

**В.С.Тарасенко, аспирант**

РУП "Институт почвоведения и агрохимии"  
УДК 631.82:633.12

## **Влияние доз и форм минеральных удобрений на динамику продукционных процессов гречихи**

*Изложены результаты экспериментальных исследований по изучению динамики продукционных процессов гречихи на дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что на развитие листовой поверхности, накопление биомассы, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза больше влияния оказывают азотные удобрения. Из изучаемых форм минеральных удобрений лучшими были сульфат аммония, сернокислый калий и калийфос.*

*The article provides the results of the experimental research on the dynamics on the productive processes in the buckwheat on the sod-podzolic loamy soils. It has been established that the nitrogen fertilizers have large impact on the development of the leaf surface, biomass accumulation, photosynthetic potential and clear photosynthesis productivity. Among the mineral fertilizer forms the best were ammonium sulphate, potassium sulphate and potassium phosphos.*

Формирование урожая сельскохозяйственных культур – сложный продукционный процесс. Интенсивность его определяется биологическими особенностями выращиваемых растений и факторов внешней среды, важнейшими из которых являются уровень минерального питания и формы применяемых минеральных удобрений. Вносимые питательные элементы активно используются вегетирующими растениями для биосинтеза органического вещества, формирования ассимиляционного аппарата, активации ферментативных систем, повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды, что, в конечном итоге, приводит к повышению урожайности и улучшению качества получаемой продукции (1). Изучение в динамике особенностей развития продукционного процесса растений гречихи при различных уровнях и формах минерального питания и являлось целью наших исследований.

Полевые опыты с гречихой проводились в 1999-2000 гг. на опытном поле Гродненского государственного аграрного университета на дерново-подзолистой почве, подстилаемой с глубины 0,5 м моренным суглинком. Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН в КС1 – 6,2, содержание фосфора – 165, калия – 150 мг/кг почвы, гумуса – 1,6%.

Схема опыта предусматривала изучение различных форм и доз минеральных удобрений – сульфат аммония (все варианты, кроме 13-15), карбамид (вар. 13-15), хлористый калий (все варианты, кроме 10-12, 19,20), сульфат калия (вар. 10-12), двойной суперфосфат (все варианты, кроме 19-20), калийфос (вар. 19-20) и микроэлементы (бор и марганец) (табл. 1). Повторность опыта четырёхкратная, общая площадь делянки 65 м<sup>2</sup>, учётная – 48 м<sup>2</sup>. Предшественник – вико-овсяная смесь. Макроэлементы вносились до посева, микроэлементы – в фазу всходов ранцевым опрыскивателем. Изучаемый сорт Илия.

По основным фенологическим фазам растений гречихи (ветвление, бутонизация, цветение) проводился отбор растительных образцов с площади 0,25 м<sup>2</sup> и их анализ на содержание сухого вещества и площади листовой поверхности весовым методом (2), что дало возможность рассчитать фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза посевов гречихи (3).

В целом, температурные условия и особенности увлажнения вегетационного периода гречихи в 1999 г. были неблагоприятными для её роста и развития. Этот год характеризовался избыточным увлажнением, повышенными температурами на начальном периоде роста (что привело к ускоренному прохождению растениями гречихи

Таблица 1. Динамика нарастания листовой поверхности гречихи в зависимости от условий минерального питания, тыс. м<sup>2</sup>/га

Вариант	Ветвление		Бутонизация		Цветение	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
1 Контроль	4,4	5,3	26,9	9,3	23,0	8,9
2 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,8	5,9	27,8	10,8	27,4	12,0
3 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub>	5,2	6,2	36,5	13,8	33,7	15,5
4 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub>	6,0	7,3	38,1	18,4	33,9	25,6
5 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub>	7,8	8,0	41,3	21,4	34,4	25,8
6 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub>	5,1	6,2	28,9	10,6	30,5	15,0
7 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>40</sub>	5,4	10,3	36,9	15,9	37,4	16,3
8 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>60</sub>	6,4	11,8	38,9	19,3	38,6	27,2
9 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>80</sub>	8,8	13,2	42,1	25,9	39,6	30,0
10 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> (сульфат калия)	6,0	7,7	37,4	12,5	37,4	20,1
11 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (сульфат калия)	6,4	8,4	38,9	15,7	38,9	25,9
12 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>135</sub> (сульфат калия)	6,8	9,3	39,8	16,9	39,6	27,9
13 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub> (карбамид)	4,7	5,9	35,8	13,5	30,1	13,4
14 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub> (карбамид)	5,3	6,4	36,1	15,8	30,8	19,8
15 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub> (карбамид)	6,6	6,8	36,3	16,7	32,5	22,6
16 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B	7,7	8,8	39,2	13,4	35,3	26,5
17 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Mn	7,7	7,3	37,8	11,4	34,2	20,5
18 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B+Mn	7,7	7,7	38,3	15,7	36,5	29,4
19 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (калийфос)	8,1	11,0	39,2	18,7	36,5	26,5
20 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> (калийфос)	8,8	13,8	39,6	18,9	39,1	29,0

Таблица 2. Динамика нарастания биомассы гречихи при различных уровнях применения минеральных удобрений, ц/га

Вариант	Ветвление		Бутонизация		Цветение	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
1 Контроль	3,9	3,7	18,7	8,7	21,1	32,1
2 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	5,3	3,9	20,5	9,2	21,4	35,1
3 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub>	6,7	4,7	22,8	9,6	27,4	38,0
4 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub>	7,4	5,4	25,9	10,4	29,1	43,4
5 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub>	9,2	5,5	29,0	14,3	32,2	45,1
6 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub>	5,0	4,3	21,6	9,4	23,5	36,2
7 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>40</sub>	6,9	6,3	25,5	10,7	30,1	42,5
8 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>60</sub>	8,2	7,5	26,9	11,7	35,7	45,3
9 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>80</sub>	9,3	8,4	29,3	14,9	36,4	48,4
10 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> (сульфат калия)	7,6	6,9	26,5	11,3	32,8	45,7
11 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (сульфат калия)	8,2	7,9	28,7	11,4	34,8	48,7
12 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>135</sub> (сульфат калия)	8,3	8,2	29,7	11,4	39,8	50,0
13 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub> (карбамид)	5,4	4,3	22,3	9,3	24,2	32,3
14 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub> (карбамид)	6,8	4,6	24,4	9,6	26,8	35,1
15 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub> (карбамид)	7,6	5,2	25,8	10,0	28,7	36,8
16 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B	7,6	6,0	26,1	14,1	32,1	49,3
17 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Mn	7,6	5,6	25,0	10,0	29,5	39,2
18 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B+Mn	7,7	6,6	25,6	12,9	31,8	42,9
19 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (калийфос)	8,2	7,1	26,8	12,4	32,4	50,2
20 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> (калийфос)	8,8	7,8	28,3	13,0	36,9	51,5

фаз развития) и недостаточным увлажнением на фоне высоких температур во второй половине вегетации. Более благоприятными условия для гречихи складывались в 2000 г., вегетационный период которого характеризовался как нормальный и его показатели находились в пределах среднесезонных данных. Такие метеорологические особенности в годы проведения исследования позволили установить различия в развитии продукционного процесса гречихи в засушливых условиях и условиях нормального увлажнения.

Важнейшими показателями продукционного процесса у сельскохозяйственных растений являются ассимиляция фотосинтетической поверхности, или площади листьев, имея в виду, что "лист является основным органом фотосинтеза" (4), и накопление сухой биомассы.

В результате проведенных исследований было установлено, что независимо от условий вегетационного периода основным фактором нарастания листовой поверхности и накопления биомассы является уровень минерального и прежде всего азотного питания растений (табл. 1, 2). Максимальными показателями по всем фенологическим фазам характеризуются варианты с наибольшей дозой азота – 80 кг/га д.в. Наиболее эффективной формой азотных удобрений являлся сульфат аммония, из калийных удобрений – сульфат калия и калийфос. Применение борных микроудобрений как одних, так и совместно с марганцевыми увеличивало площадь листовой поверхности и накопление сухой биомассы растений по всем фенологическим фазам. Внесение одних марганцевых удобрений не влияло на изменение вышеотмеченных показателей. Метеорологические особенности в годы проведения исследований оказали существенное влияние на тем-

пы образования листовой поверхности и накопление сухой биомассы. В 1999 г., при благоприятных условиях увлажнения и температурного режима развитие листовой поверхности в период от бутонизации до цветения было в 2,5–3 раза выше, чем в 2000 г., особенно на вариантах с высокими дозами азотных удобрений. Так, например, если в 1999 г. в фазу бутонизации в варианте без внесения удобрений площадь листовой поверхности составляла 26,9 тыс.м<sup>2</sup>, то в 2000 г. – 9,3 тыс.м<sup>2</sup>. В фазу ветвления несколько лучшее развитие листьев гречихи отмечалось в 2000 г.

Фотосинтетический потенциал посевов гречихи тесно связан как с площадью ассимиляционной поверхности листьев, так и с продолжительностью тех или иных фенологических фаз. Чем дольше листовой аппарат растений остаётся в функциональном состоянии, тем выше темпы продукционного процесса. В наших исследованиях фотосинтетический потенциал растений напрямую зависел от уровня минерального питания и увеличивался с возрастающими дозами азотных удобрений. Максимального фотосинтетического потенциала (898,7 тыс. м<sup>2</sup> в сутки) достигали посевы гречихи в варианте N<sub>80</sub> P<sub>60</sub> K<sub>135</sub> в 1999 г. (табл. 3). Применение азотных удобрений в форме карбамида (варианты 13, 14, 15) несколько снижало фотосинтетический потенциал растений в сравнении с применением этих удобрений в виде сульфата аммония в тех же дозах (варианты 3, 4, 5). При внесении сульфата калия и калийфоса фотосинтетический потенциал увеличивался. Такой же эффект наблюдался и при использовании микроудобрений (бор и бор с марганцем).

Несмотря на высокое содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия, в наших опытах отмечалось положительное влияние фосфорно-калийных удоб-

Таблица 3. Фотосинтетический потенциал гречихи при различных уровнях применения минеральных удобрений, тыс. м<sup>2</sup>/га в сутки

Вариант	Ветвление		Бутонизация		Цветение	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
1 Контроль	24,3	56,7	125,2	87,6	548,9	218,4
2 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	26,1	62,1	130,4	100,2	607,2	273,6
3 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub>	27,9	64,8	166,8	120,0	772,2	351,6
4 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub>	31,5	74,7	176,4	154,2	792,0	528,0
5 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub>	39,6	81,0	196,4	176,4	832,7	566,4
6 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub>	27,4	64,8	136,0	100,8	653,4	307,2
7 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>40</sub>	28,8	101,7	169,2	157,2	817,3	386,4
8 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>60</sub>	33,3	115,2	181,2	186,6	852,5	558,0
9 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>80</sub>	44,1	127,8	203,6	234,6	898,7	670,8
10 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> (сульфат калия)	31,5	78,3	173,6	121,2	822,8	391,2
11 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (сульфат калия)	33,3	84,6	181,2	144,6	855,8	499,2
12 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>135</sub> (сульфат калия)	35,1	92,7	186,4	157,2	873,4	537,6
13 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub> (карбамид)	25,6	62,1	162,0	116,4	724,9	322,8
14 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub> (карбамид)	28,3	66,6	165,6	133,2	735,9	427,2
15 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub> (карбамид)	34,2	70,2	171,6	141,0	756,8	471,6
16 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B	39,1	88,2	187,6	133,2	819,5	478,8
17 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Mn	39,1	74,7	182,0	112,2	792,0	382,8
18 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B+Mn	39,1	78,3	184,0	140,4	822,8	541,2
19 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (калийфос)	40,9	108,0	189,2	178,2	832,7	542,4
20 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> (калийфос)	44,1	133,2	193,6	196,2	865,7	574,8

Таблица 4. Чистая продуктивность фотосинтеза растений гречихи в зависимости от условий минерального питания, г/м<sup>2</sup> в сутки

Вариант	Всходы - ветвление		Ветвление - бутонизация		Бутонизация - цветение	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
1 Контроль	14,1	5,7	11,8	5,7	0,4	10,7
2 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	18,3	5,4	11,7	5,3	0,1	9,5
3 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub>	22,2	6,5	9,7	4,1	0,6	8,1
4 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub>	25,2	6,5	10,5	3,3	0,4	6,2
5 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub>	22,0	6,2	10,1	5,0	0,4	5,4
6 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub>	16,2	5,8	12,2	5,1	0,3	8,7
7 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>40</sub>	22,4	5,7	10,9	2,8	0,6	8,2
8 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>60</sub>	23,2	6,1	10,3	2,2	1,0	6,0
9 P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> N <sub>80</sub>	20,0	6,2	9,8	2,8	0,8	5,0
10 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> (сульфат калия)	22,4	8,2	10,9	3,6	0,8	8,8
11 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (сульфат калия)	23,1	8,8	11,3	2,4	0,7	7,5
12 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>135</sub> (сульфат калия)	22,3	8,4	11,5	2,0	1,2	7,2
13 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>40</sub> (карбамид)	19,1	6,0	10,4	4,3	0,3	7,1
14 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>60</sub> (карбамид)	22,4	6,2	10,6	3,8	0,3	5,9
15 P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> N <sub>80</sub> (карбамид)	20,9	6,7	10,6	3,4	0,4	5,7
16 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B	18,2	6,2	9,9	3,3	0,7	7,4
17 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Mn	18,2	6,8	9,6	3,9	0,6	7,6
18 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +B+Mn	18,3	7,8	9,7	4,5	0,8	5,5
19 N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> (калийфос)	18,8	6,1	9,8	3,0	0,0	7,0
20 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> (калийфос)	18,8	5,5	10,1	2,6	1,0	6,7

рений на увеличение фотосинтетического потенциала посевов гречихи.

Результирующим показателем продукционного процесса является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), которая позволяет учесть не только темпы образования органического вещества на единицу листовой поверхности, но и потери органического вещества в результате процесса дыхания, отмирания и опада части листьев в течение вегетации. ЧПФ непосредственно определяет уровень получаемых урожаев и тесно коррелирует с количеством органического вещества, образованного на отдельных вариантах опыта.

В связи с метеорологическими особенностями начального этапа вегетационного периода 1999 г. (избыточное увлажнение на фоне повышенных температур) происходило быстрое развитие растений гречихи и продолжительность межфазных периодов была крайне небольшой. В результате ЧПФ составила в период всходы - ветвление 14,1-23,2, ветвление - бутонизация -9,6-12,2, бутонизация - цветение -0,1-1,2 г/м<sup>2</sup> в сутки, в то время как в 2000 г. эти показатели были соответственно равны 5,5-8,8; 2,0-5,7; 5,0-10,7 г/м<sup>2</sup> в сутки (табл. 4). Максимальный прирост сухого вещества на единицу площади за сутки в 1999 г., а также в 2000 г. отмечался в период всходы - ветвление гречихи.

Установлено, что улучшение обеспеченности растений гречихи элементами минерального питания приводило к росту ЧПФ, особенно при внесении средних и высоких доз азота в виде сульфата аммония. Бесхлорные формы калийных удобрений имели преимущество перед хлористым калием. Микроэлементы (бор и бор + марганец)

повышали чистую продуктивность фотосинтеза так же, как и внесение фосфорно-калийных удобрений.

На основании изложенного материала можно сделать вывод, что на группу физиологических показателей (площадь листовой поверхности, урожайность биомассы, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза) оказывают влияние как формы, так и дозы минеральных удобрений. Основная роль в увеличении перечисленных показателей принадлежит возрастающим дозам азотных удобрений. Из изучаемых форм азотных удобрений сульфат аммония оказался более эффективным, чем карбамид. Применение бесхлорных форм калийных удобрений в виде сульфата калия и калийфоса превышает действие хлористого калия. Из микроудобрений наибольший положительный эффект наблюдается от борных удобрений и в меньшей степени - от совместного применения бора и марганца.

### Литература

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. П. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Миркушин и др.; Под ред. Н. П. Третьякова, Москва, Колос, 1998. - 639 с.
2. С. А. Тарасенко, Е. И. Дорошкевич. Практикум по физиологии и биохимии растений. - Гродно: Облиздат, 1995. - 121 с.
3. Практикум по физиологии растений / Под ред. Н. П. Третьякова. - Москва, Агропромиздат, 1990.
4. Лебедев С. И. Физиология растений. - Москва, Колос, 1998.