 DPS 16.5 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同类型土壤条件下小麦产量和蛋白质品质差异

由于 A1 的有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾含量均比 A2 高 (表 1), 土壤养分含量高有利于小麦植株的生长发育和产量的形成, 因此同一品种小麦在不同土壤类型中生长, 其株高、穗长、穗粒数、千粒重以及产量均表现为 A1 优于 A2, 且都达到差异极显著水平 (表 2)。

表 2 不同土壤条件下小麦植株性状及籽粒产量

Table 2 Wheat plant traits and grain yield in different soil conditions

土壤类型 Soil type	株高 Plant height (cm)	穗长 Ear length (cm)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	产量 (g/盆) Yield (g/pot)
A1	47.10aA	6.01aA	23.50aA	37.26aA	6.89aA
A2	32.65bB	5.29bB	15.22bB	26.00bB	3.03bB

不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著, 不同大写字母表示处理间在 0.01 水平差异极显著。下同

Different lowercase letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level, different capital letters indicate extremely significant difference among treatments at 0.01 level. The same below

图 1 中, 黑土条件下 (A1) 小麦籽粒总蛋白及其组分含量均低于潮土 (A2), 表现为除谷蛋白含量差异不显著外, 总蛋白含量及其组分含量均达到显著或极显著差异水平。相同施肥量条件下, 同一品种小麦的产量在黑土条件下显著高于潮土条

件, 可能因其籽粒中积累的蛋白质含量相对被稀释导致小麦的蛋白质含量与产量表现相反。

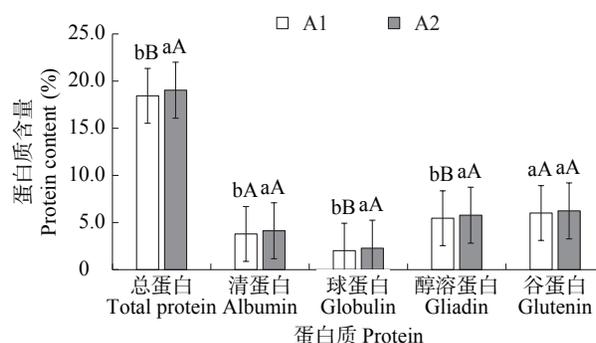


图 1 不同土壤条件对小麦籽粒蛋白质含量的影响

Fig.1 Effects of different soil conditions on wheat grain protein content

由图 2 可知, 小麦籽粒蛋白质产量在不同土壤条件下有显著差异。A1 处理下籽粒的蛋白质产量及其组分蛋白产量均极显著高于 A2 处理。与 A2 处理比较, A1 的总蛋白质、清蛋白和球蛋白产量每盆分别增加了 0.70、0.14 和 0.11g。A2 的醇溶蛋白产量比 A1 低了 51.1%, A2 的谷蛋白产量比 A1 的低了 54.8%。A1 与 A2 的籽粒蛋白质各组分产量差异较小, 但 A1 的籽粒产量极显著高于 A2, 使得 A1 的各蛋白质产量也均极显著高于 A2。

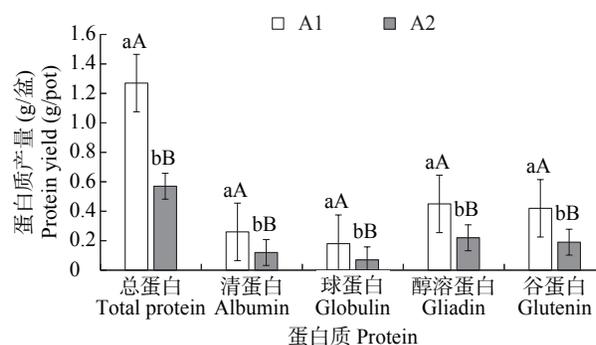


图 2 不同土壤条件对小麦籽粒蛋白质产量的影响

Fig.2 Effects of different soil conditions on wheat grain protein yield

2.2 不同化控处理对小麦产量和蛋白质含量的影响

结果 (表 3) 表明, 不同的化控处理对小麦植株性状有不同的影响, 化控处理后的株高、穗粒数和千粒重均发生变化, 而穗长和产量未达到显著差异。B2 的穗粒数和产量略高于 B1, 差异不显著, B2 的千粒重和株高显著或极显著低于 B1。B3 的株高、穗长、穗粒数、千粒重和产量均低于 B1, 但差异不显著。

表3 不同化控处理对小麦植株性状及籽粒产量的影响
Table 3 Effects of different chemical control treatments on wheat plant traits and grain yield

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	穗长 Ear length (cm)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	产量(g/盆) Yield (g/pot)
B1	45.87aA	5.86aA	19.24abA	33.37aA	4.87aA
B2	29.06bB	5.33aA	20.66aA	29.37bA	5.18aA
B3	44.76aA	5.76aA	18.18bA	32.16abA	4.84aA

在图3中, 籽粒总蛋白质含量及其各组分含量在不同化控处理下差异较为明显。B2和B3处理籽粒总蛋白质含量均显著或极显著高于B1, 且B2>B3。在蛋白质各组分含量比较中, B2和B3各蛋白组分含量均高于B1, 其中B3与B1差异不显著。B2与B1的清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白含量达到极显著差异水平。清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白含量均表现为喷施矮壮素优于喷施吨田宝, 谷蛋白含量表现为喷施吨田宝优于喷施矮壮素, 但差异不显著。

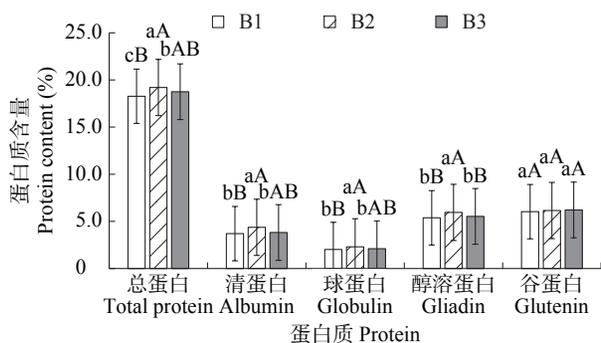


图3 不同化控处理对小麦籽粒蛋白质含量的影响
Fig.3 The effects of different chemical control treatments on wheat grain protein content

图4中, 不同化控处理下籽粒蛋白质产量略有不同, 但未达到显著差异水平。B2处理的籽粒蛋白质产量、清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白及谷蛋白产

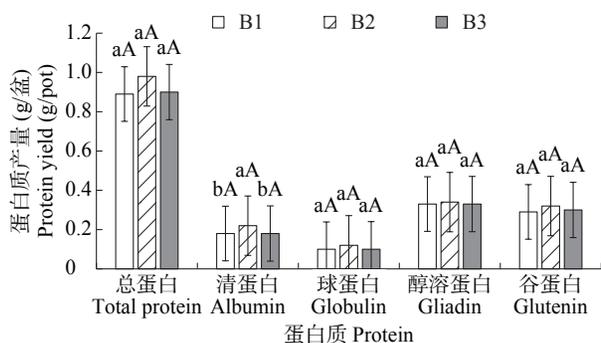


图4 不同化控处理对小麦籽粒蛋白质产量的影响
Fig.4 The effects of different chemical control treatments on wheat grain protein yield

量均高于B1和B3, 且B2的清蛋白产量与B1和B3差异显著。

2.3 不同处理组合对小麦植株性状及籽粒产量的影响

不同处理组合的植株性状及籽粒产量差异显著, 由表4可知, 在A1条件下不同化控处理后的穗粒数、千粒重和产量均高于A2。A1B3的株高最大, A2B2最小, A1和A2中B2处理明显抑制株高。A2B2的穗长小于其他处理组合, 且差异达极显著水平。穗粒数、千粒重和籽粒产量均为A1>A2, A1B2穗粒数最多, A2B3穗粒数最少, 黑土条件的化控处理间其千粒重差异不显著, A1B1千粒重最高, A2B2最低, A2条件下化控处理间其产量差异不显著, A1B2的产量最高, A2B2的最低。

表4 不同处理组合对小麦植株性状及籽粒产量的影响
Table 4 Effects of different treatment combinations on wheat plant traits and grain yield

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	穗长 Ear length (cm)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	产量(g/盆) Yield (g/pot)
A1B1	52.08aA	5.74aAB	21.53bB	38.24aA	6.20bA
A1B2	35.70bB	6.13aA	26.32aA	36.15aA	7.70aA
A1B3	53.65aA	6.16aA	22.67bAB	37.39aA	6.77abA
A2B1	39.67bB	5.98aA	16.96cC	28.50bB	3.54cB
A2B2	22.41cC	4.53bB	15.00cdC	22.58cC	2.65cB
A2B3	35.86bB	5.37abAB	13.69dC	26.92bBC	2.90cB

2.4 不同处理组合对小麦籽粒总蛋白及其组分含量的影响

不同处理组合下小麦籽粒蛋白质及其组分含量表现不同(表5)。A1和A2条件下均是B2处理各蛋白质含量高于其他处理。除了A2B3处理的谷蛋白含量是最高的, 其余蛋白质含量均为A2B2处理最高。结果表明, 在A2条件下配合B2处理是提高籽粒蛋白质含量的有效途径, 但在本试验中由于

表5 不同处理组合对小麦籽粒蛋白质含量的影响
Table 5 Effects of different treatment combinations on wheat grain protein content %

处理 Treatment	总蛋白 Total protein	清蛋白 Albumin	球蛋白 Globulin	醇溶蛋白 Gliadin	谷蛋白 Glutenin
A1B1	18.24cB	3.80bcdAB	1.92dC	5.44bB	5.97aA
A1B2	18.67bcB	4.16abcAB	2.16bBC	5.56bB	6.07aA
A1B3	18.41cB	3.41dB	1.97cdC	5.38bB	6.02aA
A2B1	18.30cB	3.60cdB	2.13bcBC	5.31bB	6.09aA
A2B2	19.70aA	4.58aA	2.43aA	6.34aA	6.24aA
A2B3	19.08bAB	4.22abAB	2.28abAB	5.69bB	6.39aA

黑土条件下同等化控处理中显著提高了籽粒产量, 可能稀释了籽粒蛋白质浓度, 故蛋白质总含量及各种蛋白组分含量均未达到最高。

2.5 不同处理组合对小麦籽粒蛋白及其组分产量的影响

不同处理组合显著影响小麦的籽粒蛋白质及其组分产量(表 6)。A1 条件下 B 处理均高于 A2, 其中各指标均以 A1B2 处理最高。在潮土条件下配合化学调控对籽粒蛋白质产量影响差异不显著。由此可知, 不同土壤条件下不同化控处理对小麦籽粒蛋白质产量影响各异, 但以黑土条件配合矮壮素的使用效果更佳。

表 6 不同处理组合对小麦籽粒蛋白质产量的影响

Table 6 Effects of different treatment combinations on wheat grain protein yield g/盆 g/pot

处理 Treatment	总蛋白 Total protein	清蛋白 Albumin	球蛋白 Globulin	醇溶蛋白 Gliadin	谷蛋白 Glutenin
A1B1	1.13bB	0.23bB	0.12bBC	0.43aA	0.37bA
A1B2	1.44aA	0.32aA	0.17aA	0.49aA	0.47aA
A1B3	1.25bAB	0.23bB	0.13bAB	0.44aA	0.41abA
A2B1	0.65cC	0.13cC	0.08cCD	0.24bB	0.21cB
A2B2	0.52cC	0.12cC	0.07cD	0.20bB	0.17cB
A2B3	0.55cC	0.12cC	0.07cD	0.22bB	0.19cB

3 讨论

3.1 不同化控处理对小麦籽粒产量和品质的影响

化学调控处理对小麦植株生长特性和品质都有重要影响, 唐进等^[19]和冯金凤等^[20]研究认为拔节期喷施吨田宝可以有效提高小麦产量, 改善冬小麦部分品质指标, 马瑞琦等^[7]研究认为在小麦起身期喷施矮壮素可以提高籽粒蛋白质含量。本试验中, 与清水对照相比, 拔节初期喷施矮壮素明显改变小麦的株高, 显著提高小麦穗粒数和蛋白质含量, 而喷施吨田宝则表现差异不显著; 不同化控处理下各蛋白组分的表现也不尽相同。在黑土条件下, 喷施矮壮素和吨田宝使籽粒产量和蛋白产量比对照均有所提高, 在潮土条件下, 喷施矮壮素和吨田宝均提高了籽粒总蛋白质及其组分含量。

3.2 不同土壤类型对小麦产量和品质的影响

有研究^[21]表明, 自然气候条件相同时, 土壤类型属性不影响小麦籽粒产量和品质, 会显著影响小麦籽粒产量的是土壤基础肥力和全氮含量, 土壤中的速效氮和全氮含量与籽粒蛋白质呈显著正相关。本试验中, 黑土的有机质含量是潮土的 3.17

倍, 全氮含量是 4.13 倍, 碱解氮、速效磷和速效钾含量分别是 4.20、3.93 和 2.24 倍。在化控处理相同时, 黑土条件下种植的小麦植株性状、产量性状以及籽粒蛋白质产量均优于潮土, 但是籽粒总蛋白及其组分含量均表现为潮土高于黑土, 可能是由于黑土有利于小麦生长, 产量显著提高, 而所施氮素与潮土相同, 从而稀释了籽粒中吸收的氮素, 导致籽粒蛋白质含量下降, 这与张艳华等^[22]、王丽娜等^[23]和朱英杰等^[24]关于小麦籽粒产量及蛋白质含量在不同土壤条件下的表现研究结果相似。

4 结论

喷施矮壮素对小麦影响显著, 在黑土条件中更有利于改善小麦植株性状及提高籽粒产量, 在潮土条件下, 更有利于提高籽粒总蛋白、清蛋白、谷蛋白和醇溶蛋白含量。在不同土壤条件下喷施吨田宝对小麦植株性状影响差异不显著, 但显著提高了总蛋白和各蛋白组分的含量。因此, 在拔节期配施矮壮素和吨田宝, 有利于提高黑土种植小麦的籽粒产量和蛋白质产量以及在潮土种植小麦的蛋白质含量。

参考文献

- [1]赵广才. 北方冬麦区小麦高产高效栽培技术. 作物杂志, 2008(5): 91-92.
- [2]豆利岭, 刘庆峰, 王宁, 等. 不同土壤和播种深度下稻秸淋洗对小麦出苗及生长发育的影响. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 106-110.
- [3]魏鑫, 常旭虹, 王德梅, 等. 不同类型土壤对小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响. 麦类作物学报, 2019, 39(12): 1494-1498.
- [4]李博, 常旭虹, 王德梅, 等. 不同土壤条件下追肥对小麦产量和品质的影响. 农业科技通讯, 2019(11): 75-79.
- [5]周秋峰, 黄长志, 赵建国, 等. 土壤条件对小麦品质的影响概述. 农业科技通讯, 2014(8): 163-165.
- [6]熊淑萍, 张娟娟, 杨阳, 等. 不同冬小麦品种在 3 种质地土壤中氮代谢特征及利用效率分析. 植物生态学报, 2013, 37(7): 601-610.
- [7]马瑞琦, 元振, 常旭虹, 等. 化控剂对冬小麦植株性状及产量品质的调节效应. 作物杂志, 2018(1): 133-140.
- [8]马少康, 李克民, 常旭虹, 等. 不同化控处理对中麦 8 号产量和品质的影响. 农业科技通讯, 2015(12): 82-85.
- [9]郭建文, 田新会, 张舒芸, 等. 拔节期喷施矮壮素对小黑麦抗倒伏性及产量的影响. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(6): 42-49.
- [10]张军, 高浪浪, 张梅娟. 矮壮素对小麦幼苗生长和光合生理特性的影响. 商洛学院学报, 2019, 33(6): 26-29.
- [11]张军, 方锦旗, 邵梦丽, 等. 不同浓度矮壮素对小麦幼苗生理特性的影响. 陕西农业科学, 2020, 66(4): 22-24.
- [12]汤海军, 周建斌, 王春阳. 矮壮素浸种对不同小麦品种萌发生长及水分利用效率的影响. 干旱地区农业研究, 2005(5): 29-34.
- [13]薛志伟, 杨春玲, 董军红, 等. 植物生长调节剂对小麦群体性状和产量的影响. 山西农业科学, 2018, 46(10): 1634-1636, 1684.
- [14]李争, 杜佳林, 刘强, 等. 叶面喷施吨田宝对冬小麦产量性状的影响. 天津农林科技, 2019(5): 23-24.

- [15]张朋伟,田国英,田东良,等. 吨田宝对冬小麦生长发育及产量的影响. 湖北农业科学,2019,58(3):55-56,64.
- [16]张勉,高志强,孙敏,等. 不同时期喷施吨田宝对旱地小麦农艺性状及产量的影响. 山西农业科学,2017,45(3):415-419.
- [17]陆梅,孙敏,任爱霞,等. 喷施叶面肥对旱地小麦生长的影响及与产量的关系. 作物杂志,2018(4):121-125.
- [18]苏珮,蒋纪云,王春虎. 小麦蛋白质组分的连续提取分离法及提取时间的选择. 河南职业技术学院学报,1993(2):1-4,19.
- [19]唐进,林昌明,吉剑,等. 小麦不同生育时期喷施“吨田宝”效果分析. 农业科技通讯,2012(12):57-61.
- [20]冯金凤,赵广才,张保军,等. 化学调控对冬小麦产量、品质及旗叶部分生理指标的影响. 华北农学报,2013,28(S1):142-146.
- [21]赵淑章,季书勤,王绍中,等. 不同类型土壤与强筋小麦品质和产量的关系. 河南农业科学,2004(7):52-53.
- [22]张艳华,常旭虹,王德梅,等. 不同土壤条件下追施锌肥对小麦产量及品质的影响. 作物杂志,2019(5):109-113.
- [23]王丽娜,常旭虹,王德梅,等. 不同土壤条件下追施硼肥对小麦产量和品质的影响. 作物杂志,2019(6):94-98.
- [24]朱英杰,刘富启,张燕,等. 不同土壤条件下氮肥处理对小麦产量及品质的影响. 作物杂志,2020(3):184-190.

Effects of Chemical Regulation on Wheat Yield and Quality under Different Soil Conditions

Wang Yujiao^{1,2}, Cao Qi¹, Chang Xuhong¹, Wang Demei¹, Wang Yanjie¹,
Yang Yushuang¹, Zhao Guangcai¹, Shi Shubing²

(¹Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; ²College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract To explore the regulation effects of the combination of different soil conditions and different chemical control agents on the yield and quality of wheat, the effects of spraying water (B1), chlormequat chloride (B2), and duntianbao (B3) at early jointing stage on grain yield and quality of Nongmai No.5 were studied in black soil (A1) and alluvial soil (A2) through potted planting. The results showed that under the same chemical control treatments, plant height, spike length, grain number per spike, 1000-grain weight, grain yield, and protein yield showed A1>A2, and the grain yield and total protein yield under the conditions of fluvo-aquic soil were 56.0% and 55.1% lower than black soil. The contents of total protein and its components in wheat showed A2>A1. Under black soil conditions, the grain yield and number of grains per spike sprayed with chlormequat chloride reached the maximum, and the plant height and spike length sprayed by duntianbao reached the maximum. Under the conditions of alluvial soil, the total protein content of wheat grains treated with chemical control agents was significantly higher than that of the control group, among which the contents of albumin, globulin, and gliadin were B2>B3>B1, and the difference was significant. The combination of different soil types using corresponding chemical regulation is an effective way for high quality and high yield of wheat. Therefore, the combined use of chemical control agents under black soil conditions could significantly increase wheat yield and under the condition of alluvial soil, the combined use of chemical control agents could significantly improve wheat quality.

Key words Chemical regulation; Wheat; Soil type; Agronomic traits; Protein content