

## Влияние расчётных норм минеральных удобрений на эффективное плодородие чернозёма южного при капельном орошении лука репчатого

*И.В. Сатункин, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; И.В. Васильев, к.с.-х.н., М.О. Ванькова, агроном, ФГБУ ГЦАС «Оренбургский»*

Оросительная сеть Оренбургской области представлена 63,4 тыс. га орошаемых земель, из них 14,095 тыс. га обслуживаются государственными оросительными системами [1]. Орошаемое земледелие по-прежнему остаётся гарантом стабильного получения высоких урожаев при любых погодных условиях [2].

Чем ближе к оптимуму влажность почвы, тем выше действенность удобрений. Без удобрений нельзя добиться расширенного воспроизводства плодородия почв [3].

При капельном орошении наибольшее влияние оказывает дробное внесение удобрений — под зябь + под предпосевную обработку + в подкормки (удобрительные поливы) [4].

Вносить азотные удобрения рекомендуется весной под предпосевную обработку. Обосновывается это тем, что нитратный азот, внесённый с осени, вымывается в глубокие слои почвы осенними осадками или влагозарядковыми поливами и его эффективность снижается [5].

Часть аммонийного азота, внесённого с удобрениями, поглощается некоторыми глинистыми минералами с трёхслойной кристаллической решёткой. Механизм закрепления аммония в необменной форме можно представить следующим образом. При увлажнении почвы кристаллическая решётка минерала расширяется и аммоний вначале поглощается обменно, но может проникать внутрь её, занимая свободные радикалы. При подсушивании почвы катионы аммония, попавшие внутрь решётки минерала, оказываются как бы сжатыми, т.е. фиксированными. Такой фиксированный аммоний становится малодоступным для растений, поэтому его принято считать условно потерянным [3].

При внесении азотных удобрений с водой можно путём изменения периода и продолжительности введения маточного раствора в поливной поток менять глубину внесения азота в почву. Это становится возможным в полевых условиях благодаря тому, что нитраты и мочевины остаются в почвенном растворе и легко перемещаются вниз по профилю почвы с гравитационным током воды. В процессе инфильтрации эти формы азота, в отличие от аммонийной ( $\text{NH}_4^+$ ), могут вымываться за пределы корнеобитаемого слоя почвы при избыточных поливных нормах. При внесении сухих туков перед поливом вся поливная норма является «вымывной», т.е. нитраты и мочевины перемещаются на глубину промачивания почвы, распределяясь по её профилю [6].

Оптимизация режима минерального питания чернозёма южного в условиях оренбургского Предуралья в течение всей вегетации (периода питания) лука репчатого зависит от потребности культуры в элементах питания, возможности их размещения в зоне соприкосновения с корневой системой. Существенное влияние оказывают свойства самих макроэлементов, их подвижность и особенности взаимодействия с почвенно-поглощающим комплексом [4].

**Цель исследования** — изучить влияние расчётных норм минеральных удобрений при их дробном внесении на показатели эффективного плодородия и продуктивность посевов лука репчатого на капельном орошении.

**Материал и методы исследования.** Внесение расчётных норм минеральных удобрений проводили дробно. Фосфорные и калийные удобрения ограничено передвигаются в почве с просачивающейся влагой, поэтому их вносили с осени под зяблевую вспашку; азотные и часть фосфорных — под предпосевную обработку; в вегетационную подкормку в критические периоды развития лука репчатого вносили водорастворимые комплексные удобрения, содержащие  $\text{N}-\text{NO}_3$ ,  $\text{N}-\text{NH}_4$ ,  $\text{N}-\text{NH}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$  и хелаты микроэлементов в различном составе (Террафлекс) при режиме орошения 90–95% НВ и глубине промачивания 0,4 м в течение всего периода вегетации.

Обеспеченность растений лука репчатого элементами минерального питания во многом зависит от естественного плодородия почв. На орошаемом севообороте ООО «Агрофирма «Краснохолмская» Дзержинского р-на г. Оренбурга природное (естественное) плодородие чернозёма южного в подпахотном слое (30–60 см) ниже, чем в пахотном (0–30 см): ёмкость катионного обмена — на 5 ммоль в 100 г почвы; обменного кальция — на 5,8 ммоль; обменного натрия — на 0,04 ммоль в 100 г почвы меньше, а обменного магния — на 1,2 мг в 100 г почвы больше; гумуса — меньше на 0,2%; подвижных форм  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 0,7 мг в 100 г почвы; обменного калия — на 7,1 мг; рН находится на уровне 7,4 (табл. 1).

**Результаты исследования.** Применение разных систем удобрений в ходе опытов сопровождалось определённым их воздействием на элементы эффективного плодородия почвы. Так, при режиме капельного орошения 90–95% НВ и глубине промачивания 0,4 м в варианте без удобрений содержание гумуса в слое 0–30 см уменьшилось на 0,4%, в слое 30–60 см — осталось на уровне как перед закладкой опыта — 3,7%. Показатель рН в слое 0–30 см достиг 8,0; в слое 30–60 см — 7,6. Среднее значение ёмкости катионного обмена в слое 0–30 см пони-

1. Влияние расчётных норм минеральных удобрений на элементы плодородия чернозёма южного под луком репчатым в слоях 0–30 см и 30–60 см при режиме капельного орошения 90–95% НВ (среднее за 2011–2015 гг.)

Расчётная норма удобрений, кг д.в./га	Содержание гумуса, %		рН		Содержание подвижного фосфора P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/100 г почвы (по Мачигину)		Содержание обменного калия K <sub>2</sub> O мг/100 г почвы (по Мачигину)	
	слой почвы, см							
	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
перед закладкой опыта								
Без удобрений	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
N <sub>72</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
N <sub>108</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
N <sub>144</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
N <sub>180</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
N <sub>216</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	3,9	3,7	7,7	7,4	2,8	2,1	29,3	22,2
после уборки								
Без удобрений	3,5	3,7	8,0	7,6	1,7	2,1	27,2	21,6
N <sub>72</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	3,7	3,7	7,5	7,3	1,8	1,9	28,7	21,8
N <sub>108</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,6	3,5	7,4	7,2	2,0	2,2	29,6	22,4
N <sub>144</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	3,4	3,6	7,3	6,9	2,1	2,0	32,5	23,6
N <sub>180</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	3,2	3,4	7,0	6,7	2,7	2,2	34,3	24,5
N <sub>216</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	3,0	3,3	6,8	6,5	3,1	2,3	36,2	25,4

зилось до 36 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – до 33 ммоль. Значение обменного кальция в слое 0–30 см снизилось на 2,4 ммоль, а в слое 30–60 см – на 0,7 ммоль. Количество обменного магния в слое 0–30 см понизилось до 6,9 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – до 8,0 ммоль. Среднее значение обменного натрия в слое 0–30 см снизилось до 0,33 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – до 0,30 ммоль. Количество подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> уменьшилось на 1,1 мг в 100 г почвы в слое 0–30 см, а в слое 30–60 см практически не изменилось и составило 2,1 мг в 100 г почвы. Содержание обменного калия снизилось на 2,1 мг в 100 г почвы в слое 0–30 см и на 0,6 мг – в слое 30–60 см (табл. 2).

В варианте с умеренной нормой удобрений (N<sub>72</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>) количество гумуса уменьшилось на 0,2% в слое 0–30 см, а в слое 30–60 см осталось на уровне как перед закладкой опыта (3,7%). Уровень рН в слое 0–30 см понизился на 0,2, а в слое 30–60 см – на 0,1. Ёмкость катионного обмена в слое 0–30 см уменьшилась на 2,0 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – осталась на исходном уровне (34,0 ммоль в 100 г почвы). Содержание обменного кальция в пахотном слое снизилось на 1,6 ммоль в 100 г почвы, а в подпахотном слое – на 0,3 ммоль. Количество обменного магния снизилось в слое 0–30 см на 0,3 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см увеличилась на 0,4 ммоль. Значение обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях понизилось на 0,1 ммоль в 100 г почвы. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O снизилось как в пахотном, так и в подпахотном слоях почвы (табл. 2).

Повышение расчётной нормы минеральных удобрений до N<sub>108</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> привело к снижению содержания гумуса в слое 0–30 см на 0,3%, а в слое 30–60 см – на 0,2%. При этом рН в слое 0–30 см составила 7,4, в слое 30–60 см – 7,2.

Ёмкость катионного обмена уменьшилась в слое 0–30 см на 4,0 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 2,0 ммоль. Количество обменного Ca, Mg и Na уменьшилось в изучаемых слоях почвы. Содержание подвижного фосфора в слое 0–30 см понизилось на 0,8 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см увеличилось на 0,1 мг в 100 г почвы. Содержание обменного калия в слое 0–30 см увеличилось на 0,3 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,2 мг.

Увеличение нормы минеральных удобрений до N<sub>144</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub> также привело к уменьшению содержания гумуса (на 0,5%) в сравнении с исходным его количеством. Показатель рН при этом в слое 0–30 см снизился до 7,3, а в слое 30–60 см – до 6,9. Ёмкость катионного обмена в пахотном слое составила 33,0 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – 31,0 ммоль. Количество обменного кальция в слое 0–30 см понизилось на 4,8 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 2,2 ммоль. Показатель обменного магния в пахотном слое уменьшился на 1,1 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 0,6 ммоль. Количество обменного натрия уменьшилось в обоих изучаемых слоях почвы. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> понизилось в слое 0–30 см на 0,7 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – снизилось на 0,1 мг. Количество обменного калия в слое 0–30 см повысилось на 3,2 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 – на 1,4 мг.

Дальнейшее увеличение расчётной нормы минеральных удобрений до N<sub>180</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> способствовало значительному уменьшению содержания гумуса (на 0,7%) по сравнению с его количеством перед закладкой опыта. При этом показатель рН в пахотном слое снизился на 0,6, в подпахотном – на 0,7. Ёмкость катионного обмена в слое 0–30 см понизилась на 0,8 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 0,4 ммоль. Содержание обменного Ca в пахотном слое уменьшилось на 6,4 ммоль в

2. Влияние расчётных норм минеральных удобрений на ёмкость катионного обмена чернозёма южного под луком репчатым в слоях 0–30 см и 30–60 см при режиме капельного орошения 90–95% НВ (среднее за 2011–2015 гг.)

Расчётная норма удобрений, кг д.в./га	Ёмкость катионного обмена, ммоль в 100 г почвы		Обменный кальций, ммоль в 100 г почвы		Обменный магний, ммоль в 100 г почвы		Обменный натрий, ммоль в 100 г почвы	
	слой почвы, см							
	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
перед закладкой опыта								
Без удобрений	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
N <sub>72</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
N <sub>108</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
N <sub>144</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
N <sub>180</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
N <sub>216</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	39,0	34,0	31,2	25,4	7,4	8,2	0,41	0,37
после уборки								
Без удобрений	36,0	33,0	28,8	24,7	6,9	8,0	0,33	0,30
N <sub>72</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	37,0	34,0	29,6	25,1	7,1	8,6	0,31	0,27
N <sub>108</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	35,0	32,0	28,0	23,9	6,7	7,9	0,29	0,25
N <sub>144</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	33,0	31,0	26,4	23,2	6,3	7,6	0,27	0,23
N <sub>180</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	31,0	30,0	24,8	22,4	6,0	7,4	0,24	0,21
N <sub>216</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	30,0	29,0	24,0	21,7	5,8	7,1	0,21	0,19

100 г почвы, в подпахотном – на 3,0 ммоль. Количество обменного Mg в слое 0–30 см снизилось на 1,4 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,8 ммоль. Показатель обменного Na в пахотном слое уменьшился на 0,17 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 0,16 ммоль. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в пахотном слое сократилось по сравнению с исходным, но менее значительно, чем на меньших нормах NPK, а в подпахотном слое увеличилось на 0,1 мг в 100 г почвы. Количество K<sub>2</sub>O увеличилось на 5,0 мг в 100 г почвы в пахотном слое и на 2,3 мг – в подпахотном.

Применение расчётной нормы минеральных удобрений N<sub>216</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> под планируемый урожай лука репчатого 120 т с 1 га привело к снижению содержания гумуса в слое 0–30 см на 0,9% по сравнению с исходным его количеством, в слое 30–60 см – на 0,4%. Показатель рН при этом в слое 0–30 см снизился до 6,8, а в слое 30–60 см – до 6,5. Ёмкость катионного обмена в пахотном слое составила 30,0 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – 29,0 ммоль. Количество обменного кальция понизилось в слое 0–30 см до 24 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – до 19,5 ммоль. Содержание обменного магния снизилось в пахотном слое почвы до 5,8 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном слое – до 7,1 ммоль. Количество обменного натрия понизилось в слое почвы 0–30 см до 0,21 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – до 0,19 ммоль. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> повысилось в слое 0–30 см до 3,1 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – до 2,3 мг. Количество обменного калия в слое 0–30 см увеличилось до 36,2 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 – до 25,4 мг.

Максимальный урожай лука репчатого (122,4 т/га) получен при внесении N<sub>216</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>. Внесение удобрений происходило дробно: N<sub>116,5</sub>P<sub>116,5</sub>K<sub>116,5</sub>

под зяблевую вспашку; N<sub>99</sub>P<sub>2</sub> под предпосевную обработку; N<sub>06</sub>P<sub>1,5</sub>K<sub>3,5</sub> в вегетационную подкормку (Террафлекс Старт, доза 2 кг/га, фаза развития – 10 см перо; Террафлекс Финал, доза 3 кг/га через каждые 10 дн.) при уровне предполивной влажности не ниже 90–95% НВ и глубине промачивания 0,4 м в течение всего периода вегетации.

**Выводы.** 1. Рост продуктивности лука репчатого связан с увеличением уровня минерального питания растений, в том числе фосфорного, за счёт минеральных удобрений. При этом большое влияние на рост и развитие лука репчатого оказывает кислотность почвы.

2. Лук репчатый, как известно, хорошо растёт и развивается при реакции почвенного раствора близкой к 6,7–7,4. При внесении высоких норм минеральных удобрений реакция почвенного раствора снижается в слое 0–30 см до уровня 6,8–7,3, в слое 30–60 см – 6,5–6,9.

### Литература

1. Гуляев А.И., Соболин Г.В., Сатункин И.В. и др. Опыт эксплуатации поливной техники на орошаемых землях Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. № 3 (15). С. 96–99.
2. Гуляев А.И., Сатункин И.В., Соболин Г.В. и др. Мелиорация в Оренбургской области, современное состояние и пути её развития // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (21). С. 42–45.
3. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1990. 486 с.
4. Карымова М.О., Сатункин И.В. Динамика изменчивости содержания доступных соединений химических элементов в регулируемых условиях минерального питания лука репчатого при капельном орошении // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии: матер. 48-й междунар. науч. конф. молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2014. С. 97–101.
5. Сатункин И.В., Гуляев А.И. Влияние элементов питания на плодородие чернозёма южного при орошении сахарной свёклы // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 1. С. 13–14.
6. Карпунин В.В. Научно обоснованные рекомендации по удобрительному орошению / В.В. Карпунин, В.И. Филин, А.П. Сапунков, В.Г. Абезин; Поволжский НИИ эколого-мелиоративных технологий. Волгоград, 2004. 58 с.