

## **РОЛЬ УРОВНЯ ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ И УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ В ИЗМЕНЕНИИ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ**

**В.В. Лапа, О.Г. Кулеш**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Значительная часть дерново-подзолистых почв характеризуется низким естественным плодородием, которое, в большой степени, лимитируется повышенной кислотностью. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур на данных почвах, невозможно без оптимизации их агрохимических свойств.

Кислотность почвы оказывает многостороннее влияние на рост и развитие растений как непосредственно, так и косвенно, регулируя физико-химические и биологические процессы в почве. Общеизвестным является негативное влияние повышенной почвенной кислотности на растения, обусловленное рядом причин, основные из которых следующие: недостаток кальция; повышенная концентрация токсичных алюминия, марганца и водорода; пониженная доступность для растений элементов питания; неблагоприятные физические свойства почв [1].

В многочисленных исследованиях [1–5] подчеркивается высокая эффективность известкования кислых дерново-подзолистых почв в сочетании с рациональной системой применения удобрений и другими приемами агротехники.

Известковые мелиоранты оказывают многостороннее положительное действие на почву. Нейтрализуют органические кислоты в почве и вытесняют ионы водорода из поглощающего комплекса, что приводит к устранению обменной и значительному снижению гидролитической кислотности почвы. Внесение известковых материалов способствует сохранению хороших агрохимических показателей почвы и ее структуры в течение ряда лет [2].

Известкование ускоряет минерализацию и мобилизацию веществ, то есть улучшает питание, но уменьшает запасы на будущее. На сильнокислых почвах отмечается понижение эффективности минеральных удобрений, во многих случаях внесение известковых материалов существенно увеличивает отдачу туков. Но имеется и немало данных об их антагонизме, хотя чаще эффективность минеральных удобрений повышается [3, 4].

Цель исследований – изучение влияния длительного систематического применения органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения на основные агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на известкованном и неизвесткованном фонах.

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по влиянию различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте на изменение агрохимических свойств почвы проводились

в 1998–2010 гг. в длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с двумя уровнями кислотности – сильнокислой ( $pH_{KCl}$  4,3–4,5) и близкой к нейтральной ( $pH_{KCl}$  6,3–6,5). Близкий к нейтральной кислотности фон почвы создан внесением доломитовой муки в 1974 г., последний раз известкование проводилось в 1995 году. В схеме опыта на двух уровнях кислотности предусматривалось применение различных сочетаний минеральных удобрений на фоне внесения органических удобрений и на фоне без органических (табл. 1).

Таблица 1

**Схема опыта, дозы удобрений и среднегодовая продуктивность за три ротации севооборотов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (1998–2010 гг.)**

| Фон              | Схема опыта                      |                               | Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед. |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
|                  | $\Sigma$ на 1 га                 | $\emptyset$ на 1 га           |                                          |
| неизвесткованный | Без удобрений                    | Без удобрений                 | 32,6                                     |
|                  | $P_{650}K_{1300}$                | $P_{50}K_{100}$               | 41,1                                     |
|                  | $N_{790}K_{1300}$                | $N_{61}K_{100}$               | 50,2                                     |
|                  | $N_{790}P_{650}$                 | $N_{61}P_{50}$                | 49,1                                     |
|                  | $N_{790}P_{650}K_{1300}$         | $N_{61}P_{50}K_{100}$         | 52,4                                     |
|                  | Навоз – 140 т/га                 | Навоз – 11 т/га               | 43,8                                     |
|                  | Навоз + $P_{650}K_{1300}$        | Навоз + $P_{50}K_{100}$       | 50,8                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}K_{1300}$        | Навоз + $N_{61}K_{100}$       | 57,7                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}P_{650}$         | Навоз + $N_{61}P_{50}$        | 57,6                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}P_{650}K_{1300}$ | Навоз + $N_{61}P_{50}K_{100}$ | 61,2                                     |
| известкованный   | Без удобрений                    | Без удобрений                 | 36,1                                     |
|                  | $P_{650}K_{1300}$                | $P_{50}K_{100}$               | 43,6                                     |
|                  | $N_{790}K_{1300}$                | $N_{61}K_{100}$               | 53,4                                     |
|                  | $N_{790}P_{650}$                 | $N_{61}P_{50}$                | 53,2                                     |
|                  | $N_{790}P_{650}K_{1300}$         | $N_{61}P_{50}K_{100}$         | 57,0                                     |
|                  | Навоз – 140 т/га                 | Навоз – 11 т/га               | 45,4                                     |
|                  | Навоз + $P_{650}K_{1300}$        | Навоз + $P_{50}K_{100}$       | 51,4                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}K_{1300}$        | Навоз + $N_{61}K_{100}$       | 59,7                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}P_{650}$         | Навоз + $N_{61}P_{50}$        | 59,3                                     |
|                  | Навоз + $N_{790}P_{650}K_{1300}$ | Навоз + $N_{61}P_{50}K_{100}$ | 63,7                                     |

В 1998–2010 гг. возделывали в зернопропашном севообороте (1998–2002 гг.): картофель – яровой ячмень – овес – люпин узколистный – яровая пшеница; в зернотравяном севообороте (2003–2007 гг.): пелюшко-овсяная смесь – яровое тритикале – яровой рапс – люпин узколистный – яровая пшеница; в звене зернотравяного севооборота (2008–2010 гг.): пелюшко-овсяная смесь – яровое тритикале – люпин узколистный.

Органические удобрения вносили под картофель (60 т/га) в зернопропашном севообороте и пелюшко-овсяную смесь (40 т/га) в зернотравяных севооборотах. Минеральные удобрения вносились под предпосевную и предпосадочную культивацию согласно схеме опыта. Общая площадь делянки составляла 32 м<sup>2</sup> (4 × 8 м), учетная – 19,5 м<sup>2</sup> (3 × 6,5); повторность вариантов – 4-кратная.

В ходе исследований осуществляли отбор почвенных проб пахотного слоя по делянкам и их агрохимический анализ:  $pH_{KCl}$  определяли потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213), содержание кальция и магния атомно-адсорбционным методом (ГОСТ 26487 – 85).

На начало проведения полевого опыта, согласно агрохимическим градациям, почва опытного участка относилась по степени кислотности: к I группе (сильнокислая) (4,22–4,62) – известкованный фон, к V группе (близкая к нейтральной) (6,30–6,42) – известкованный фон. Характеризовалась недостаточным содержанием гумуса (1,36–1,72%), высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора (327–461 мг/кг почвы), средним и повышенным содержанием подвижного калия (159–276 мг/кг почвы), низким и средним содержанием магния (81–142 мг/кг почвы) на известкованном фоне, высоким (329–397 мг/кг почвы) – на известкованном фоне, низким и средним содержанием кальция (602–972 мг/кг почвы) – на известкованном, повышенным (1269–1378 мг/кг почвы) – на известкованном фоне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как отмечается в многочисленных исследованиях, органические и минеральные удобрения не одинаково влияют на кислотный режим почвы. Систематическое применение физиологически кислых минеральных удобрений приводит к подкислению почвы, внесение органических удобрений сдерживает подкисление почвы. Длительное применение органоминеральной системы удобрения, приводит к подкислению почвы, но в меньшей степени, чем при минеральной системе [5].

В исследованиях показатель  $pH_{KCl}$  почвы изменялся в различной степени в зависимости от изначального уровня кислотности. На известкованном фоне длительное применение минеральных удобрений и их совместное внесение с органическими, привело к достоверному снижению значений  $pH_{KCl}$  на 0,35–0,51 (табл. 2). Необходимо отметить, что изучаемые системы удобрения не способствовали поддержанию кислотности на уровне близком к нейтральному.

Несколько иные закономерности наблюдались на известкованном фоне. Во-первых, величина  $pH_{KCl}$  изменилась не так значительно, как на известкованном фоне (+0,08 – –0,14) (вероятно, в силу того, что значения кислотности находились на уровне природного равновесного состояния данного показателя), во-вторых, характер динамики кислотности зависел от системы удобрения. Применение органических удобрений на данном фоне дерново-подзолистой почвы не только сдерживало ее подкисление, но и привело к увеличению значения  $pH_{KCl}$  на 0,08 ед. Жукова Л.М. в своих исследованиях на известкованной почве объясняет снижение кислотности при применении навоза большим, чем при внесении минеральных удобрений накоплением обменного калия, который входит в поглощающий почвенный комплекс [6].

Внесение в опыте за период 1997–2010 гг. 140 т/га навоза совместно с разными сочетаниями минеральных туков не обладало достаточным буферным действием против подкисления почвы, значения  $pH_{KCl}$  снизились на 0,07–0,10. При одностороннем применении минеральных удобрений темпы подкисления были практически аналогичными ( $pH_{KCl}$  снизилось на 0,06–0,14).

Таблица 2

Динамика агрохимических свойств пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и уровня кислотности

| Фон             | Вариант                | pH <sub>KCl</sub>                 |                                   | Гумус, % |                                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы |                                   | K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы |         | CaO, мг/кг почвы |         | MgO, мг/кг почвы |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |     |
|-----------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|
|                 |                        | 1997 г.                           | 2010 г.                           | ±        | 1997 г.                           | 2010 г.                                     | ±                                 | 1997 г.                       | 2010 г. | ±                | 1997 г. | 2010 г.          | ±                                 | 1997 г.                           | 2010 г.                           | ±                                 |                                   |                                   |     |
| Фон             | 1. Без удобрений       | 4,32                              | 4,24                              | -0,08    | 1,36                              | -0,15                                       | 327                               | 321                           | -6      | 166              | 193     | 27               | 707                               | 548                               | -159                              | 101                               | 86                                | -15                               |     |
|                 | 2. PK                  | 4,33                              | 4,21                              | -0,12    | 1,58                              | 1,43                                        | -0,15                             | 360                           | 363     | 3                | 219     | 241              | 22                                | 721                               | 528                               | -193                              | 105                               | 81                                | -24 |
|                 | 3. NK                  | 4,25                              | 4,19                              | -0,06    | 1,58                              | 1,51                                        | -0,07                             | 363                           | 331     | -32              | 212     | 235              | 23                                | 679                               | 474                               | -205                              | 93                                | 76                                | -17 |
|                 | 4. NP                  | 4,27                              | 4,13                              | -0,14    | 1,52                              | 1,41                                        | -0,11                             | 383                           | 365     | -18              | 185     | 173              | -12                               | 644                               | 417                               | -227                              | 81                                | 62                                | -19 |
|                 | 5. NPK                 | 4,22                              | 4,15                              | -0,07    | 1,55                              | 1,35                                        | -0,20                             | 370                           | 359     | -11              | 190     | 200              | 10                                | 602                               | 419                               | -183                              | 75                                | 62                                | -13 |
|                 | 6. Навоз               | 4,59                              | 4,67                              | 0,08     | 1,60                              | 1,53                                        | -0,07                             | 368                           | 359     | -9               | 208     | 254              | 46                                | 846                               | 701                               | -145                              | 134                               | 111                               | -23 |
|                 | 7. Навоз + PK          | 4,62                              | 4,52                              | -0,10    | 1,71                              | 1,61                                        | -0,10                             | 375                           | 372     | -3               | 273     | 309              | 36                                | 867                               | 667                               | -200                              | 142                               | 114                               | -28 |
|                 | 8. Навоз + NK          | 4,53                              | 4,44                              | -0,09    | 1,60                              | 1,53                                        | -0,07                             | 410                           | 343     | -67              | 225     | 246              | 21                                | 972                               | 647                               | -325                              | 126                               | 100                               | -26 |
|                 | 9. Навоз + NP          | 4,35                              | 4,25                              | -0,10    | 1,66                              | 1,62                                        | -0,04                             | 382                           | 378     | -4               | 220     | 215              | -5                                | 881                               | 646                               | -235                              | 125                               | 103                               | -22 |
|                 | 10. Навоз + NPK        | 4,35                              | 4,28                              | -0,07    | 1,72                              | 1,69                                        | -0,03                             | 381                           | 387     | 6                | 219     | 273              | 54                                | 867                               | 644                               | -223                              | 121                               | 96                                | -25 |
| Фон             | НСР удобрения          | 0,19                              | 0,21                              |          | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                                             | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> | 29                            |         | 24               | 41      |                  | 167                               | 126                               |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> | 33                                |                                   |     |
|                 | изменение за 1997–2010 |                                   |                                   | 0,06     |                                   | 0,06                                        |                                   | 9                             |         |                  |         | 10               |                                   |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                                   |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |     |
|                 | 11. Без удобрений      | 6,42                              | 6,07                              | -0,35    | 1,37                              | 1,36                                        | -0,01                             | 370                           | 361     | -9               | 170     | 215              | 45                                | 1259                              | 1165                              | -94                               | 329                               | 312                               | -17 |
|                 | 12. PK                 | 6,42                              | 5,99                              | -0,43    | 1,36                              | 1,34                                        | -0,02                             | 417                           | 415     | -2               | 215     | 250              | 35                                | 1336                              | 1120                              | -216                              | 359                               | 301                               | -58 |
|                 | 13. NK                 | 6,42                              | 6,03                              | -0,39    | 1,60                              | 1,55                                        | -0,05                             | 406                           | 376     | -30              | 220     | 242              | 22                                | 1287                              | 1183                              | -104                              | 334                               | 311                               | -23 |
|                 | 14. NP                 | 6,42                              | 5,91                              | -0,51    | 1,44                              | 1,36                                        | -0,08                             | 358                           | 359     | 1                | 212     | 172              | -40                               | 1308                              | 1179                              | -129                              | 384                               | 315                               | -69 |
|                 | 15. NPK                | 6,30                              | 5,92                              | -0,38    | 1,39                              | 1,41                                        | 0,02                              | 361                           | 382     | 21               | 159     | 229              | 70                                | 1364                              | 1162                              | -202                              | 384                               | 302                               | -82 |
|                 | 16. Навоз              | 6,37                              | 5,99                              | -0,38    | 1,46                              | 1,50                                        | 0,04                              | 409                           | 430     | 21               | 218     | 266              | 48                                | 1378                              | 1230                              | -148                              | 368                               | 322                               | -46 |
|                 | 17. Навоз + PK         | 6,38                              | 5,97                              | -0,41    | 1,63                              | 1,53                                        | -0,10                             | 417                           | 466     | 49               | 276     | 310              | 34                                | 1336                              | 1213                              | -123                              | 361                               | 315                               | -46 |
|                 | 18. Навоз + NK         | 6,33                              | 5,88                              | -0,45    | 1,56                              | 1,53                                        | -0,03                             | 461                           | 370     | -91              | 241     | 270              | 29                                | 1364                              | 1183                              | -181                              | 397                               | 319                               | -78 |
| 19. Навоз + NP  | 6,35                   | 5,89                              | -0,46                             | 1,58     | 1,49                              | -0,09                                       | 445                               | 427                           | -18     | 275              | 270     | -5               | 1315                              | 1267                              | -48                               | 350                               | 314                               | -36                               |     |
| 20. Навоз + NPK | 6,36                   | 5,98                              | -0,38                             | 1,70     | 1,68                              | -0,02                                       | 433                               | 449                           | 16      | 230              | 326     | 96               | 1371                              | 1203                              | -168                              | 352                               | 313                               | -39                               |     |
| Фон             | НСР удобрения          | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |          | 0,21                              | 0,19                                        | 43                                | 52                            |         | 25               | 34      |                  | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                                   |     |
|                 | изменение за 1997–2010 |                                   |                                   | 0,06     |                                   |                                             | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                               | 9       |                  | 9       |                  |                                   |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |                                   |                                   | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub> |     |
|                 | фон pH                 | 0,04                              | 0,08                              |          | 0,06                              | F <sub>05</sub> < F <sub>05</sub>           | 14                                | 13                            | 8       | 11               |         | 56               | 39                                |                                   | 16                                | 10                                |                                   |                                   |     |

Многолетние опыты, проведенные в нашей стране и за рубежом, отчетливо показывают, что систематическое применение навоза обеспечивает заметное увеличение содержания гумуса в почве. Действие известкования на содержание гумуса в почве в литературных источниках не отмечается [5, 7, 8, 9].

В проведенных исследованиях содержание гумуса на неизвесткованном фоне в начале ротации составляло 1,51–1,72%, на известкованном – 1,36–1,70%. Через 13 лет содержание гумуса на известкованном фоне изменилось незначительно и составило 1,34–1,68% на неизвесткованном фоне практически по всем вариантам опыта количество гумуса снизилось, составив 1,36–1,69%. При этом необходимо отметить, что применение на данном фоне минеральной системы удобрения привело к достоверному снижению содержания органического вещества по сравнению с исходным на 0,07–0,20%, при применении органической и органоминеральной систем удобрения количество гумуса снизилось на 0,03–0,10%.

На известкованном фоне в динамике содержания гумуса за 3 ротации наблюдалась тенденция как повышения, так и снижения количества органического вещества (–0,10 – +0,04%).

Ряд исследователей [2, 10, 11] отмечает длительное действие известкования на фосфатный режим почвы, вследствие усиления активности бактерий, разлагающих органические фосфорные соединения почвы, а также перехода фосфатов железа и алюминия в более доступные растениям фосфорнокислые соли кальция, что приводит к увеличению общего запаса усвояемых фосфатов в почве. Другие исследования [12] не подтверждают предположение о гидролизе и переходе фосфатов железа и алюминия в фосфаты кальция.

В опыте на начало ротации (1997 г) содержание подвижного фосфора на фоне с  $pH_{KCl}$  4,3–4,5 в среднем составило 373 мг/кг, на фоне с  $pH_{KCl}$  6,3–6,5 – 408 мг/кг, что сложилось за предыдущие ротации севооборотов. В течение следующих 13 лет в почве с сильноокислой реакцией среды среднее по участку количество подвижного фосфора снизилось на 14 мг/кг, в то время как в среднем по участку с нейтральной реакцией среды оно уменьшилось на 1 мг/кг почвы. Необходимо отметить, что характер динамики содержания подвижных фосфатов зависел от системы удобрения.

Отсутствие в системе удобрения фосфорных туков приводило к снижению содержания подвижного фосфора. На сильноокислой почве эти снижения составили в варианте с внесением НК – –32 мг/кг, при внесении НК на фоне навоза – –67 мг/кг почвы. На почве с реакцией среды близкой к нейтральной внесение НК привело к такому же снижению подвижных фосфатов, как и на неизвесткованном фоне – –30 мг/кг, а потери фосфора при совместном внесении навоза и НК были выше и составили –91 мг/кг почвы. Большие потери подвижных фосфатов в вариантах с внесением навоз + НК, чем в вариантах НК на двух фонах кислотности можно объяснить большей продуктивностью, и как следствие большим выносом фосфора в этих вариантах.

Как известно, систематическое применение навоза и суперфосфата в составе полного минерального удобрения увеличивает содержание общего и подвижного фосфора. В кислой почве фосфор, накопленный при внесении NPK, связывается в большей степени, чем при внесении навоза [5].

В исследованиях на сильноокислом фоне почвы внесение полного минерального удобрения в течение 13 лет привело к снижению содержания подвижных

фосфатов на 11 мг/кг почвы, в то время как, при совместном применении минеральных и органических удобрений на этом фоне наблюдалась тенденция к повышению количества подвижных фосфатов на 6 мг/кг почвы, несмотря на то, что среднегодовая продуктивность в этом варианте была выше на 8,8 ц к.ед./га и соответственно был выше вынос фосфора. Динамика содержания подвижного фосфора в почве с реакцией среды близкой к нейтральной при полной минеральной и органо-минеральной системах удобрения была положительной и практически не отличалась по вариантам. За 13 лет в варианте NPK количество подвижных фосфатов увеличилось на 21 мг/кг, в варианте навоз + NPK – на 16 мг/кг почвы.

В то же время, необходимо отметить, что после завершения трех ротаций севооборота на известкованном участке содержание усвояемых фосфатов в вариантах с минеральным фосфором, внесенным на фоне органических удобрений, было статистически выше (427–466 мг/кг почвы), чем в аналогичных вариантах на фоне без органических удобрений (359–415 мг/кг почвы). На неизвесткованном фоне внесение органических удобрений достоверно не повышало содержание подвижного фосфора по отношению к аналогичным вариантам без внесения навоза (372–387 и 359–365 мг/кг почвы соответственно).

В отличие от подвижных фосфатов содержание подвижного калия за предыдущие ротации севооборотов на сильнокислом (212 мг/кг почвы) и близком к нейтральному (222 мг/кг почвы) фонах различалось не так значительно.

Наибольшее воздействие на изменение содержания подвижного калия оказало внесение калийных удобрений. За 13 лет исследований в вариантах с внесением калийных удобрений (вне зависимости от фона pH) произошло достоверное накопление подвижного калия. Кроме того, в вариантах без внесения удобрений на двух фонах кислотности содержание подвижного калия также увеличилось, что, вероятно, связано с переходом калия из менее доступных форм.

Применение неполного минерального удобрения NK и PK на разных уровнях кислотности как совместно с органическими удобрениями, так и без них, приводило к практически равновеликому накоплению подвижного калия в почве. При этом необходимо отметить, что увеличение количества подвижного калия в этих вариантах было ниже, чем в соответствующих фоновых вариантах (за исключением вариантов с применением NK и PK на сильнокислом фоне без органических удобрений). Вероятно, несбалансированное питание растений в данных вариантах привело к непродуктивному использованию почвенного калия.

При внесении NPK количество подвижного калия также увеличивалось, величина данного показателя изменялась в зависимости от фона. Применение полного минерального удобрения на фоне сильнокислой реакции среды обеспечило повышение количества подвижного калия на 10 мг/кг почвы, совместное внесение NPK с навозом в большей степени способствовало накоплению данной формы калия в почве (+54 мг/кг почвы). Наибольших значений достигала величина накопления подвижного калия при внесении полного минерального удобрения на фоне почвы с реакцией среды близкой к нейтральной, составив 70 мг/кг при применении NPK без органических удобрений и 96 мг/кг почвы при совместном внесении с навозом.

Совместное внесение азотных и фосфорных удобрений приводило к снижению содержания подвижного калия, при этом на фоне внесения навоза уменьшение

количества данной формы калия в почве было менее значительным ( $-5$  мг/кг почвы) и не зависело от степени кислотности исследуемой почвы. Внесение NP без органических удобрений на фоне сильнокислой почвы снизило содержание подвижного калия на 12 мг/кг, в то время как применение данных удобрений совместно с навозом привело к снижению этого показателя на 40 мг/кг почвы, что можно в первую очередь объяснить большей среднегодовой продуктивностью севооборотов ( $+8,5$  ц к.ед./га) в данном варианте.

Таким образом, результаты, проведенных исследований согласуются с данными других авторов [5, 9, 13], свидетельствующих о том, что на содержание подвижного калия в почве большее влияние оказывает внесение минеральных калийных и органических удобрений, чем уровень кислотности почвы.

Кислотность почвы неразрывно связана с содержанием кальция и, в меньшей степени, магния в ней. Именно потери этих элементов из почвы в результате вымывания и выноса с урожаем сельскохозяйственных культур определяют обычно подкисление и деградацию плодородия почв [1].

Содержание кальция в вариантах на фоне с  $pH_{KCl}$  6,3–6,5, вследствие проведения известкования было значительно выше, чем в вариантах без известкования и составило 1259–1378 мг/кг в начале ротации и 1120–1267 мг/кг почвы в конце третьей ротации. В то время как количество окиси кальция на фоне с сильнокислой реакцией среды в начале ротации составляло 602–972 мг/кг, в конце – 417–701 мг/кг почвы.

Необходимо отметить, что внесение органических удобрений на известкованном и, в большей степени, на неизвесткованном фоне, способствовало увеличению количества CaO в почве по отношению к вариантам не предусматривающих внесение навоза. Среднее по вариантам без внесения органических удобрений содержание кальция в начале ротации составило 671 мг/кг (на фоне  $pH_{KCl}$  4,3–4,5) и 1311 мг/кг почвы (на фоне  $pH_{KCl}$  6,3–6,5), при внесении навоза оно составило соответственно 887 и 1353 мг/кг почвы. Темпы потерь кальция за три ротации севооборота не зависели от фона, и в конце ротации количество кальция составило – 477 и 1162 мг/кг, 661 и 1219 мг/кг почвы соответственно.

В исследованиях отмечается увеличение потерь кальция при известковании почвы, гораздо меньше данных, свидетельствующих об их уменьшении [1].

В опыте потери CaO на неизвесткованном фоне практически по всем вариантам превышали потери кальция на известкованном фоне. Если на сильнокислом фоне количество кальция за три ротации севооборота снизилось на 145–325 мг/кг, то на фоне с почвой по кислотности близкой к нейтральной снижение составило 48–216 мг/кг почвы.

Содержание магния в почве значительно ниже, чем содержание кальция. На известкованном фоне количество магния было выше (329–397 мг/кг в начале ротации и 301–322 мг/кг почвы в конце ротации), чем на неизвесткованном фоне (75–142 мг/кг в начале ротации и 62–114 мг/кг почвы в конце ротации). В отличие от кальция, содержание магния в большей степени снижалось на известкованном фоне на 17–82 мг/кг, в то время как на неизвесткованном фоне – на 13–28 мг/кг почвы.

Кальций и магний являются важными элементами, участвующими в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур, при этом немаловажное значение имеет соотношение данных элементов в почве. Данные исследо-

ваний свидетельствуют о том, что избыток магния не влияет отрицательно на урожай культур пока его меньше, чем кальция, и идеальное соотношение Ca/Mg – 2–7 [1].

В проведенных исследованиях соотношение кальция к магнию в первую очередь зависело от фона кислотности почвы (рис. 1). На известкованном фоне соотношение Ca/Mg было выше оптимального и в начале ротации составляло 7,2–9,5. Таким образом, количество кальция в почве значительно превышало количество магния, недостаток которого могли испытывать растения. К концу третьей ротации показатель Ca/Mg снизился (6,9–8,0) и несколько приблизился к верхней границе оптимального значения. Изменения в соотношении Ca/Mg обусловлены не увеличением содержания магния, а большими темпами снижения количества кальция, чем магния.

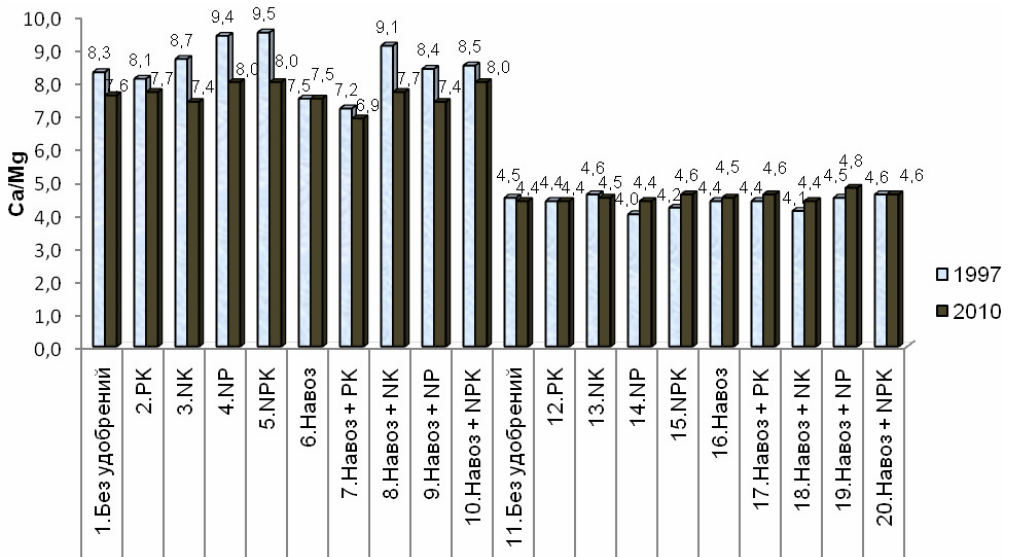


Рис. 1. Изменение соотношения Ca/Mg в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на разных фонах кислотности при различных системах удобрения за три ротации севооборота

Известкование, как уже отмечалось, способствовало повышению содержания в почве, как кальция, так и магния, при этом соотношение между этими двумя элементами было практически в два раза меньше, чем на известкованном фоне. В начале ротации данный показатель находился в пределах оптимального значения – 4,0–4,6. Через 13 лет это соотношение изменилось незначительно, но можно отметить, что в вариантах с внесением органических удобрений соотношение Ca/Mg или осталось на том же уровне (вариант навоз + NPK), или имело тенденцию к повышению на 0,1–0,3. В вариантах с минеральным питанием на известкованном фоне наблюдалась как тенденция увеличения, так и уменьшения соотношения Ca/Mg.

Таким образом, на известкованном и неизвесткованном фонах изучаемые системы удобрения не одинаково влияли на изменение агрохимических свойств почвы. Можно отметить положительное влияние органических удобрений на неиз-



весткованном фоне, что также подтверждается и данными по долевному участию различных факторов в формировании урожая на разных по уровню кислотности фонах (рис. 2).

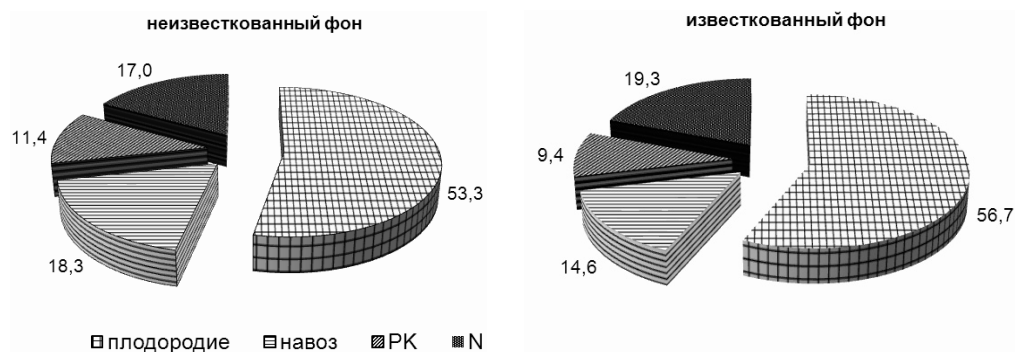


Рис.2. Долевое участие различных факторов в формировании продуктивности севооборотов в варианте навоз + NPK на различных фонах кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Анализ участия отдельных факторов в формировании продуктивности трех ротаций севооборотов показывает, что основная роль принадлежит почвенному плодородию. При этом на известкованном фоне на долю данного фактора приходится 56,7%, а на неизвесткованном его роль снижается до 53,3%. Доля минеральных удобрений на обоих фонах приблизительно одинакова – 28,4% на неизвесткованном фоне и 28,7% на известкованном, но на неизвесткованном фоне влияние азотных удобрений (17,0%) ниже, чем на известкованном фоне (19,3%), а действие фосфорно-калийных удобрений возрастает до 11,4%, в то время как на известкованном фоне оно составляет 9,4%. Как уже отмечалось, влияние органических удобрений на агрохимические свойства почвы и на формирование продуктивности выше на неизвесткованном фоне – 18,3%, на известкованном на долю органики приходится 14,6% урожая.

## ВЫВОДЫ

Действие органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы зависело от фона кислотности.

Значения  $pH_{KCl}$  на известкованном фоне снизились на 0,35–0,51 ед., вне зависимости от систем удобрения. На неизвесткованном фоне при органической системе удобрения кислотность снизилась на 0,08 ед., при минеральной и органо-минеральной системах удобрения повысилась на 0,06–0,14 ед.

В содержании гумуса на известкованном фоне не наблюдалось статистически достоверных изменений за 13 лет. На неизвесткованном фоне наибольшие темпы снижения количества гумуса наблюдались при минеральной системе питания (–0,07 – –0,20%), при органической и органо-минеральной системах удобрения достоверное снижение количества гумуса было не во всех вариантах.

Более благоприятный для роста и развития растений фосфатный режим был характерен для участка с реакцией среды близкой к нейтральной. За 13 лет в

почве с сильнокислой реакцией среды среднее по участку количество подвижного фосфора снизилось на 14 мг/кг почвы, в то время как в среднем по участку с нейтральной реакцией среды оно уменьшилось на 1 мг/кг почвы.

На известкованном участке внесение минеральных фосфорных туков на фоне органических удобрений достоверно повышало содержание усвояемых фосфатов по отношению к аналогичным вариантам на фоне без органических удобрений. На неизвесткованном фоне внесение органических удобрений достоверно не повышало содержание подвижного фосфора по отношению к аналогичным вариантам без внесения навоза.

Количество подвижного калия в почве зависело от внесения минеральных калийных и органических удобрений, влияние уровня кислотности почвы на данный показатель не отмечалось.

Содержание окиси кальция на известкованном фоне по истечении трех ротаций в 1,8–2,5 раза превышало его содержание на неизвесткованном, количество магния на известкованном фоне было выше в 2,8–5,1 раза. Соотношение Ca/Mg на известкованном фоне в конце 3 ротации составило 6,9–8,0, на известкованном было в пределах оптимальных значений – 4,4–4,8.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Васильюк. – Минск.: БГУ, 2003. – 322 с.
2. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
3. Авдонин, Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – М., 1969. – 304 с.
4. Томпсон, Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М. Томпсон, Ф.Р. Трой. – М., 1982. – С. 175–200.
5. Кондрыко, В.Д. Рациональное использование удобрений и урожай / В.Д. Кондрыко. – Минск: Ураджай, 1984. – 55 с.
6. Жукова, Л.М. Изменение свойств основных типов почв и превращение в них калия при длительном применении удобрений / Л.М. Жукова // Агрохимия. – 1967. – № 7. – С. 13–18.
7. Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии; под ред. А.И. Еськова, М.Н. Новикова. – М.: РАСХН–ВНИИПТИОУ, 2002. – 382 с.
8. Попов, П.Д. Органические удобрения / П.Д. Попов, В.И. Хохлов, А.А. Егоров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 207 с.
9. Vanek, V. Einfluß der Kalkung und die organischen und mineralischen Düngung auf den pH-Wert des Bodens und den Pflanzenertrag / V. Vanek, J. Balik, P. Tlustos // Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft. – Berlin, 1997. – S. 31.
10. Эффективность известкования пахотных земель Республики Беларусь за 1965–2005 гг. / Т.М. Германович [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2 (41). – С. 110.
11. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуцкая; под ред. Д.Л. Аскинази. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1968. – 427 с.

12. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Бел. изд. тов-во «Хата», 1999. – 196 с.

13. Митрофанова, Е.М. Роль известкования в улучшении плодородия дерново-подзолистых почв Предуралья и повышении продуктивности пашни / Е.М. Митрофанова // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. / РГАУ–МСХА; отв. за выпуск Н.С. Матюк. – М., 2012. – С. 61–70.

## **ROLE OF SOIL ACIDITY LEVEL AND FOOD CONDITIONS IN CHANGE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

**V.V. Lapa, O.G. Kulesh**

### *Summary*

Research results of long various fertilizer systems application influence on the calcareous less and calcareous basic on sod-podzolic light loamy soil agrochemical indicators are given. Distinctions of various fertilizer systems when in use on agrochemical soil properties depending on soil acidity are established.

*Поступила 28.04.15*

УДК 631.841.8

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕЗВОДНОГО АММИАКА И АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА**

**Н.Н. Мирошниченко, А.В. Ревтье, Е.Ю. Гладких, Е.В. Панасенко**

*Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского,  
г. Харьков, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Украина имеет значительный природно-ресурсный потенциал аграрного производства и способна обеспечить продовольствием не только себя, но и значительную часть населения стран Европы [1]. На сегодняшний день страна входит в десятку основных экспортеров зерна в мире. В агропромышленном комплексе страны задействовано 41,5 млн га земельных ресурсов, из которых в состав пашни входит 78% площади сельскохозяйственных угодий [2]. В связи с такой высокой распаханностью территории в интенсификации аграрного производства равноценное значение имеют две разновекторных задачи – сокращение затрат труда на единицу продукции и достижение оптимальных условий соответственно потребностям выращиваемых сельскохозяйственных культур. Одним из наиболее эффективных путей интенсификации производства явля-