

优质小麦高产施肥技术研究

I. “安农8455”小麦高产施肥技术

杜国华 周瑞荣 朱增炎 林长丰 苏培明 孔令传

(中国科学院南京土壤研究所)

(安徽省怀远县农业局)

蔡大同

(南京农业大学)

“安农8455”是国内育成的优质小麦品种之一，但因产量低而一直未能推广应用。作者根据该品种的生物学特性，采取适当稀播，强化苗期养分供给强度，增加有效分蘖和促进幼穗发育等栽培施肥技术，从而获得了高产。3年来，在安徽、江苏2省7个市县的10余个田间试验，单产从原来的190公斤提高到350—550公斤，4000多亩大田的产量也在300公斤以上。此外，我们还借助现代谷物化学研究方法和先进仪器，测定了不同土壤生态条件和氮肥不同用量下的面团流变学特性图谱、拉伸曲线和面粉蛋白质组成等数值，这些数值表明“安农8455”小麦的面粉质量已达到或超过美国面包专用粉的标准。可见，改进施肥技术，使之符合“安农8455”冬小麦的高产营养规律，使潜在的生产力得到发挥，并保持其优质种性。

作者在中国科学院南京土壤研究所与安徽省怀远县人民政府合办的“砂姜黑土综合治理实验站”，连续进行了3年的田间肥料试验，现将主要结果报道如下。

一、材料与方法

(一)供试土壤 为砂姜黑土，其有机质含量为13.6—13.7g/kg；全N 0.77—0.79g/kg；全P₂O₅ 1.03—1.04g/kg；全K₂O 16.7—18.2g/kg；速效P₂O₅ 41—66mg/kg；速效K₂O 166mg/kg；pH(水)6.9左右，质地为粉砂质粘壤土。

(二)供试小麦 为“安农8455”，系当年收获的种子。经过筛后备用(其千粒重仅20余克)。

(三)处理及管理 1989年的试验设置5个处理(见后表)，小区面积为0.02亩，随机区组设计，4次重复(其中1个区组作为采样区，不参加方差分析)。

各小区的基肥为优质牛廐肥1500kg/亩，普通过磷酸钙50kg/亩和硫酸钾7.5kg/亩。

每亩播种量7.5kg，分区称重，采用耩子条播，行距为20厘米。播种后进行喷灌。

1990年设7个处理(表中省略2个处理)小区面积为3.5×4.5m²，4次重复，随机区组设计。播量8kg/亩，行距20厘米，基肥为牛廐肥1250kg，普钙50kg和氯化钾18kg。

1991年为复因素试验，播期×N用量二裂式设计，主处理播期4个处理，副处理N用量3个处理，共12个处理(见后表)，3次重复，随机排列，小区面积3.5×4.5m²。播量每亩9.35kg，行距20厘米。基肥用牛廐肥、普钙和硫酸钾，用量分别为1500kg、30kg和7.5kg。

二、结果与讨论

“安农8455”是一个春性强的冬小麦品种，半矮秆，分蘖力弱，茎粗壮，叶片宽，叶色深，穗型大，角质率高，需肥多。在安徽怀远县砂姜黑土上，连续3年采用高肥分期施用，每亩化肥总N量15—20kg，其中基肥50%，苗肥20%，拔节肥30%（1989和1990年），或基肥80%，拔节肥20%（1991年），从而达到促使分蘖早又苗壮和幼穗分化发育充实，穗多粒足和稳产高产的目的。

（一）“安农8455”冬小麦主要生物学特点

1. 从幼穗分化发育进度看 冬小麦根据其阶段发育过程分为冬性、半冬性和春性，它们的生长习性不同，必须采用不同技术措施才有可能高产，因此，了解各个品种的幼穗分化发育进度是高产施肥的重要依据。1990—1991年对“安农8455”和当地推广的半冬性品种的幼穗，进行解剖观测（表1），早播的（10月18—20日播）“安农8455”主茎幼穗在12月底已分化至二棱末期（Ⅲ₃），迟播的（10月30日）在冬前仍处于单棱期（Ⅱ）；由于该年冬季偏暖，前者在

表1 不同冬小麦品种的幼穗分化进程的差异（1990—1991年）

小麦品种	播种期 月/日	12/25	1/4	1/14	1/24	2/3	2/20	3/2	3/13
		叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗	叶主分 片数茎穗
安农8455 (春性)	10/18	6Ⅲ ₃	6ⅤⅠ	7ⅤⅣ	7ⅤⅣ	7ⅤⅣ	8ⅤⅣ	8ⅤⅤ	9ⅤⅤ
	10/20	6Ⅲ ₃	6ⅤⅠ	7ⅤⅤ	7ⅤⅣ	7ⅤⅣ	8ⅤⅣ	8ⅤⅣ	8ⅤⅤ
	10/30	4Ⅰ	4Ⅱ ₁	5Ⅲ ₁ Ⅰ	6Ⅲ ₂	6Ⅲ ₂	6ⅣⅢ ₃	7ⅣⅢ ₃	8ⅤⅣ
马场2号 (半冬性)	10/17	6Ⅰ	6Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅲ ₁	8Ⅲ ₂ Ⅲ ₁	8ⅣⅢ ₃	8ⅤⅣ	9ⅤⅤ
	10/20	6Ⅰ	6Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅰ	7Ⅲ ₂ Ⅰ	8ⅣⅢ ₃	8ⅤⅣ	9ⅤⅤ
	10/30	4Ⅰ	4Ⅰ	5Ⅰ	5	6Ⅰ	6Ⅲ ₂ Ⅰ	7Ⅲ ₂ Ⅲ ₁	8Ⅲ ₃ Ⅲ ₂
8635 (半冬性)	10/18	6Ⅰ	7Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅰ	7Ⅲ ₁ Ⅰ	7Ⅲ ₂ Ⅲ ₁	8Ⅲ ₃ Ⅲ ₂	8ⅣⅣ	9ⅤⅤ
	10/30			5Ⅰ	6Ⅰ	6ⅠⅠ	7Ⅲ ₂ Ⅲ ₁	7Ⅲ ₃ Ⅲ ₃	8ⅣⅣ

注：小麦幼穗分化发育期：Ⅰ.伸长期，Ⅱ.单棱期，Ⅲ₁二棱初期，Ⅲ₂二棱中期，Ⅲ₃二棱末期 Ⅳ护颖原基形成期，Ⅴ小花原基形成期，Ⅵ雌雄蕊原基形成期，Ⅶ药隔分化期，Ⅷ四分体形成期。

越冬期间继续分化至小花原基形成期（Ⅴ），后者则在二棱中期（Ⅲ₂）；返青期（2月20日），前者已达到雌雄蕊原基形成期（Ⅵ），拔节时（3月13日）则进入药隔分化期（Ⅶ），迟播的分别为护颖原基形成期（Ⅳ）和小花原基形成期（Ⅴ）。

半冬性的“马场2号”和“8635”二个品种，10月17—20日播种的幼穗在冬前都处于二棱期（Ⅱ），返青后幼穗发育进度还是较“安农8455”迟缓1—2个阶段；迟播的（10月30日）幼穗发育更晚，二棱期推迟到3月中旬。

上面结果说明“安农8455”是一个春性强的冬小麦品种，播种期不宜过早，以防冻害死苗，同时也表明，采用适当稀播，增强苗期土壤供N强度有利于其抗寒能力，如1991年12月12日极端低温达-12.8℃，1992年2月1日为-10.6℃，植株仍安然无恙。

2. 从主要生育期看 在一年两熟地区，作物生长期的长短关系到茬口安排。连续3年的田间观察表明（表2），“安农8455”冬小麦，从播种到成熟的天数受气候因素、播种期和施肥

表2

不同年份、不同处理的安农8455小麦主生育期(月/日)

年份	处 理	播 期	出苗期	分蘖期	返青期	拔节期	抽穗期	扬花期	灌浆期	乳熟期	成熟期	全生育期 (天)
1989 至 1990	1. 未施N肥	10/18	10/26	12/5	2/14	3/3	4/10	4/21		5/7	5/27	221
	2. 基肥N7 + 苗肥N3.5	10/18	10/26	11/25	2/13	3/9	4/13	4/25		5/10	5/29	223
	3. 2 + 拔节肥a N4.5	10/18	10/26	11/25	2/13	3/9	4/13	4/26		5/12	5/31	225
	4. 2 + 拔节肥b N4.5	10/18	10/26	11/25	2/13	3/9	4/13	4/26		5/12	5/31	225
	5. 2 + 拔节肥c N4.5	10/18	10/26	11/25	2/13	3/9	4/14	4/26		5/12	5/30	224
1990 至 1991	1. 对照	10/30	11/16	12/23	2/20	3/17	4/16	4/26			6/3	216
	2. 厩肥N4.5	10/30	11/16	11/16	2/19	3/16	4/18	4/26			6/5	218
	3. 基肥N15.0	10/30	11/16	11/14	2/17	3/12	4/20	4/30			6/8	221
	4. 基肥N10.5, 拔节a N4.5	10/30	11/16	11/14	2/17	3/12	4/20	4/30			6/8	221
	5. 基肥N10.5, 拔节b N4.5	10/30	11/16	11/14	2/17	3/12	4/20	4/29			6/8	221
1991 至 1992	A1 10/23播种, B1 N15.0	10/23	10/31	11/30		3/8	4/14	4/23	5/2	5/11	6/1	221
	B2 N17.5	10/23	10/31	11/30		3/8	4/14	4/24	5/2	5/11	6/2	222
	B3 N20.0	10/23	10/31	11/30		3/8	4/15	4/24	5/2	5/11	6/3	223
	A2 10/28播种, B1	10/28	11/8	12/12		3/9	4/17	4/26	5/2	5/11	6/1	216
	B2	10/28	11/8	12/12		3/9	4/18	4/26	5/2	5/11	6/2	217
	B3	10/28	11/8	12/12		3/9	4/18	4/27	5/3	5/12	6/3	218
	A3 11/2播种, B1	11/2	11/15	12/20		3/11	4/20	4/28	5/3	5/12	6/2	213
	B2	11/2	11/15	12/20		3/11	4/21	4/28	5/3	5/13	6/2	213
	B3	11/2	11/15	12/20		3/11	4/21	4/28	5/4	5/13	6/3	214
	A4 11/7播种, B1	11/7	11/21			3/15	4/23	4/28	5/4	5/13	6/2	206
	B2	11/7	11/21			3/15	4/23	4/29	5/5	5/13	6/3	206
	B3	11/7	11/21			3/15	4/24	4/29	5/5	5/13	6/4	207

注: *N用量kg/亩, 1989—1990年基肥10/18、苗肥11/18、拔节肥a、b、c分别为3/10、3/25、4/10。1990—1991年(略去2个处理)基肥10/19、厩肥12/16、拔节肥a、b分别为3/20和4/2。1991—1992年基肥10/23占总N量80%、拔节肥3/8占20%。

量的影响, 1989—1991年为221至255天, 1990—1991年为216至221天, 1991—1992年在10月下旬播种的为216—223天, 11月上旬播种的为206至214天, 表明“安农8455”冬小麦的生长期主要受播期影响, 是随着播期推迟而缩短, 但氮肥不同用量之间的生长期相差仅有1—2天。从表2还可以看到, “安农8455”的返青期(2月中旬)、拔节期(3月中旬)、抽穗期(4月下旬)和成熟期(6月上旬), 都比当地半冬性品种“马场2号”提早5—7天。不论早迟播种的从杨花到成熟为34到38天, 乳熟到成熟只有20天。上述情况说明, “安农8455”对茬口的适应性良好, 比较耐迟播, 籽粒灌浆速度快, 迟播情况下主要是缩短其营养生长期, 但只要加强早期的养分供给数量和强度, 仍然可以获得高产。

根据“安农8455”冬小麦的生长期和产量表现, 表明该品种适于淮河流域和淮南麦区推广应用。

(二)“安农8455”高产施肥技术

过去, “安农8455”冬小麦产量低, 一般是由于播种密度高, 施肥(N)量不足和施肥期不当, 而造成弱苗或冻害死苗和穗头大小参差不齐。根据“安农8455”春性强, 分蘖力弱, 茎粗穗大, 需肥量高等特性, 我们改变了过去惯用的栽培施肥技术, 而采取适当稀植, 重施基肥、早施苗肥和拔节后追肥等措施, 使冬前苗期分蘖充足, 有效率高, 幼穗分化发育充实, 主蘖之间的结实性状差异性缩小, 形成高产的结构群体。

表3为连续3年田间小区试验的结果。基肥加苗肥占总N量(15—20kg/亩)的70—

表3 N肥和播期对安农8455小麦生产性状的影响

年份	处理△	*茎蘖性状(单株)			株高 (cm)	穗长(cm)	每穗小穗数		**每穗粒数		千粒重 (g)	每 亩 穗 数 (万)	产 量 (kg/亩)				
		冬前 最高 单株 穗数	最高 成穗率	冬 前 最高			总 有效 穗 数	有效 率	Σ ± S.C.V.%	Σ ± S.C.V.%							
1989 至 1990	1. 未施N肥	2.03	2.29	1.24	61	54	73.2	7.0 ± 1.0	14.3	19.9	13.9	69.8	25.3 ± 12.5	51.7	35.5	14.2	141.5cB
	2. 基肥N7 + 亩肥(11/18)N3.5	3.36	4.21	2.69	80	64	82.4	8.9 ± 0.9	10.2	19.7	15.2	77.2	37.3 ± 12.1	32.1	34.3	31.0	348.0bA
	3. 2 + 拔节肥(3/10)N4.5	3.36	4.21	2.76	82	66	88.5	9.0 ± 0.8	8.7	21.0	15.3	72.9	37.3 ± 10.5	28.5	31.9	31.8	381.0aA
	4. 2 + 拔节肥(3/25)N4.5	3.36	4.21	2.56	76	61	88.2	8.6 ± 0.9	10.4	20.3	14.9	73.4	36.9 ± 10.7	39.1	33.0	30.7	362.5abA
	5. 2 + 拔节肥(4/10)N4.5	3.36	4.21	2.65	79	63	87.6	8.8 ± 0.9	9.8	19.1	13.9	72.8	37.8 ± 11.5	30.6	35.7	30.5	355.0bA
1990 至 1991	1. 对照	1.39	2.81	1.02	74	36	79.7	9.0 ± 0.8	9.1	21.0	17.3	82.4	40.7 ± 12.9	31.7	32.8	15.5	179.5cC
	2. 厩肥(12/16)N4.5	1.47	2.62	1.36	92	52	84.5	9.9 ± 0.8	8.4	21.6	18.8	87.0	50.4 ± 14.5	28.7	32.5	21.7	228.8bB
	3. 基肥N15.0	1.49	4.31	1.96	132	45	88.7	10.2 ± 0.8	7.8	22.7	18.6	81.9	47.6 ± 11.6	24.9	31.9	27.6	298.1aA
	4. 基肥N10.5拔节肥(3/20)N4.5	1.51	3.80	1.90	126	50	86.8	10.1 ± 0.8	7.6	22.1	17.8	80.5	44.8 ± 12.4	27.7	31.2	27.9	288.1aA
	5. 基肥N10.5拔节肥(4/2)N4.5	1.54	4.37	1.95	127	45	86.0	9.9 ± 0.7	6.9	22.4	18.6	83.0	48.6 ± 12.3	35.3	31.2	24.5	287.3aA
1991 至 1992	A1 10/23播种 B1 N15.0	2.10	4.45	2.02	96	45	80.9	10.1 ± 0.9	8.9	21.2	18.2	85.8	47.8 ± 12.6	25.4	38.7	27.6	396.2b
	B2 N17.5	2.04	4.29	1.97	97	46	80.3	10.5 ± 1.2	11.1	22.2	19.6	88.3	51.4 ± 12.6	24.5	37.5	27.8	428.6ab
	B3 N20.0	2.49	4.85	2.07	83	43	77.5	10.2 ± 1.4	13.7	21.8	18.9	86.7	18.7 ± 13.8	28.2	37.3	29.8	138.9a
	A2 10/28播种 B1	1.27	4.36	1.81	142	42	77.7	9.9 ± 0.7	7.1	21.5	19.0	88.4	52.4 ± 11.1	21.2	39.0	26.9	406.2b
	B2	1.43	4.40	1.91	134	43	77.3	9.9 ± 1.0	10.1	21.2	18.4	86.8	47.5 ± 11.5	24.2	39.6	28.9	419.8ab
	B3	1.11	4.77	1.72	155	39	75.5	9.4 ± 0.9	9.6	21.3	18.6	87.3	47.5 ± 11.5	23.8	40.3	27.6	447.4a
	A3 11/2播种 B1	1.0	3.92	1.47	147	37	76.4	9.1 ± 0.8	8.8	20.7	17.9	86.5	46.9 ± 11.3	24.1	40.0	24.9	396.4b
	B2	1.0	4.30	1.72	172	40	78.6	9.2 ± 0.8	8.5	21.8	18.6	85.3	48.0 ± 12.4	25.7	40.2	26.3	414.3ab
	B3	1.0	4.49	1.67	167	37	78.9	9.5 ± 0.9	9.8	21.4	18.3	85.5	47.5 ± 10.3	21.6	39.0	26.5	449.7a
	A4 11/7播种 B1	1.0	3.77	1.69	169	45	79.7	8.9 ± 0.6	6.8	21.7	18.9	87.1	46.4 ± 15.0	31.4	40.0	25.3	433.4a
	B2	1.0	3.81	1.66	166	44	79.2	9.0 ± 0.8	8.9	21.0	18.2	86.7	46.3 ± 11.5	24.8	40.1	28.0	454.0a
	B3	1.0	3.82	1.54	154	40	77.8	8.9 ± 0.7	7.7	21.0	18.3	87.1	49.4 ± 10.4	21.1	40.3	28.0	441.6a

注: △各小区分别施有机肥作底肥, NKG/亩计算, 基施的在播种前施入, 1989年为11/18, 1990年为11/19, 1991年为10/23。

* 冬前茎蘖数为12月15—20日, 最高茎蘖数为2月17—21日。 ** 每穗粒数, 1989—1990年为粒粒数, 其他二年为总粒数。

(上接第92页)

(2) Cu 的铁—锰氧化物结合态占全量的百分率与有机质含量呈显著负相关；除此之外，各种金属元素的各个组分占全量的百分率与有机质含量的相关性，都是很不显著的。这说明，有机质含量的变化，一般不会影响金属元素各组分之间的相对比例，即各组分占全量的比例一般与有机质含量的大小没有密切关系。

(3) 金属元素各组分的含量与有机质含量的相关系数的代数值，一般显著大于金属元素各组分占全量百分率与有机质含量的相关系数的代数值(前者只有 5 个略小于后者，二者仅相差 0.005—0.031，这 5 个是 Ni 的第 1 组分，Zn, Pb 和 Mo 的第 2 组分，Mn 的第 4 组分)。上述现象，是由于金属元素各组分的含量是元素全量与各相应组分占全量的百分率之积，而各种金属元素的全量都与有机质含量呈正相关。

(4) 在金属元素各组分的含量与有机质含量之间的 50 个相关系数中，有 41 个呈正相关，其中 10 个达到了显著正相关；只有 9 个呈负相关，而且都不显著。这与第(2) 点相比较，说明了金属元素各组分的含量与有机质含量的相关性，一般比元素各组分占全量百分率与有机质含量的相关性更为密切。元素全量与有机质含量呈正相关，是形成上述现象的重要原因。

本文表明，金属元素的 5 个组分所能提供的有意义的信息，远比元素全量提供的信息更为丰富。(参考文献略)

(上接第 92 页)

80% 诸处理，冬前茎蘖的有效率很高，10 月 19 日(1989 年)和 10 月 23 日(1991 年)播种的有效率在 76—97% 之间，10 月 30 日(1990 年)和 10 月 28 日—11 月 7 日(1991 年)播种的达 127—172%，后者表示由于苗期营养充足可使冬前未露出地面的分蘖芽滋育成穗。在重施基肥和早施苗肥的处理，冬前幼穗分化发育充实，每穗小穗数的有效率高，每穗平均粒数明显地高于对照，穗间的变异系数下降。

通过方差分析，1989—1990 年施基肥(N7) + 苗肥(N 3.5)处理比对照增产 147%，在拔节初期再追施 N 肥(4.5)的处理比未施拔节肥的再增产 9.2%，达到显著水平。植株分析结果表明，基肥 + 苗肥的利用率为 51.5%，拔节肥为 44.9%，其它两个拔节期施肥处理的利用率分别为 28.2% 和 23.6%。这些结果说明重施基肥和苗肥对“安农 8455”的高产作用非常重要。1990—1991 年的产量因当年雨水灾害而较低，单施腊肥(4.5kg)的处理比对照增产 27%，施基肥(15kg)，或基肥(10.5kg) + 拔节肥(4.5kg)的处理比对照增产 58—66%，均达到显著水平。1991—1992 年的产量分析，主处理播期之间差异不显著，副处理 N 用量间差异显著，每亩 17.5kgN 处理平均 429kg 与 20.0kgN 处理 444kg 差异不显著，但显著高于 15.0kgN 处理的 408kg，这些结果说明“安农 8455”冬小麦需肥量很大，每亩纯 N 17.5kg 的经济效益比 20.0kg 的高。